

발 간 등 록 번 호

11-1543000-003101-01

보안 과제( ), 일반 과제( ● ) / 공개( ● ), 비공개( )발간등록번호( )

농축산자재산업화기술개발 사업 제2차연도 최종 보고서

# 농산부산물을 활용한 목재펠릿난방기용 고효율 펠릿자재 개발

최종보고서

2020. 2. 10.

주관연구기관 / (주)유니바이오  
협동연구기관 / (재)한국화학융합시험연구원

농 립 축 산 식 품 부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

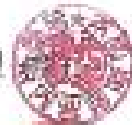
농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농산부산물물을 활용한 목재펠릿난방기용 고효율 펠릿자재 개발”(개발기간 : 2018. 4. 6. - 2019. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 2. 10.

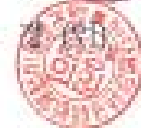
주관연구기관명 : ㈜유니바이오

(대표자) 오 도 건



참여기관명 : (재)한국화학융합시험연구원

(대표자) 권 오 경



주관연구책임자 : 오 도 건

참여기관책임자 : 유 재 상

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118023-2	해 당 단 계 연구 기 간	2019. 01. 01 ~ 2019. 12. 31	단 계 구 분	2/2
연구 사업 명	단 위 사 업	2018년 농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산자재산업화기술개발사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	농산부산물을 활용한 목재펠릿난방기용 고효율 펠릿자재 개발			
연구 책임자	오도건	해당단계 참여연구원 수	총: 7 명 내부: 3 명 외부: 4 명	해당단계 연구개발비	정부:159,000천원 민간: 53,200천원 계:212,200천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 7 명 내부: 3 명 외부: 4 명	총 연구개발비	정부:279,000천원 민간: 93,400천원 계:372,400천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)유니바이오			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: (재)한국화학융합시험연구원			연구책임자: 유재상	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 따른 분류(보안 과제 및 일반과제)에 따른 일반과제임
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		2	1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

본 기술개발은 연간 약 110만톤 정도가 지속적으로 발생하고 있으나 발열량이 낮고 조식이 치밀하여 산업적 활용도가 낮은 왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 1급 목재펠릿 발열량 4,300kcal/kg을 상회하는 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료를 개발하기 위한 것임

왕겨의 팽연화를 통해 조직구조와 흡수율 개선 기술 및 식물성유지 첨가 연료 성능 제고기술을 개발함으로써 목재펠릿 난방기용 고효율 펠릿자재를 개발하였음(발열량 5,020kcal/kg, 겉보기밀도 701kg/m<sup>3</sup>, 미세분발생량 0.2%, 내구성 96.7%)

향후 폐버섯배지, 고춧대 등 다양한 국내 미활용농업부산물을 목재펠릿 대체연료 개발에 활용할 수 있는 기반기술로 활용할 수 있을 것이며, 톱밥 대체재 개발을 위한 기반기술로도 활용이 가능할 것으로 기대됨

보고서 면수

96면

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>본 기술개발은 연간 약 110만톤 정도가 지속적으로 발생하고 있으나 발열량이 낮고 조직이 치밀하여 산업적 활용도가 낮은 왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 1급 목재펠릿 발열량 4,300kcal/kg을 상회하는 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료를 개발하기 위한 것임</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>커피유 및 산소방출제 등으로 구성된 액상의 연소촉진제 조성물을 개발하고 외피가 규소로 피복되어 있고 조직이 치밀하여 연소촉진제의 흡수율이 낮고 혼합이 어려운 왕겨의 특성을 개선하기 위하여 왕겨 팽연화 기술을 개발하였으며, 한편으로는 연소촉진제가 첨가된 왕겨의 성형을 위한 압출다이를 개발하고 최적 함수율 및 투입량 등 최적 성형조건을 도출함으로써 목재펠릿규격을 충족하는 겉보기밀도, 미세분발생량 및 내구성이 확보된 펠릿연료를 개발하였음</p> <p>왕겨 팽연화 기술 및 식물성유지 첨가 팽연왕겨 펠릿연료 제조기술을 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 발열량 5,020kcal/kg, 겉보기밀도 701kg/m<sup>3</sup>, 미세분발생량 0.2%, 내구성 96.7%의 성능을 갖는 고효율 펠릿연료를 개발하였으며, 왕겨 흡수율을 제고시키는 팽연왕겨 제조방법 및 그 제조장치(출원번호 : 10-2018-0102661) 및 왕겨를 이용한 고품연료 제조방법(출원번호 : 10-2019-0169438)에 대한 특허를 출원하였음</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>반복가압식 팽연왕겨 제조방법 및 장치에 대한 기술을 이용하여 향후 왕겨 뿐만 아니라 다양한 국내 미활용 바이오매스 자원을 톱밥 대체재로 이용할 수 있는 기술개발을 추진할 계획으로 연간 40만톤 이상이 수입되고 있는 톱밥의 수입대체효과가 예상됨</p> <p>또한 식물성유지 첨가 왕겨펠릿 제조기술을 이용하여 폐버섯배지, 옥수수대, 고춧대 등 연간 약 1,200만톤이 발생하고 있으나 대부분 폐기되고 있는 저품위 농업부산물 및 축산분뇨 등을 이용한 발열량 5,000kcal/kg 이상의 고효율 펠릿을 개발함으로써 기존 목재펠릿 대비 70% 수준의 가격경쟁력을 갖는 에너지를 농가에 공급할 계획으로 이를 통해 30% 내외의 농가난방비 절감효과가 기대되며, 발생하는 농업부산물의 30%를 목재펠릿 대체 연료로 활용할 경우 연간 약 6,000억원의 수입대체효과가 예상됨</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>농산부산물</p>	<p>펠릿</p>	<p>목재펠릿난방기</p>	<p>왕겨</p>	<p>연소촉진제</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>agricultural by product</p>	<p>pellet</p>	<p>wood pellet heater</p>	<p>rice husk</p>	<p>combustion improver</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

# 〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의 개요 .....	7
제1절 연구개발과제의 개요 .....	7
1. 연구개발과제의 개요 .....	7
2. 연구개발 대상의 국내·외 현황 .....	10
제2절 연구개발의 목표 및 내용 .....	12
1. 연구개발의 목표 .....	12
2. 연구개발의 성과목표 .....	14
제3절 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계 및 내용 .....	15
1. 연구개발 추진전략 .....	15
2. 연구개발 추진체계 .....	16
3. 연구개발 추진일정 .....	17
제2장 연구수행내용 및 결과 .....	18
제1절 원재료적합성 검증을 통한 개발방향 도출 .....	18
1. 원소분석 및 발열량 분석 .....	18
2. 회분 및 함수율 분석 .....	19
3. 왕겨 연소특성 분석 .....	21
4. 염소, 중금속, 무기물 분석 .....	23
5. 규격적합도 평가 및 개발방향 도출 .....	26
제2절 연소촉진제 첨가에 의한 왕겨 연소촉진효과 검증 .....	27
1. 붕사 첨가에 의한 발열량 변화 .....	27
2. 과산화수소 첨가에 의한 발열량 변화 .....	28
3. 수산화나트륨 첨가에 의한 발열량 변화 .....	29
4. Fly ash 첨가에 의한 발열량 변화 .....	30
제3절 팽연화에 의한 왕겨 연료특성 변화 .....	31
1. 팽연화 방식 도출 .....	31
2. 팽연화 온도 및 함수율 도출 .....	35
제4절 커피유 혼합비 도출 및 발열량 제고 .....	38
1. 커피유 연료특성 분석 .....	38
2. 커피유 혼합비 도출에 의한 발열량 제고 .....	40
제5절 성형성 검증 및 압출다이 개발 .....	43
1. 목재펠릿성형기를 이용한 성형성 검증 .....	43
2. 팽연왕겨 성형용 압출다이 개발 .....	45
3. 팽연왕겨 성형용 함수율 도출 .....	50
제6절 시제품생산 및 성능검증 .....	52
1. 성형시스템 압출다이 제작 .....	52
2. 성형조건도출 및 생산능력 검증 .....	55

3. 최적생산량 도출 .....	59
4. 커피유침가 왕겨펠릿 성능평가 .....	63
5. 커피유침가 왕겨펠릿 연소특성 .....	70
제7절 연구개발성과 .....	71
1. 학회발표 .....	71
2. 특허출원 .....	76
제8절 연구개발결과 .....	79
1. 기술적 성과 .....	79
2. 경제적 성과 .....	83
3. 사업화 성과 .....	85
제3장 목표달성도 및 관련분야 기여도 .....	87
제1절 연구개발의 목표 .....	87
1. 최종목표 .....	87
2. 성과목표 .....	87
제2절 목표달성여부 .....	88
1. 최종목표 .....	88
2. 성과목표 .....	88
3. 후속연구의 필요성 .....	88
제4장 연구결과 활용계획 .....	90
제1절 연구성과의 활용분야 및 활용방안 .....	90
1. 활용분야 및 활용방안 .....	90
2. 타연구에의 응용 .....	90
제2절 사업화계획 .....	91
1. 제품화 계획 .....	91
2. 양산 계획 .....	91
3. 판매 계획 .....	92
붙임. 참고 문헌 .....	95

<별첨> 연구개발보고서 초록  
주관연구기관의 자체평가의견서  
연구성과 활용계획서

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발과제의 개요

1. 연구개발과제의 개요
  - 가. 연구개발과제의 개요

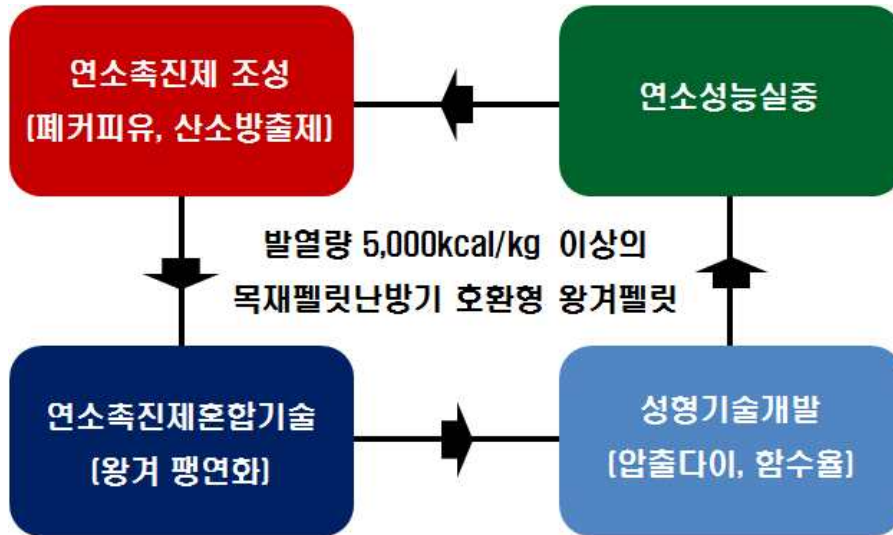


그림1. 기술개발개념도

본 기술개발은 연간 약 110만톤 정도가 발생하고 있고 공급가격이 톤당 30,000~50,000원으로 톱밥의 25~40% 수준이며 미곡종합처리장을 통해 계절적 영향 없이 안정적인 공급이 가능한 장점에도 불구하고 목재펠릿 대비 상대적으로 발열량이 낮고 조직이 치밀하여 산업적 활용도가 낮은 왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 1급 목재펠릿 발열량 4,300kcal/kg을 상회하는 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료를 개발하기 위한 것이다.

자사 커피찌꺼기 바이오고형연료 생산과정에서 발생하는 부산물인 커피유 및 산소방출제, 가소제 등으로 구성된 액상의 연소촉진제 조성물을 개발하고 외피가 규소로 피복되어 있고 조직이 치밀하여 연소촉진제의 흡수율이 낮고 혼합이 어려운 왕겨의 특성을 개선하기 위하여 왕겨 팽연화 기술을 개발할 계획이며, 한편으로는 목재펠릿규격을 충족하는 겉보기밀도, 미세분발생량 및 내구성이 확보된 펠릿연료를 개발하기 위하여 연소촉진제가 첨가된 왕겨의 성형을 위한 압출다이를 개발하고 최적 함수율 및 투입량 등 최적 성형조건을 도출할 계획이다.

### 나. 핵심기술

#### (1) 연소촉진제 조성

왕겨 대비 휘발성분 함유량이 높고 발화점이 낮아 발화 및 연소촉진효과가 있는 자사에서 발생하는 폐커피유와 고온에서 산소를 발생시키는 산소방출제로 연소기내 미연소분을 감소시



김으로써 연료효율을 촉진시키는 알칼리금속화합물(Ba(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, KOH 및 NaOH) 및 붕산나트륨, 분산용 유화제 및 유동성 향상을 위해 첨가되는 Glycerol, Ethylene glycol 등으로 구성된 연소촉진제에 의해 바이오매스의 발열량을 1,000kcal/kg 이상 제고시키는 기술이다.

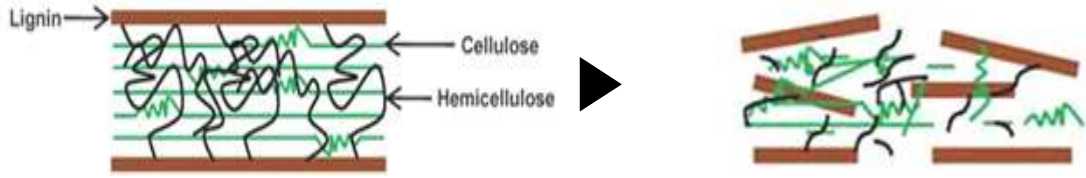
표1. 연소촉진제 공급처 및 특성

구성성분	특성	비고	공급처
폐커피유	착화온도 및 발열량개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>•왕겨착화온도 300℃ 내외</li> <li>•폐커피유착화온도 206℃</li> <li>•왕겨발열량 4,192kcal/kg</li> <li>•폐커피유발열량 9,166kcal/kg</li> </ul>	자체생산
산소방출제	미연분금속성분 완전연소 촉진에 의한 연소기내 미연분감소 및 발열량개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>•알칼리금속화합물 -Ba(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, KOH 및 NaOH</li> <li>•붕산나트륨</li> </ul>	영진화학
고융점화합물	이온exchange를 통한 저융점화합물(SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )의 고융점화에 의한 Slagging현상저감	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaSO<sub>4</sub></li> </ul>	대정화금
유동성향상제	유동성향상 및 빙점저하	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Glycerol, Ethyleneglycol</li> </ul>	미성통상

## (2)연소촉진제 혼합기술

외피가 규소로 피복되어 있고 조직이 치밀하여 연소촉진제의 흡수율이 낮고 혼합이 어려운 왕겨의 특성을 개선하기 위하여 왕겨를 고온고압에서 압축후 급격히 상압으로 되돌리는 것에 의해 물을 순간적으로 증발시킴으로써 다공질상으로 부피를 팽창시켜 흡수성을 제고하는 기술이다

팽연화란 급속가열에 의해서 수분의 급격한 증발로 다공질 구조를 형성하는 현상이나 팽화제를 혼합한 재료를 급속 가열함으로써 이산화탄소 등의 기체가 발생되어 다공질 구조가 형성되는 것을 말하며, 좁은 의미로는 곡류나 콩류 등을 가압, 가열하여 급격히 상압으로 되돌리는 것에 의해 물을 순간적으로 증발시켜, 다공질상으로 부피를 팽창시키는 것을 가리키지만, 넓은 의미로는 단순히 급속가열에 의해 물의 증발이 급격히 일어나 다공질구조를 형성하는 현상(떡이나 팝콘 등)이나, 팽창제를 혼합한 반죽을 급속 가열함으로써 CO<sub>2</sub> 등의 기체를 발생시켜 다공질구조를 형성시키는 것도 포함하여 말한다.



왕겨(무처리군)

팽연왕겨(다공성, 친수성 제고)

그림2. 팽연화에 의한 왕겨조직 변화

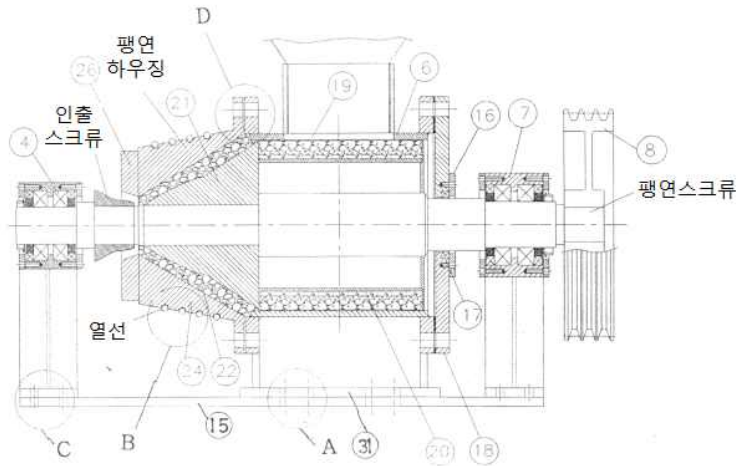


그림3. Extruder type 연속식 팽연화 장치

### (3) 펠릿성형기술

연소촉진제 첨가에 의해 마찰계수가 감소된 왕겨의 성형에 필요한 마찰력 및 압출력을 구현할 수 있는 압출다이를 개발하고 목재펠릿과의 호환성 확보를 위해 목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 미세분발생량, 겉보기밀도, 내구성을 충족하는 펠릿 성형에 적합한 함수율 및 압출다이규격에 따른 최적 투입량을 도출하는 기술이다.

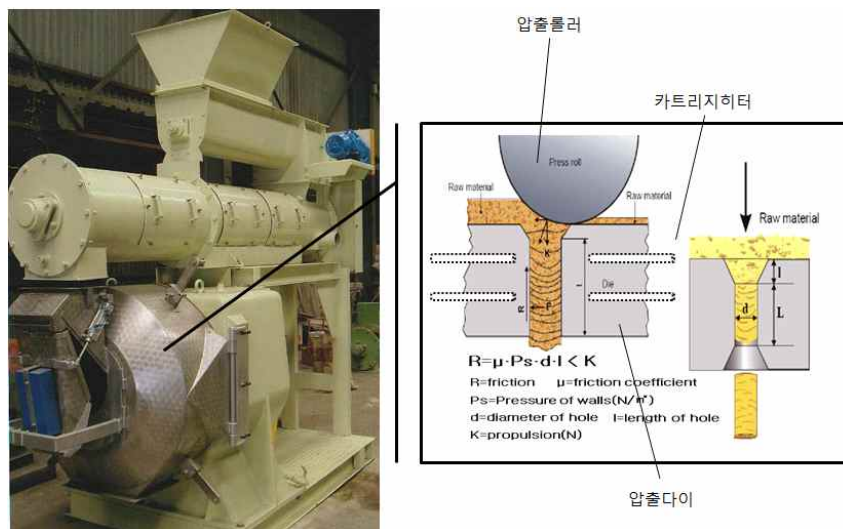


그림4. 펠릿성형원리 및 펠릿성형기

## 2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

### 가. 국내기술수준 및 시장현황

#### (1) 국내기술수준

연소촉진제 첨가에 의해 연료성능을 향상시키는 연구는 만유캠텍, 에스에너지 등에서 발열량이 낮고 함수율이 높은 저급석탄을 연료로 활용하기 위하여 진행되었으나 경제성 확보 문제 등으로 상업화가 지연되고 있으며, 왕겨 팽연화에 대한 연구는 대원GSI에서 왕겨를 잡초발생 억제용으로 활용하기 위하여 진행되어 현재 농업 현장에서 활용되고 있다.

왕겨 펠릿화에 대한 연구는 신흥기업(주)과 해표산업(주) 등에서 상용화를 위한 연구를 수행하였으나 목재펠릿 대비 낮은 연료성능으로 농업현장에서 활용되지 못하고 있다.

#### (2) 국내시장현황

통계청 발표자료(www.index.go.kr)에 따르면 2014년 왕겨 발생량은 약 110만톤 가량으로 추정되며<sup>1)</sup>, 공급가격이 톤당 30,000~50,000원으로 톱밥의 25~40% 수준이고 미곡종합처리장을 통해 계절적 영향 없이 안정적인 공급이 가능하기 때문에 연료로써의 활용 가치가 매우 높은 폐바이오매스 자원임에도 불구하고 발생량중 일부만이 상토나 축사갈래 등으로 재활용되고 있다.

국내 농업부산물을 이용한 아그로펠릿 시장은 아직 형성되어 있지 않으나 목재펠릿시장은 2009년부터 본격화 되어 국내생산 6,000톤, 수입 12,000톤이었던 규모가 2015년 국내생산 82,000톤, 수입 1,470,000톤으로 급격히 증가하였으며, 과잉 수입되어 이력이 불분명한 동남아산 목재펠릿이 농업용, 산업용 및 가정용 시장까지 공급되고 있다.<sup>2)</sup>

#### (3) 경쟁기관 및 지식재산권 현황

(주)GE에너지는 베트남 롱안성과 원료수급 MOU를 체결하고 베트남 현지에 왕겨펠릿 제조 plant를 set-up 하였고 (주)대원지에스아이는 왕겨숯을 타르와 혼합한 고품연료를 개발하는 등 왕겨를 이용한 고품연료 개발을 추진하고 있다.

지식재산권 현황으로는 국내 등록특허 10-1275456 “왕겨숯을 이용한 고품화 연료 및 그 제조방법”은 왕겨숯 분말 70~80중량%와 타르 20~30중량%로 이루어져 펠릿 형태로 성형한 고품화 연료를 제조하는 방법을 제시하고 있으며, 국내 등록특허 10-0699176 “왕겨 팽연화 장치”는 왕겨를 고온 고압 하에서 압축 및 분쇄시켜 배출함으로써 왕겨의 단단한 조직을 파괴하여 부드럽고 수분의 흡수성이 좋은 성질을 갖도록 하는 왕겨 팽연화 장치에 관한 것으로 원통형 케이싱내의 온도와 압력을 200-300℃, 3~5kg/cm<sup>2</sup>로 유지할 수 있도록 온도 조절부를 포함하는 것을 특징으로 하고 있다.

#### (4) 표준화 현황

바이오고형연료란 폐지류, 농업폐기물, 폐목재류, 식물성잔재물, 초본류 폐기물 등 폐바이오매스를 이용하여 제조한 고품연료제품으로 2013년 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 개정 이전에는 연료로써의 사용이 허용되지 않았으나 2013년 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 개정을 통해 기존의 폐기물고형연료인 생활폐기물, 폐합성수지류, 폐합성섬유류, 폐고무

1) 우리나라 바이오매스 이용실태에 관한 기초조사, 농림수산식품기술기획평가원, 2010

2) 투데이에너지 2015.07.31, 산림청 연도별 목재펠릿 생산 및 판매량

류, 페타이어 등을 사용하여 제조한 일반고형연료(Solid Refuse Fuel)와 별도로 바이오고형연료를 신설하고 동법 시행규칙 별표7 고형연료제품의 품질등급기준을 제정하였다.

표2. 바이오고형연료 품질등급 기준

구분		단위	성형		비성형	
모양 및 크기		mm	직경	50 이하	가로	120 이하
			길이	100 이하	세로	120 이하
수분		wt.%	10 이하		25 이하	
저위발열량		kcal/kg	3,000 이상			
회분		wt.%	15 이하			
염소		wt.%	0.5 이하			
황분		wt.%	0.6 이하			
금속 성분	수은(Hg)	mg/kg	0.6 이하			
	카드뮴(Cd)		5.0 이하			
	납(Pb)		100 이하			
	비소(As)		5.0 이하			
	크롬(Cr)		70.0 이하			

#### 나. 국외기술수준 및 시장현황

##### (1) 국외기술수준 및 시장현황

아그로펠릿은 발열량이 낮고 연소지속시간이 짧은 문제점으로 인해 가정용 시장에서는 거의 사용되지 않아 성형기술 개발과 병행하여 아그로펠릿을 효율적으로 연소시킬 수 있는 연소기 개발 위주로 기술개발이 진행되어 왔으며, 유럽에는 13개국 56개의 아그로펠릿 공장이 있으며, 총 809,000톤/년의 생산시설에서 183,700톤을 생산하고 있는 것으로 알려져 있으며, 생산능력은 프랑스가 400,000톤/년, 덴마크가 100,000톤/년 정도의 생산시설을 구축하고 있다.

##### (2) 경쟁기관현황

인도의 Cethar사는 1987년부터 약 570대의 바이오매스(왕겨, 바가스) 보일러를 제작·판매해 오고 있으며 왕겨 전용으로 250대 이상의 보급실적을 가지고 있고 중국의 Hamada Boiler Group사는 인도네시아, 태국, 말레이시아 등 11개국에 왕겨, 볏짚, 석탄, 목재, 톱밥 등 다양한 연료에 적용 가능한 보일러를 제작·판매하고 있으며, 2004년에 태국(6MW), 2010년에 베트남 호치민시에 왕겨 전용보일러를 설치하였다.

##### (3) 지식재산권 및 표준화 현황

중국출원특허 “Rice hull composite combustion stick(출원번호 200810010624)”은 왕겨 85~90%, 무연탄 8~13%, 생석회 1~2%의 비율로 조성된 스틱형 왕겨고형연료 제조방법을 제시하고 있으며, 중국등록특허 “Triple-channel burner applicable to ceramsite rotary kiln taking rice husk as fuel(등록번호 201401795)”는 왕겨를 연료로 사용할 수 있는 3중 버너 형태의 버

너 제조방법에 대해 제시하고 있다.

아그로펠릿과 관련된 품질기준은 오스트리아에 압축역새에 관련된 규격이 있으며 프랑스에서는 FABA에서 아그로펠릿의 품질기준을 규정하고 있다.

## 제2절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 목표

#### 가. 연구개발의 최종목표

본 연구개발의 최종목표는 왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 1급 목재펠릿 발열량 4,300kcal/kg을 상회하는 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료를 개발하는 것이다.

#### 나. 연구개발의 세부목표

##### (1)주요기능 및 성능

본 연구개발의 목표는 발열량 및 연소지속성, 성형성이 개선된 목재펠릿난방기에 사용가능한 왕겨 펠릿으로 세부성능은 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0% 미만, 내구성 97.5% 이상을 목표로 하고 있다.

구분	발열량	겉보기밀도	미세분발생량	내구성
성능	5,000kcal/kg 이상	640kg/m <sup>3</sup> 이상	1.0% 미만	97.5% 이상

##### (2)핵심기술 및 적용범위

###### (가)핵심기술

본 연구개발의 핵심기술은 크게 세가지로 구분 할 수 있으며, 첫째, 펠커피유를 이용한 바이오매스용 연소촉진제조성물 둘째, 바이오매스 팽연화에 의한 연소촉진제 혼합기술 마지막으로 연소촉진제 혼합 왕겨 펠릿화 기술이다.

###### (나)적용범위

왕겨, 폐버섯배지, 옥수수대, 고춧대 등 대부분 폐기되고 있는 저품위 농업부산물 및 축산분뇨 등을 이용한 고효율 펠릿 개발에 활용할 예정이며, 한편으로는 저품질 석탄의 고품위화를 위한 기반기술로 활용할 계획이다.

#### 다. 연차별 개발목표 및 내용

##### (1)1차년도

###### (가)연구개발목표

①펠커피유, 알칼리금속화합물, 붕산나트륨, 가소제 등을 이용한 바이오매스용 연소촉진제 조

성

② 바이오매스 팽연화에 의한 연소촉진제 혼합 기술 개발

(나)개발내용 및 범위

- ①폐커피유 및 산소방출제( $(\text{Ba}(\text{OH})_2, \text{Ca}(\text{OH})_2, \text{KOH}, \text{NaOH}, \text{붕산나트륨})$ , 분산용 유화제(Glycerol, Ethylene glycol) 등을 이용한 연소촉진제 조성
- ②연소촉진제 흡수율 극대화 및 흡수시간 저감 왕겨 팽연화 조건 도출
- ③연소촉진제 첨가에 의한 왕겨 연소지속성 및 연료특성 변화 분석을 통한 연소촉진제 조성비 도출

(2)2차년도

(가)연구개발목표

- ①연소촉진제 혼합 왕겨 펠릿화 기술
- ②발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 왕겨펠릿 시제품 생산
- ③바이오매스용 연소촉진제 최적 첨가율 도출
- ④바이오고형연료 품질규격 및 목재펠릿 내구성 규격을 충족하는 왕겨펠릿 성능분석 시스템 구축
- ⑤연소성능검증

(나)개발내용 및 범위

- ①연소촉진제 첨가에 의해 마찰계수가 감소된 왕겨의 성형에 필요한 마찰력 및 압출력을 구현 할 수 있는 압출다이 개발
- ②목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 미세분발생량, 겉보기밀도, 내구성을 충족하는 펠릿 성형에 적합한 함수율 및 압출다이규격에 따른 최적 투입량 도출
- ③생산규모 500kg/hr 규모의 시험생산설비 set-up 및 시험생산
- ④목재펠릿난방기 시험연소 및 성능평가
- ⑤배출가스 특성 분석(폐놀계 화합물 및 유해화합물)
- ⑥연소촉진제 첨가율별 발열량 및 연소지속성, 연료특성 분석을 통한 왕겨펠릿 연소효율 극대화 연소촉진제 최적 첨가율 도출
- ⑦시험생산 lot별 발열량 및 겉보기밀도, 미세분발생량, 내구성 등 연료특성 분석 및 주관기관 feed back
- ⑧열분석기를 이용한 목재펠릿 및 왕겨 연소지속성 비교분석

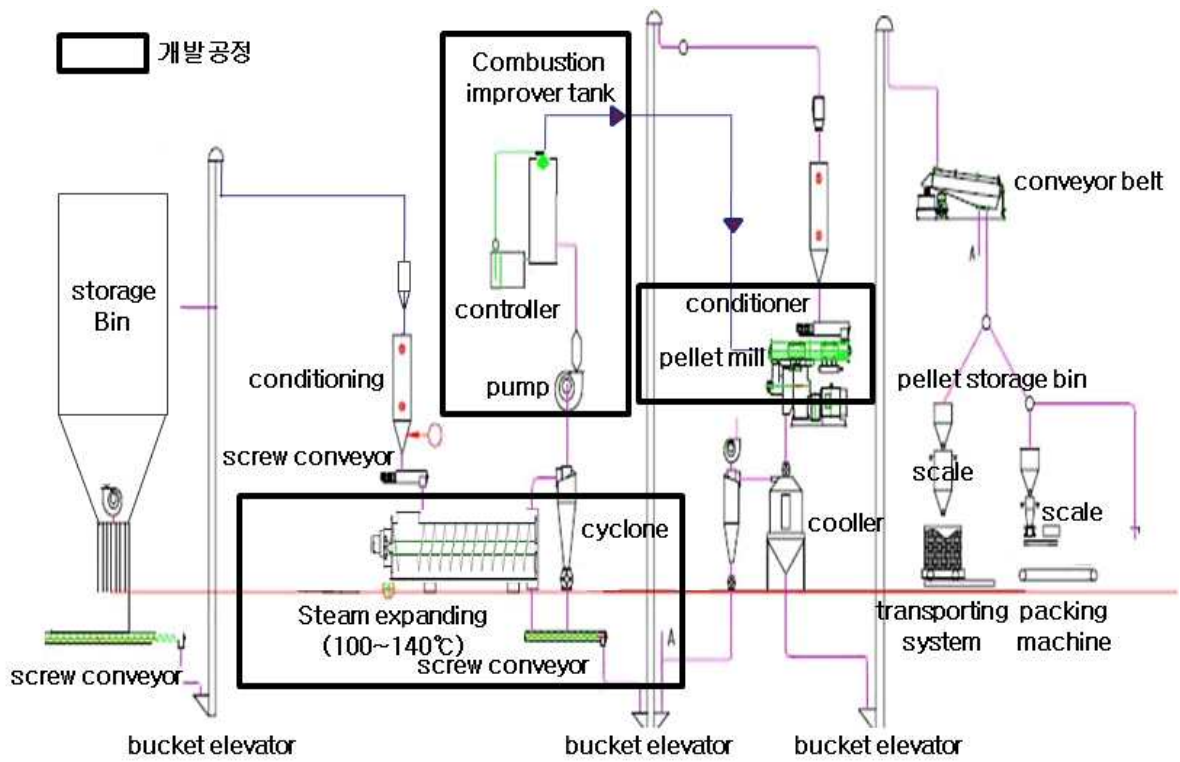


그림5. 왕겨펠릿 제조시스템

표3. 기존 펠릿제조시스템 대비 장단점 비교

구분	시스템 구성	장단점	소요비용/Mcal
왕겨펠릿제조 시스템	기존 목재펠릿시스템 대비 팽연화시스템 및 연소촉진제 조성시스템 추가 필요	-원재료 가공범위 확대에 의한 수급용이성 제고 -연료성능 제고	41원/Mcal
목재펠릿제조 시스템	분쇄기, conditioner, pellet mill, cooler, packing machine 등으로 구성	-원재료 가공범위 톱밥 등에 한정됨 -연료성능 제고 시스템 부재	79원/Mcal

## 2. 연구개발 성과목표

특허출원 2건, 기술실시 1건, 제품화 2건(연소촉진제, 왕겨펠릿), 고용창출 2명, 논문투고 3건, 정책활용 1건

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	정책활용			홍보전시		
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건				
가중치	30					70														
최종목표	2					3						2								
1차년도	1					1						1								
2차년도	1					1														
3차년도																				
4차년도																				
5차년도																				
소 계	2					2						1								
종료 1차년도												1								
종료 2차년도						1														
종료 3차년도																				
종료 4차년도																				
종료 5차년도																				
소 계						1						1								
합 계	2					3		2				2								

### 제3절 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계 및 내용

#### 1. 연구개발 추진전략

가.기 보유한 벗짚 펄연화기술을 기반으로 왕겨 연소촉진제 흡수율 극대화 펄연화 조건 도출

(1)벗짚 최적 펄연화 조건인 함수율 40%, 펄연화온도 100℃를 기준으로 왕겨 펄연화후 문제점 도출

(2)함수율 및 온도변화에 따른 왕겨 최적 펄연화 조건 도출

나.폐커피유와 산소방출제, 유화제 등을 이용한 연소촉진제 조성

(1)폐커피유 첨가에 따른 왕겨 연료특성 변화 고찰(발열량 및 열중량 분석)

(2)종류별 산소방출제 첨가에 따른 왕겨 연료특성 변화 고찰(발열량 및 열중량 분석)

(3)분산용 유화제 종류(Glycerol, Ethylene glycol 등) 변화에 따른 연료특성 변화 고찰

다.기 보유한 벗짚 및 폐버섯배지 성형기술을 기반으로 연소촉진제 첨가 왕겨펠릿 성형기술 개발



- (1) 목재펠릿 압출다이 마찰면적 대비 압출면적 비율 도출
  - (2) 목재펠릿 성형기를 이용한 왕겨펠릿 성형 실험 및 개선방향 도출
  - (3) 연소촉진제 첨가 왕겨펠릿 성형에 적합한 압출다이 개발 및 함수율 도출
- 라. 위탁기관인 (재)한국화학융합시험연구원과 연계를 통한 전문가 확보 및 기술정보 수집

- (1) 가족회사인 동신대학교와의 기술교류를 통한 기술자문
- (2) (재)한국화학융합시험연구원 열분석데이터 분석의뢰 및 기술자문

2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	농산부산물을 활용한 목재펠릿난방기용 고효율 펠릿자재 개발	주관연구책임자 (오도건)외 총 6명

기관별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
대 기업		
중견기업		
중소기업((주)유니바이오)	1	3
대 학		
국공립(연)		
출 연 (연)		
위탁((재)한국화학융합시험연구원)	1	4

(주)유니바이오
왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 발열량 5,000kcal/kg 이상, 걸보기밀도 640kg/m <sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0% 미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료 개발
연구책임자명(오도건)외 2명
담당기술개발내용
- 바이오매스용 연소촉진제 조성 및 팽연화에 의한 연소촉진제 혼합 기술 개발 - 연소촉진제 혼합 왕겨 펠릿화 기술 개발 - 발열량 5,000kcal/kg 이상, 걸보기밀도 640kg/m <sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0% 미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 왕겨펠릿 시제품 생산

(재)한국화학융합시험연구원
연소촉진제 최적 조성비 도출 및 고효율 펠릿연료 개발을 위한 성능평가
연구책임자명(이준희)외 3명
담당기술개발내용
- 연소촉진제 구성물질별 첨가량 도출을 위한 발열량 및 열중량분석 - 팽연화조건에 따른 흡수율 분석 및 첨가율에 따른 연료특성(발열량, 열중량분석) 분석 - 걸보기밀도, 미세분발생량, 내구성, 목재펠릿 및 왕겨펠릿 연소지속성 분석

### 3. 연구개발 추진일정

1차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	계획수립 및 자료조사			■											3,000	오도건 (㈜유니바 이오)
2	커피유 첨가에 따른 연소특성 분석				■	■									14,700	오도건 (㈜유니바 이오)
3	산소방출제 첨가에 따른 연소특성 분석				■	■									17,500	오도건 (㈜유니바 이오)
4	분산 유화제 선발						■	■							20,000	오도건 (㈜유니바 이오)
5	연소촉진제 조성비 도출								■	■					20,000	오도건 (㈜유니바 이오)
6	연소촉진제 시험생산 및 성능검증										■	■	■		25,000	이준희 (재)한국 화학융합시 험연구원
7	함수율 변화에 따른 팽연왕겨 흡수율 변화 분석				■	■	■								20,000	김용현 (㈜유니바 이오)
8	팽연화 온도 변화 따른 흡수율 변화 분석						■	■	■						15,000	김용현 (㈜유니바 이오)
9	최적 팽연화 조건 도출										■	■			25,000	김용현 (㈜유니바 이오)
2차년도																
1	연소촉진제 첨가율에 따른 연료특성 분석	■													10,000	이준희 (재)한국 화학융합시 험연구원
2	연소촉진제 최적 첨가율 도출		■	■	■										12,500	이준희 (재)한국 화학융합시 험연구원
3	목재펠릿성형기 마찰면적 및 압출면적 도출				■	■	■								20,000	오도건 (㈜유니바 이오)
4	목재펠릿성형기를 이용한 시험생산						■	■	■	■					27,500	오도건 (㈜유니바 이오)
5	문제점 도출 및 개선방향 설계					■	■								20,168	오도건 (㈜유니바 이오)
6	압출다이 설계 및 제작							■	■	■	■				30,000	오도건 (㈜유니바 이오)
7	고효율 왕겨펠릿 시험생산										■	■			43,725	오도건 (㈜유니바 이오)
8	시제품 생산											■	■	■	40,807	오도건 (㈜유니바 이오)
9	성능평가												■	■	7,500	이준희 (재)한국 화학융합시 험연구원

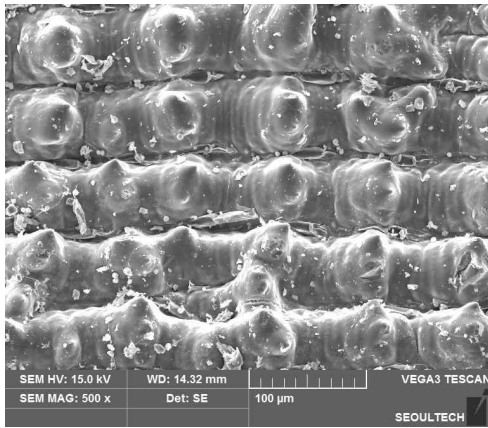
## 제2장 연구수행내용 및 결과

### 제1절 원재료적합성 검증을 통한 개발방향 도출

#### 1. 원소분석 및 발열량 분석

##### 가. 실험재료

원소분석 및 발열량 분석에 사용된 왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다.



RS-CON(주사전자현미경 x500)



RS-CON

그림6. 친들벼 왕겨

##### 나. 실험재료

발열량 분석은 위탁기관인 (재)한국화학융합시험연구원에 의뢰하여 자동열량계(리코코리아, AC600)을 이용하여 분석하였으며, 원소구성은 자동원소분석기(Vario MACRO cube/elementar, 독일)를 이용하여 C, H, N, S 구성비율을 분석하였다.

##### 다. 실험결과 및 고찰

친들벼 왕겨의 발열량은 3,780kcal/kg으로 분석되었으며, 왕겨의 원소구성은 C 43.4%, H 5.5%, N 0.3%, S 0.04%로 구성되어 있었다. 목재펠릿품질규격 발열량은 모든 등급에서 3,940kcal/kg(16.5MJ) 이상을 충족해야 하나 왕겨의 발열량은 목재펠릿품질규격을 충족하지 못하였다. 그러나 N, S의 구성비는 목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 최고등급인 A1 등급의  $N \leq 0.3w\%$  건량,  $S \leq 0.04w\%$  건량을 충족하였다. 따라서 왕겨를 목재펠릿난방기용 펠릿자재로 이용하기 위해서는 발열량 제고가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

표4. 왕겨 원소구성 및 발열량

구분	원소구성(%)				발열량 (kcal/kg)	
	C	H	N	S		
왕겨	43.4	5.5	0.3	0.04	3,780	
목재 <sup>3)</sup>	A1	-	-	≤ 0.3	≤0.04	≥3,940
펠릿	A2	-	-	≤ 0.5	≤0.05	≥3,940
규격	B	-	-	≤ 0.7	≤0.05	≥3,940

\*목재펠릿규격은 주거용·소규모 상업용 목재펠릿의 품질규격 기준임

## 2. 회분 및 함수율 분석

### 가. 실험재료

실험에 사용된 왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 함수율 및 회분분석은 열풍건조기(한백과학, HB-502M), Analytical balance(AND, ER-180A), Muffle furnace(한양과학, MF-03)를 이용하여 분석하였다.

### 나. 실험방법

함수율 분석은 목재펠릿품질규격(제2003-5호)에서 제시하고 있는 함수율 분석방법에 의거 하기 방법에 의해 분석하였다.

- (가) 덮개가 있는 칭량병을 105 ± 3℃에서 무게 변화가 없을 때까지 건조한 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시킨다.
- (나) 덮개를 포함하여 칭량병의 무게를 0.01g 수준 까지 측정하여 기록한다.
- (다) 펠릿을 최소 20g의 시료를 칭량병에 균일한 층이 되도록 넣은 후 덮개를 포함하여 무게를 측정한다.
- (라) 덮개를 제거한 후 105 ± 3℃의 온도에서 시료를 포함한 접시의 무게 변화가 없을 때까지 건조를 수행한다. 이 때 덮개는 동일 오븐에서 건조가 되도록 한다.
- (마) 오븐에서 덮개를 썬 후, 데시케이터로 옮기고 상온까지 냉각 시킨다.
- (바) 시료를 포함한 칭량병의 무게를 0.01g 수준에서 측정한다.
- (사) 적어도 2회 이상 측정을 실시하여, 다음의 계산식을 이용하여 소수점 둘째자리까지의 함수율 값을 구하여 %로 표기하며, 보고를 위한 평균값은 0.1% 수준으로 반올림한다.

3) 목재제품의 규격과 품질기준(국립산림과학원 고시 제2019-10호)

$$M_{ad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

$M_{ad}$  : 습량 기준 펠릿의 함수율

$m_1$  : 빈 칭량병 + 덮개의 무게

$m_2$  : 건조 전 칭량병 + 덮개 + 시료의 무게

$m_3$  : 전건 후 칭량병 + 덮개 + 시료의 무게

회분분석은 하기 목재펠릿품질규격(제2003-5호)에서 제시하고 있는 분석방법에 의거하여 분석하였다.

- (가) 시료를 함유하지 않는 도가니를  $575 \pm 25^\circ\text{C}$ 의 온도의 회화로에서 최소 60분간 가열한다. 회화로로부터 도가니를 빼낸 다음 5 - 10 분간 냉각시키고, 흡습제가 없는 데시케이터로 옮긴 후 상온까지 냉각시킨다. 도가니의 무게가 0.1mg 수준에서 변화가 없을 때 그 중량을 기록한다.
- (나) 펠릿을 1mm 금속망 체를 통과하는 크기로 잘게 부순 후 무게를 측정하기 전에 시험 시료를 조심스럽게 혼합한다. 도가니의 바닥에 최소 1g의 시료를 균일한 두께가 될 수 있도록 펼친다. 도가니의 시료의 무게를 0.1mg 수준에서 측정하고 기록한다. 시험 시료가 이전에 전건 되었다면, 수분 흡착을 막기 위해 도가니와 시료를  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 다시 건조한 후 무게를 정확하게 측정하여야 한다.
- (다) 시험 시료를 담고 있는 도가니를 냉각된 회화로에 넣고, 다음과 같은 승온 스케줄을 이용하여 가열한다.
  - ① 회화로의 온도를  $4\sim 5^\circ\text{C}/\text{분}$ 의 속도로  $250^\circ\text{C}$ 까지 승온하고, 60분간 방치한다.
  - ② 회화로의 온도가 다음 60분간  $575 \pm 25^\circ\text{C}$ 가 되도록 승온하고 ( $5\sim 6^\circ\text{C}/\text{분}$ ), 그 온도에서 최소 120분간 유지한다.
- (라) 회화로에서 도가니를 제거하고, 5-10분간 대기 중에서 방치한 후, 흡습제가 없는 데시케이터에서 상온까지 냉각시킨다. 0.1mg 수준에서 무게를 측정하고 기록한다.
- (마) 검댕 등으로 인한 불완전연소가 의심되면,
  - ①  $575 \pm 25^\circ\text{C}$  회화로에서 30분 더 연소한다.
  - ② 증류수 또는 질산암모늄 몇 방울을 첨가한 후  $575 \pm 25^\circ\text{C}$  회화로에서 30분 더 연소한 후 무게를 측정한다.
- (바) 적어도 2회 이상 측정을 실시하여, 다음의 계산식을 이용하여 소수점 둘째자리까지의 건조 중량에 대한 회분 함량의 값을 구하여 %로 표기하며, 보고를 위한 평균값은 0.1% 수준으로 반올림한다.

$$A_{dm} = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \times \frac{100}{100 - M_{ad}}$$

$A_{dm}$  : 전건펠릿의 회분(건량기준)

$m_1$  : 도가니의 무게

$m_2$  : 도가니 + 시료의 무게

$m_3$  : 도가니 + 회분의 무게

$M_{ad}$  : 펠릿의 함수율(습량기준)

#### 다. 실험결과 및 고찰

발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨의 함수율은 10.7%, 회분함유량은 14.5%로 분석되었다. 목재펠릿품질규격 규정하고 있는 회분함유량은 A1 ≤ 0.7, A2 ≤ 1.2, B ≤ 2.0 w-%(건량)으로 왕겨의 회분함유량은 최하위 등급인 B등급 대비 12%이상 높았으며, 함수율은 10.7%로 목재펠릿품질규격 규정하고 있는 ≤ 10w-%(습량) 대비 0.7% 높았으나 펠릿성형과정에서 1~3% 정도의 수분이 저감되는 점을 감안하면, 별도의 컨디셔닝 과정이 없더라도 성형이 가능할 것으로 판단된다.

표5. 왕겨 회분 및 함수율

구분	회분(w-%, 건량)	함수율(w-%, 습량)	비고
왕겨	14.5	10.7	발안농협RPC 수거
목재 <sup>4)</sup> 펠릿 규격	A1	≤ 0.7	주거용 · 소규모 상업용
	A2	≤ 1.2	
	B	≤ 2.0	

### 3. 왕겨 연소특성 분석

#### 가. 실험재료

실험에 사용된 왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 연소특성분석에는 열분석기(Shimadzu, DTG-60)를 사용하였다.

#### 나. 실험방법

연소특성분석은 서울과학기술대학교 공동실험실습관에 의뢰하여 분석하였으며, 왕겨 6.661mg을 정량하여 승온속도 10℃/min, 분위기가스 Nitrogen, 최대온도 600℃ 조건에서 열분석기(Shimadzu, DTG-60)를 이용하여 분석하였다.

4) 목재제품의 규격과 품질기준(국립산림과학원 고시 제2019-10호)

다. 실험결과 및 고찰

왕겨 DTG 분석결과 67.18°C, 320.61°C, 339.81°C, 502.99°C 등 총4곳의 peak가 관찰되어 320~340°C 구간에서 가장 활발히 연소되는 특징이 있었다.

낙엽송으로 제조된 시판 목재펠릿의 연소특성은 337.75°C, 434.98°C, 484.48°C 등 총 3곳의 peak가 관찰되었으며, 500°C 이상에서 연소가 급격히 종료되었다.

이러한 DTG 분석결과로 볼 때 목재펠릿 대비 왕겨의 연소특성은 발열량은 상대적으로 낮으나, 연소지속성은 오히려 더 우수하여 연소가 더 오래 지속되는 것으로 분석되었다.

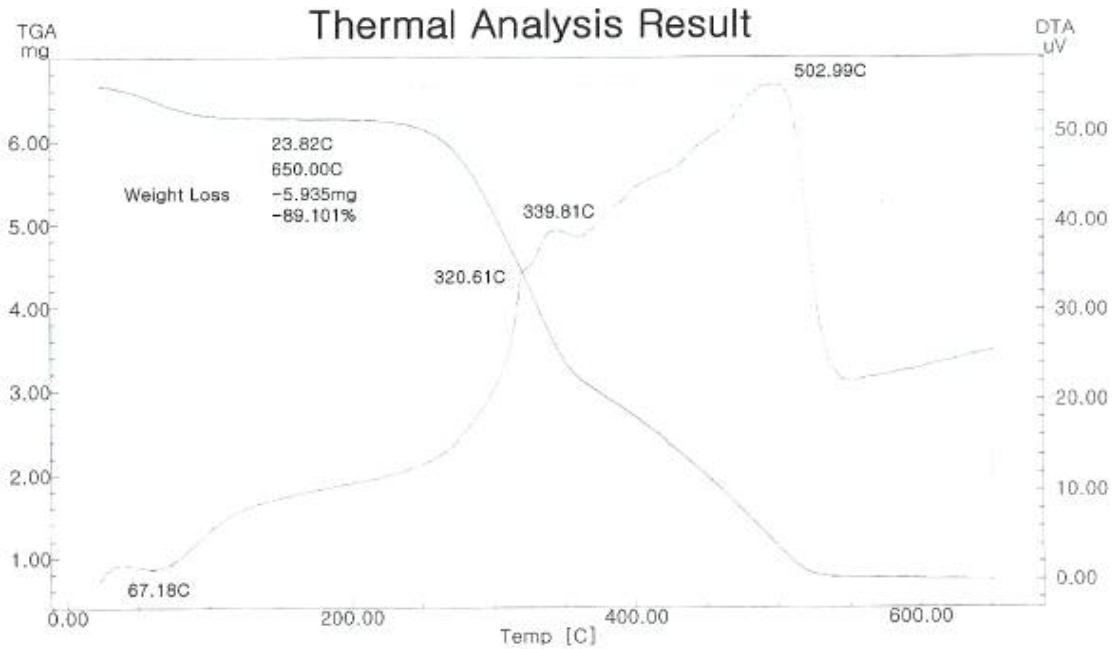


그림7. 왕겨 DTG 분석

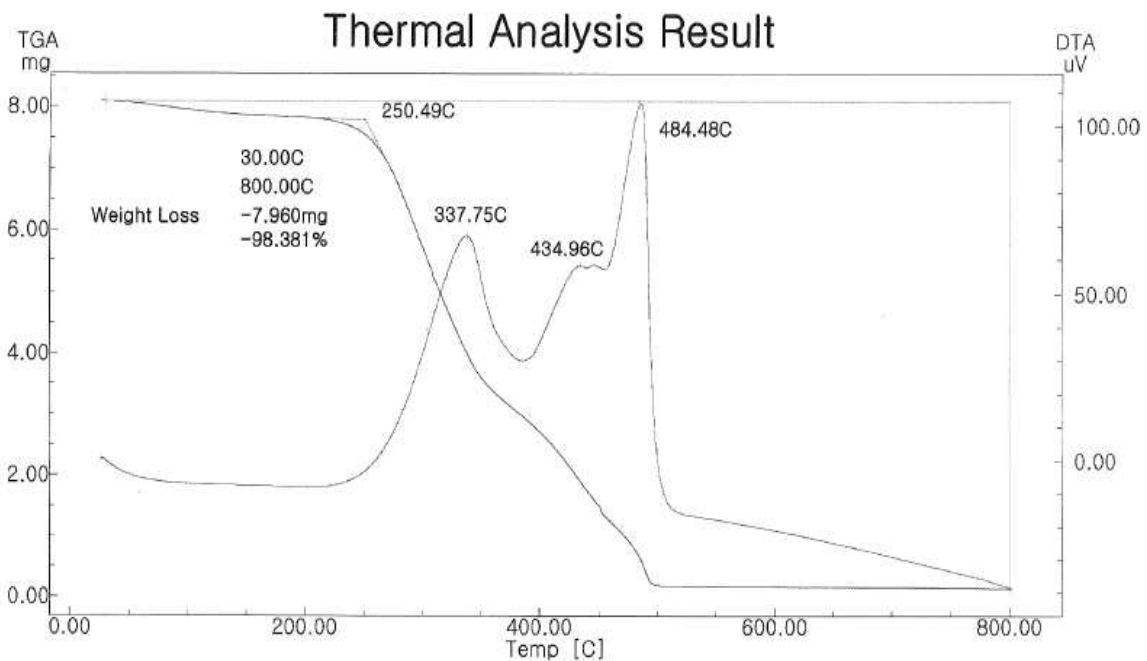


그림8. 목재펠릿(낙엽송) DTG 분석

#### 4. 염소, 중금속, 무기물 분석

##### 가. 실험재료

염소 및 금속성분, 무기물분석에 사용된 왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다.

##### 나. 실험방법

염소함유량 분석 및 무기물 분석은 에너지분산형엑스선형광분광계(Thermo Fisher Scientific, ARL QUANTX)를 이용하여 분석하였으며, 중금속 함유량은 서울과학기술대학교에 공동실험실 습관에 의뢰하여 유도결합플라즈마질량분석기(iCAP-Q/Thermo Electron Corporation)를 이용하여 분석하였다.

##### 다. 실험결과 및 고찰

친들벼 왕겨가 함유하고 있는 염소함유량은 0.09%로 분석되었으며, 중금속 성분은 As 불검출, Cd 불검출, Cr 0.15mg/kg, Pb 0.77mg/kg, Hg 0.003mg/kg, Ni 0.15mg/kg, Zn 17.48mg/kg, 주요 무기물성분은 Si 4.702%, K 2.167%, Ca 0.1329%, Ag 0.6199%로 Si 및 K 함유량이 다른 바이오매스 대비 높게 함유되어 있는 특징이 있었다.

목재펠릿품질규격에서 정하고 있는 염소함유량은 A1 ≤ 0.02%, A2 ≤ 0.02%, B ≤ 0.03%로 왕겨의 염소함유량 0.09%는 목재펠릿품질규격의 규격치를 상회하여 염소함유량 저감기술을 확보하는 것이 필요하였다.

목재펠릿품질규격에서 정하고 있는 중금속 함유량은 모든 등급에서 As ≤ 1, Cd ≤ 0.5, Cr ≤ 10, Pb ≤ 10, Hg ≤ 0.1, Ni ≤ 10, Zn ≤ 100mg/kg이며, 모든 항목에 대해 왕겨의 중금속 함유량이 목재펠릿품질규격에서 정하고 있는 중금속 함유량을 충족하였다.

왕겨의 무기물 성분은 Si 4.702%, K 2.167%, Ca 0.1329%, Ag 0.6199%로 Si 및 K 함유량이 다른 바이오매스 대비 높게 함유되어 있었으며, 반면 시판 목재펠릿의 무기물 성분은 K, Ca 함유량이 다른 성분에 비해 높게 함유되어 있었다.

표6. 왕겨 중금속 분석

단위 : mg/kg

구분	As	Cd	Cr	Pb	Hg	Ni	Zn
왕겨	불검출	불검출	0.15	0.77	0.003	0.15	17.48
목재 <sup>5)</sup> 펠릿 규격	A1	≤ 1	≤ 0.5	≤ 10	≤ 0.1	≤ 10	≤ 100
	A2	≤ 1	≤ 0.5	≤ 10	≤ 10	≤ 0.1	≤ 10
	B	≤ 1	≤ 0.5	≤ 10	≤ 10	≤ 0.1	≤ 10



표7. 왕겨 염소함유량 분석

구분	왕겨	목재펠릿규격		
		A1	A2	B
염소함유량 (w-% 건량)	0.09	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.03

**Conditions**

**Low Zb**

Voltage	8 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Cellulose	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Low
Warmup time	0 seconds		

**Low Za**

Voltage	4 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	No Filter	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Low
Warmup time	0 seconds		

**Mid Za**

Voltage	16 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Pd Thin	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Medium
Warmup time	0 seconds		

**Results**

Element	Concentration	Normalized	Std. Dev.	Peak (cps/mA)	Background (cps/mA)
<b>팬연CON</b>					
Si	4.702 %	4.702 %	0.025	294	7
S	0.1289 %	0.1289 %	0.0032	50	61
Cl	0.0379 %	0.0379 %	0.0034	11	21
K	2.167 %	2.167 %	0.043	79	100
Ca	0.1329 %	0.1329 %	0.0016	205	73
Mn	0.04297 %	0.04297 %	0.00049	131	-10
Ag	0.6199 %	0.6199 %	0.0074	294	-52
CHON	92.155 % Diff	92.155 % Diff			

그림9. 왕겨 ED-XRF 분석

5) 목재제품의 규격과 품질기준(국립산림과학원 고시 제2019-10호)

## Conditions

### Mid Za

Voltage	16 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Pd Thin	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Medium
Warmup time	0 seconds		

### Mid Zc

Voltage	28 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Pd Thick	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Medium
Warmup time	0 seconds		

### Low Zb

Voltage	8 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Cellulose	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Low
Warmup time	0 seconds		

### Low Za

Voltage	4 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	No Filter	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Low
Warmup time	0 seconds		

### Low Zb

Voltage	8 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Cellulose	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Low
Warmup time	0 seconds		

### Mid Zb

Voltage	20 kV	Current	Auto
Livetime	60 seconds	Counts Limit	0
Filter	Pd Medium	Atmosphere	Air
Maximum Energy	40 keV	Count Rate	Medium
Warmup time	0 seconds		

## Results

Element	Concentration	Std. Dev.	Peak (cps/mA)	Background (cps/mA)
<b>PBSP CON</b>				
S	0.1119 %	0.0026	54	60
Cl	0.310 %	0.018	23	27
K	1.440 %	0.012	379	-23
Ca	1.5762 %	0.0044	3003	-56
Mn	0.01094 %	0.00020	37	-1
Fe	0.00629 %	0.00013	36	3
Cu	0.000230 %	0.000028	2	1
Zn	0.001882 %	0.000049	27	-0
Sr	0.000360 %	0.000022	20	11
Mo	0.00 %	0.0	0	130
Ag	0.5251 %	0.0069	303	-48
CHON	96.017 % Diff			

그림10. 목재 펠릿(낙엽송) ED-XRF 분석

5. 규격적합도 평가 및 개발방향 도출

가. 규격적합도 평가

왕겨의 발열량과 회분, 염소, 황분은 각각 3,780kcal/kg, 14.5%, 0.09%, 0.04%로 바이오고형연료 규격인  $\geq 3,000$ kcal/kg,  $\leq 15\%$ ,  $\leq 0.5\%$ ,  $\leq 0.6\%$  충족하였으며, 왕겨의 중금속 함유량은 Hg 0.003mg/kg, Cd 불검출, Pb 0.77mg/kg, As 불검출, Cr 0.15mg/kg으로 바이오고형연료 규격인 Hg, Cd  $\leq 0.6$ , Pb  $\leq 100$ , As  $\leq 5.0$ , Cr  $\leq 70.0$ 를 충족하였다. 왕겨의 발열량은 목재펠릿품질규격 대비 약 200kcal/kg 이상 낮게 분석되었으며, 회분함유량은 목재펠릿 B등급 규격치인  $\leq 2.0\%$ 를 크게 상회하였고 염소함유량은 0.09%로 규격치인  $\leq 0.02\%$ 를 충족하지 못하였으나 중금속분함유량은 모든항목에서 목재펠릿품질규격을 충족하였으며, 질소함유량 또한 0.3%로 목재펠릿품질 규격 A1 등급인  $\leq 0.3\%$ 를 충족하였다.

표8. 왕겨 바이오고형연료 및 목재펠릿규격 적합도

구분	단위	연료규격				왕겨	
		B-SRF (성형)	목재펠릿 (A1)	목재펠릿 (A2)	목재펠릿 (B)		
발열량	kcal/kg	$\geq 3,000$	$\geq 3,940$	$\geq 3,940$	$\geq 3,940$	3,780*	
회분	wt. %	$\leq 15$	$\leq 0.7$	$\leq 1.2$	$\leq 2.0$	14.5	
염소		$\leq 0.5$	$\leq 0.02$	$\leq 0.02$	$\leq 0.03$	0.09	
질소		-	$\leq 0.3$	$\leq 0.5$	$\leq 0.7$	0.3	
황분		$\leq 0.6$	$\leq 0.04$	$\leq 0.05$	$\leq 0.05$	0.04	
금속 성분	수은	mg/kg	$\leq 0.6$	$\leq 0.1$	$\leq 0.1$	$\leq 0.1$	0.003
	카드뮴		$\leq 0.6$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	ND
	납		$\leq 100$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$	0.77
	비소		$\leq 5.0$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	ND
	크롬		$\leq 70.0$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$	0.15
	니켈		-	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$	0.15
	아연		-	$\leq 100$	$\leq 100$	$\leq 100$	17.48

나. 개발방향도출

왕겨의 연료특성 분석결과 왕겨의 연료특성은 바이오고형연료규격은 모든 항목을 충족하고 있으나 목재펠릿품질규격은 발열량, 회분, 염소함유량이 규격치를 충족하지 못하였다.

따라서 왕겨펠릿을 목재펠릿난방기용 펠릿자재로 사용하기 위해서는 향후 발열량 제고, 염소 함유량 저감, 회분함유량 저감의 방향으로 개발을 추진하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 발열량을 제고할 수 있는 연소촉진제 개발, 회분함유량이 14.5%로 목재펠릿 1급 규격인  $\leq 0.7\%$ 를 크게 상회하고 있어 사용 농민의 불편함이 예상됨에 따라 회분의 주성분인 Si, K 함유량 저

감 연소촉진제 개발 필요할 것으로 판단되었다.

또한 왕겨의 염소함유량은 0.09%로 목재펠릿규격치인  $\leq 0.03$ 를 상회하고 있어 염소 함유량을 저감시킬 수 있는 팽연화 조건 및 열처리기술의 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

## 제2절 연소촉진제 첨가에 의한 왕겨 연소촉진효과 검증

### 1. 붕사 첨가에 의한 발열량 변화

#### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 전건된 왕겨에 중량기준 1%, 2%, 3%, 4% 의 붕사(99%, OCI)를 첨가하여 각각의 시료를 제조하여 분석에 사용하였다.

#### 나. 실험방법

석탄연소촉진제에 반드시 첨가되는 성분인 붕사 첨가량에 따른 왕겨의 발열량 변화를 분석하기 위하여 전건된 왕겨에 중량기준 1%, 2%, 3%, 4% 의 붕사를 첨가하여 각각의 시료를 제조하였다. 왕겨와 붕사(99%, OCI)의 혼합은 10wt% 붕사수용액을 조성하여 붕사분말 첨가량이 1~4wt%가 되도록 왕겨에 첨가한 후 혼합기(3,000RPM, Model:SMKA-4000)을 이용하여 1분간 교반하고 60분 동안 실온에 방치하였다. 발열량 분석에 사용된 시료는 조성된 각각의 시료를 열풍건조기를 이용하여 105℃에서 중량변화가 없을 때까지 건조된 시료를 사용하였다. 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량계를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정후 평균값을 사용하였다.

#### 다. 실험결과 및 고찰

붕사 첨가량에 따른 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 발열량 3,845kcal/kg, 2% 첨가군 3,843kcal/kg, 3% 첨가군 3,861kcal/kg, 4% 첨가군 3,853kcal/kg으로 1% 첨가군에서 무처리군 3,780kcal/kg 대비 65kcal/kg이 제고되어 발열량 제고 효과가 가장 우수하였으나 2%이상 첨가하더라도 추가적인 발열량 제고효과는 미미하였다. 이러한 결과는 대한민국등록특허 등록번호 10-1415544 “폐기물 및 화석연료에 대한 연소촉진제”에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사 등으로 조성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 화석연료의 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다.

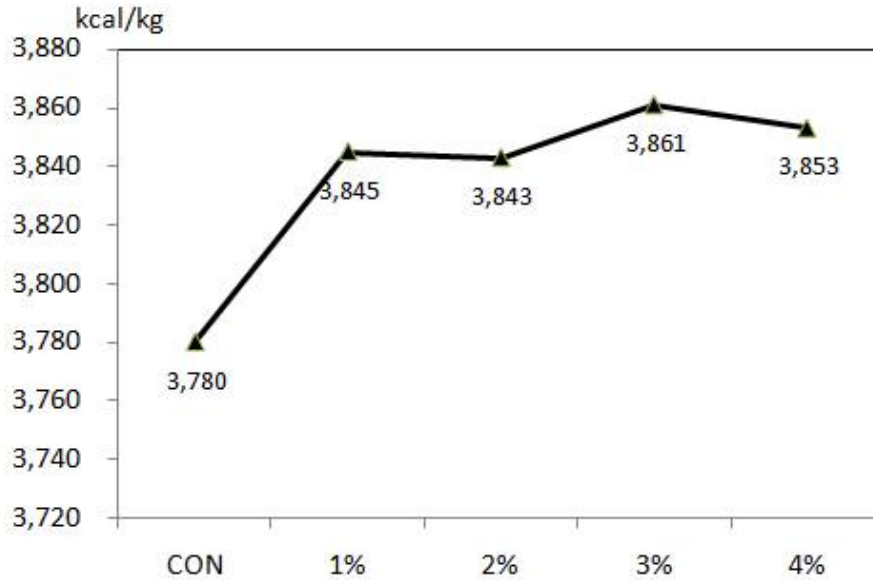


그림11. 붕사(Borax) 첨가에 의한 왕겨 발열량 변화

## 2. 과산화수소 첨가에 의한 발열량 변화

### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 산소발생에 의한 연소촉진 효과가 우수한 것으로 알려진 과산화수소(35%, Dukcan chemical)에 과수안정제(비규산계, NEO BIL-30)를 0.6 wt% 첨가한 과산화수소를 전진된 왕겨에 중량기준 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 각각의 시료를 제조하였다.

### 나. 실험방법

왕겨와 과산화수소 조성액의 혼합은 과산화수소(35%, Dukcan chemical)에 과수안정제(비규산계, NEO BIL-30)를 0.6 wt% 첨가한 과산화수소 조성액을 첨가량이 1~4wt%가 되도록 왕겨에 첨가한 후 혼합기(3,000RPM, Model:SMKA-4000)을 이용하여 1분간 교반하고 60분 동안 실온에 방치하였다. 발열량 분석에 사용된 시료는 열에 약한 과산화수소의 증발억제를 위해 건조 없이 사용하였다. 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제 2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정후 평균값을 사용하였다.

### 다. 실험결과 및 고찰

과산화수소를 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,760kcal/kg, 2% 첨가군 3,730kcal/kg, 3% 첨가군 3,690kcal/kg, 4% 첨가군 3,670kcal/kg으로 모든 첨가군에서 무처리군 3,780kcal/kg 대비 발열량이 저감되어 산소발생에 의해 석탄 연소를 촉진하는 것으로 알려진 바와 달리 첨가량에 비례하여 모든 첨가군에서 발열량이 감소하였다. 이는 대한민국등록특허 등록번호 10-0544568 “연소효율을 개선한 연료첨

가제”에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사로 구성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다. 이러한 이유는 순도가 낮은 과산화수소의 경우 산소발생에 의한 발열량 제고효과를 과산화수소에 혼합된 수분 및 과수안정제 등의 성분이 상쇄하기 때문인 것으로 판단된다.

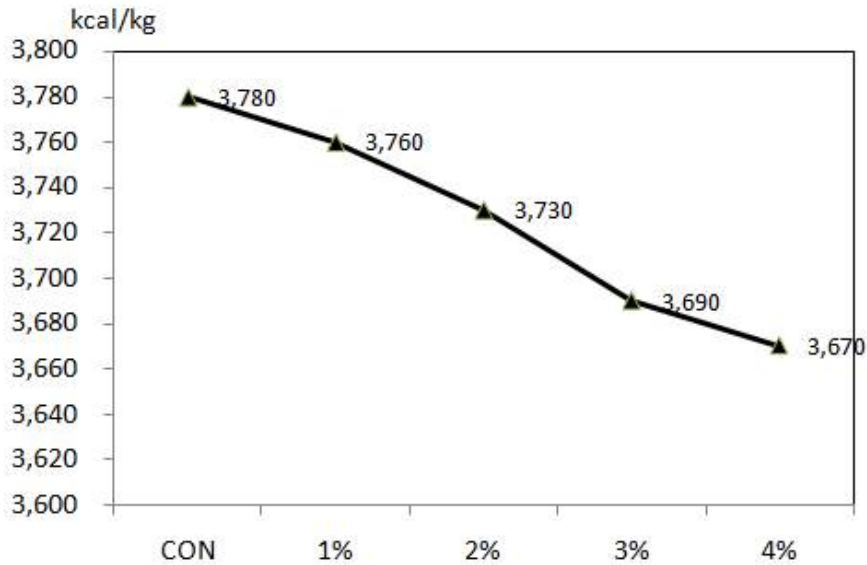


그림12. 과산화수소 첨가에 의한 왕겨 발열량 변화

### 3. 수산화나트륨 첨가에 의한 발열량 변화

#### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 석탄연소촉진제에 반드시 첨가되는 성분인 Sodium hydroxide(Duksan chemical,93%) 첨가량에 따른 왕겨의 발열량 변화를 분석하기 위하여 전건된 왕겨에 중량기준 1%, 2%, 3%, 4%의 Sodium hydroxide를 첨가하여 각각의 시료를 제조하였다.

#### 나. 실험방법

왕겨와 Sodium hydroxide(Duksan chemical,93%)의 혼합은 10wt% 수용액을 조성하여 Sodium hydroxide 분말 첨가량이 1~4wt%가 되도록 왕겨에 첨가한 후 혼합기(3,000RPM, Model:SMKA-4000)을 이용하여 1분간 교반하고 60분 동안 실온에 방치하였다. 발열량 분석에 사용된 시료는 조성된 각각의 시료를 열풍건조기를 이용하여 105℃에서 중량변화가 없을 때까지 건조된 시료를 사용하였다. 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.

#### 다. 실험결과 및 고찰

석탄연소촉진제에 반드시 첨가되는 성분인 Sodium hydroxide(Duksan chemical,93%)를 1~4% 까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,850kcal/kg, 2% 첨가군 3,801kcal/kg, 3% 첨가군 3,805kcal/kg, 4% 첨가군 3,771kcal/kg으로 1% 첨가군의 경우 무처리군 3,780kcal/kg 대비 70kcal/kg이 제고되었으나 2% 이상 첨가군에서는 발열량 제고효과가 미미하였다. 이러한 결과는 대한민국등록특허 등록번호 10-1415544 “폐기물 및 화석연료에 대한 연소촉진제” 에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사 등으로 조성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 화석연료의 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다.

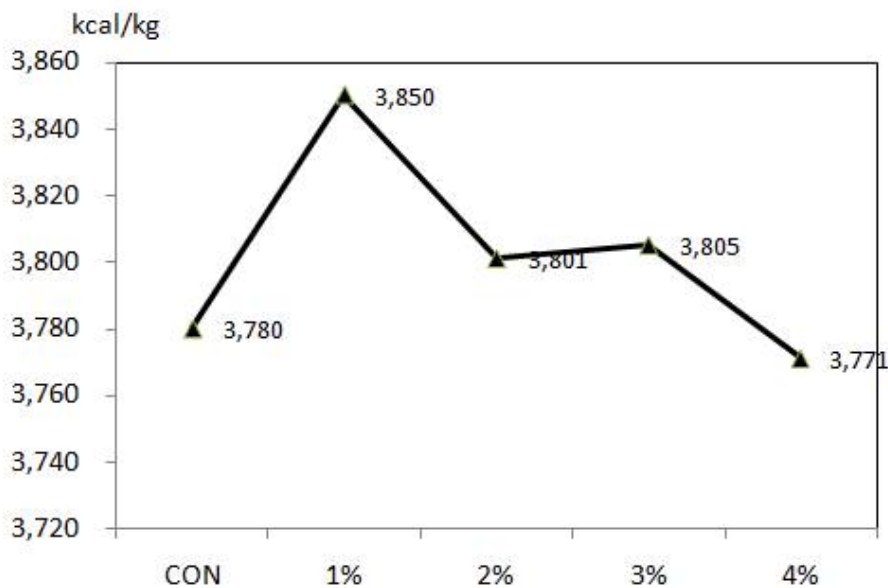


그림13. Sodium hydroxide 첨가에 의한 왕겨 발열량 변화

#### 4. Fly ash 첨가에 의한 발열량 변화

##### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 플라이애쉬의 경우 목재펠릿연소기 연도 끝단에 설치된 여과집진기에서 수거한 플라이애쉬를 혼합기(3,000RPM, Model:SMKA-4000)을 이용하여 1분간 교반하고 열풍건조기를 이용하여 105℃에서 중량변화가 없을 때까지 건조된 시료를 사용하였다.

##### 나. 실험방법

왕겨와 목재펠릿 플라이애쉬의 혼합은 플라이애쉬를 전건된 겨에 중량기준 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 각각의 시료를 제조하였다. 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각

1g 내외의 시료를 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.

#### 다. 실험결과 및 고찰

연소과정에서 산화되어 고형연료 연소시 산소발생제 역할을 할 것으로 추정되는 목재펠릿 플라이애쉬를 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,894kcal/kg, 2% 첨가군 3,878kcal/kg, 3% 첨가군 3,786kcal/kg, 4% 첨가군 3,803kcal/kg 으로 1% 첨가군의 경우 무처리군 3,780kcal/kg 대비 114kcal/kg이 제고되었으며, 2% 첨가군은 98kcal/kg이 제고되었으나 3% 첨가군과 4% 첨가군의 발열량 제고효과는 미미하였다. 이러한 현상은 1%와 2% 첨가군의 경우 플라이애쉬의 산소발생 효과에 의해 발열량이 제고되는 효과가 있으나 3% 이상 첨가되는 경우 회분함유량 제고에 따라 발열량 제고효과를 상쇄하기 때문인 것으로 추측된다.

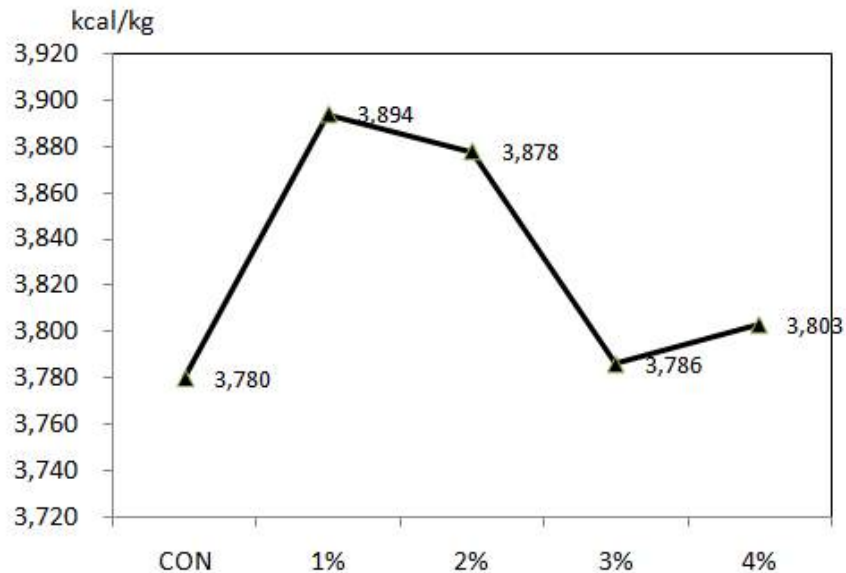


그림14. Fly ash 첨가에 의한 왕겨 발열량 변화

### 제3절 팽연화에 의한 왕겨 연료특성 변화

#### 1. 팽연화 방식 도출

##### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 팽연화를 위한 시료는 함수율을 50% 내외로 조정하여 팽연화 하였으며, 팽연화장치는 스크류형 팽연화장치(태성이엔지) 및 롤러형 팽연화장치(푸드에너지, HKJ-250) 두가지 팽연화장치를 사용하였다.

##### 나. 실험방법



왕겨 팽연화방식의 도출은 왕겨의 흡수율을 팽연화를 위한 최저 흡수율인 50% 내외로 조정된 후 스크류형 팽연화장치(태성이엔지) 및 롤러형 팽연화장치(푸드에너지, HKJ-250) 두가지 팽연화장치를 사용하여 팽연화 하고 팽연화 방식에 따른 조직구조 변화 및 발열량, 흡수율 변화를 비교분석함으로써 도출하였다. 팽연화온도는 스크류형 팽연화장치는 100℃, 롤러형 팽연화장치는 팽연화과정에서 발생하는 가압롤러와 왕겨의 마찰열을 이용하였다.

조직구조의 변화는 주사전자현미경을 이용하여 최대 2000배 까지 확대하여 조직구조 변화를 관찰하였으며, 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제 2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정된 후 평균값을 사용하였다. 흡수율 변화는 팽연화 시킨 왕겨를 열풍건조기를 이용하여 105℃에서 중량변화가 없을 때 까지 건조한 후 왕겨중량 5배의 증류수에 24시간 침지후 120mesh sieve를 이용하여 상압여과한 후 침지전후 왕겨의 중량변화를 분석함으로써 측정하였다.

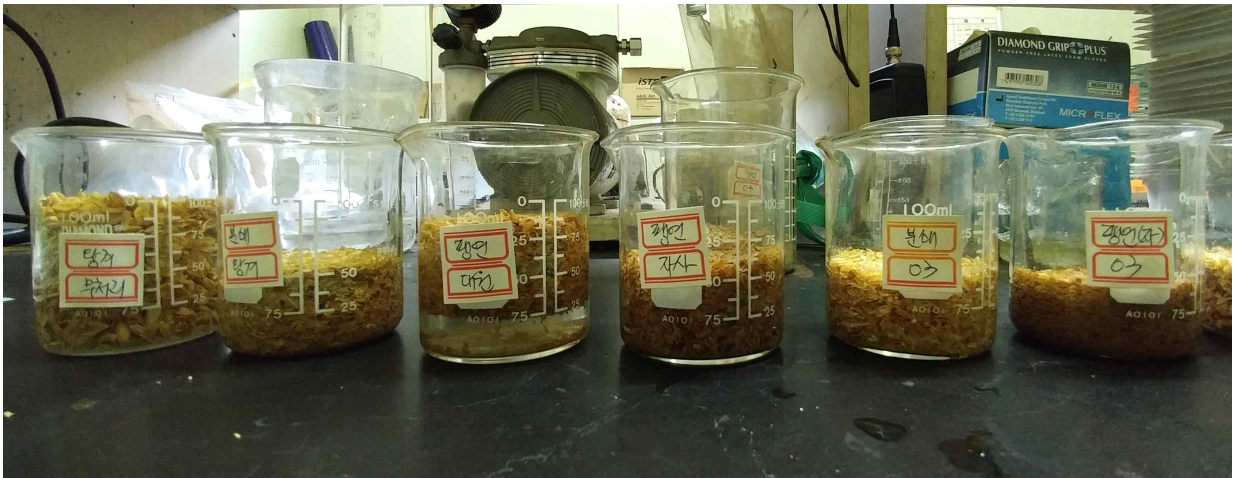


그림15. 팽연왕겨 흡수율 실험



그림16. 롤러형 팽연화장치(HKJ250)



그림17. 스크류형 팽연화장치

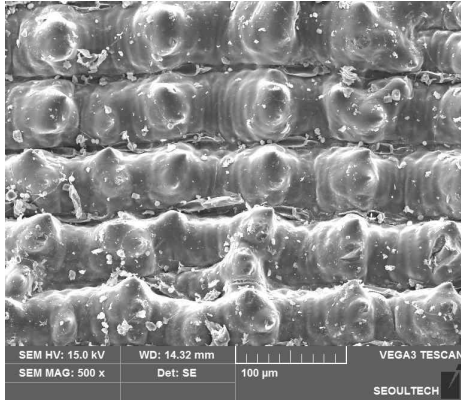
#### 다. 실험결과 및 고찰

팽연화 방식에 따른 왕겨 조직구조 변화를 관찰한 결과 스크류형 팽연화장치(태성이엔지) 및 롤러형 팽연화장치 모두 무처리군 대비 일정한 크기의 공극이 관찰되었으나 롤러형 팽연화장치를 이용하여 팽연화 시킨 왕겨의 공극크기 및 분포도가 보다 균일한 것으로 관찰되었다.

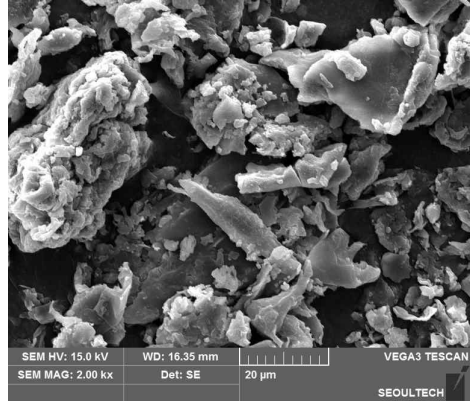
팽연화 방식에 의한 왕겨 발열량 분석결과 무처리군 3,780kcal/kg 대비 스크류형 4,280kcal/kg, 롤러형 3,859kcal/kg으로 스크류형 팽연화방식에 의한 경우 500kcal/kg이 제고된 반면, 롤러형의 경우 79kcal/kg이 제고되었다.

팽연화 방식에 의한 왕겨 흡수율 분석결과 무처리군 중량기준 206.8%, 스크류형 266.5%, 롤러형 287.0%로 롤러형의 흡수율 제고율이 우수하였다.

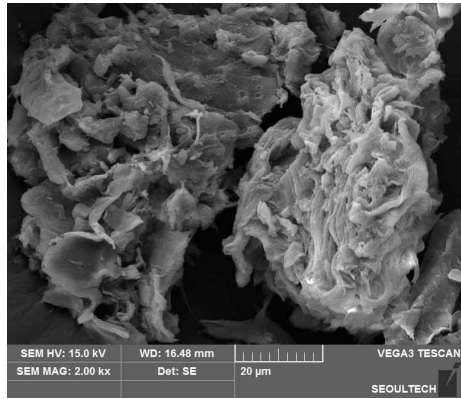
팽연화에 의한 조직구조변화는 롤러형 팽연화장치를 이용하여 팽연화 시킨 왕겨의 공극크기 및 분포도가 보다 균일한 것으로 관찰되었으나 발열량의 경우 스크류형의 발열량 제고효과가 롤러형 보다 월등히 우수하였고 흡수율은 롤러형이 미미하게 우수한 만큼 발열량 제고를 위해서는 스크류형 팽연화방식을 적용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 다만 동일시간당 생산량은 스크류형 팽연화방식이 롤러형 팽연화 방식에 비해 현저히 낮으므로 발열량 제고를 위해서는 왕겨를 반탄화 하는 방법도 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.



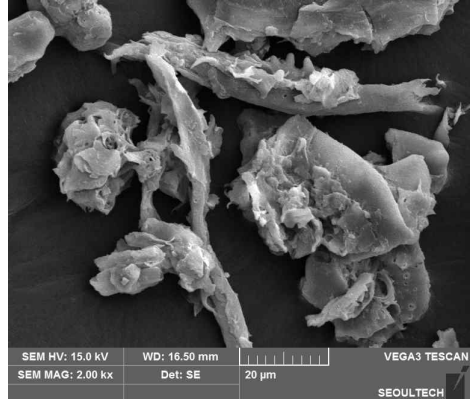
RS-CON(x500)



스크류형 팽연화  
(함수율 50%, 100°C, x2000)



롤러형 팽연화  
(함수율 50%, x2000)



롤러형 팽연화  
(함수율 70%, x2000)

그림18. 팽연화방식 변화에 따른 왕겨 조직구조변화(SEM)

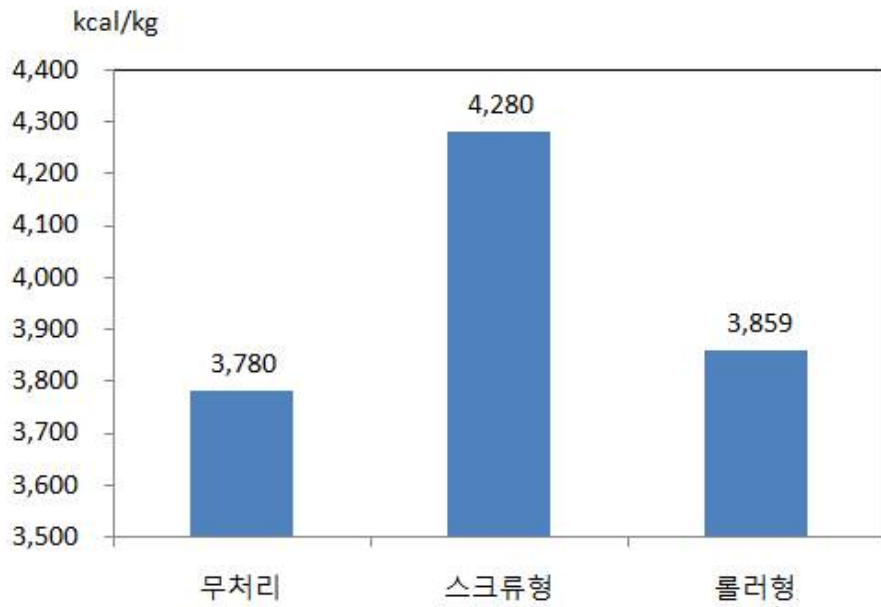


그림19. 팽연화방식에 따른 왕겨 발열량 변화

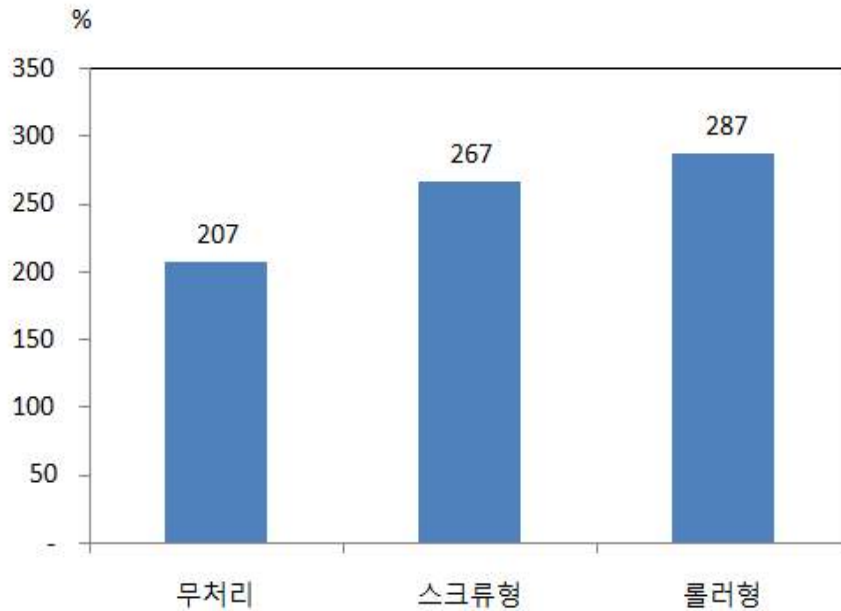


그림20. 팽연화방식에 따른 왕겨 흡수율 변화

## 2. 팽연화 온도 및 함수율 도출

### 가. 실험재료

왕겨는 발안농협미곡처리장에서 미곡처리후 발생한 친들벼 품종 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 저장기간중 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거즉시 10% 내외로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 팽연화장치는 스크류형 팽연화장치(태성이엔지)를 사용하였다.

### 나. 실험방법

함수율 변화에 따른 발열량 변화 분석을 위하여 왕겨의 함수율을 30%, 50%, 70%로 조절한 후 스크류형 팽연화 장치를 이용하여 팽연화 하고 함수율 변화에 따른 발열량을 분석하였으며, 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정후 평균값을 사용하였다.

팽연화온도 변화에 따른 발열량 변화 분석을 위하여 왕겨의 함수율을 50%로 조절한 후 팽연화 하우징 온도를 80℃, 100℃, 120℃로 변화 시켜 왕겨를 팽연화 처리하였고 각 시료의 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정후 평균값을 사용하였다. 팽연화온도 변화에 따른 왕겨 염소함유량 변화 분석은 고휘연료제품품질분석방법(2014)에서 규정하고 있는 방법에 의해 한국화학융합시험연구원에 의뢰하여 유도결합플라즈마질량분석기를 이용하여 분석하였다.

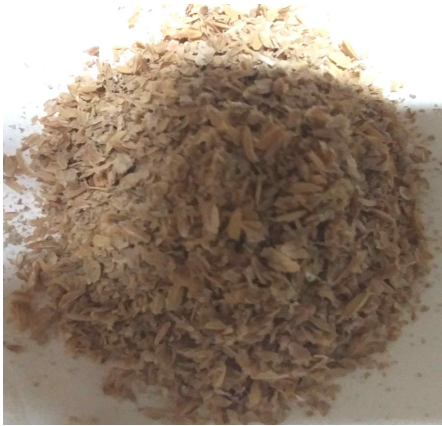


그림21. 팽연왕겨(롤러타입)



그림22. 팽연왕겨(스크류타입)

#### 다. 실험결과 및 고찰

왕겨 함수율 변화에 따른 팽연왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 왕겨 함수율 30%의 경우 팽연하우징에서 배출되지 않고 막히는 현상이 발생하여 팽연화가 불가능하였으며, 함수율 50% 처리군 발열량 4,280kcal/kg, 70% 처리군 발열량 4,287kcal/kg으로 차이가 미미하였다. 따라서 발열량 제고를 위한 팽연화 함수율은 가수량이 적은 50% 팽연화 처리가 적절할 것으로 판단된다.

팽연화온도 변화에 따른 팽연왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 80℃ 처리군의 발열량은 4,048kcal/kg, 100℃ 4,280kcal/kg, 120℃ 4,097kcal/kg으로 100℃ 처리군의 발열량 제고효과가 가장 우수하였다. 이는 80℃ 처리군의 경우 팽연화 온도가 낮음에 따라 팽연화 과정에서 탄화도가 낮기 때문인 것으로 판단되며, 120℃ 처리군의 경우 연화도가 높아 하우징에서의 반응시간이 짧아지고 마찰계수가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

팽연하우징 온도 변화에 따른 염소함유량 변화를 분석한 결과 무처리군 0.09%, 80℃ 처리군 0.03%, 100℃ 처리군 0.02%, 120℃ 처리군 0.03%로 온도변화에 따른 염소함유량 변화는 미미하였고 모든 처리군이 염소함유량이 감소하여 목재펠릿품질규격 B급 규격인  $\leq 0.03\%$ 를 충족하였다.

따라서 발열량 변화 및 염소함유량 변화를 분석한 결과 왕겨의 최적 팽연화온도는 100℃, 투입함수율은 50%가 적절할 것으로 판단된다.

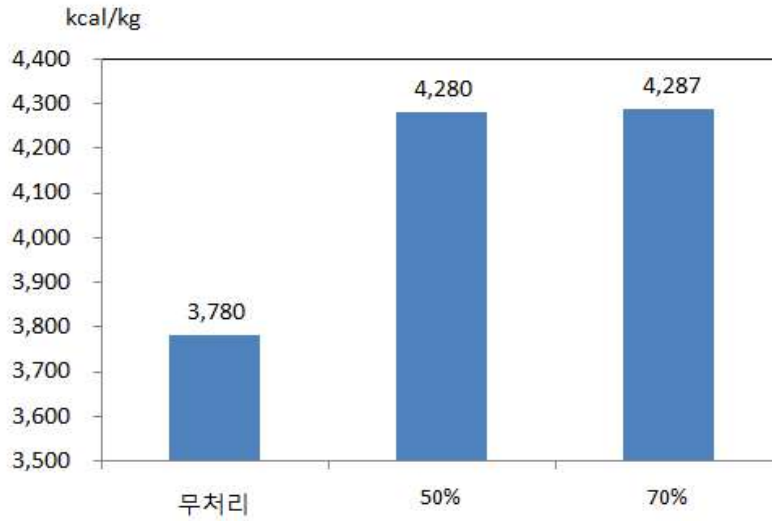


그림23. 팽연화 함수율 변화에 따른 왕겨 발열량 변화

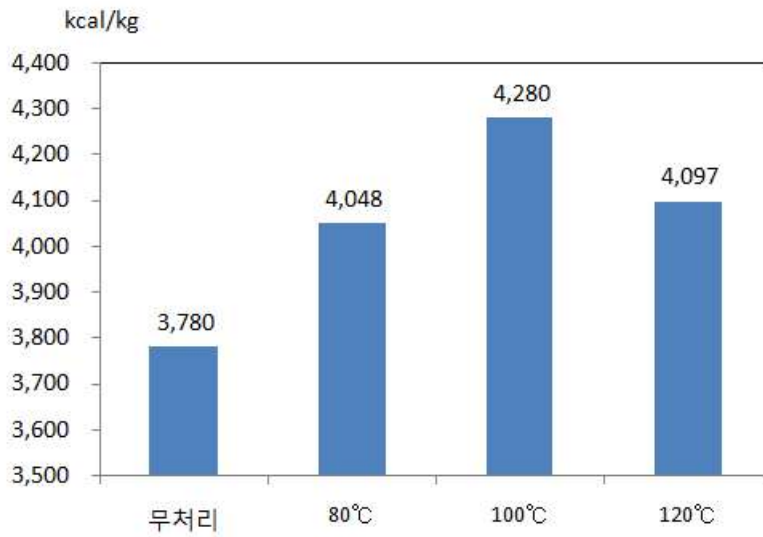


그림24. 팽연화 온도 변화에 따른 왕겨 발열량 변화

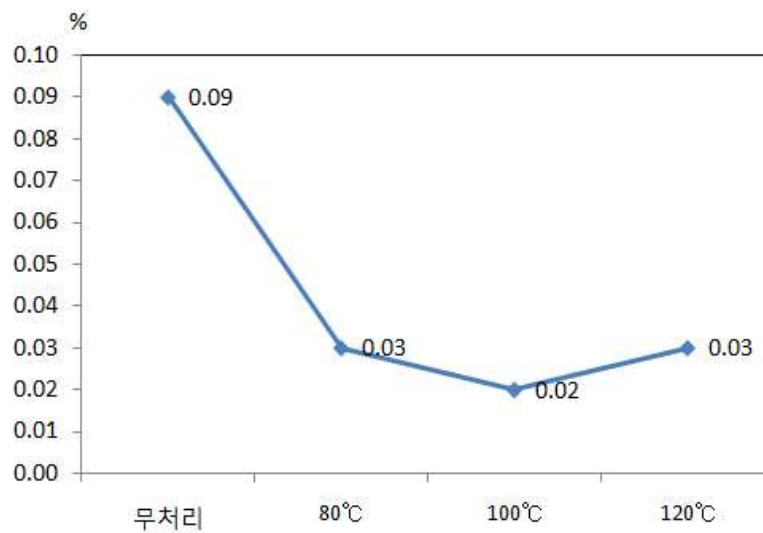


그림25. 팽연화 온도 변화에 따른 왕겨 연소함유량 변화

## 제4절 커피유 혼합비 도출 및 발열량 제고

### 1. 커피유 연료특성 분석

#### 가. 실험재료

가열압착식 엑스페라착유기(Eternalwin, DGP-200)를 이용하여 함수율 8%, 탈지온도 120℃에서 커피유를 추출한 후 수거한 커피찌꺼기 유래 커피유를 분석에 이용하였다. 실험에 사용된 커피찌꺼기는 Jardin 수거 커피추출잔사를 사용하였으며, 함수율 10% 이하로 건조후 밀봉하여 5℃ 냉장보관하면서 사용하였다.



그림26. 커피추출잔사(Jardin)



그림27. 가열압착식착유기

#### 나. 실험방법

커피유의 연료특성은 한국석유관리원 석유기술연구소에 의뢰하여, 황분, 잔류탄소분, 총발열량, 물과침전물, 인화점, 밀도, 동점도, 질소분, 유동점, 동판부식, 요오드가, 전산가 등을 분석하였다.

다. 실험결과 및 고찰

커피유 연료특성은 발열량 9,166kcal/kg, 인화점 206.5℃, 밀도 955.8kg/m<sup>3</sup>, 유동점 18℃, 전산가 17.8mgKOH/g, 황분 0.13%, 잔류탄소분 3.81%로 분석되었으며, 최적 팽연화 조건으로 도출된 함수율 50%, 팽연화온도 100℃에서 팽연화 시킨 왕겨의 발열량의 4,280kcal/kg, 커피유 발열량 9,166kcal/kg을 고려했을 때 개발목표인 발열량 5,000kcal/kg을 달성하기 위해서는 이론적으로 15%이상의 커피유를 왕겨와 혼합하는 것이 필요하였다.

## 시 험 결 과(사본)

성적서 번호 : TSC2017-2542B

시 료 명 : DFE-180

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
황분(에너지분산 X-선 형광분석법)	(m/m) %	0.13 <sup>*)</sup>	KS M ISO 8754:2016
잔류탄소분(마이크로법)	(m/m) %	3.81	KS M ISO 10370:2015
총발열량	J/g	38 190	KS M 2057:2006
물과침전물	(v/v) %	10.0	KS M ISO 9030:2008
인화점(펜스키타렌스식 밀폐법)	(B법) ℃	206.5	KS M ISO 2718:2003
밀도	kg/m <sup>3</sup>	955.8	ASTM D4052-15
동점도(50℃)	mm <sup>2</sup> /s	45.71	KS M ISO 3104:2008
질소분(화학발광법)	(m/m) %	0.07	KS M 2112:2011
유동점(Air/P)	℃	18	ASTM D6749-02(2012)
동판부식(50℃ 3hr)	-	1	KS M ISO 2160:2011
요오드가	I <sub>2</sub> /100 g	102	DIN EN 14111:2003
전산가(색상지시약적정법)	mg KOH/g	32.1	KS M ISO 6618:2003

주)상기 시험결과는 정밀도(반복성 및 재현성)를 표명하지 않음, 끝.

그림28. 가열압착(함수율 8%, 탈지온도 120℃) 커피유 연료특성



표9. 커피유 첨가율 변화에 의한 팽연왕겨 예상 발열량

단위:kcal/kg

구분	커피유 첨가율(%)			
	5	10	15	20
커피유	458	917	1,375	1,833
왕겨	4066	3852	3638	3424
합계	4,524	4,769	5,013	5,257

2. 커피유 혼합비 도출에 의한 발열량 제고

가. 실험재료

커피유 혼합비 도출에 의한 발열량 제고 실험에 사용된 왕겨는 함수율을 50% 내외로 조절한 후 스크류형 팽연화장치를 이용하여 100℃에서 연속식으로 팽연화 시킨 팽연왕겨를 사용하였으며, 커피유는 가열압착식 착유기를 이용하여 함수율 8%, 탈지온도 120℃에서 착유하여 수거한 커피유를 원심분리형 여과기((주)성도테크, SD-AOC120)를 이용하여 여과한 후 사용하였다.



그림29. 원심분리형 기름여과기



그림30. 가열압착(함수율 8%, 탈지온도 120℃) 커피유

#### 나. 실험방법

함수율을 50% 내외로 조절한 후 스크류형 팽연화장치를 이용하여 100℃에서 연속식으로 팽연화 시킨 팽연왕겨를 열풍건조기를 이용하여 중량변화가 없을 때 까지 건조시킨 후 팽연왕겨 중량대비 5%, 10%, 15%, 20%, 25%의 커피유를 첨가하여 혼합기(3,000RPM, Model:SMKA-4000)을 이용하여 1분간 교반하여 각각의 시료를 제조하였다. 최대 혼합율은 육안관찰을 통해 하부에 잉여유지가 침전되는지 여부로 판단하였으며, 발열량 분석은 목재펠릿품질표시규격고시(국립산림과학원고시 제2013-5)에서 규정하고 방법인 자동열량기를 이용하여 각각 1g 내외의 시료를 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.

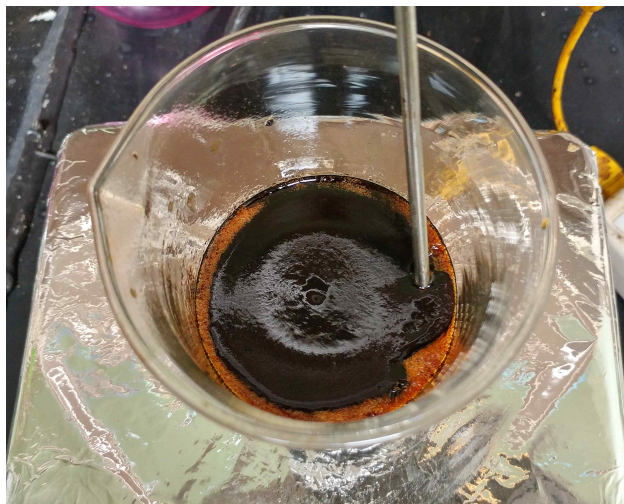


그림31. 팽연왕겨 및 커피유 혼합(15%)

#### 다. 실험결과 및 고찰

팽연왕겨 중량대비 각각 5%, 10%, 15%, 20%, 25%의 커피유를 혼합 한 후 육안관찰 결과 팽연화 의한 흡유율 제고로 25%까지 커피유 혼합이 가능하였다. 커피유 첨가율에 따른 팽연왕겨

의 발열량 분석결과 5% 4,424kcal/kg, 10% 4,661kcal/kg, 15% 4,949kcal/kg, 20% 5,141kcal/kg, 25% 5,383kcal/kg으로 15% 첨가시 5,000kcal/kg 이상 구현이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 커피유 혼합율은 팽연왕겨 중량 대비 15% 이상 첨가가 바람직 할 것으로 판단되나, 커피유 함유량 증가에 따라 겉보기밀도 및 미세분발생량 등 성형도가 저하될 것으로 예상됨에 따라 향후 겉보기밀도 및 미세분발생량 분석결과 등 펠릿 성형도에 따라 15~20% 첨가군중 최적 첨가율을 도출하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

또한 팽연왕겨에 커피유를 첨가한 시료의 발열량은 모든 첨가군에서 실측치가 예측치 대비 적게는 65kcal/kg부터 많게는 139kcal/kg 까지 적게 측정되었으며, 이는 커피유에 소량 함유된 수분이 영향을 미쳤을 것으로 판단되며, 보다 정확한 요인은 보다 정밀한 측정 및 분석이 요구된다.

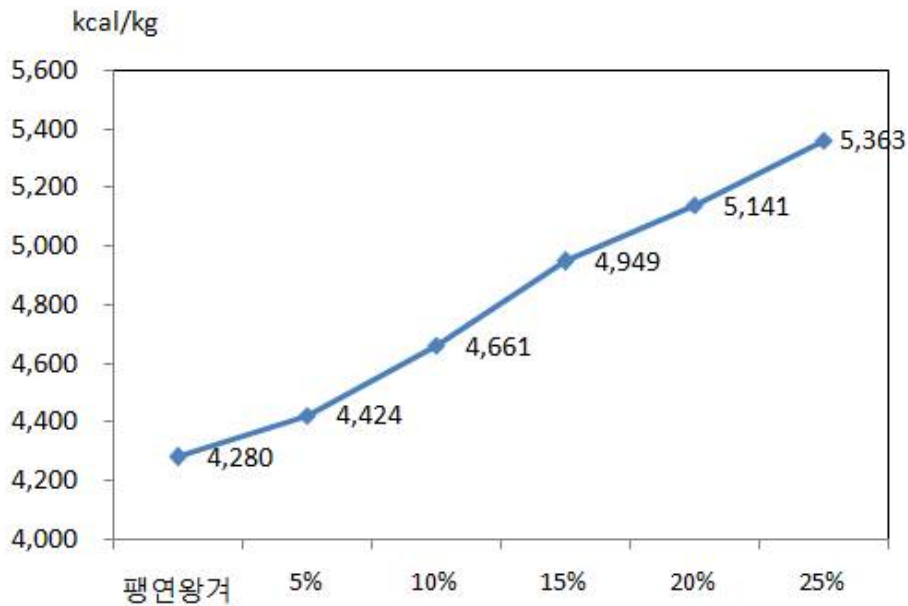


그림32. 커피유 첨가율 변화에 의한 팽연왕겨 발열량 변화

표10. 커피유 첨가에 의한 팽연왕겨 발열량 변화

단위:kcal/kg

구분	커피유 첨가율(%)				
	5	10	15	20	25
예측치	4524	4769	5013	5257	5502
실측치	4424	4661	4949	5141	5363
차이 (실측치-예측치)	-100	-108	-64	-116	-139

## 제5절 성형성 검증 및 압출다이 개발

### 1. 목재펠릿성형기를 이용한 성형성 검증

#### 가. 실험재료

성형성 검증에 사용된 시료는 왕겨를 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨를 사용하였다. 펠릿성형에 사용된 목재펠릿성형기는 최대생산량 시간당 100kg의 성능을 갖는 링다이타입 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)를 이용하였다.



그림33. 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)

#### 표11. 링다이 목재펠릿성형기 제원

구분	Power	링다이내경	압출구길이	압출구내경	압출구수량	비고
제원	15kw	250mm	18mm	6mm	504	

#### 나. 실험방법

팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨를 6mm 분쇄스크린이 장착된 해머밀을 이용하여 3mm이하로 분쇄 후 함수율을 각각 11%, 13%, 15%로 조절하여 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)을 이용하여 성형하고 6mm 목재펠릿생산용 선별냉각기를 통과시켜 얻은 펠릿을 육안으로 확인하여 성형성을 검증하였다.

다. 실험결과 및 고찰

팽연왕겨에 커피유 15%(w/w)를 혼합한 팽연왕겨를 투입하여 성형성을 검증한 결과 함수율과 무관하게 모든 시료가 짧게 끊어져 펠릿성형이 불가능하였다. 이러한 이유는 목재펠릿의 경우 높은 셀룰로오스 및 리그닌 함유량으로 인해 짧은 압출구 길이에도 높은 압력을 받고 접착이 잘 되는 반면, 팽연왕겨에 커피유를 첨가한 팽연왕겨는 성형과정에서 커피유가 압출다이 내벽에서 마찰응력을 감소시키고 커피유가 성형을 저해하는 역할을 함으로써 성형성이 낮은 것으로 판단되며, 따라서 이를 개선하기 위해서는 목재펠릿 대비 상당히 높은 마찰응력 및 가압 압력을 형성하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

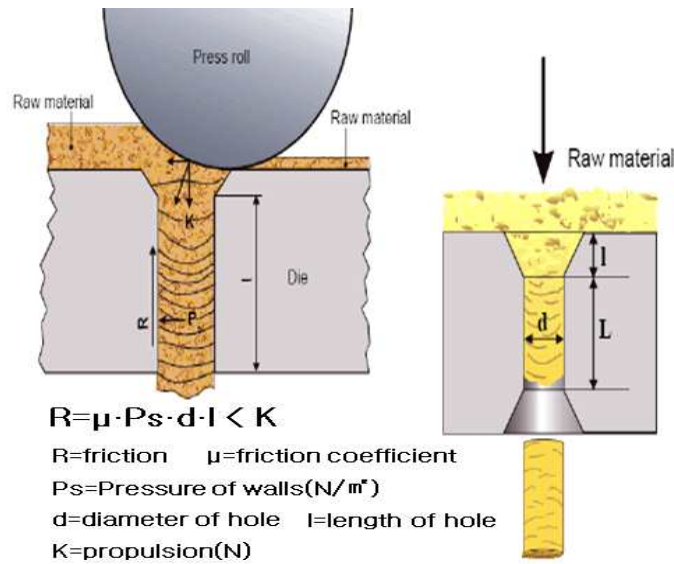


그림34. 바이오매스펠릿 성형원리



그림35. 목재펠릿성형기(E-150)를 이용한 커피유 첨가 팽연왕겨 펠릿





그림37. 목재펠릿압출다이



그림38. 팽연왕겨펠릿압출다이

#### 나. 실험방법

팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨의 함수율을 13%로 조절하여 최대생산량 시간당 100kg의 성능을 갖는 링다이타입 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)에 각각 투입면적대비 마찰면적비율이 33%와 40%인 압출다이를 장착하여 성형하고 6mm 목재펠릿생산용 선별냉각기를 통과시켜 얻은 펠릿을 육안으로 확인하여 성형성을 검증하였으며, 목재펠릿품질규격고시(제2013-5호)가 제시하고

있는 방법을 준용하여 걸보기밀도, 미세분발생량, 내구성을 평가하였다.

표13. 미세분 측정방법

- (1) 포장된 제품으로부터 적어도 50g의 펠릿을 채취하여 0.01g 수준까지 무게를 측정한다.
- (2) 펠릿을 유효면적이 250cm<sup>2</sup> 이상인 직경 3.15mm의 체(ISO 3310-2에 규정)에 넣고 진탕기에 장착하여 거른 후, 체에 잔류하고 있는 목재펠릿의 무게를 측정한다. 진탕시간은 체를 통과하는 미세분의 양이 분당 0.3%를 넘지 않을 때까지 지속한다.
- (3) 적어도 2회 이상 측정을 실시하여, 다음의 계산식을 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정한다. 전체 목재펠릿 무게에 대한 체를 통과한 미세분의 무게를 %로 표기하며, 보고를 위한 평균값은 0.1% 수준으로 반올림한다.

$$F = \frac{(m_a - m_e)}{m_a} \times 100$$

$F$  : 미세분

$m_a$  : 체로 거르기 전의 펠릿 무게

$m_e$  : 체로 거른 후의 펠릿 무게

표14. 내구성 측정방법

- (1) 미리 직경 3.15mm의 체(ISO 3310-2에 규정)로 걸러진 목재펠릿 500 ± 50g을 0.01g 수준까지 무게를 측정하여 내구성시험기(CEN/TS 15210-1에 규정)에 넣는다. 분당 50±2 회전을 주어 500 회전 시험을 수행한다.
- (2) 시험을 수행한 후에 다시 직경 3.15mm의 체로 거른 후, 체에 잔류하고 있는 목재펠릿의 무게를 측정한다.
- (3) 적어도 2회 이상 측정을 실시하여, 다음의 계산식을 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정한다. 내구성 시험 전 체로 거른 목재펠릿 무게에 대한 내구성 시험 후 온전한 목재펠릿의 무게를 %로 표기하며, 보고를 위한 평균값은 0.1% 수준으로 반올림한다.

$$DU = \frac{m_a}{m_e} \times 100$$

$DU$  : 내구성

$m_a$  : 내구성 시험 후 체로 거른 후의 펠릿 무게

$m_e$  : 내구성 시험 전 체로 거른 후의 펠릿 무게



표15. 겉보기밀도 측정방법

- (1) 측정을 위한 용기는 원기둥 형태의 쉽게 손상되지 않는 강한 소재로 만들어져야 하며 높이와 직경의 비율은 1.25 또는 1.50 사이에 있어야 한다. 대형과 소형 용기가 사용되며, 직경 12mm 이하의 펠릿은 소형 용기로 측정한다.
  - (가) 대형 측정 용기는 총 부피 50리터로(0.05m<sup>3</sup>) 1리터의 편차가 허용된다. 표준용기의 치수는 내경이 360mm 이고 내부 높이가 491mm이다.
  - (나) 소형 측정 용기는 총 부피 5리터로(0.005m<sup>3</sup>) 0.1리터의 편차가 허용된다. 표준용기의 치수는 내경이 167mm이고 내부 높이가 228mm이다.
- (2) 측정 용기의 정확한 부피는 물을 이용하여 0.01리터(0.00001m<sup>3</sup>,대형 측정 용기), 0.001리터(0.000001m<sup>3</sup>,소형 측정 용기)까지 측정한다.
- (3) 측정 용기에 펠릿을 채울 때는 펠릿을 용기의 상부 테두리로부터 200-300mm 떨어진 곳으로부터 부어 산을 이루게 한다. 이를 150mm의 높이로부터 평평하고 딱딱한 바닥 위에 놓여진 15mm 두께의 나무판 위에 수직으로 떨어뜨려 3회 다진다. 용기 위에 남는 펠릿은 50mm 정각재를 이용하여 제거한 후 무게를 측정한다. 대형 용기의 경우 10g까지 측정하며, 소형 용기의 경우 1g까지 측정한다.
- (4) 겉보기밀도 측정 후 곧바로 함수율을 측정한다.
- (5) 적어도 2회 이상 측정을 실시하여, 다음의 식을 이용해 첫째자리까지의 값을 구하여 kg/m<sup>3</sup>단위로 표기하며, 보고를 위한 평균값은 10kg/m<sup>3</sup> 수준으로 반올림한다.

$$D_{ad}(at M_{ad}) = \frac{(m_2 - m_1)}{V}$$

$D_{ad}$  : 습량 기준 펠릿의 겉보기밀도

$M_{ad}$  : 습량 기준 펠릿의 함수율

$m_1$  : 빈 용기의 무게

$m_2$  : 펠릿을 채운 용기의 무게

$V$  : 용기의 부피

$$\ast D_{dm} = D_{ad} \times \frac{(100 - M_{ad})}{100}$$

$D_{dm}$  : 전건펠릿의 겉보기밀도

#### 다. 실험결과 및 고찰

성형실험결과 투입면적대비 마찰면적비율이 33%인 압출다이를 이용하여 성형한 커피유 첨가 팽연왕겨의 경우 일부 펠릿이 짧게 끊어지는 현상이 발생하여 압출압력이 부족한 것으로 판단되며, 투입면적대비 마찰면적비율이 40%의 압출다이를 이용하여 성형한 커피유 첨가 팽연왕겨의 경우 육안으로 관찰시 시판 목재펠릿과 유사한 형태의 펠릿을 생산할 수 있었다.

투입면적대비 마찰면적비율이 40%의 압출다이를 이용하여 성형한 펠릿의 겉보기밀도, 미세분발생량, 내구성을 평가한 결과 겉보기밀도 684kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.6%, 수분 8.1%로 겉보기밀도와 미세분, 내구성, 수분은 모두 A1급 목재펠릿규격과 개발목표치인 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>와 미세분 1.0% 이하, 내구성 97.5% 이상을 충족하였다.

표23. 압출다이 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분

구분	겉보기밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	미세분(%)	내구성(%)	수분(%)
팽연왕겨펠릿	684	0.1	97.6	8.1

\*성형조건은 압출구길이 60mm, 투입함수율 13%



그림39. 커피유첨가 팽연왕겨 펠릿(압출구길이 50mm)



그림40. 커피유첨가 팽연왕겨 펠릿(압출구길이 60mm)

### 3. 팽연왕겨 성형 함수율 도출

#### 가. 실험재료

커피유 첨가 팽연왕겨 펠릿 성형에 사용된 시료는 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨를 6mm 분쇄스크린이 장착된 해머밀을 이용하여 3mm이하로 분쇄한 시료를 이용하였으며, 펠릿성형에 사용된 목재펠릿성형기는 최대생산량 시간당 100kg의 성능을 갖는 링다이타입 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)를 이용하였다. 압출다이는 성형성능이 가장 우수하였던 투입면적대비 마찰면적비율이 40%인 압출다이를 사용하였다.

#### 나. 실험방법

커피유 첨가 팽연왕겨 펠릿 성형에 적합한 최적함수율 도출을 위해 시료의 함수율을 각각 11%, 13%, 15%로 조절한 후 목재펠릿성형기(에코로지, E-150)에 투입면적대비 마찰면적비율이 40%인 압출다이를 장착하여 성형하고 6mm 목재펠릿생산용 선별냉각기를 통과시켜 얻은 펠릿을 육안으로 확인하여 성형성을 검증하였으며, 목재펠릿품질규격고시(제2013-5호)에서 제시하고 있는 방법을 준용하여 겉보기밀도, 미세분발생량, 내구성을 평가하였다.

#### 다. 실험결과 및 고찰

함수율 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨 펠릿의 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분 변화를 살펴본 결과 시료의 함수율을 11%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 성상이 짧게 끊어지는 현상이 발생하여 성형에 적절하지 않았으며, 함수율을 13%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 겉보기밀도 684kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.6%, 수분 8.1%로 수분 및 모든 내구성 측정항목이 목재펠릿품질규격 A1 등급을 충족하였고 개발목표치인 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.5%를 충족하였다. 함수율을 15%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 겉보기밀도 670kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.1%, 수분 10.4%로 겉보기밀도 및 미세분발생량은 목재펠릿품질규격 A1 등급 규격 및 개발목표치를 충족하였으나 내구성은 개발목표치인 97.5%를 오차범위내에서 충족하지 못하였고 특히 수분은 목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 10% 이하를 초과하였다. 따라서 성형을 위한 커피유 첨가 팽연왕겨의 최적함수율은 13%가 적절할 것으로 판단된다.

표24. 함수율 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분

구분	겉보기밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	미세분(%)	내구성(%)	수분(%)
13%	684	0.1	97.6	8.1
15%	670	0.1	97.1	10.4

\*성형조건은 압출구길이 60mm



그림41. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(압출구길이 60mm, 함수율 11%)



그림42. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(압출구길이 60mm, 함수율 13%)



그림43. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(압출구길이 60mm, 함수율 15%)

## 제6절 시제품생산 및 성능검증

### 1. 성형시스템 압출다이 제작

#### 가. 압출구 직경

시판 목재펠릿성형기를 이용한 커피유첨가 팽연왕겨 성형용 압출다이 개발 part에서 도출된 최적 압출다이 규격에서는 압출구 직경을 6mm로 설계하였으나 대형 수요처의 경우 8mm 펠릿을 사용하는 비중이 높아 기존 6mm에서 8mm로 변경하여 설계하였다.

#### 나. 투입면적 및 압출구 수량

투입면적 및 압출구 수량은 시판 목재펠릿성형기를 이용한 압출다이 개발 part에서 도출된 최적 압출다이를 이용한 생산량 도출실험에서 도출된 최대 생산량을 바탕으로 도출하였다.

설계결과 8mm 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 시간당 생산량 1.0톤을 충족하기 위한 압출다이의 총투입면적은 100,320cm<sup>2</sup>였으며, 직경 8mm의 압출구 수량은 1,997 hole이 필요한 것으로 도출되었다.

$$\text{식(1) 총투입면적} = (\text{기존투입면적} \times \text{목표생산량}) / \text{기존생산량}$$

$$100,320\text{cm}^2 = (10,032\text{cm}^2 \times 1,000\text{kg/hr}) / 100\text{kg/hr}$$

$$\text{식(2) Quantity of hole} = \text{투입면적} / \text{압출구면적}$$

$$1,997 = 100,320\text{cm}^2 / 3.14 \times (8/2)^2$$

표37. 총투입면적 및 압출구수량 설계 규격

구분	압출구직경 (mm)	압출구수량	총투입면적 (cm <sup>2</sup> )	최대생산량 (kg/hr)
Proto type	6	355	10,032	100
설계규격	8	1,997	100,320	1,000

#### 다. Length of hole

압출구길이 설계는 투입면적 및 압출구 수량은 시판 목재펠릿성형기를 이용한 커피유 첨가 팽연왕겨 성형용 압출다이 개발 part에서 도출된 최적 압출다이의 투입면적 대비 마찰면적 비율 40%와 동일규격으로 설계하였다.

설계결과 8mm 커피유침가 팽연왕겨펠릿 시간당 생산량 1톤을 충족하기 압출다이의 마찰면적은 4,012,800cm<sup>2</sup>, Length of hole은 80mm의 규격을 갖는 압출다이가 필요하였다.

$$\text{식(3) 마찰면적} = \text{총투입면적} \times \text{투입면적 대비 마찰면적비율}$$

$$4,012,800\text{cm}^2 = 56,785 \times 40$$

$$\text{식(4) Length of hole} = \text{마찰면적} / (\text{압출구둘레} \times \text{quantity of hole})$$

$$80\text{mm} = 4,012,800 / ((2 \times 3.14 \times (8 / 2)) \times \text{quantity of hole})$$

표38. 마찰면적 및 압출구길이 설계 규격

구분	압출구직경 (mm)	압출구 길이 (mm)	압출구 수량	총투입면적 (cm <sup>2</sup> )	마찰면적 (cm <sup>2</sup> )	투입면적 마찰면적 비율
Proto type	6	60	355	10,032	401,280	40
설계규격	8	80	1,997	100,320	4,012,800	40

#### 라. 압출다이설계 및 제작

도출된 설계규격에 따라 pellet mill 제작업체인 Eternal Machinery Co. Ltd.에 의뢰하여 압출다이제작 규격을 산출하고 drawing sheet를 제작 검토한 후 커피유침가 팽연왕겨펠릿 생산용 Ring die를 제작하였다. Ring die 제작은 검토 완료 된 drawing sheet에 따라 내경 358mm, 재질 S45C, 무게 125kg, 폭 125mm 규격으로 제작하였다.

표39. 압출다이 제작 규격

구분	압출구직경 (mm)	압출구 길이 (mm)	압출구 수량	총투입면적 (cm <sup>2</sup> )	마찰면적 (cm <sup>2</sup> )
설계규격	8	80	1,997	100,320	4,012,800
구분	내경(mm)	재질	무게 (kg)	폭 (mm)	투입면적 마찰면적 비율
설계규격	358	S45C	125	125	40





그림45. 커피유첨가 팽연왕겨 pellet mill ring die

## 2. 성형조건도출 및 생산능력 검증

### 가. 성형함수율 도출

#### (1) 실험재료

커피유첨가 팽연왕겨펠릿 성형에 사용된 시료는 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유 후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨를 6mm 분쇄스크린이 장착된 해머밀을 이용하여 3mm이하로 분쇄한 시료를 이용하였으며, 펠릿성형에 사용된 성형기는 커피유첨가 팽연왕겨 성형을 위해 설계, 제작한 최대생산량 시간당 1톤의 성능을 갖는 링다이타입 성형기를 이용하였다. 압출다이는 커피유 첨가 팽연왕겨 성형을 위해 설계, 제작된 압출구직경 8mm, 압출구 길이 80mm, 압출구수량 1,997hole의 압출다이를 사용하였다. 시료의 투입은 벨트폭 310mm, 길이 3,500mm로, 시간당 최대 이송량 3톤의 규격으로 설계, 제작된 수지벨트형 이송컨베이어를 이용하여 투입하였다. 냉각 및 선별은 3,130~3,685m<sup>3</sup>/hr의 풍량을 갖는 냉각기와 체눈크기 3mm의 진동선별기를 이용하였다.



그림46. 펠릿성형기 및 이송시스템





그림47. 펠릿연료 냉각선별기

## (2) 실험방법

커피유첨가 팽연왕겨의 함수율을 각각 9%, 11%, 13%로 조절한 후 이송컨베이어를 이용하여 최대생산량 1톤 규격으로 제작된 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 성형기에 투입하여 성형하였으며, 3,130~3,685 $\text{m}^3/\text{hr}$ 의 풍량을 갖는 냉각기를 이용하여 60분 동안 냉각하고 체눈크기 3mm의 진동 선별기를 이용하여 선별한 후 목재펠릿품질규격고시(제2013-5호)에서 제시하고 있는 방법을 준용하여 투입시료의 함수율 변화에 따른 겉보기밀도, 내구성, 함수율을 분석함으로써 최적 성형 조건을 도출하였다.

## (3) 실험결과 및 고찰

함수율 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿의 겉보기밀도, 내구성, 수분 변화를 살펴본 결과 겉보기밀도는 투입함수율 9% 674 $\text{kg}/\text{m}^3$ , 11% 681 $\text{kg}/\text{m}^3$ , 13% 702 $\text{kg}/\text{m}^3$  등 모든 시료의 겉보기밀도 목표치인 640 $\text{kg}/\text{m}^3$ 을 충족하였으며, 투입시료의 함수율이 증가함에 따라 겉보기밀도가 제고되었고 특히 투입시료함수율 13%의 겉보기밀도 제고율이 가장 높았다.

내구성은 9% 88.9%, 11% 95.1%, 13% 97.7%로 투입시료함수율 13%인 펠릿이 유일하게 목표치인 97.5%를 충족하였다. 육안에 의한 외관 관찰결과도 함수율 증가에 따라 끊어지는 펠릿의 수량이 적게 관찰되어 이러한 결과를 뒷받침 하였다.

함수율은 9% 처리군 7.2%, 11% 처리군 8.0%, 13% 처리군 9.4%로 9% 처리군과 11%, 13% 처리군 모두 바이오고형연료(성형) 규격치 및 목재펠릿품질규격인 10% 이하를 충족하였으나 13% 처리군의 겉보기밀도 및 내구성이 가장 우수하였던 만큼 13%로 수분을 조절하여 성형기에 투입하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.



그림48. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(함수율 9%)



그림49. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(함수율 11%)



그림50. 커피유침가 팽연왕겨펠릿(함수율 13%)

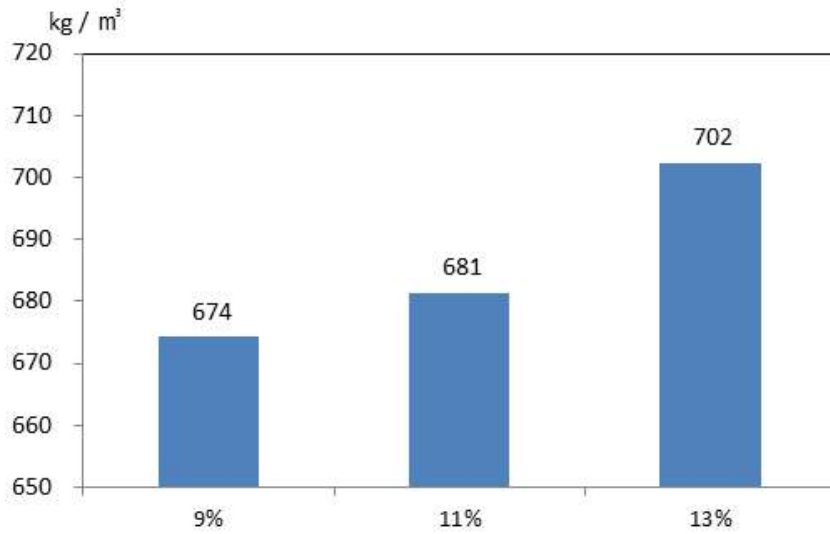


그림74. 함수율 변화에 따른 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 겉보기밀도 변화

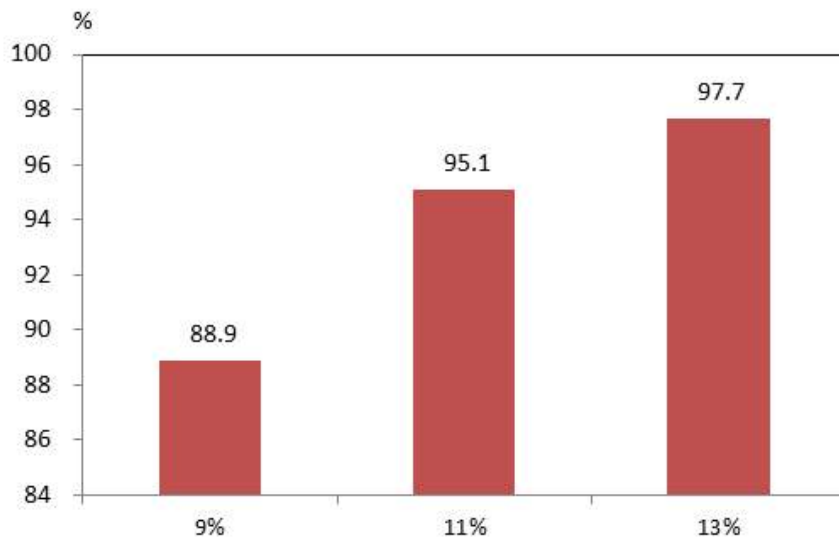


그림75. 함수율 변화에 따른 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 내구성 변화

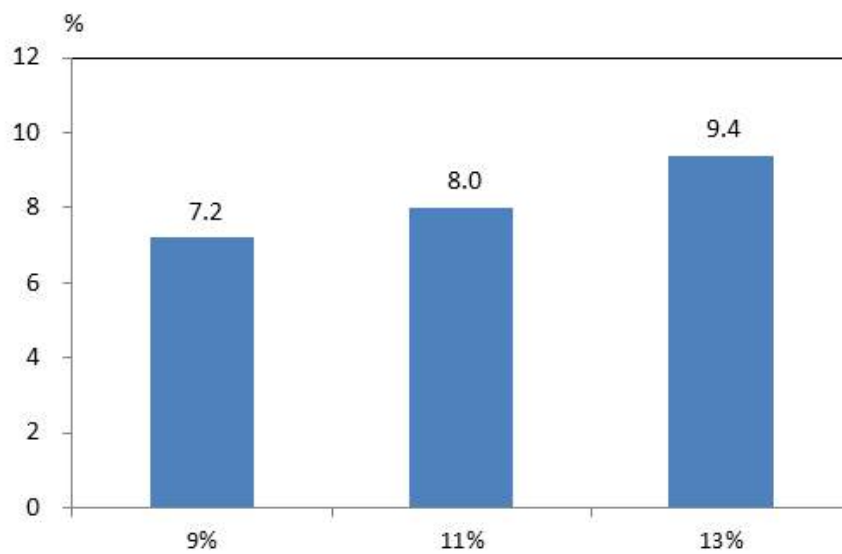


그림76. 함수율 변화에 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 함수율 변화

### 3. 최적생산량 도출

#### 가. 실험재료

커피유첨가 팽연왕겨펠릿 성형에 사용된 시료는 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨에 가열압착식 엑스페라착유기를 이용하여 압출다이온도 120℃에서 착유 후 원심분리형 여과기를 이용하여 여과하여 얻은 커피유를 15% 혼합한 왕겨를 6mm 분쇄스크린이 장착된 해머밀을 이용하여 3mm이하로 분쇄한 시료를 이용하였으며, 펠릿성형에 사용된 성형기는 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 성형을 위해 설계, 제작한 최대생산량 시간당 1톤의 성능을 갖는 링다이타입 성형기를 이용하였다. 압출다이온도는 커피유첨가 팽연왕겨 성형을 위해 설계, 제작된 압출구직경 8mm, 압출구 길이 80mm, 압출구수량 1,997hole의 압출다이를 사용하였다. 시료의 투입은 벨트폭 310mm, 길이 3,500mm로, 시간당 최대 이송량 3톤의 규격으로 설계, 제작된 수지벨트형 이송컨베이어를 이용하여 투입하였다. 냉각 및 선별은 3,130~3,685 m<sup>3</sup>/hr의 풍량을 갖는 냉각기와 체누크기 3mm의 진동선별기를 이용하였다.

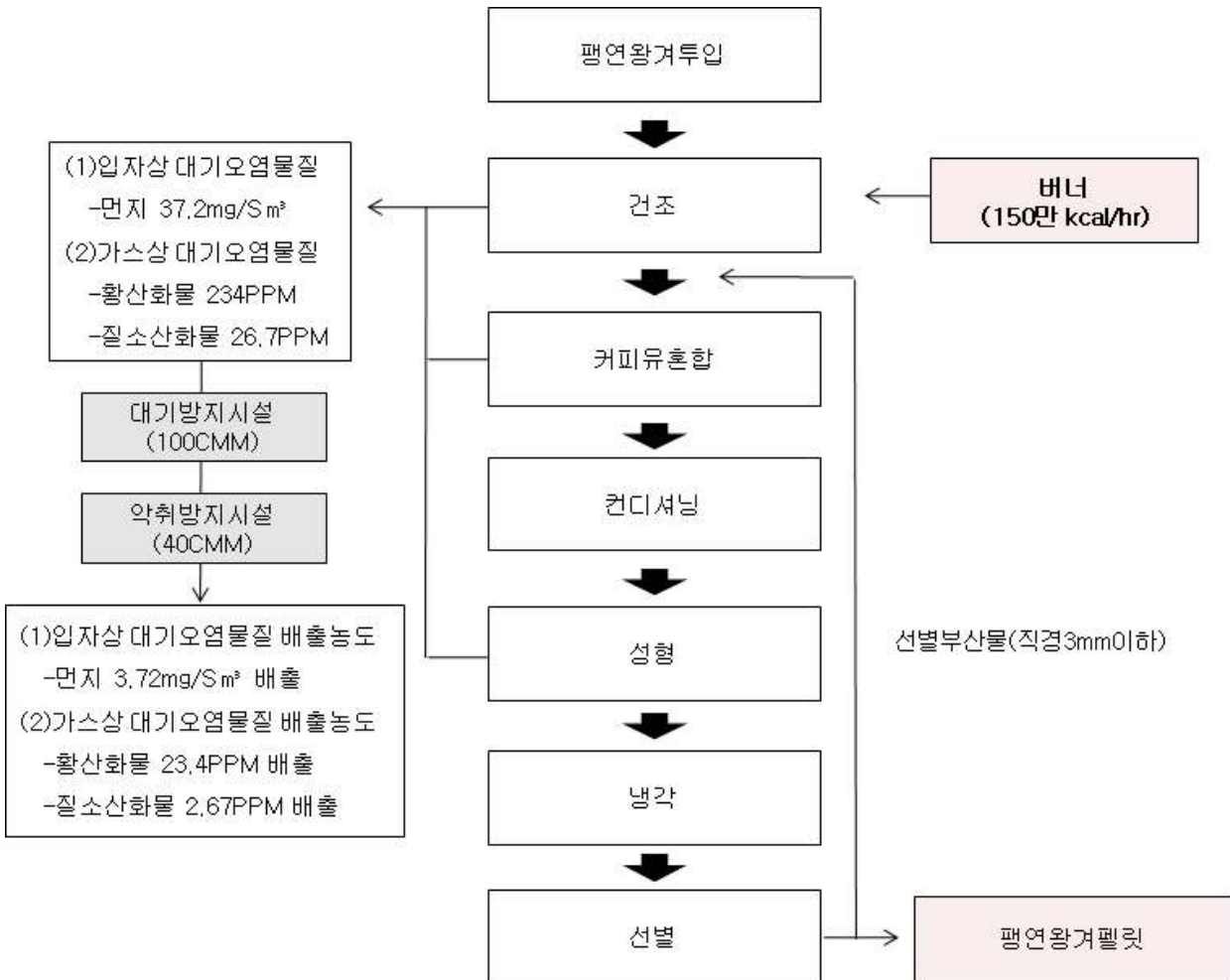


그림77. 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 생산공정도



그림78. 바이오고형연료 생산시스템

나. 실험방법

시료의 함수율은 최적 성형조건으로 도출된 13%로 조절하여 투입하였으며, 투입량은 이송컨베이어 전단에 부착된 속도가변형 스크류컨베이어가 부착된 호퍼를 이용하여 시간당 투입량이 각각 0.6톤, 0.8톤, 1.0톤이 되도록 변경하여 투입하였으며, 각각의 속도로 30분 동안 성형, 60분 냉각후 체눈크기 3mm의 진동선별기를 이용하여 진동선별후 분석에 사용하였다. 각각의 시료에 대해 수율, 겉보기밀도, 내구성, 함수율을 분석함으로써 최적 투입량을 도출하였다.

수율은 투입량 대비 냉각선별후 펠릿 산출량 비율로 산정하였으며, 수분은 고려하지 않았다. 겉보기밀도 및 내구성, 함수율은 목재펠릿품질규격고시(제2013-5호)에서 제시하고 있는 방법을 준용하여 분석하였다.

$$\text{식(5) 수율} = \frac{\text{냉각선별후 산출량}}{\text{시료 투입량}} \times 100$$



그림77. 투입 호퍼

#### 다. 실험결과 및 고찰

투입량 변화에 따른 수율은 시간당 0.6톤 투입시 98.6%, 0.8톤 96.3%, 1.0톤 95.6%로 모든 처리군에서 개발목표치인 95% 이상을 얻을 수 있었으나 투입량 증가에 비례하여 수율이 감소하였다. 이러한 이유는 투입량 증가에 따라 시료가 성형되는 과정에서 압출다이 내에 체류하는 시간이 짧아 내구성이 저하되기 때문으로 추측된다.

투입량 변화에 따른 커피유첨가 팽연왕겨펠릿의 겉보기밀도는 시간당 0.6톤 투입시 708kg/m<sup>3</sup>, 0.8톤 681kg/m<sup>3</sup>, 1.0톤 677kg/m<sup>3</sup>으로 모든 투입량에서 개발목표치인 640kg/m<sup>3</sup>을 충족하였으나 수율과 동일하게 투입량 증가에 비례하여 겉보기밀도가 저하되었으며, 특히 0.6톤에서 0.8톤으로 투입량을 증가시킨 경우의 감소폭이 컸다. 이는 수율의 경우와 동일하게 시료가 성형되는 과정에서 압출다이 내에 체류하는 시간이 짧아 내구성이 저하되기 때문으로 추측된다.

투입량 변화에 따른 내구성은 시간당 0.6톤 투입시 97.6%, 0.8톤 95.8%, 1.0톤 95.1%로 시간당 0.6톤 투입량에서 개발목표치인 97.5%를 충족하였다. 투입량별로는 0.6톤 투입시의 내구성이 가장 우수하였고 투입량이 증가함에 따라 내구성이 감소하였다.

투입량 변화에 따른 펠릿의 함수율은 시간당 0.6톤 투입시 8.9%, 0.8톤 9.3%, 1.0톤 9.6%로 모든 투입군에서 바이오고형연료(성형) 규격인 10% 이하를 충족하였다.

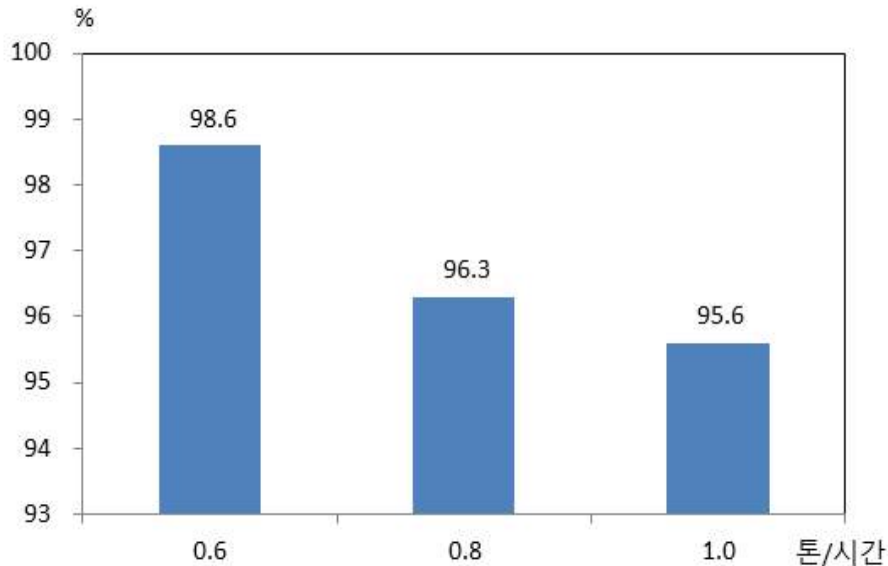


그림78. 투입속도변화에 따른 왕겨펠릿 수율 변화

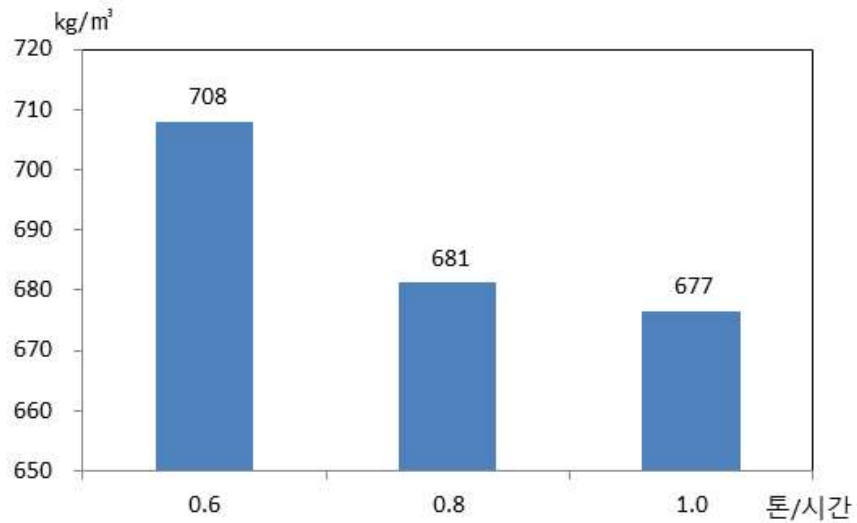


그림79. 투입속도변화에 따른 왕겨펠릿 겉보기밀도 변화

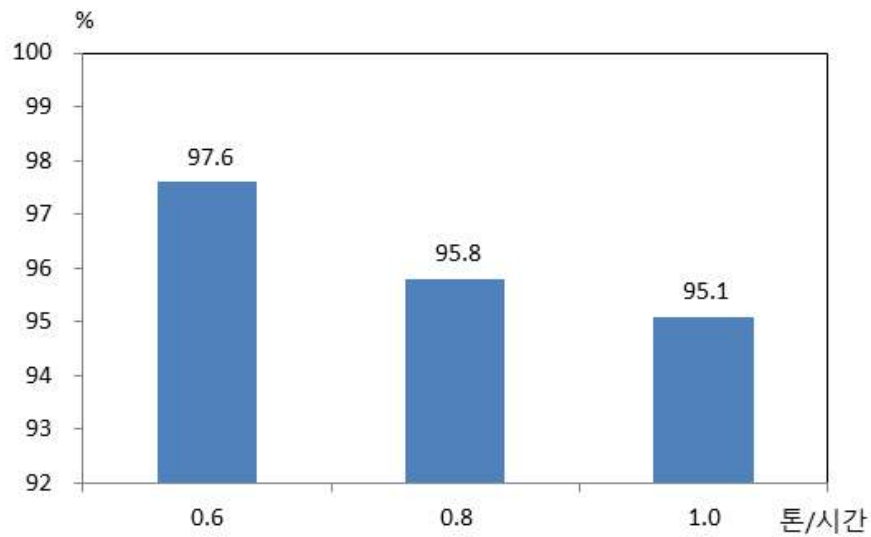


그림80. 투입속도변화에 따른 왕겨펠릿 내구성 변화

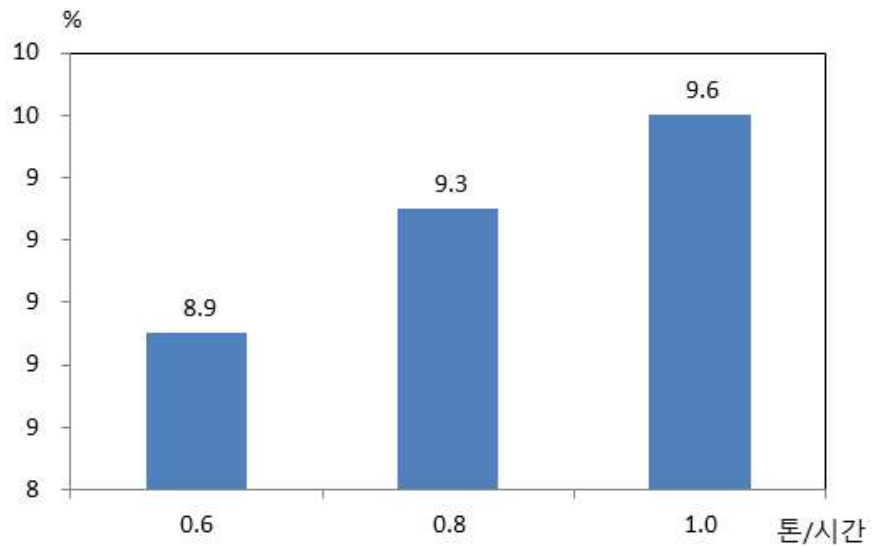


그림81. 투입속도변화에 따른 왕겨펠릿 함수율 변화

#### 4. 커피유첨가 왕겨펠릿 성능평가

##### 가. 실험재료

커피유첨가 팽연왕겨펠릿 성능검증에 사용된 재료는 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨의 함수율을 13% 조절한 후 시간당 600kg의 속도로 성형시스템에 투입하여 건조, 커피유 혼합, 컨디셔닝, 성형, 냉각, 선별 공정을 거쳐 생산, 수거된 직경 8mm의 원통형 펠릿을 수거하여 분석에 사용하였다.

##### 나. 실험방법

목재펠릿품질규격 및 개발목표치 달성여부를 검증하기 위하여 수거된 커피유첨가 팽연왕겨펠릿을 수거하여 (재)한국화학융합시험연구원, FITI시험연구원 등 바이오고형연료 공인시험기관에 의뢰하여 발열량, 회분, 염소, 겉보기밀도, 내구성, 미세분발생량, 중금속 성분 등 연료성능을 분석함으로써 연료성능을 검증하였다.

##### 다. 실험결과 및 고찰

(재)한국화학융합시험연구원에서 분석한 왕겨펠릿의 성능은 바이오고형연료 규격은 모든 항목을 충족하였으며, 목재펠릿규격은 내구성, 미세분발생량, 회분함유량, 염소함유량을 제외한 모든 항목에서 목재펠릿 A1규격을 충족하였으며, 개발목표인 발열량 5,000kcal/kg, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>, 미세분발생량 0.1%이하, 내구성 97.5%에 대해서는 내구성이 목표치에 정량한계 수준에서 미충족 하였다.

그러나 FITI시험연구원에 의뢰하여 분석한 왕겨펠릿의 성능은 바이오고형연료 규격은 모든 항목을 충족하였으며, 목재펠릿규격은 내구성, 회분, 염소함유량을 제외한 모든 항목에서 목재펠릿 A1규격을 충족하였으며, 개발목표인 발열량 5,000kcal/kg, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>, 미세분발생량 0.1%이하, 내구성 97.5%에 대해서는 내구성만 96.1%로 정량한계 수준에서 목표치를 미충족 하였으나 발열량, 겉보기밀도, 미세분발생량은 충족하였다. 내구성이 소폭(1.4%) 목표치를 충족하지 못하는 이유는 커피유 첨가에 의해 결합도가 소폭 저하되었기 때문으로 추측되며, 향후 커피유 첨가율 조정에 의해 충족이 가능할 것으로 판단된다.



표40. 커피유첨가 왕겨펠릿 바이오고형연료 및 목재펠릿규격 적합도

구분	단위	연료규격				왕겨펠릿시제품			
		B-SRF (성형)	목재펠릿 (A1)	목재펠릿 (A2)	목재펠릿 (B)	개발 목표	KTR	FITI	
겉보기밀도	kg/m <sup>3</sup>	-	≥ 600	≥ 600	≥ 600	640	701	649	
미세분	wt.%	-	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	1.0	0.2	0.1	
내구성	wt.%	-	≥ 97.5	≥ 97.5	≥ 97.5	97.5	96.7	96.1	
발열량	kcal/kg	≥ 3,000	≥ 3,940	≥ 3,940	≥ 3,940	5,000	5,020	5,010	
수분	wt.%		≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	8.8	8.9	
회분	wt.%	≤ 15	≤ 0.7	≤ 1.2	≤ 2.0	-	8.0	7.9	
염소		≤ 0.5	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.03	-	0.07	0.06	
질소		-	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.7	-	-	-	
황분		≤ 0.6	≤ 0.04	≤ 0.05	≤ 0.05	-	0.06	0.08	
금속 성분	수은	mg/kg	≤ 0.6	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	-	ND	0.03
	카드뮴		≤ 0.6	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	ND	0.16
	납		≤ 100	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	6.1	2.6
	비소		≤ 5.0	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-	0.49	1.75
	크롬		≤ 70.0	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	4.3	16.5
	니켈		-	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	ND	5.9
	아연		-	≤ 100	≤ 100	≤ 100	-	-	-

\*ND는 not detected



# TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중명동)  
 성적서번호 : TBK-2020-000176  
 대 표 자 : 오도건  
 업 체 명 : (주)유니바이오  
 주 소 : 전라남도 담양군 무정면 무정로 852-6

TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

접 수 일 자 : 2020년 01월 13일  
 시험완료일자 : 2020년 01월 15일

시 료 명 : 알거필릿

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
겉보기원도	kg/m <sup>3</sup>	-	701	목재제품의 규격과 품질기준 : 2019
미세분	%	-	0.2	목재제품의 규격과 품질기준 : 2019
내구성	%	-	96.7	목재제품의 규격과 품질기준 : 2019

- 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Seong Hui-ra*

직성자 : 성희라

Tel : 02-2062-3832

*Kim Hongsook*

기술책임자 : 김홍석

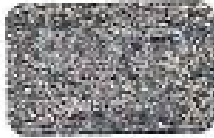
Tel : 1577-0691(ARS ①-④)

2020년 01월 15일

**KTR** 한국화학융합시험연구원



위변조 확인용 QR code



# TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중앙동)

TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

상적서번호 : TBK-2020-000174

접 수 일 자 : 2020년 01월 13일

대 표 자 : 오도건

시험완료일자 : 2020년 01월 15일

업 체 명 : (주)유니바이오

주 소 : 전라남도 담양군 무정면 우정로 662-6

시 료 명 : 왕겨펠린

## 시험 결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
직경	mm	-	8	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
길이	mm	-	26	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
저위발열량	kcal/kg	-	4 220	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
고위발열량	kcal/kg	-	5 020	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
수분	%	-	8.8	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
회분	%	-	8.0	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
염소	%	-	0.07	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
황분	%	-	0.06	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
수은	%	-	불검출	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
카드뮴	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
납	mg/kg	-	6.1	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014
비소	mg/kg	-	0.49	고형연료제품 품질 시험·분 석방법 : 2014

- 다음 페이지 -

*Sung Hui-ra*

작성자 : 성희라

Tel : 02-2092-3032

*Kim Hongsook*

기술책임자 : 김홍석

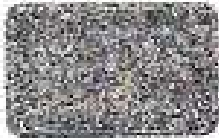
Tel : 1577-0091(ARS ㉠-91)

2020년 01월 15일

**KTR 한국화학융합시험연구원**



위변조 확인용 QR code



# TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중앙동)

TEL (02)2164-0011 FAX (02)2834-1008

성적서번호 : TBK-2020-000174

전 수 일 자 : 2020년 01월 13일

대 표 자 : 오도권

시험완료일자 : 2020년 01월 15일

업 세 명 : (주)유니바이오

주 소 : 전라남도 담양군 무정면 무정로 62-6

시 료 명 : 양겨울빛

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
크롬	mg/kg	-	4.3	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
안티몬	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
코발트	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
구리	mg/kg	-	16.6	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
망간	mg/kg	-	160	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
니켈	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
칼륨	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014
바니듐	mg/kg	-	불검출	고형연료제품 품질 시험 · 분 석방법 : 2014

\* 금속성분, 회분, 염소, 황분, 고위발열량 : Dry Basis(105°C)  
저위발열량 : As received basis

- 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료경으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인등 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)인 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Seong Hui-ra*

작성자 : 성희라

Tel : 02-2092-3832

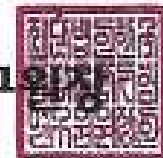
*Kim Hongsook*

기술책임자 : 김홍숙

Tel : 1577-0091(ARS 02-00)

2020년 01월 15일

**KTR 한국화학융합시험연구원**



위변조 확인용 QR code

# TEST REPORT



의뢰자 : 한국화학공업시험연구원  
주 소 : 경기 과천시 교육원로 98(중앙동)  
품 명 : 팜릿  
의뢰자계시시도명 : 황계팜릿

접 수 번 호 : M283-19-01083  
발 급 일 자 : 2020-01-10  
용 도 : 자체관리용  
쪽 번 호 : 1/1

2019-12-20 일자로 의뢰하신 시료에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

## ■ 시험 결과 ■

시험항목	단위	정량한계	시험결과	시험방법
겉보기밀도	kg/m <sup>3</sup>	0.1	648.9	목재제품의 규격과 용칭기준 [국립산림과학원 고시 제2018-8 호 2018. 8. 14.]
미세분	%	0.1	0.1	
내구성	%	0.1	96.1	

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음.

\*\* 시험 결과 기록 완료 \*\*

FITI 시험연구원



※ 문서 확인 번호 : 58U7-2557-HL6Y ※

[종래미지에 접속 후 "성적서확인"메뉴에서 문서 확인 번호를 통해 위 번호 여부를 확인할 수 있습니다.]

접수번호 : M283-19-01081

쪽 번호 : 2/2

시험항목	단위	정량 한계	관련기준		시험결과	시험방법
			SRF	BIO-SRF		
수분	%	0.1	성형 : 10 이하 비성형 : 25 이하		8.9	고령연료제품 품질 시험 - 분석방법 (환경부고시 제 2014-135 호 (2014.8.6))
회분	%	0.1	20 이하	15 이하	7.9 8.6(건기준)	
중분	%	0.01	0.6 이하	0.6 이하	0.08	
염소	%	0.01	2.0 이하	0.5 이하	0.06	
고위발열량	kcal/kg	-	-	-	4 560	
저위발열량	kcal/kg	-	수입 : 3 600 이상 제조 : 3 500 이상	수입 : 3 150 이상 제조 : 3 000 이상	4 200	
건조시료발열량	kcal/kg	-	-	-	5 010	
비소	mg/kg	0.10	13.0 이하	5.0 이하	1.75	
구리	mg/kg	1.0	-	-	17.9	
납	mg/kg	1.5	150 이하	100 이하	2.6	
카드뮴	mg/kg	0.10	5.0 이하	5.0 이하	0.16	
크롬	mg/kg	1.0	-	300 이하	16.5	
안티몬	mg/kg	1.5	-	-	1.6	
코발트	mg/kg	1.0	-	-	불검출	
망간	mg/kg	0.4	-	-	182.6	
니켈	mg/kg	1.2	-	-	5.9	
탈륨	mg/kg	0.8	-	-	불검출	
바나듐	mg/kg	1.0	-	-	4.6	
수은	mg/kg	0.01	1.0 이하	0.6 이하	0.03	
직경	mm	최대	-	-	8.2	
	mm	최소	-	-	7.4	
	mm	평균	-	-	7.9	
길이	mm	최대	-	-	35.9	
	mm	최소	-	-	17.6	
	mm	평균	-	-	24.8	

주) 불검출 = 정량한계 미만  
의뢰자 제시시료로 시험하였음.

\*\* 시험 결과 기록 완료 \*\*

그림83. 시험성적서(FITI시험연구원)

## 5. 커피유첨가 왕겨펠릿 연소특성

### 가. 실험재료

커피유첨가 팽연왕겨펠릿 연소특성 분석에 사용된 재료는 팽연화다이 온도 100℃, 투입함수율 50%에서 팽연화 시킨 왕겨의 함수율을 13% 조절한 후 시간당 600kg의 속도로 성형시스템에 투입하여 건조, 커피유 혼합, 컨디셔닝, 성형, 냉각, 선별 공정을 거쳐 생산, 수거된 직경 8mm의 원통형 펠릿을 수거하여 분석에 사용하였으며, 연소특성 분석에 사용된 시스템은 한국생산기술연구원 청정생산시스템연구소에 구축된 석탄혼소실험시스템을 이용하였다.

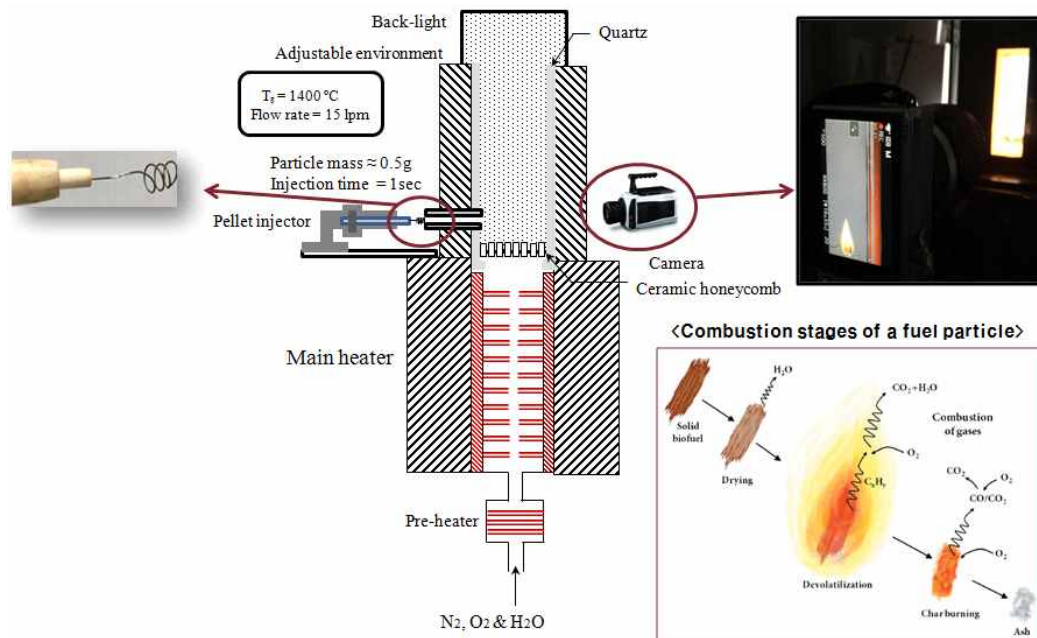


그림84. 펠릿연소특성분석시스템

### 나. 실험방법

펠릿연소 특성을 분석하기 위하여 펠릿연소특성분석시스템을 이용하여 시간경과에 따른 화염크기 변화를 관찰하는 한편, 연소과정에서 발생하는 Fluegas의 농도를 분석하였다. 분위기 gas는 air였고 최대온도는 1,000℃ 였다.

### 다. 실험결과 및 고찰

커피유첨가 팽연왕겨펠릿의 화염크기는 6초후 착화되어 52초 경과후에는 점차 작아져 260초 이후에는 화염이 관찰되어지지 않았다. CO농도는 화염의 크기가 peak점에 이르기 전까지 급격히 증가한 후 점차 감소하였으며, 90초 경과후 다시 급격히 증가하여 점진적으로 감소하였다. NO<sub>x</sub>와 SO<sub>2</sub> 농도는 최초 점화시부터 점진적으로 증가한 후 40~50초 경과후 급격히 감소하여 90초 경과후에는 10ppm이하로 감소하였다.

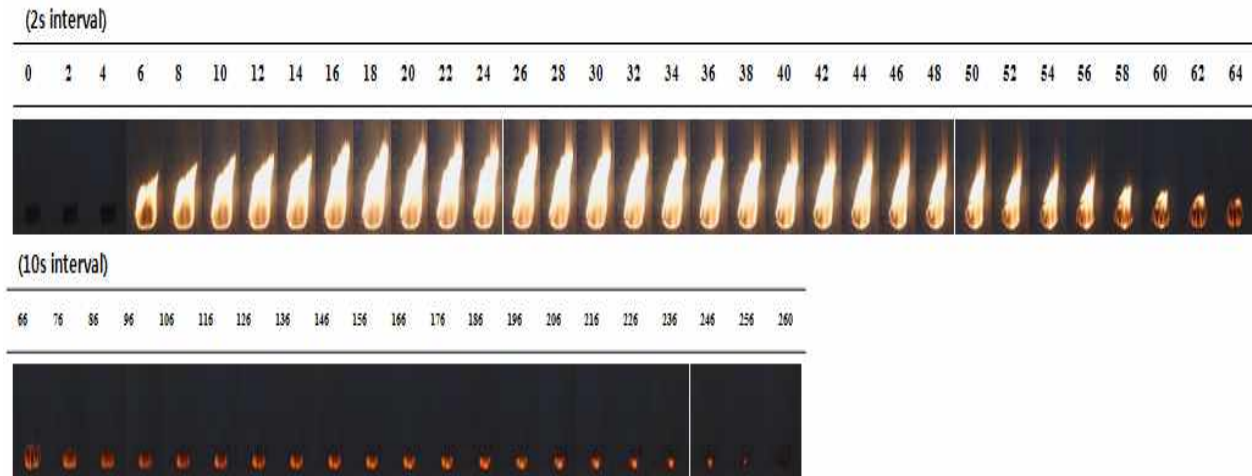


그림85. 시간경과에 따른 화염크기 변화

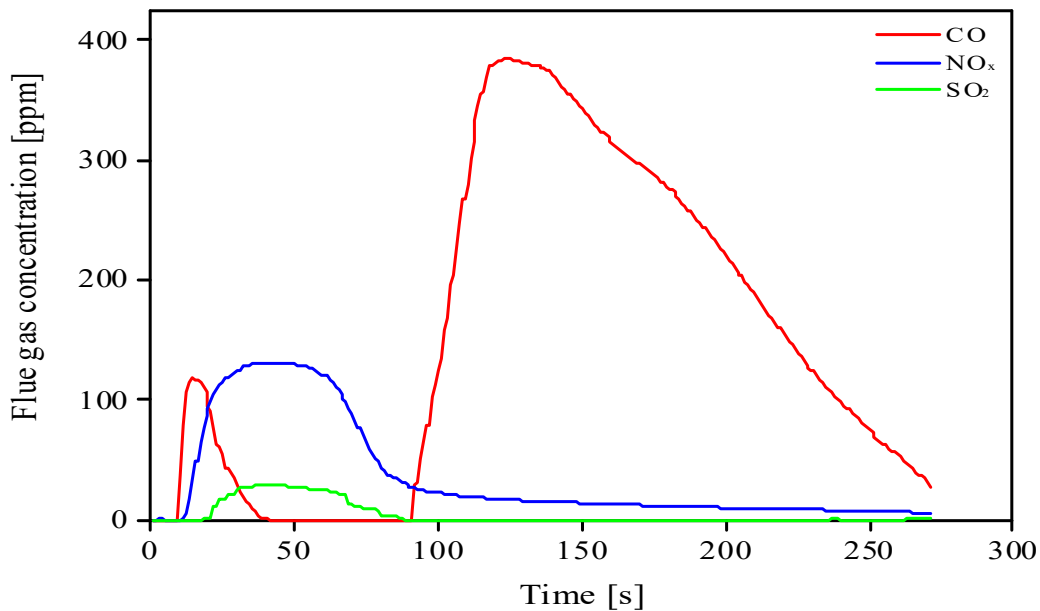


그림86. 팽연왕겨펠릿 Fluegas 분석

## 제7절 연구개발성과

### 1. 학회발표 4건

가. 왕겨 팽연화 및 오존처리에 의한 흡수율 변화

-2019년 한국화학공학회 가을총회 및 학술대회

나. 반탄화에 의한 왕겨 연료특성 및 흡수율 변화

-2019년 한국화학공학회 가을총회 및 학술대회

다. 원소분석을 통한 발열량 예측값과 실측값 비교 연구

-제63회 한국분석과학회 추계 학술대회

라.커피유 첨가에 따른 왕겨의 발열량 변화

-한국폐기물자원순환학회 2019년도 추계학술연구발표회



# 왕겨 팽연화 및 오존처리에 의한 흡수율 변화

오도건<sup>1</sup>, 김용현<sup>1</sup>, 박은숙<sup>1</sup>, 유재상<sup>2</sup>, 강병수<sup>2</sup>, 박정식<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ㈜유니바이오; <sup>2</sup> (재)한국화학융합시험연구원

## Abstract

국내 산업에서 팽연은 붕석배지, 촉매지지, 배양필터등으로 등 다양한 분야에 폭넓게 활용되고 있으나 국내 팽연산업의 성숙도 저하여 대부분 수입에 의존하고 있으며, 경제적 수출입 무역통계에 따르면 2018년 약 20만톤, 360여종의 팽연이 해외에서 수입되고 있다. 본 국가는 국내 왕겨 팽연량만 연간 약 110만톤 정도가 발생하고 있고 공급가격이 톤당 30,000~50,000원므로 팽연의 25~40% 수준이며 미국중형장치장을 통해 경제적 영향 없이 안정적인 공급이 가능한 장점이 있는 국내 왕겨 농경부산물인 왕겨의 팽연 대책 가능성을 탐구하기 위하여 팽연화 및 오존처리에 의한 흡수율 변화를 고찰하였다. 왕겨왕겨의 흡수율은 304.7%로 무처리왕겨 154.4% 대비 180.3% 증가되었으며, 왕겨왕겨를 오존처리 하는 경우 360.8% 까지 되고 왕겨 팽연의 흡수율은 353.5%와 유사한 흡수율을 나타내어 왕겨를 팽연화하거나 연속공정으로 오존처리하는 경우 팽연 대책 가능성이 높은 팽연대책의 생산이 가능하였다.

## Objectives

본 연구는 왕겨 팽연 변질에 따른 왕겨 조직구조 변질을 관찰하는 한편, 흡수율 변화를 분석함으로써 흡수율을 향상 시킬 수 있는 최적 팽연화 조건을 도출하고자 하였으며, 오존 처리에 의해 왕겨왕겨의 추가적인 흡수율 향상이 가능한 지 여부를 검증하고자 하였다.

## Materials and Methods

### 고급

본 실험에 사용한 왕겨는 일반농림축산검역본부에서 미국정식후 발생한 진균류 등을 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 가공기간을 성능 변화를 방지하기 위하여 수거후시 10% 내외의 건조 후 일정한 사용하였다.

### 방법

왕겨 팽연화는 가장 경제적 스크류 가압형 팽연화 장치의 연속형 팽연화 장치를 이용하였으며, 왕겨 조직구조 분석은 주사전자현미경(TESCAN VEGA3)을 이용하여 분석하였다. 흡수율을 분석은 왕겨 용량 10g의 용액수에 왕겨를 잠긴 후 24시간 실온에서 흡수시킨 후 200mesh 표준체를 이용하여 여과하고 용액 용기부분을 흡수율로 계산하여 분석하였다.

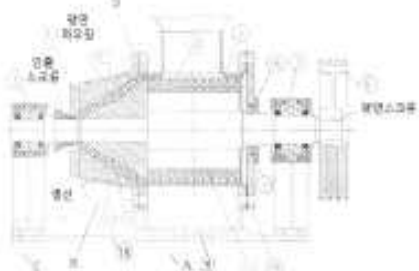


Fig. 1. Screw type steam expanding device for rice husk

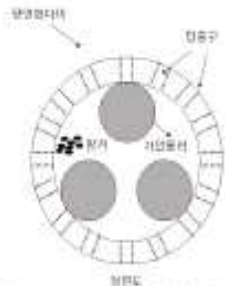
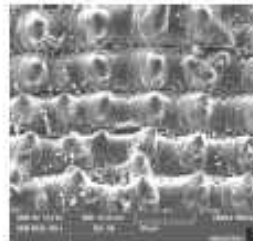


Fig. 2. Millstone type steam expanding device for rice husk

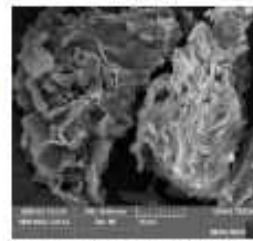
## Results



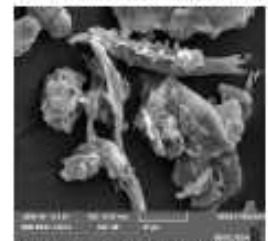
무처리(×500)



Steam expanded by screw type device



Steam expanded by millstone type device (투입습수율 50%)



Steam expanded by millstone type device (투입습수율 70%)

Fig. 3. The structure of rice husk and steam expanded rice husk

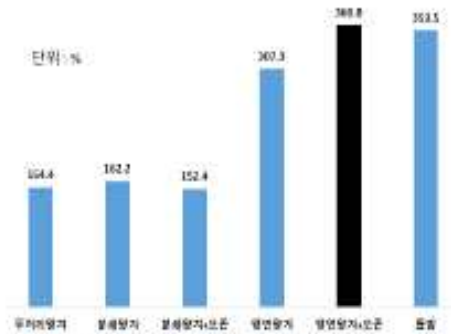


Fig. 4. Water absorption rate of several rice husk

## Conclusions

왕겨왕겨의 조직구조는 screw type 장치군 보다는 millstone type 장치군의 조직구조가 공극이 크고 균일하게 분포되어 있었으며, millstone type 장치군의 흡수율은 307.3%까지 높고되었고 왕겨왕겨 오존처리군의 경우 360.8% 까지 흡수율이 높고되어 팽연의 353.5% 보다 높은 흡수 성능이 구현되었다.

## Acknowledgements

본 연구는 농림축산식품부의 과제로 농림수산식품기술기획평가원의 농축산기자재산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(118028-02-2-8B010).

## References

1. Jona-Jib, Lee, "Degradation properties and production of fuels from hemicellulose by zytrolysis-liquefaction", J. Korean Ind. Eng. Chem., Vol. 19, No. 2, p.199-204(2006)
2. Korean Chem. Eng. Res., Vol.48, No.3, June, 2010, pp.365-374

그림87. 왕겨팽연화 및 오존처리에 의한 흡수율 변화(포스터발표)

# 반탄화에 의한 왕겨 연료특성 및 흡유율 변화

오도건<sup>1\*</sup>, 김용현<sup>1</sup>, 박은숙<sup>1</sup>, 유재상<sup>2</sup>, 강병수<sup>2</sup>, 박정식<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ㈜유니바이오; <sup>2</sup> (재)한국화학융합시험연구원

## Abstract

본 연구는 연료로 활용되지 못하고 있는 왕겨와 폐기물인 식물성 폐유를 이용한 고효율 하이브리드 촉매를 제조하기 위한 기술개발의 일환으로 왕겨 반탄화에 의한 탈황 및 흡유율 개고효과를 검증하는 한편, 흡유 증가에 의한 반탄화 왕겨의 탈황량 개고효과를 검증하였다. 왕겨 반탄화에 의한 탈황량은 250도 30분 처리군의 경우 무처리군 3,800kcal/kg 대비 4,440kcal/kg까지 개고되었으며, 최본은 무처리군 16.8% 대비 19.7%까지 상승하였다. 반탄화에 의한 흡유율은 무처리군 99.1% 대비 178.9%까지 개고되어 반탄화 왕겨에 식물성 폐유 증가에 의해 탈황량을 5,600kcal/kg 이상으로 개고시킬 수 있었다.

## Objectives

본 연구에서는 왕겨의 탈황량을 개고시키기 위한 기술개발의 일환으로 왕겨 반탄화에 의한 탈황 및 흡유 변화, 흡유율 개고효과를 고찰하였으며, 또한 증가된 폐식물유, 커피유 등 폐식물유의 증가에 의한 탈황량 개고 가능성을 검증하기 위하여 폐식물유 증가에 의한 반탄화 왕겨의 탈황량 개고효과를 검증하였다.

## Materials and Methods

### 표본

본 실험에 사용한 왕겨는 강원영동지역최정에서 다목적전주 일성현 정밀농산물 왕겨를 구입하여 사용하였으며, 개정기온을 연료성능 변화를 방지하기 위하여 수거후 10% 내외로 건조를 일정하여 사용하였으며, 폐식물유는 커피피유를 수거하여 여과하여 사용하였다.

### 방법

왕겨 반탄화는 알루미나 왕기에 왕겨를 충전하여 밀폐하고 Muffle furnace(한일과학, MF-03)를 이용하여 각각 210, 220, 230, 240, 250℃의 온도도 30분 동안 반탄화 하고 실온까지 냉각한 후 분석에 이용하였으며, 흡유를 분석한 왕겨에 왕겨 용량 10배의 폐커피유를 증가한 후 24시간 실온에 방치하여 충분히 흡유시킨 후 흡유 전후 왕겨용량을 측정하여 용거량을 흡유율로 산정하였다. 각 시료의 탈황량 분석은 자동탈황계(AO-600)를 이용하여 분석하였다. 반탄화 왕겨의 에너지수율을 에너지원가율을 용량수율로 나눠 값으로 산정하였다.

$$\text{Gravimetric yield(\%)} - Y_g = \frac{\text{Torrefied biomass}}{\text{Input biomass}} \quad (1)$$

$$\text{Energy yield(\%)} - Y_e = \frac{\text{Torrefied biomass higher heating value}}{\text{Input biomass higher heating value}} \quad (2)$$

## Results

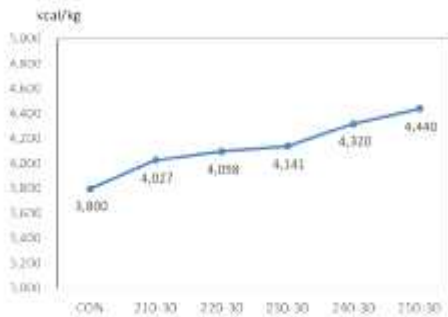


Fig. 1. The change of torrefied rice husk calorific value

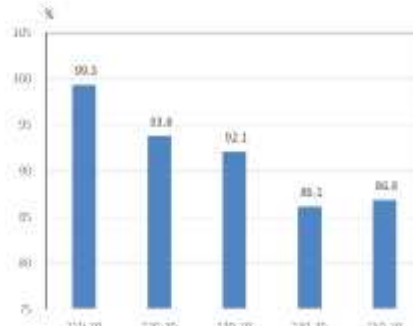


Fig. 2. Energy yield of torrefied rice husk

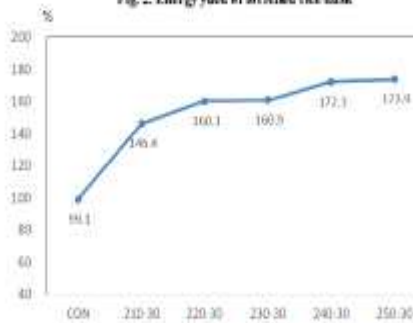


Fig. 3. Oil absorption rate of torrefied rice husk

Table 1. Calorific value of rice husk and torrefied rice husk, torrefied rice husk with added coffee waste oil

구분	CON	Torrefied	Tc=Oil
열량 밀도(kcal/kg)	3,800	4,440	5,600

\*CON 무처리 왕겨, Torrefied 250℃ 30분 반탄화, Tc=Oil 반탄화 왕겨에 커피유 추가

## Conclusions

반탄화 왕겨의 탈황량은 무처리군 3,800kcal/kg 대비 연도상승에 비례하여 증가하여 250도 30분 처리군의 경우 4,440kcal/kg 까지 개고되었다. 반탄화에 의한 에너지수율은 220도 30분 처리군이 99.3%로 가장 우수하였고 연도상승에 따라 감소하였다. 반탄화 왕겨의 흡유율은 무처리군 99.1%, 210도 46.4%, 220도 160.3%로 210도까지는 상승률이 높았으나 230도 이상 처리군에서는 증가율이 미미하였다. 반탄화 왕겨(250도 30분)에 커피유를 178.9% 흡유 시킨 처리군의 탈황량만 최대 5,600kcal/kg 까지 개고되었다.

## Acknowledgements

본 연구는 농림축산식품부의 과제로서 농림수산식품기술기획평가원의 농축산기초산업화 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(11B028-02-2-98010).

## References

1. 리올라이르 촉매 탈황을 이용한 맞춤형 바이오매일 생산, Korean Chem. Eng. Res. Vol. 44, No.4, August, 2006, pp. 382-386
2. Thilao Oliveria Rodrigues의 1인, "Torrefaction on energy properties of Eucalyptus or andis wood, Carma, Kavras, v.15, n. 4, p.446-452, out./dec. 2009

그림87. 반탄화에 의한 왕겨 연료특성 및 흡유율 변화(포스터발표)

박정식<sup>1</sup> · 김병수<sup>1</sup> · 박준호<sup>1</sup> · 오도건<sup>2</sup> · 유재상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>(재)한국화학융합시험연구원, <sup>2</sup>유니바이오  
\*교신저자, E-mail : env563@ktr.or.kr

**Abstract**

고위발열량(Higher Heating Value)은 연료가 완전 연소 되었을 때의 발열량으로, 이는 연소에 의해 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 값을 의미한다. 이 값을 결정할 수 있다는 장점이 있음에도 불구하고, 연료의 원소분석을 통한 고위발열량의 추정이 가능하다는 점, 연구에서는 탄소, 수소, 질소, 황 성분과 수산화물 함량까지도 실제 발열량 추정을 위해서 발열량 추정의와 실측값의 차이를 확인 하였다. 발열량 계산식은 Dulong, Storer, Scharr, Kestner, 그리고 Charviate-Park의 식을 적용하였는데, 시료는 목재펠릿, 우점탄, 미연탄소연료로 적용하였다. 목재펠릿의 우점탄의 경우 Storer 식과 Charviate-Park식으로도 추정한 고위발열량 결과가 다른 두 식에 비해 정확도가 높으며, 미연탄소연료의 경우 Storer 식을 제외한 다른 세가지 식의 추정값이 실측값에 가까운 결과를 나타냈다. 발열량 예측에 있어서 여러 가지 식이 사용될 수 있으며 이는 실측값과의 신뢰성을 판단하는 지표로 사용 될 수 도 있다. 따라서 각 물질별로 적합한 계산식을 사용하는 것이 필요 할 것으로 판단된다.

**Introduction**

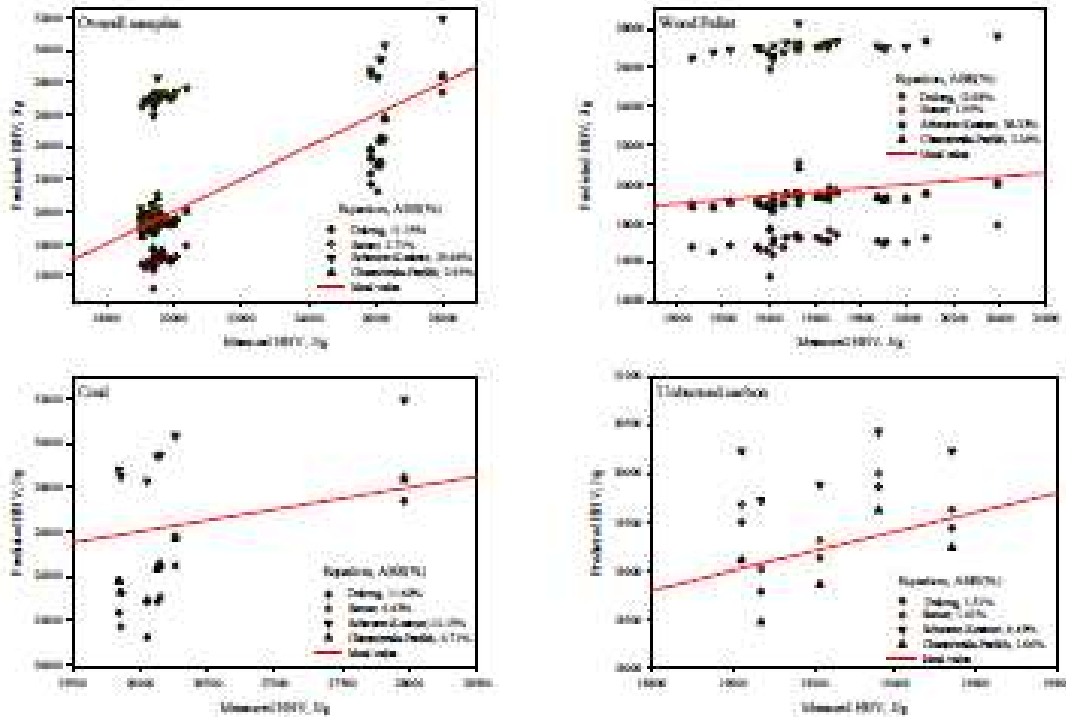
목재 발열량 연료로 사용되기 위해서는 열량에서 생산된 기체 지속적 공급 가능 한 높은 경제적 출력, 시공 과정에서 발생하는 유해물질 또는 연료물질의 생산 과정에서 수반되는 환경 파괴 등의 환경적 측면, 연료의 이용 및 사용에서의 안전성을 여러 가지 요인에 충족되어야 한다. 이를 개선하기위해 연료의 가장 기본적인 성분인 탄소 함량이 높고 수분이 적은 고위발열량(Higher Heating Value)은 연료가 완전 연소 되었을 때의 발열량이다. 이는 연소에 의해 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 값을 의미한다. 이 값을 결정할 수 있다는 장점이 있음에도 불구하고, 연료의 원소 분석을 통해서도 탄소, 수소, 질소, 황 성분과 수산화물 함량까지도 실제 발열량 추정을 위해서 발열량 추정의와 실측값의 차이를 확인 하였다. 따라서 각 물질별로 적합한 계산식을 사용하는 것이 필요 할 것으로 판단된다.

**Material & Methods**

- **Element analysis**
  - Carbon(C), Nitrogen(N), Hydrogen(H), Sulfur(S)
  - 원소분석기 (Fisher 2000 Series, Thermo Fisher Scientific)
  - Oxygen(O) : (H - O<sub>2</sub>) - (N<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>) - (S<sub>2</sub> - O<sub>2</sub>) - (Ash<sub>2</sub>)
- **Higher Heating Value(HHV)**
  - 열량계 열량계(AE 600, ITC)
- **Correlation of HHV and Moisture**
  - Dulong Eq. :  $18.039C + 4.1868(H - O/8) + 39.963S$
  - Storer Eq. :  $12.871C + 4.1793H + 144.149N - 10.003 + 10.453 + 49.483O$
  - Scharr-Kestner Eq. :  $18.039C + 4.1793H + 143.753 + 94.195 + 10.483O$
  - Charviate-Park Eq. :  $14.81C + 11.91H + 100.58 - 10.40 - 11.07 - 11.1Ash$
  - Average absolute error(AAE, %) :  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|HHV_{meas,i} - HHV_{calc,i}|}{HHV_{meas,i}} \times 100$

**Results and Discussion**

Fig. 1. Comparison of measured and predicted HHVs.



**Conclusion**

본 연구는 목재발열량, 우점탄, 미연탄소연료의 고위발열량 예측값과 실측값의 비교 연구를 통하여, 발열량 예측에 있어서 여러 가지 식이 사용될 수 있으며 이는 실측값과의 신뢰성을 판단하는 지표로 사용 될 수 있다. 따라서 각 물질별로 적합한 계산식을 사용하는 것이 필요 할 것으로 판단된다.

\* 교신저자, E-mail : env563@ktr.or.kr  
Korea Research Technology Institute, P.O. Box 107, Yusong, Taejeon 305-380, Korea

**Reference**

1. A. Charviate, J.P. Park, 2001. Unified correlation for estimating HHV of solid liquid and gaseous fuels. Fuel, 81, 2051-2063.  
2. Juan Mendi, Antonio Domínguez, Juan Fernández, Fernando Rojas, 2011. Alternative empirical models based equation to estimate waste combustion enthalpy from elemental composition. Fuel, 90, 1096-1101.

그림88. 원소분석을 통한 발열량 예측값과 실측값 비교 연구(포스터발표)

# 커피유 첨가에 따른 왕겨의 발열량 변화

## Changes of Higher heating values of rice husk according to coffee oil

박정탁 · 김병수 · 박준호 · 오도건 · 유재철\*

(주)한국화학융합시험연구원 · 유니바이오

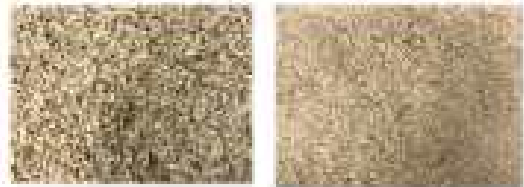
\*교신저자, E-mail : ens56@ktr.co.kr

### Abstract

왕겨는 일반 목질계 바이오매스를 이용한 Bio-SRF 또는 목재펠릿 보다 낮은 발열량과 높은 회분함량, 성형의 어려움 등이 단점으로 알려져 있다. 왕겨의 단점 중 하나인 낮은 발열량을 보완하기 위하여 폐 커피유를 연료 보조제로 사용하였다. 폐 커피유는 식품회사 등에서 수거된 커피찌꺼기를 원료로 정제하는 과정에서 나온 부산물로 발열량은 9,240 kcal/kg 으로 측정 되었다. 왕겨의 경우 조성이 저질하여 수분 등의 역상 첨가제의 흡수율이 낮아 역상 첨가제의 적용에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위하여 열연화 기술을 사용하였다. 수분으로 포화시킨 왕겨와 열연왕겨는 자연배수 상태에서 144시간 경과 후 수분 보유율이 왕겨의 경우 37.0 %, 열연왕겨의 경우 50.7 %로 나타났다. 왕겨에 커피유를 흡수 시킨 후 가열량을 물리적인 발작을 시킨 후 완전 건조 하였다. 발열량 측정 결과 폐 커피유를 첨가한 일반왕겨의 경우 6,890 kcal/kg, 폐 커피유를 첨가한 열연왕겨의 경우 7,420 kcal/kg으로 발열량개선의 가능성을 확인하였다.

### Introduction

신재생에너지에 대한 연구와 개발이 많은 지속적으로 이루어지고 있으며, 이는 환경적인 화석연료의 매장량과 기후변화문제 등으로 인하여 그 필요성이 증대되고 있다. 바이오매스를 이용한 기술은 신재생에너지의 중요한 분야 중 하나이다. 하지만 국내의 경우 바이오매스를 이용한 연료 즉 Bio-SRF 또는 목재펠릿 등은 수급이 불안정하여 목재의 경우 가격적인 문제로 인하여 제한적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 연간 100만 톤 이상 발생하는 왕겨로 연료로서의 가능성을 확인하고자 하였다.



### Material & Methods

- 무작위 왕겨(Rice husk, RH)
- 1차 열연화 왕겨(Delated rice husk, DRH)
- 2차 열연화 왕겨(Delated rice husk, DRH2)
- 열연화를 위한 목재 조각 : 100 ~ 120 °C
- 폐커피유(Waste coffee oil, WCO)

Table 1. Properties of the materials

	Water content %	Ash %	Sulfur %	C %	Relative density g/ml	HHV kcal/kg
RH	10.7	11.1	0.23	0.11	0.11	3879
DRH	11.4	14.8	0.24	0.13	0.22	3836
DRH2	11	15.6	0.26	0.15	0.1	3804
WCO						9237

DRH = Rice husk, DRH2 = Rice husk

### Results and Discussion

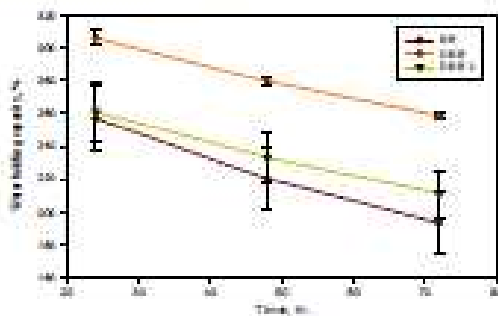


Figure 3. Change of water holding capacity according to time.

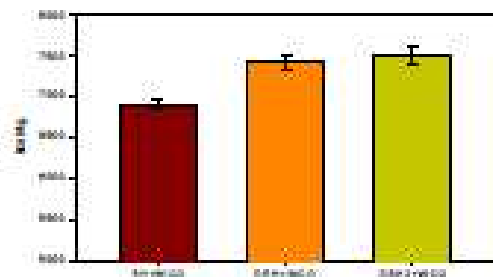


Figure 4. Higher heating value of various rice husk with waste coffee oil. 100 °C Dry basis.

### Conclusion

수분으로 포화시킨 왕겨와 열연왕겨는 자연배수 상태에서 72시간 경과 후 수분 보유율에서 차이를 보였다. (일반왕겨 : 37.0 %, 열연왕겨 : 50.7 %, 2차 열연왕겨 : 211.3%) 커피유를 흡수 시킨 일반왕겨의 경우 발열량은 6,890 kcal/kg, 1차 열연왕겨의 경우 7,420 kcal/kg, 2차 열연왕겨는 7,420 kcal/kg으로 발열량개선의 가능성을 확인하였다.

### Acknowledgment

본 실험은 농림수산식품부 지원으로 농림수산식품과학기술정책기구 (농림수산식품과학기술정책사업)의 지원을 받아 연구되었음(11B020-02-1-W0011)

그림89. 커피유 첨가에 따른 왕겨의 발열량 변화(포스터발표)

2. 특허출원 2건

가. 왕겨 흡수율을 제고시키는 팽연왕겨 제조방법 및 그 제조장치

(1)출원번호 : 10-2018-0102661

(2)출원일자 : 2018.08.30.

나. 왕겨를 이용한 고품연료 제조방법

(1)출원번호 : 10-2019-0169438

(2)출원일자 : 2019.12.18.

## 출원번호통지서

출원일자 2018.08.30  
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(우) 참조번호(PDP20180114)  
 출원번호 10-2018-0102661 (접수번호 1-1-2018-0862362-11)  
 출원인명칭 주식회사 유니바이오(1-2003-047798-4)  
 대리인성명 사광영(9-2003-000452-4)  
 발명자성명 오도건  
 발명의명칭 왕겨 흡수율을 제고시키는 팽연왕겨 제조방법 및 그 제조장치

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 무제국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다만로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드  
 ※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

그림90.출원번호통지서(왕겨 흡수율을 제고시키는 팽연왕겨 제조방법 및 그 제조장치)

관인생략  
출원번호통지서

출원일자 2019.12.18  
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(PDP20190119)  
출원번호 10-2019-0169438 (접수번호 1-1-2019-1307959-19)  
출원인명칭 주식회사 유니바이오(1-2003-047798-4)  
대리인성명 시광영(9-2003-000452-4)  
발명자성명 오도건  
발명의명칭 왕겨를 이용한 고품연료 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
※ 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허매당-PCT/마드리드  
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

그림91.출원번호통지서(왕겨을 이용한 고품연료 제조방법)

## 제8절 연구개발결과

### 1. 기술적성과

#### 가. 석탄연소첨가제 및 플라이애쉬(Fly ash) 연소촉진효과 검증

##### (1) 붕사 첨가에 의한 발열량 변화

붕사 첨가량에 따른 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 발열량 3,845kcal/kg, 2% 첨가군 3,843kcal/kg, 3% 첨가군 3,861kcal/kg, 4% 첨가군 3,853kcal/kg으로 1% 첨가군에서 무처리군 3,780kcal/kg 대비 65kcal/kg이 제고되어 발열량 제고 효과가 가장 우수하였으나 2%이상 첨가하더라도 추가적인 발열량 제고효과는 미미하였다. 이러한 결과는 대한민국등록특허 등록번호 10-1415544 “폐기물 및 화석연료에 대한 연소촉진제”에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사 등으로 구성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 화석연료의 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다.

##### (2) 과산화수소 첨가에 의한 발열량 변화

과산화수소를 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,760kcal/kg, 2% 첨가군 3,730kcal/kg, 3% 첨가군 3,690kcal/kg, 4% 첨가군 3,670kcal/kg으로 모든 첨가군에서 무처리군 3,780kcal/kg 대비 발열량이 저감되어 산소발생에 의해 석탄 연소를 촉진하는 것으로 알려진 바와 달리 첨가량에 비례하여 모든 첨가군에서 발열량이 감소하였다. 이는 대한민국등록특허 등록번호 10-0544568 “연소효율을 개선한 연료첨가제”에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사로 구성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다. 이러한 이유는 순도가 낮은 과산화수소의 경우 산소발생에 의한 발열량 제고효과를 과산화수소에 혼합된 수분 및 과수안정제 등의 성분이 상쇄하기 때문인 것으로 판단된다.

##### (3) 수산화나트륨 첨가에 의한 발열량 변화

석탄연소촉진제에 반드시 첨가되는 성분인 Sodium hydroxide(Duksan chemical,93%)를 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,850kcal/kg, 2% 첨가군 3,801kcal/kg, 3% 첨가군 3,805kcal/kg, 4% 첨가군 3,771kcal/kg으로 1% 첨가군의 경우 무처리군 3,780kcal/kg 대비 70kcal/kg이 제고되었으나 2% 이상 첨가군에서는 발열량 제고효과가 미미하였다. 이러한 결과는 대한민국등록특허 등록번호 10-1415544 “폐기물 및 화석연료에 대한 연소촉진제”에서 제시하고 있는 과산화수소와 수산화나트륨 및 붕사 등으로 구성된 연료첨가제를 일정비율 첨가하는 경우 화석연료의 연소효율이 개선된다는 결과와 상이하였다.

##### (4) Fly ash 첨가에 의한 발열량 변화

연소과정에서 산화되어 고형연료 연소시 산소발생제 역할을 할 것으로 추정되는 목재펠릿 플라이애쉬를 1~4%까지 1% 단위로 첨가량을 제고시켜 왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 1% 첨가군 3,894kcal/kg, 2% 첨가군 3,878kcal/kg, 3% 첨가군 3,786kcal/kg, 4% 첨가군 3,803kcal/kg으로 1% 첨가군의 경우 무처리군 3,780kcal/kg 대비 114kcal/kg이 제고되었으며, 2% 첨가군은



98kcal/kg이 제고되었으나 3% 첨가군과 4% 첨가군의 발열량 제고효과는 미미하였다. 이러한 현상은 1%와 2% 첨가군의 경우 플라이애쉬의 산소발생 효과에 의해 발열량이 제고되는 효과가 있으나 3% 이상 첨가되는 경우 회분함유량 제고에 따라 발열량 제고효과를 상쇄하기 때문인 것으로 추측된다.

나. 팽연화에 왕겨 흡수율 및 발열량 제고

#### (1) 팽연화 방식 도출

팽연화 방식에 따른 왕겨 조직구조 변화를 관찰한 결과 스크류형 팽연화장치(태성이엔지) 및 롤러형 팽연화장치 모두 무처리군 대비 일정한 크기의 공극이 관찰되었으나 롤러형 팽연화장치를 이용하여 팽연화 시킨 왕겨의 공극크기 및 분포도가 보다 균일한 것으로 관찰되었다.

팽연화 방식에 의한 왕겨 발열량 분석결과 무처리군 3,780kcal/kg 대비 스크류형 4,280kcal/kg, 롤러형 3,859kcal/kg으로 스크류형 팽연화방식에 의한 경우 500kcal/kg이 제고된 반면, 롤러형의 경우 79kcal/kg이 제고되었다.

팽연화 방식에 의한 왕겨 흡수율 분석결과 무처리군 중량기준 206.8%, 스크류형 266.5%, 롤러형 287.0%로 롤러형의 흡수율 제고율이 우수하였다.

팽연화에 의한 조직구조변화는 롤러형 팽연화장치를 이용하여 팽연화 시킨 왕겨의 공극크기 및 분포도가 보다 균일한 것으로 관찰되었으나 발열량의 경우 스크류형의 발열량 제고효과가 롤러형 보다 월등히 우수하였고 흡수율은 롤러형이 미미하게 우수한 만큼 발열량 제고를 위해서는 스크류형 팽연화방식을 적용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 다만 동일시간당 생산량은 스크류형 팽연화방식이 롤러형 팽연화 방식에 비해 현저히 낮으므로 발열량 제고를 위해서는 왕겨를 반탄화 하는 방법도 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### (2) 팽연화 온도 및 함수율 도출

왕겨 함수율 변화에 따른 팽연왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 왕겨 함수율 30%의 경우 팽연하우징에서 배출되지 않고 막히는 현상이 발생하여 팽연화가 불가능하였으며, 함수율 50% 처리군 발열량 4,280kcal/kg, 70% 처리군 발열량 4,287kcal/kg으로 차이가 미미하였다. 따라서 발열량 제고를 위한 팽연화 함수율은 가수량이 적은 50% 팽연화 처리가 적절할 것으로 판단된다.

팽연화온도 변화에 따른 팽연왕겨의 발열량 변화를 분석한 결과 80℃ 처리군의 발열량은 4,048kcal/kg, 100℃ 4,280kcal/kg, 120℃ 4,097kcal/kg으로 100℃ 처리군의 발열량 제고효과가 가장 우수하였다. 이는 80℃ 처리군의 경우 팽연화 온도가 낮음에 따라 팽연화 과정에서 탄화도가 낮기 때문인 것으로 판단되며, 120℃ 처리군의 경우 연화도가 높아 하우징에서의 반응시간이 짧아지고 마찰계수가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

팽연하우징 온도 변화에 따른 염소함유량 변화를 분석한 결과 무처리군 0.09%, 80℃ 처리군 0.03%, 100℃ 처리군 0.02%, 120℃ 처리군 0.03%로 온도변화에 따른 염소함유량 변화는 미미하였고 모든 처리군이 염소함유량이 감소하여 목재펠릿품질규격 B급 규격인  $\leq 0.03\%$ 를 충족하였다.

따라서 발열량 변화 및 염소함유량 변화를 분석한 결과 왕겨의 최적 팽연화온도는 100℃, 투입함수율은 50%가 적절할 것으로 판단된다.

다. 커피유첨가 팽연왕겨 펠릿성형조건 도출

(1) 팽연왕겨 성형용 압출다이 개발

성형실험결과 투입면적대비 마찰면적비율이 33%인 압출다이를 이용하여 성형한 커피유 첨가 팽연왕겨의 경우 일부 펠릿이 짧게 끊어지는 현상이 발생하여 압출압력이 부족한 것으로 판단되며, 투입면적대비 마찰면적비율이 40%의 압출다이를 이용하여 성형한 커피유 첨가 팽연왕겨의 경우 육안으로 관찰시 시판 목재펠릿과 유사한 형태의 펠릿을 생산할 수 있었다.

투입면적대비 마찰면적비율이 40%의 압출다이를 이용하여 성형한 펠릿의 겉보기밀도, 미세분발생량, 내구성을 평가한 결과 겉보기밀도 684kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.6%, 수분 8.1%로 겉보기밀도와 미세분, 내구성, 수분은 모두 A1급 목재펠릿규격과 개발목표치인 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>와 미세분 1.0% 이하, 내구성 97.5% 이상을 충족하였다.

표41. 압출다이 변화에 따른 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분

구분	겉보기밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	미세분(%)	내구성(%)	수분(%)
팽연왕겨펠릿	684	0.1	97.6	8.1

\*성형조건은 압출구길이 60mm, 투입함수율 13%

(2) 팽연왕겨 성형 함수율 도출

함수율 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨 펠릿의 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분 변화를 살펴본 결과 시료의 함수율을 11%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 성상이 짧게 끊어지는 현상이 발생하여 성형에 적절하지 않았으며, 함수율을 13%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 겉보기밀도 684kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.6%, 수분 8.1%로 수분 및 모든 내구성 측정항목이 목재펠릿품질규격 A1 등급을 충족하였고 개발목표치인 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.5%를 충족하였다. 함수율을 15%로 조절하여 펠릿을 성형한 시료는 겉보기밀도 670kg/m<sup>3</sup>, 미세분 0.1%, 내구성 97.1%, 수분 10.4%로 겉보기밀도 및 미세분발생량은 목재펠릿품질규격 A1 등급 규격 및 개발목표치를 충족하였으나 내구성은 개발목표치인 97.5%를 오차범위내에서 충족하지 못하였고 특히 수분은 목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 10% 이하를 초과하였다. 따라서 성형을 위한 커피유 첨가 팽연왕겨의 최적함수율은 13%가 적절할 것으로 판단된다.

표42. 함수율 변화에 따른 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿 겉보기밀도, 미세분, 내구성, 수분

구분	겉보기밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	미세분(%)	내구성(%)	수분(%)
13%	684	0.1	97.6	8.1
15%	670	0.1	97.1	10.4

\*성형조건은 압출구길이 60mm

(3)생산공정 및 최적생산량 도출

투입량 변화에 따른 수율은 시간당 0.6톤 투입시 98.6%, 0.8톤 96.3%, 1.0톤 95.6%로 모든 처리군에서 개발목표치인 95% 이상을 얻을 수 있었으나 투입량 증가에 비례하여 수율이 감소하였다. 이러한 이유는 투입량 증가에 따라 시료가 성형되는 과정에서 압출다이 내에 체류하는 시간이 짧아 내구성이 저하되기 때문으로 추측된다.

투입량 변화에 따른 커피유첨가 왕겨펠릿의 겉보기밀도는 시간당 0.6톤 투입시 708kg/m<sup>3</sup>, 0.8톤 681kg/m<sup>3</sup>, 1.0톤 677kg/m<sup>3</sup>으로 모든 투입량에서 개발목표치인 640kg/m<sup>3</sup>을 충족하였으나 수율과 동일하게 투입량 증가에 비례하여 겉보기밀도가 저하되었으며, 특히 0.6톤에서 0.8톤으로 투입량을 증가시킨 경우의 감소폭이 컸다. 이는 수율의 경우와 동일하게 시료가 성형되는 과정에서 압출다이 내에 체류하는 시간이 짧아 내구성이 저하되기 때문으로 추측된다.

투입량 변화에 따른 내구성은 시간당 0.6톤 투입시 97.6%, 0.8톤 95.8%, 1.0톤 95.1%로 시간당 0.6톤 투입량에서 개발목표치인 97.5%를 충족하지 못하였다. 투입량별로는 0.6톤 투입시의 내구성이 가장 우수하였고 투입량이 증가함에 따라 내구성이 감소하였다.

투입량 변화에 따른 펠릿의 함수율은 시간당 0.6톤 투입시 8.9%, 0.8톤 9.3%, 1.0톤 9.6%로 모든 투입군에서 바이오고형연료(성형) 규격인 10% 이하를 충족하였다.

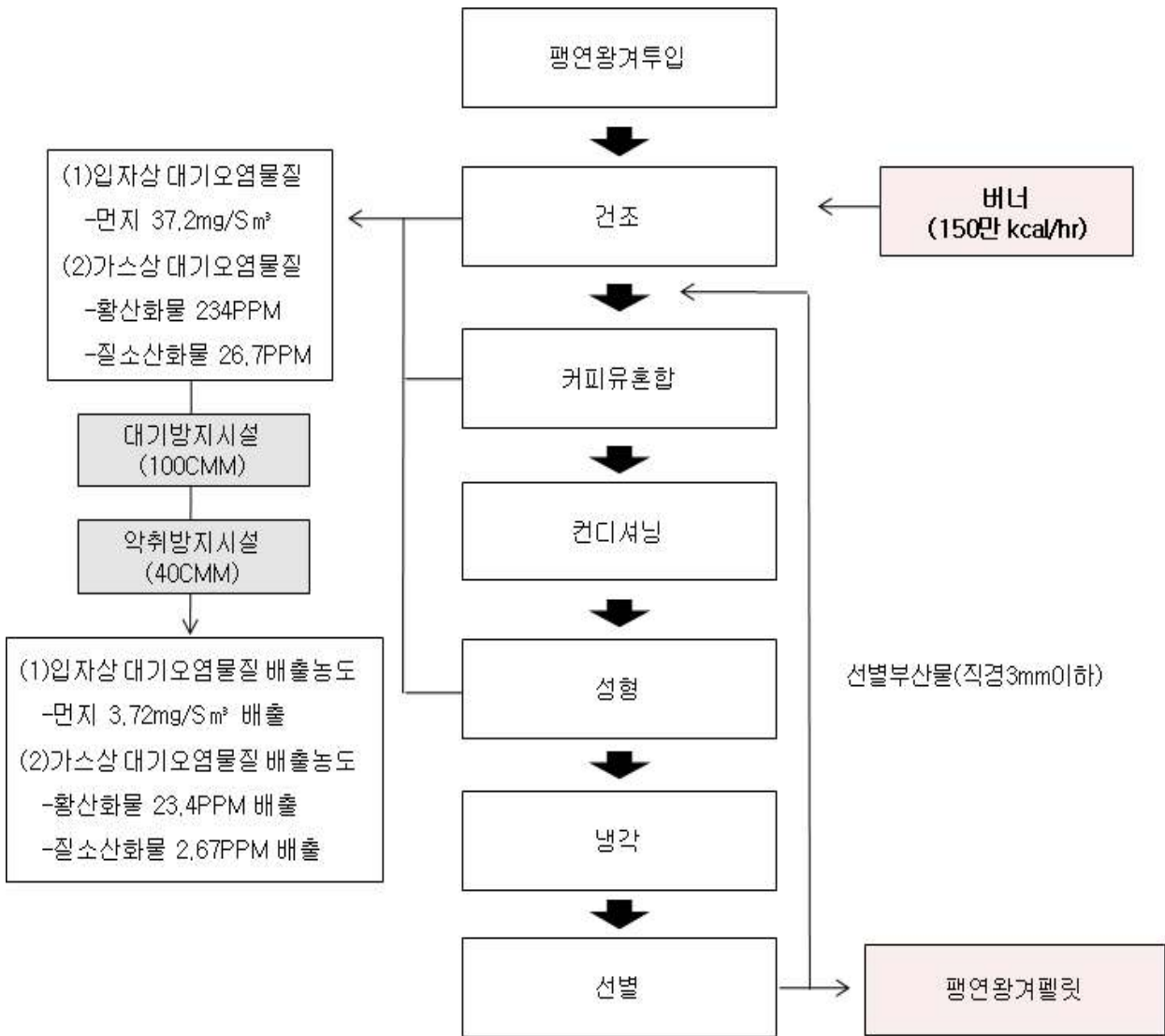


그림92. 커피유첨가 팽연왕겨펠릿 생산공정도

## 2. 경제적성과

### 가. 수입대체효과

국내 목재펠릿수입규모는 2015년 2,124억원, 2016년 2,077억원, 2017년 3,365억원, 2018년 6,261억원, 2019년 4,347억원으로 매년 급격히 증가하고 있다. 국내 잉여왕겨 발생량은 연간 50만톤 내외로 이를 전량 목재펠릿연료로 생산하여 수입을 대체할 경우 연간 약 1,150억원의 수입대체효과가 예상된다.

또한 본 과제를 통해 개발된 팽연왕겨는 국내 발생량이 절대적으로 부족하여 연간 50만톤 이상이 수입되고 있는 퇴비 수분조절제용 톱밥의 수입대체가 가능한 제품으로 연간 300억원 내외의 수입대체 효과가 예상된다.

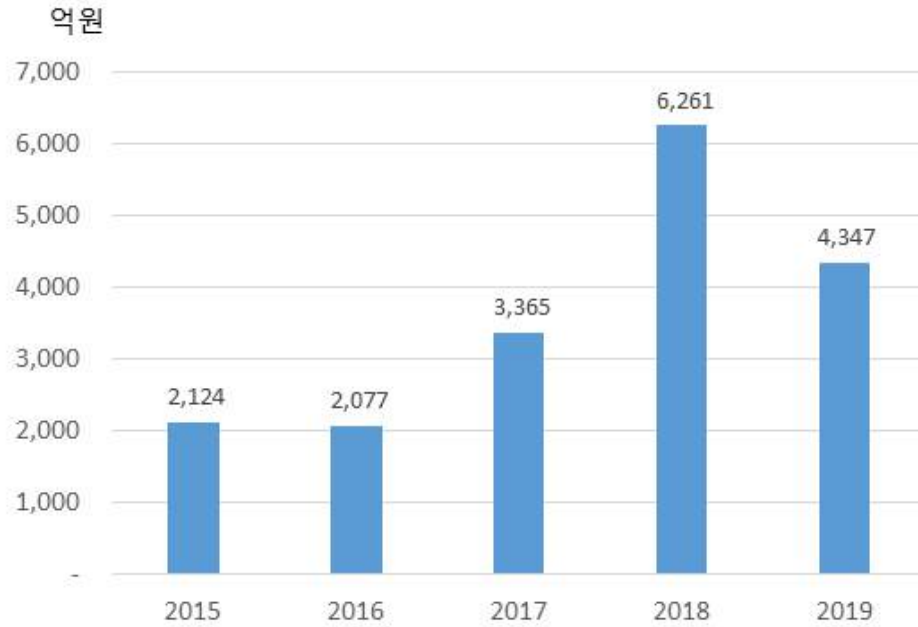


그림93. 연도별 목재펠릿수입규모(관세청 수출입무역통계)



그림94. 연도별 톱밥수입규모(관세청 수출입무역통계)

#### 나. 관련산업기여도

톱밥에 대한 국내수요량은 연간 50만톤 내외로 추측되어지고 있으나 제재산업침체로 인한 톱밥 생산량 감소, 목재칩 및 목재펠릿 등 연료용 수요 증가 등으로 공급이 수요를 충족하지 못하고 있는 상황이며, 국내 톱밥 생산량은 10만톤 내외에 머무르고 있어 향후 부족분을 대체 하기 위해 톱밥 수입규모가 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

국내 왕겨 발생량은 110만톤 내외이며, 연간 50만톤 이상의 잉여 왕겨가 발생되고 있으나 조직이 치밀하고 외피가 규소로 피복되어 있어 산업적 활용도가 낮으며, 왕겨의 성능을 개선

한 제품으로 분쇄왕겨, 팽연왕겨 등이 시판되고 있으나 이는 주로 농업용 토양개량제 및 잡초 억제제를 위한 멀칭재로 사용되고 있는 제품으로 흡수율이 낮고 부속속도가 느린 문제점이 있다.

톱밥 및 시판 왕겨제품에 대한 자사의 흡수율 및 공극률 비교 결과에 따르면 톱밥의 흡수율은 300% 내외인 반면, 분쇄왕겨 160% 내외, 시판 팽연왕겨 200% 내외로 흡수율이 톱밥에 미치지 못하였고 공극률은 무처리왕겨 72%, 시판 팽연왕겨 76%로 팽연화 효과가 미흡하였다. 따라서 왕겨를 톱밥대체재로 이용하기 위해서는 왕겨의 흡수율을 톱밥 수준으로 제고시킬 수 있는 기술개발이 반드시 선행되어야 하며, 또한 톱밥 사용량이 가장 많은 퇴비제조용, 축사용 깔짚 등으로 적용범위를 확대하기 위해서는 미생물의 유기물 활용효율을 제고하고 산소공급을 원활하게 하기 위한 조직 팽연화 및 공극률 제고 기술 등 부속도 제고 기술 개발이 필요하다.

본 기술개발을 통해 개발된 팽연왕겨는 기존 팽연화장치의 문제점을 개선하여 왕겨 길이 2~3배 직경의 수백개의 압출구를 갖는 팽연화다이를 이용하여 1차로 회전형 롤러에 의해 반복 가압 및 해압 하면서 압출구에 왕겨를 압축하고 1차 팽연화 된 왕겨가 수백개의 압출구를 통과하면서 2차 가압 및 해압 되게 하는 다단 팽연화 방식을 적용함으로써 팽연화 효율을 제고시키는 기술로 향후 왕겨 뿐만 아니라 다양한 국내 미활용 바이오매스 자원을 톱밥 대체재로 이용할 수 있는 촉매기술이 될 것으로 전망된다.

### 3. 사업화성과

#### 가.사업화성과 및 매출실적

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	10억원
		관련제품	개발후 현재까지	0.1억원
			향후 3년간 매출	5억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 0.3% 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 3% 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		150위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		100위

나.사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3			
	소요예산(백만원)	1,000			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		-	10	15	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	-	0.3	0.3
국외		-	-	-	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 다 모델, 제품 개발계획	-페버섯배지 및 농업부산물 이용 아그로펠릿 개발 -퇴비 수분조절제용 톱밥대체 왕겨 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-	10	15	
	수 출	-	-	-	

# 제3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제1절 연구개발의 목표

### 1. 최종목표

왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 1급 목재펠릿 발열량 4,300kcal/kg을 상회하는 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup>이상, 미세분발생량 1.0%미만, 내구성 97.5% 이상을 충족하는 고효율 펠릿연료 개발

### 2. 성과목표

특허출원 2건, 기술실시 1건, 제품화 2건(연소촉진제, 왕겨펠릿), 고용창출 2명, 논문투고 3건, 정책활용 1건

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책 활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	30					70													
최종목표	2					3						2							
1차년도	1					1						1							
2차년도	1					1													
3차년도																			
4차년도																			
5차년도																			
소 계	2					2						1							
종료 1차년도												1							
종료 2차년도						1													
종료 3차년도																			
종료 4차년도																			
종료 5차년도																			
소 계						1						1							
합 계	2					3						2							

\* 단계별 연구성과 목표는 향후 중간/최종/추적평가 등의 정량적 평가지표로 활용됨

\*\* 연구성과는 연구개발계획에 맞춰 도출하고 예시와 같이 작성

\*\*\* 가중치 총합 100을 기준으로 성과목표지표별 중요도, 난이도에 따라 배분하되 가중치 총합이 100이 되도록 배분(산업화과제의 경우 사업화지표에 70 이상 배분)



## 제2절 목표달성여부

### 1. 최종목표

왕겨를 이용하여 목재펠릿난방기에 사용가능하며 발열량 5,020kcal/kg, 겉보기밀도 701kg/m<sup>3</sup>, 미세분발생량 0.2%, 내구성 96.7%의 성능을 갖는 고효율 펠릿연료를 개발함으로써, 개발목표인 발열량 5,000kcal/kg 이상, 겉보기밀도 640kg/m<sup>3</sup> 이상, 미세분발생량 1.0%미만은 달성하였으며, 내구성은 97.5% 달성이 목표였으나 0.9% 미흡한 96.7%를 달성하여 목표치의 99.2%를 달성하였다.

### 2. 성과목표

특허출원 2건, 기술실시 2건, 제품화 2건(팽연왕겨, 왕겨펠릿), 학술발표 4건을 달성함으로써 목표치인 특허출원 2건, 기술실시 1건, 제품화 2건은 달성하였으며 논문투고 3건은 학술발표 4건으로 대체하였다. 고용창출 2명 및 정책활용 1건은 사업화 및 양산 미실시로 인해 미달성하였다.

## 제3절 목표 미달성 원인 및 차후대책(후속연구의 필요성)

### 1. 커피유 첨가 왕겨펠릿 내구성

커피유 첨가 왕겨펠릿의 내구성은 97.5% 달성이 목표였으나 0.9% 미흡한 96.7%를 달성하여 목표치의 99.2%를 달성하였다. 목표 미달성의 주요 원인은 발열량 제고를 위해 첨가한 커피유가 결합도 및 성형성을 저하시켰기 때문으로 추측되어진다. 이는 식물성유지가 15% 이상 함유되어 지는 경우 목재펠릿품질규격에서 규정하고 있는 내구성인 97.5% 이상의 성능 구현이 어렵다는 것을 반증하며, 따라서 향후 내구성 제고를 위해 커피유 또는 식물성유지의 첨가율을 소폭 감소시킴으로써 내구성을 제고시킬 계획이다.

### 2. 성과목표

성과목표 미달성 항목중 논문투고 1건은 학술발표 4건으로 대체하였고 특허출원 2건, 사업화 2건의 목표는 달성하였으며, 연구과제 종료 2차년도에 사업화 1건, 논문투고 2건을 달성할 계획이다.

### 3. 후속연구의 필요성

석탄연소첨가제로 사용되어 지는 첨가제 성분의 왕겨에 대한 연소성능 제고효과를 검증한 결과 기존에 사용되어져 왔던 붕사, 과산화수소, 수산화나트륨 등의 발열량 제고효과는 미미하였으나 본 과제를 통해 최초로 검증한 목재펠릿 플라이애쉬의 경우 1% 첨가군에서 100kcal/kg 이상의 발열량 제고효과가 있음을 검증한 바, 향후 목재펠릿 플라이애쉬를 이용하여 바이오매스를 이용한 고품연료의 발열량 제고를 위한 연소첨가제 개발을 추진할 필요가 있을 것으로 판단된다.

또한 본 과제를 통해 바이오매스에 식물성 유지를 첨가하여 성형할 수 있는 성형기술이 확보됨에 따라 향후 커피유 뿐만 아니라 폐식용유, 팜유 찌꺼기 등 다양한 폐식물성유지 첨가를

통해 바이오매스의 연료성능을 석탄수준으로 제고할 수 있는 기술개발이 후속 추진되어야 할 필요가 있다.

## 제4장 연구결과 활용계획

### 제1절 연구성과의 활용분야 및 활용방안

#### 1. 활용분야 및 활용방안

##### 가. 고효율 아그로펠릿 개발

향후 본 연구개발결과를 활용하여 폐버섯배지, 옥수수대, 고춧대 등 연간 약 1,200만톤이 발생하고 있으나 대부분 폐기되고 있는 저품위 농업부산물 및 축산분뇨 등을 이용한 발열량 5,000kcal/kg 이상의 고효율 펠릿을 개발함으로써 기존 목재펠릿 대비 70% 수준의 가격경쟁력을 갖는 에너지를 농가에 공급할 계획으로 이를 통해 30% 내외의 농가난방비 절감효과가 기대되며, 발생하는 농업부산물의 30%를 목재펠릿 대체 연료로 활용할 경우 연간 약 6,000억원의 수입대체효과가 예상된다.

##### 나. 톱밥 대체재 개발

톱밥에 대한 국내수요량은 연간 50만톤 내외로 추측되어지고 있으나 제재산업침체로 인한 톱밥 생산량 감소, 목재칩 및 목재펠릿 등 연료용 수요 증가 등으로 공급이 수요를 충족하지 못하고 있는 상황이며, 국내 톱밥 생산량은 10만톤 내외에 머무르고 있어 향후 부족분을 대체하기 위해 톱밥 수입규모가 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

국내 왕겨 발생량은 110만톤 내외이며, 연간 50만톤 이상의 잉여 왕겨가 발생되고 있으나 조직이 치밀하고 외피가 규소로 피복되어 있어 산업적 활용도가 낮으며, 왕겨의 성능을 개선한 제품으로 분쇄왕겨, 팽연왕겨 등이 시판되고 있으나 이는 주로 농업용 토양개량제 및 잡초억제를 위한 멀칭재로 사용되고 있는 제품으로 흡수율이 낮고 부속속도가 느린 문제점이 있다.

톱밥 및 시판 왕겨제품에 대한 자사의 흡수율 및 공극률 비교 결과에 따르면 톱밥의 흡수율은 300% 내외인 반면, 분쇄왕겨 160% 내외, 시판 팽연왕겨 200% 내외로 흡수율이 톱밥에 미치지 못하였고 공극률은 무처리왕겨 72%, 시판 팽연왕겨 76%로 팽연화 효과가 미흡하였다. 따라서 왕겨를 톱밥대체재로 이용하기 위해서는 왕겨의 흡수율을 톱밥 수준으로 제고시킬 수 있는 기술개발이 반드시 선행되어야 하며, 또한 톱밥 사용량이 가장 많은 퇴비제조용, 축사용 깔짚 등으로 적용범위를 확대하기 위해서는 미생물의 유기물 활용효율을 제고하고 산소공급을 원활하게 하기 위한 조직 팽연화 및 공극률 제고 기술 등 부속도 제고 기술 개발이 필요하다.

본 기술개발을 통해 개발된 팽연왕겨는 기존 팽연화장치의 문제점을 개선하여 왕겨 길이 2~3배 직경의 수백개의 압출구를 갖는 팽연화다이를 이용하여 1차로 회전형 롤러에 의해 반복 가압 및 해압 하면서 압출구에 왕겨를 압축하고 1차 팽연화 된 왕겨가 수백개의 압출구를 통과하면서 2차 가압 및 해압 되게 하는 다단 팽연화 방식을 적용함으로써 팽연화 효율을 제고시키는 기술로 향후 왕겨 뿐만 아니라 다양한 국내 미활용 바이오매스 자원을 톱밥 대체재로 이용할 수 있는 기술개발을 추진할 계획이다.

## 2.타연구에의 응용

팽연화 기술은 증기폭쇄기술로도 불리우며 최초 중밀도섬유판(MDF)의 제조를 위해 목재구조를 해섬 시키는 공정으로 개발되어 이용되고 있으며 최근에는 바이오에탄올 생산을 위해 바이오매스로부터 당화 전구체인 셀룰로오스를 분리하기 위해 이용되고 있으며, 대부분 스팀폭쇄를 이용한 시스템을 적용하고 있다.

본 기술개발은 투자비용 및 에너지 투입비용이 높고 scale-up 및 연속식 생산이 어려운 스팀을 이용한 팽연화 기술이 아닌 기계적 가압 및 해압에 의한 팽연화 기술을 적용하여 왕겨를 개질하기 위한 것으로 향후 본 팽연화 기술을 이용해 바이오에탄올 생산을 위한 전처리 기술로 바이오매스의 당화효율 제고를 위한 기술로 응용이 가능하다.

## 3.기술이전

현재 팽연왕겨가 일부 업체에서 수도용 상토 및 토양개량제로 시판되고 있으나 팽연화도가 낮아 부속속도가 늦고 흡수율이 낮은 문제점이 있다.

이에 충청남도 홍성에 위치하고 있는 (주)사람과자원에서 자사에 팽연왕겨 제조기술에 대한 기술이전 요청에 있어 기술이전 조건을 조율 중에 있으며, 향후 팽연화 기술을 이용한 고효율 왕겨펠릿은 자사에서 생산하고 팽연화 기술은 (주)사람과자원에 이전하는 방안을 검토할 계획이다.

## 제2절 사업화 계획

### 1.제품화 계획

가. Pilot plant set-up : 2020년 10월

(1)팽연화 시스템 및 성형시스템 pilot plant set-up

(2)처리능력 1.0톤/hr

나. 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿 시험생산 : 2020년 12월

(1)목재펠릿연료 생산시스템 보완 및 조정

(2)목재펠릿연료 생산라인을 이용한 커피유 첨가 팽연왕겨펠릿 시험생산(2,400톤/년)

(3)성능평가 및 Line balancing

다. 신뢰성 (Reliability) 인증

(1)고형연료품질규격 성능 인증(한국화학융합시험연구원)

(2)폐자원에너지센터 성능인증 : 2021년 5월

### 2.양산계획

가. 폐기물종합재활용업 허가 취득

(1)경기도 화성시, 2020년 10월

(2)일일처리량 48톤(8시간 기준)

나. 대기방지시설 설치신고

(1)경기도 화성시, 2020년 10월

(2)여과집진시설 100CMM

다. 왕겨 공급계약 체결

(1)발안농협 미곡종합처리장 수거계약 체결 완료 : 2020년 12월

(2)(주)사람과자원 팽연왕겨 공급계약 체결

라. 양산라인 set-up 및 mass production : 2021년 6월

(1)왕겨 팽연화공정 설비 set-up

(2)커피유첨가 왕겨 바이오고형연료 양산라인 set-up

(3)Pre-production 및 Line balancing

(4)연간 6,000톤 규모의 커피유첨가 왕겨 바이오고형연료 양산

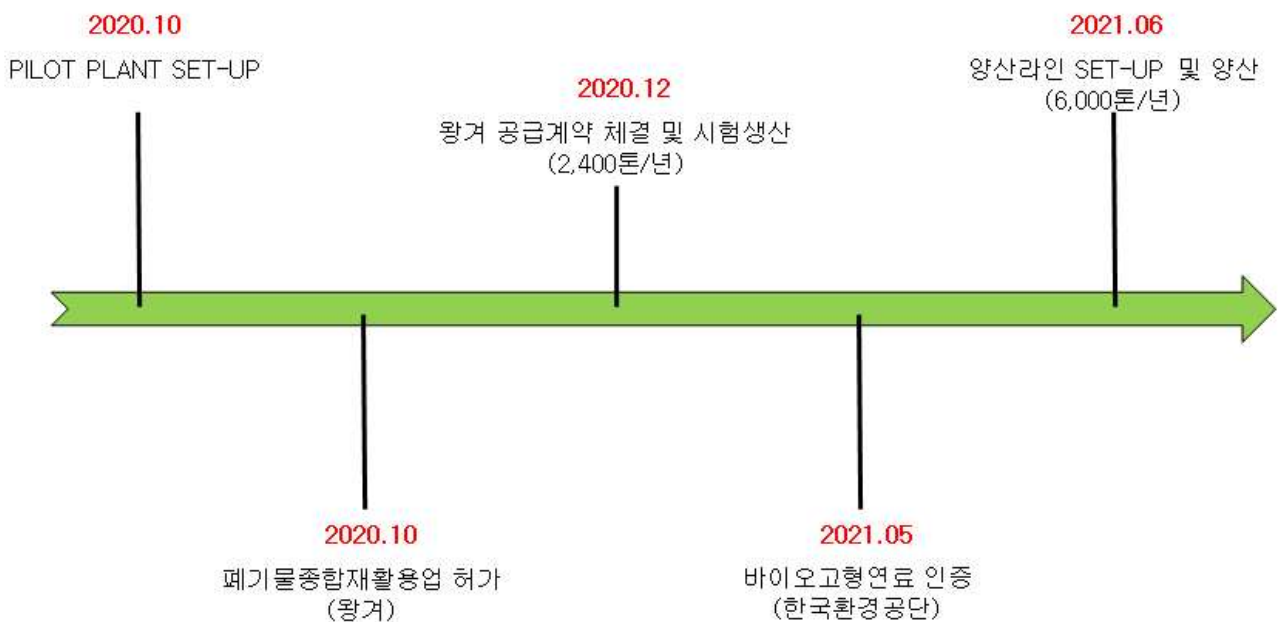


그림95. 제품개발 및 양산계획

### 3. 판매계획

가. 목재펠릿 사용 산업용보일러 목재펠릿 대체

(1)농가 시설하우스 및 버섯재배농가 등에 우선공급하는 한편,

(2)잔여물량은 공급가능여부 문의 업체인 포스코 페로실리콘 공장(포항), 시멘트 및 아스콘 제조업체 등 에너지과소비 업체로의 공급여부를 타진할 계획이다.

(3)또한 2016년 이후 목재펠릿 수입가격 급등에 따라 수급에 어려움을 겪고 있는 산림청 지원 사업에 의한 산업용 목재펠릿보일러 사용업체로의 공급도 추진할 계획이다.

나. RPS 적용 대상 발전회사 거래선 확보

(1)RPS(Renewable Portfolio Standards)는 발전의 일정비율을 신재생에너지원으로 의무 생산하고 부족량은 시장에서 인증서를 구입하는 제도로써 신재생에너지 의무사용비율은 2012년 2%를

시작으로 매년 일정비율 확대하여 2020년 10%가 될 예정으로 RPS 적용대상은 발전설비 규모 500MW 이상인 한전 6개 발전자회사, 지역난방공사, 포스코파워 등 14개 발전회사이다.

(2)바이오고형연료 REC가 기존 1.0에서 0.25로 하향 조정됨에 따라 REC 1.0을 적용 받는 기존 발전시설 중심으로 거래선을 확보할 예정이며, 관련부서에 대한 지속적인 제도개선을 요구하여 산림미활용바이오매스와 동일한 REC 1.5(혼소) 적용 추진함으로써 신규 발전시설로 거래선을 확대할 계획이다.

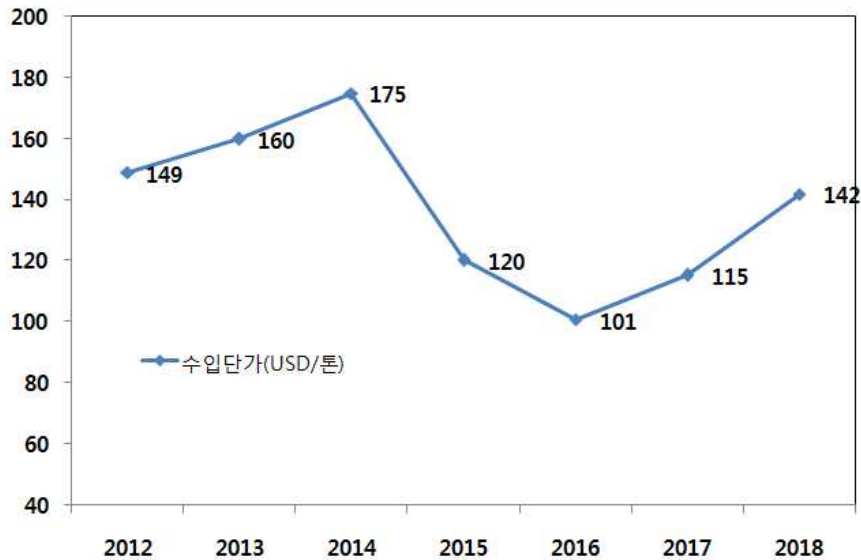


그림96. 목재펠릿 수입가격 동향(관세청 수출입 무역통계)

#### 라. 매출계획

매출계획은 시제품생산을 시작하는 2021년에는 924백만원의 매출을 목표로 하고 있으며, 본격적인 양산에 돌입하는 2020년부터는 생산량은 연간 6,000톤 규모로 확장하여 연간 1,320백만원의 매출을 달성할 계획이고 2024년에는 매출추이에 따라 생산규모를 연간 12,000톤 규모로 확장하여 연간 2,760억원의 매출을 달성할 계획이다.

● 생산규모

단위: 톤/년

항목	2021년	2022년	2023년	2024년
왕겨펠릿	4,200	6,000	6,000	12,000

● 매출계획

단위: 백만원

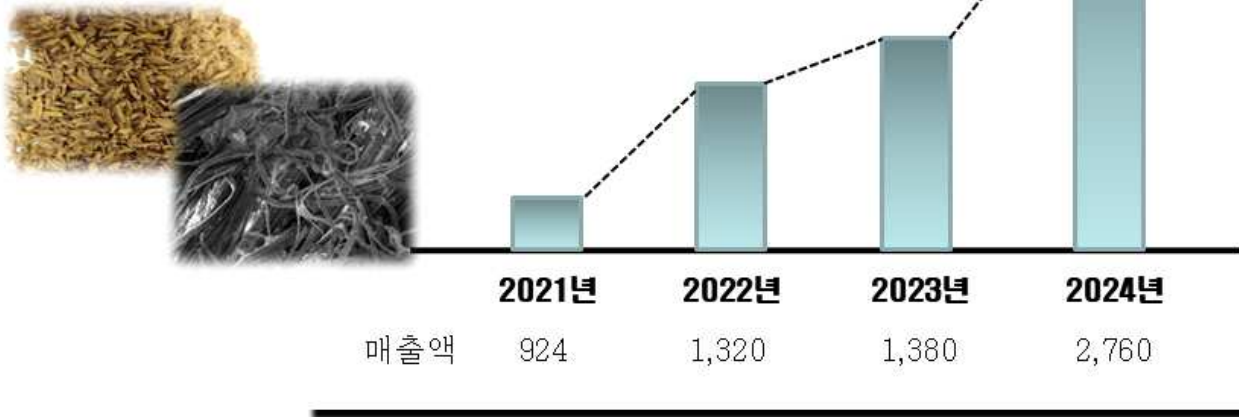


그림97. 생산 및 매출계획

## 붙임. 참고문헌

1. 우리나라 바이오매스 이용실태에 관한 기초조사, 농림수산물기술기획평가원, 2010
2. 투데이에너지 2015.07.31, 산림청 연도별 목재펠릿 생산 및 판매량
3. 목재제품의 규격과 품질기준(국립산림과학원 고시 제2019-10호)
4. Abad, M, p. Noguera, and, S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study In Spain Bioresour. Technol. 77:197-200.
5. Argo, W .R . 1998. Root medium physical properties. Holt Technology 8: 481-485.
6. Boodley, J. W. 1998. The commercil greenhouse (2dn ed.). Delmar Pubi. New York . P. 140-142.
7. Bugbee, J. G. 2002. Growth of ornamental plants in container media amended with biosoilds compost. Sci Util. 10: 92-98.
8. Bunt. A. C. 1998. media and mixes for container-grown plants (2dn ed.). Unwin Hyman Ltd. London. U K.
9. Chol. J.M. J.W. 1995. Changes of Physical properties of feather-amended media J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36: 707-714.
10. Chol. J.M. J.W. Ahn. J.H. K.U. and.Y.B. Lee. 1997. Effect df medium composition on Physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug system J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 618-624.
11. Chol. J.M. J.H. Chung. and. J.S. Chol. 1999. Physical properties of pine bark affected by peling method and improving moisture retention capacity J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 363-367
12. Gabriels,. R. O. Verdonck snd O. Mekers. 1986. Substrate requirement for pot plants in recirculating waker culture. Acta Hortic. 178: 93-99.
13. Lee. J.S and C. G. Sang. 1991. studies on the present status of cultiyation and utilizaiton of foliage plants. Kor. Soc. Hort. Sci. 32: 368-381.
14. Nelson. P. V. 2003. Greenhouse operation and management 6th ed. Upper. Saddle. River. NJ: Prentice Hall.
15. Mailk. F. R.,S Ahmed, and Y. M. Rizki. 2001. utilizaiton of lingo celluiosic wask for the preparation bio nitrogenous bio fertilizer. Pak. J. Biol. Sci. 4:1217-1220.
16. Meiwes. K.J. 1995. Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. Water Air soil Pollut. 85: 143-152.
17. Oh. T. S. and C. H. Kim. 2007. Effect of the mixing ratio of pot media on the gemination and eany growth vegetable crops. Kor. J. Organic Agri. 15: 319-330.
18. Olayinka, A. and A. Adebayo. 1985. the effect of methods of application of sawdust on



- plant growth, plant nutrient uptake and soil chemical properties. *Plant and Soil*. 86: 47-56.
19. Ryu, B. Y. and J. S. Lee. 1995. Property change in mixed for pot flower made of several organic materials. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37: 127-135.
20. Salifu, K. F. M. A. Nicodemus, F. J. Douglas, A. S. Davis. 2006. Evaluating chemical indices of growing media for nursery production of *Quercus rubra* seedlings. *Hortic. Scr.* 41: 1342-1346.
21. Song, C. Y. J. M. Park, J. M. Choi, C. S. Bang, and J. S. Lee. 1996. Effect of composted rice-hull on physico-chemical properties of growing media and growth of *Petunia hybrida*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37: 451-454
22. Verdonck, O. R. Renninck and M. De Boodt. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Hort.* 150 ; 155-159.
23. Voiges, K. R. Addn. M. RinKen and P. Mischnick critical re-investigation of the alditol acetate method for analysis of substituent distribution in methyl cellulose. *Cellulose* 19: 993-1004.

#### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산자재산업화기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산자재산업화기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.