

발간등록번호

11-1541000-000760-01

오존 기술을 기반으로 한 폐콩기름 활용 에너지
고효율 국산재 목재 pellet의 생산 및 생산성 향상
방법의 개발

(Development of the high energy efficiency wood
pellet with
domestic woods and wasted soybean oil based on
ozone technology)

건국대학교

농림수산식품자료실



0000632

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “오존 기술을 기반으로 한 폐콩기름 활용 에너지 고효율 국산재 목재 pellet의 생산 및 생산성 향상 방법의 개발 ” 과제의 보고서로 제출합니다.

2010 년 12 월 18일

주관연구기관명 : 건국대학교

주관연구책임자 : 박 헌

연 구 원 : 류 재 윤

연 구 원 : 이 응 수

연 구 원 : 강 찬 영

연 구 원 : 황 희 숙

연 구 원 : 김 주 미

참 여 기 업 : (주)솔 렌 스

요 약 문

I. 제 목

오존 기술을 기반으로 한 폐콩기름 활용 에너지 고효율 국산재 목재 pellet의 생산 및 생산성 향상 방법의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

환경문제와 에너지난 속에서 재생산 가능한 바이오매스 자원 활용과 폐자원 활용을 통한 고부가가치 자원화가 절실히 필요한 상황이다. 심각한 환경문제와 에너지 고갈은 지구보호를 위한 저탄소방출에 대한 관심을 높였고, 이러한 해결방안으로 산림 및 그 활용을 들 수 있다. 산림은 그 자체만으로도 지구온난화를 막을 수 있는 능력을 지녔으며, 부산물을 이용할 경우 매장량이 한정된 기존의 화석연료 대신 매년 재생산이 가능한 목질계 연료인 펠릿을 이용하여 경제적·환경적 측면에서 이점을 가질 수 있다. 그러나 우리나라의 펠릿 산업은 시작된 지 2년이 채 되지 않은 초기단계에 있다. 목재 펠릿은 생산시 생산기계에 부하가 많이 걸려 생산에 어려움이 있고 이로 인해 기계의 마모가 심하고 생산성이 떨어지는 단점이 있다.

이에 본 연구개발은 식물유와 오존산화식물유를 이용하면 펠릿 생산시에 발생하는 이러한 단점들을 보완할 수 있음을 인지하고, 식물유 및 오존처리기술을 pellet에 적용하여 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 pellet의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 것이다. 오존산화된 콩기름은 그 자체가 카복실기 및 알데히드기가 생성되어 일정시간 처리된 콩기름을 목재에 적용하면 제조된 제품은 일정한 결합력을 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 제품화된 pellet의 저장안정성에 도움이 되리라 판단되며, 이에 대한 구체적인 자료를 본 실험에서 밝히고자 한다. 목재 pellet제품의 품질개선 및 유통단가 인하를 위하여 목질원료(국산재: 낙엽송, 리기다, 소나무)에의 적용 가능성을 밝히고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구과제에서는 오존산화 폐콩기름의 화학 및 열적분석과 식물성 기름을 첨가하여 펠릿을 제조하고, 그 품질적 특성을 조사하였다. 연구내용과 범위는 다음과 같이 구분하였다.

1. 폐콩기름의 오존산화 :

- 폐 콩기름을 정제
- 본 연구실에서 제작하여 보유하고 있는 오존발생기를 이용 시간대별로 오존처

리 실시(오존처리 시간 : 1hr, 2hrs, 3hrs)

2. 오존산화 폐공기름의 화학 및 열적 분석 :

본 대학 공동기기실에서 보유하고 있는 FT-IR, DSC, TGA를 이용하여 효과적인 폐공기름의 오존 처리 시간 및 조건의 기초조사를 실시하고 오존산화 폐공기름의 접착성을 조사하여, 오존처리 정도를 파악하여 적정 오존처리 조건을 규명한다. 한편, NMR, GC-MS등을 이용하여 폐공기름의 분자개열 형태를 조사한다.

○ 화학·열적 분석시험을 통하여 본 실험 조건에서의 효율적이며 효과적인 폐공기름의 오존처리시간과 조건을 구명

- FT-IR
- DSC
- TGA
- NMR
- GC-MS

○ 오존산화 폐공기름을 이용하여 반응성이 좋은 MDI와의 접착성(KS M 3720)을 조사하여,오존처리 정도를 파악하여 적정 오존처리 조건을 규명한다.

- MDI와 혼합하여 접착제 제조
- KS M 3720에 의거 접착시편 제조
- 상태시험, 내수시험, 내온수시험, 반복충임시험

3. 목재 pellet 제조 (pilot scale) : 낙엽송, 소나무, 리기다를 이용하여 제조된 기본 pellet과 폐공기름을 첨가한 pellet에 대하여 다음 항목에 대하여 실험을 실시한다.

- Pellet 제조설비 부하율 측정
- Pellet 함수율
- Pellet 밀도
- Pellet 내구력 및 제품 흡습성 시험
- Pellet 최대 발생 열량 측정
- Pellet 의 원소분석 및 유해가스 측정
- 연소 후 ash 발생량 측정
- 경제성 평가

IV. 연구개발 결과

폐공기름을 펠릿의 첨가제로 사용하기 위하여, 적정 오존처리를 실시하고, 그 특성을 FT-IR등을 사용하여 조사하였다.

FT-IR 측정 결과, 폐공기름의 오존산화가 진행될수록 불포화 이중결합에 기인한

3010 cm^{-1} 부근의 흡수가 사라지고 1700 cm^{-1} 부근의 카르복실기의 흡수가 크게 나타났다. 특히 3시간대에 3010 cm^{-1} 부근에 이중결합이 거의 사라짐을 알 수 있었다. 3시간 처리한 폐식용유의 상태 접착력 시험 결과, 폐공기름: pMDI 비율이 1:0.5일 때 8.08 kgf/cm^2 , 1:0.75일 때 9.53 kgf/cm^2 , 1:1일 때 44.16 kgf/cm^2 , 1:2일 때 58.08 kgf/cm^2 , 1:3일 때 61.41 kgf/cm^2 , 1:4일때는 46.95 kgf/cm^2 를 나타내어 MDI와의 적정당량이 1:2, 1:3부근에서 결정됨을 알 수 있었다. 중량비 1:2, 1:3만을 선택하여 각각 내수, 내온수, 반복끊임 상태로 접착강도 시험을 실시하였다. 내수 접착강도에서는 1:3의 경우가 더 높은 값을 보였으나 실험조건이 강화된 냉온수, 반복끊임에서는 혼합비율 1:2와 1:3이 비슷한 값을 나타내었다. 따라서 3시간 오존 처리한 공기름, 같은 처리한 폐공기름, 무처리 공기름, 무처리 폐공기름을 목재 펠릿 제조 시 첨가제로 활용 하였다.

먼저, 수종 낙엽송을 이용한 펠릿제품의 품질을 조사한 결과는 다음과 같다. 즉, 함수율은 7.66~9.48%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급인 10% 이하를 만족시켰고, 제조된 각 펠릿의 발열량 측정결과 품질기준(1급) 4,300 kcal/kg을 모두 넘었으며, 기름을 첨가한 모든 펠릿이 대조구보다 높은 발열량을 나타냈다. 회분은 0.34~0.42%로 품질규격 1급인 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타났으며, 제조된 펠릿 모두가 겉보기 밀도 품질기준 1급(640 kg/m^3)을 만족시켰다. 내구성은 공기름을 첨가한 펠릿, 오존산화 폐공기름을 첨가한 펠릿이 품질 기준1급(97.5%이상)을 만족하였다. 전체적인 결과의 흐름을 보았을 때 첨가제를 첨가한 펠릿이 무첨가 펠릿 보다 내구성이 좋게 나타났다. 흡습율은 24시간 후 흡습율 시험에서 첨가제를 첨가한 펠릿이 모두 무첨가 펠릿 보다 낮은 흡습율을 나타냈으며, 5일 경과 후에도 무첨가 펠릿 보다 첨가제를 첨가한 펠릿이 모두 흡습율 감소 현상을 보였다. 원소분석은 황의 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.05%) 이하를 만족시켰고, 질소 함유량 역시 목재펠릿의 품질기준 1급(0.3%) 이하를 만족시켰다. 이 외에 리기다 펠릿과 소나무 펠릿도 낙엽송 펠릿과 유사한 결과를 나타내었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

이 실험을 통하여 식물유와 오존산화 식물유를 톱밥에 첨가함으로써, 기름의 특수성이 펠릿 제조시 펠릿 성형기의 윤활유 역할을 하여 성형을 도와주고, 이로 인해 톱밥의 압축·성형이 용이하도록 하여 기계에 부하되는 고압력 해소 및 생산성 향상을 볼 수 있었다. 또한 식물유와 오존산화 식물유가 첨가된 펠릿의 흡습율이 대조구보다 낮게 나타나 펠릿의 흡습에 의한 함수율이 높아지는 것을 방지할 수 있어 펠릿의 외기 노출 시 나타날 수 있는 흡습에 따른 발열량이 떨어지는 현상을 보완할 수 있다고 판단된다.

따라서, 목재 pellet 산업의 활성화로서 기업체와 특허를 출원하였으며, 이를 응용하여 펠릿 제조의 생산성을 고 효율화 하는 방안을 모색하고자 한다. 또한, 타 에너지

지원에 응용하여 돈분, 우분, 음식물 쓰레기등 다양한 원료의 pellet화에 유용하게 응용 할 수 있으리라 판단된다.

SUMMARY (영문 요약문)

In order to use waste soybean oil with additive of the pellets, waste soybean oil was reacted with O_3 and then, wood pellets were made with adding ozonized waste soybean oil.

The chemical reactions of ozonized waste soybean oil was analyzed using FT-IR and so on. The FT-IR spectrum of WSO had an absorbance peak at 3010 cm^{-1} that was the characteristic peak of the unsaturated double bonds. As ozone treatment time increased, the peak of the double bond was disappeared and carboxyl peak appeared at 1700 cm^{-1} . Especially, the double bond of 3hrs- ozonized WSO was vanished almost. In results of the dry bonding strengths of the 3hrs-ozonized WSO mixed with polymeric methylene diphenyl diisocyanate (pMDI) were the strengths of weight ratio of 3hrs-ozonized WSO:pMDI, 1:0.5, 8.08 kgf/cm^2 , 1:0.75, 9.53 kgf/cm^2 , 1:1, 44.16 kgf/cm^2 , 1:2, 58.08 kgf/cm^2 , 1:3, 61.41 kgf/cm^2 , and 1:4, 46.95 kgf/cm^2 . Therefore, it was found that the optimum equivalent ratio was formed at the ratio of 1:2 or 1:3. Under wetting the bonding strength of 1:3 ratio was appeared higher than that of 1:2 ratio, while the results obtained from hot-water and cyclic boiling shear test were similar.

Thus, the pellets manufactured with adding 3hrs ozonized soybean oil, 3hrs ozonized waste soybean oil, soybean oil and waste soybean oil.

First, the results of quality characteristics of pellets manufactured from *Larix Kaemferi Carr* sawdust are as follows. Moisture contents were shown 7.66~9.48% which satisfied the first grade (less than 10%) of quality standard of wood pellets announced by Korea Forest Research Institute. The heating value of the manufactured wood pellets in this study exceeded the first grade of quality standard (more than $4,300\text{ kcal/kg}$) and it appeared that the pellets manufactured with adding oils and ozonized oils had more heating value than the control pellets. Ash contents 0.34~0.42% also passed the first grade (less than 0.7%) of quality standard and apparent densities were adequate for the first grade (640 kg/m^3) on the quality standard. Durabilities of the pellets manufactured with adding soybean oil and ozonized waste soybean oil were shown over the first grade (97.5 kg/m^3) of quality standard. In the general results of durabilities, the pellets manufactured with additives had better values than the control pellets. After 24hours absorption ratio

experiment, absorption ratio of pellets manufactured with additives also appeared much lower moisture absorption than the control pellets and they still had the same results after 5 days absorption ratio experiment. Elementary analysis of the sulfur content was satisfied the first grade (less than 0.05%) of quality standard of wood pellets and the nitrogen content was also adequate for the first grade (less than 0.3%) of quality standard of wood pellets. The pellets manufactured from *Pinus densiflora* and *Pinus rigida* Mill appeared similar results as *Larix Kaemferi* Carr pellets.

CONTENTS
(영 문 목 차)

Chapter 1 Outline of research projects -----	16
Chapter 2 Status of international and domestic technology -----	20
Chapter 3 Results and discussion -----	21
Chapter 4 Goal achievement and contribution to the related industry-----	67
Chapter 5 Applications of research results -----	69
Chapter 6 Scientific information from abroad -----	70
Chapter 7 References -----	72

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	16
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	20
제 3 장 연구개발수행 내용 결과 -----	21
제 1 절 폐콩기름의 오존산화 -----	21
1. 폐콩기름 정제 -----	21
2. 폐콩기름 오존처리 -----	21
제 2 절 오존산화 폐콩기름의 화학 및 열적 분석 -----	21
1. 오존산화 폐콩기름의 FTIR 분석 결과 -----	21
2. 오존산화 폐콩기름의 DSC 분석 결과 -----	22
3. 오존산화 폐콩기름의 TGA 분석 결과 -----	24
4. 오존산화 폐콩기름의 ¹ H-NMR 분석 결과 -----	26
5. 오존산화 폐콩기름의 GC/MS 분석 결과 -----	27
제 3 절 오존산화 폐콩기름의 접착력 실험 및 결과 -----	29
1. 실험재료 -----	29
2. 실험방법 -----	29
3. 실험결과 -----	30
가. 접착제의 접착강도 -----	30
제 4 절 펠릿 제조실험 및 결과 -----	33
1. 낙엽송의 톱밥 유형에 따른 펠릿제조 및 특성 -----	33
가. 실험재료 -----	33
나. 목질펠릿의 제조 -----	34
다. 품질분석 -----	34
라. 실험결과 -----	35

(1) 함수율 -----	35
(2) 밀도 -----	37
(3) 회분 -----	38
(4) 흡습율 -----	39
(5) 발열량 -----	40
2. 낙엽송 펠릿 제조실험 및 결과 -----	41
가. 실험재료 -----	41
나. 오존처리방법 -----	41
다. 목재펠릿의 제조 -----	42
라. 생산성 및 펠릿 품질분석 -----	42
마. 실험결과 -----	44
(1) 생산성 -----	44
(2) 함수율 -----	45
(3) 발열량 -----	46
(4) 회분 -----	46
(5) 겉보기 밀도 -----	47
(6) 내구성 -----	47
(7) 흡습율 -----	48
(8) 원소분석 -----	48
3. 리기다 펠릿 제조실험 및 결과 -----	49
가. 실험재료 -----	49
나. 오존처리방법 -----	50
다. 목재펠릿의 제조 -----	50
라. 펠릿 품질분석 -----	51
마. 실험결과 -----	52
(1) 함수율 -----	53
(2) 발열량 -----	53
(3) 회분 -----	54

(4) 겉보기 밀도 -----	55
(5) 내구성 -----	55
(6) 흡습율 -----	56
(7) 원소분석 -----	56
4. 소나무 펠릿 제조실험 및 결과 -----	57
가. 실험재료 -----	57
나. 오존처리방법 -----	58
다. 목재펠릿의 제조 -----	58
라. 펠릿 품질분석 -----	59
마. 실험결과 -----	61
(1) 함수율 -----	61
(2) 발열량 -----	61
(3) 회분 -----	62
(4) 겉보기 밀도 -----	63
(5) 내구성 -----	63
(6) 흡습율 -----	64
(7) 원소분석 -----	64
5. 경제성 -----	65
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	68
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 -----	70
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보 -----	73
제 7 장 참고문헌 -----	75
별첨1: GC/MS 분석 결과	
별첨2: 펠릿 사진	
별첨3: 특허	

< 표 목 차 >

1. 낙엽송의 톱밥 유형에 따른 펠릿제조 및 특성

표 1. Characteristic of raw materials for pelleting -----	34
표 2. Moisture contents of raw materials -----	36
표 3. Moisture contents of manufactured pellets -----	36
표 4. Densities of manufactured pellets -----	37
표 5. Ash contents of manufactured pellets -----	38
표 6. Water absorption ratios of manufactured pellets -----	39
표 7. Heating values of each wood pellets -----	40

2. 낙엽송 펠릿 제조시험 및 결과

표 8. Productivity of manufactured pellets -----	44
표 9. Moisture contents of manufactured pellets -----	45
표 10. Heating values of manufactured pellets -----	46
표 11. Ash contents of manufactured pellets -----	46
표 12. Apparent densities of manufactured pellets -----	47
표 13. Durabilities of manufactured pellets -----	47
표 14. Water absorption ratios of manufactured pellets -----	48
표 15. Concentration of elements from manufactured pellets -----	49
표 16. Elemental analyzer of manufactured pellets -----	49

3. 리기다 펠릿 제조실험 및 결과

표 17. Moisture contents of manufactured pellets -----	53
표 18. Heating values of manufactured pellets -----	54
표 19. Ash contents of manufactured pellets -----	54
표 20. Apparent densities of manufactured pellets -----	55
표 21. Durabilities of manufactured pellets -----	56
표 22. Water absorption ratios of manufactured pellets -----	56
표 23. Concentration of elements from manufactured pellets -----	57
표 24. Elemental analyzer of manufactured pellets -----	57

4. 소나무 펠릿 제조실험 및 결과

표 25. Moisture contents of manufactured pellets -----	61
표 26. Heating values of manufactured pellets -----	62
표 27. Ash contents of manufactured pellets -----	62
표 28. Apparent densities of manufactured pellets -----	63
표 29. Durabilities of manufactured pellets -----	63
표 30. Water absorption ratios of manufactured pellets -----	64
표 31. Concentration of elements from manufactured pellets -----	65
표 32. Elemental analyzer of manufactured pellets -----	65

5. 경제성

표 33. 펠릿의 생산량 ----- 66

< 그림 목 차 >

그림 1. 오존산화 폐공기름:pMDI의 중량비에 따른 IR 분석 -----	22
그림 2. pMDI의 오존처리 폐공기름 DSC 분석 -----	23
그림 3. 오존처리 폐공기름: pMDI 접착제 중량비별 1:0.5~ 1:4 DSC 분석 -----	24
그림 4. 오존산화폐공기름과 pMDI의 TGA 분석 -----	25
그림 5. 오존처리 폐공기름: pMDI 접착제의 중량비별 1:0.5~ 1:4 TGA 분석 -----	26
그림 6. 오존산화 폐공기름의 ¹ H-NMR 분석 -----	27
그림 7. 오존산화 폐공기름의 GC/MS 분석 -----	29
그림 8. Average values of bonding strength under drying -----	31
그림 9. Average values of bonding strength under wetting -----	32
그림 10. Average values of hot-water bonding strength -----	32
그림 11. Average values of cyclic boiling bonding strength -----	33

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 서론

1. 펠릿 개발의 목적 및 필요성

산업혁명 이후 인류의 급격한 에너지소비는 지구의 평균온도를 상승시켰으며, 지구 온난화라는 심각한 환경 문제와 함께 화석에너지 고갈이라는 문제에 직면하게 되었다. 석유자원은 전세계에서 중요한 에너지자원으로 사용되고 있으며 향후 90년 정도 사용할 수 있을 것으로 예측되고 있다. 또한, 중동 전쟁으로 1973년 세계는 제 1차 석유위기를 맞았고 1978년 호메이니가 이란의 회교혁명을 일으키면서 제2차 석유위기가 도래하여 전세계에 충격을 주었다. 니제르 델타지역은 셀 사를 비롯한 외국의 다국적 오일회사들이 수십년간 석유를 채굴하면서 환경문제는 전혀 고려하지 않아 이미 지역의 토지와 강들이 심각하게 오염되었으며 이로 인해 이 지역 거주자들은 농사를 지을 수 없을 뿐 아니라 오염된 지하수를 사용함으로써 건강에 심각한 영향을 미치고 있다.

또한, 국제석유가가 인상이 되면 석유제품을 비롯한 관련 상품의 가격이 상승된다. 이것은 세계경제에 악영향을 끼치고 국내적으로 서민들의 실생활에서도 극심한 고통을 겪게 만든다. 교통요금의 인상, 공공요금의 인상, 시설농산물의 인상이 불가피하게 된다. 유가의 인상은 결국 세계적 불황으로 이어져 에너지 수요를 감축시키고 대체에너지 개발을 촉진시킨다.

지난 2007년 유엔 정부간기후변화위원회(IPCC)가 발표한 4차 보고서에 따르면 산업혁명 이전 인 1800년대 280ppm에 불과했던 대기 중 이산화탄소 농도가 2005년 379ppm으로 35%나 증가했다. 이런 추세가 지속될 경우 오는 2050년에는 550ppm에 이를 것이라고 한다. 이로 인해 지난 100년간 지구의 평균 온도는 0.74도 상승했으며 이번 세기 안에 1.8~4.0도 가량 더 상승할 수 있다. 특단의 대책을 강구하지 않으면 인류는 머지않아 크나큰 위기를 맞게 된다. 2050년에는 20~30%의 생물종이 사라지게 되며 10억~20억명이 물 부족에 시달릴 수 있다. 그리고 1억명 이상은 식량 부족에 의한 굶주림에 처하게 될 것이다.

이 같은 상황을 타개하기 위해서는 화석연료의 사용을 줄여 이산화탄소 배출량을

감축해야 하지만 이것이 경제성장 및 생활수준 향상과 직결돼 있어 쉽지 않다. 이러한, 심각한 환경문제와 석유 자원 에너지 고갈은 지구보호를 위한 저탄소방출의 대체에너지에 대한 관심이 높아져 이에 대한 대응으로 바이오매스를 이용한 목질연료의 출현을 가져 오게 했다. 이에, 대표적인 목질 바이오매 에너지인 펠릿이 많은 주목을 받고 있다.

첫째, 펠릿 연료는 기존의 나무 연료와 비교하여 단위 부피당 에너지 밀도가 높고 일정할 뿐만 아니라 취급이 용이하기 때문에 전 세계적으로 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 둘째, 우드 펠릿 연료의 크기는 4~10mm로 길이는 20~50mm이고, 채적당 발열량 부분에서 무연탄(4,800~5,000kcal/kg)과 유사한 4,500kcal이상의 발열량을 지니고 있어 차세대 연료로 각광받고 있다. 셋째, 펠릿은 이동과 저장보관이 용이하다. 난방유와 가스는 저장과 운반상 폭발위험이 따르지만 펠릿은 발화성이 낮아 트럭과 같은 일반 운송차량을 이용할 수 있어 안전성을 갖추고 있으며, 낮은 수분을 가지고 있는 펠릿 연료는 장기간 보관이 가능하다. 넷째, 친환경적 연료이다. 펠릿팅 과정에서 별도의 첨가제 없이 나무에 있는 리그닌 성분이 녹아나와 형태를 묶어주는 것으로 친환경적이며, 우드 펠릿 연소시 산성비의 주원인이 되는 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx), 일산화탄소 또는 먼지 등의 유독가스의 배출량이 적다.

세계 펠릿생산량의 추이에 대한 구체적인 통계자료를 살펴보면, 2000년에 약 150만 톤의 펠릿이 생산된 이후 유럽·북미를 중심으로 지속적으로 증가하여 2006년도에 약 700만 톤, 2007년도에는 약 1,010만 톤의 펠릿이 생산된 이후, 2010년도에는 전 세계적으로 약 1,500만 톤이 넘는 펠릿이 생산될 것으로 예상하고 있다.

한편, 펠릿 제조 시 첨가제로 쓰이는 오존산화기름의 오존은 독일의 화학자인 크리스찬 프리드리히 쉰바인(Christian Friedrich Schonbein)에 의해 발견되었으며, W. 폰 지멘스(W.von Siemens)에 의해 오존 발생장치가 고안 제작되었다. 그리스 폭스(Fox)에 의해 오존의 살균작용이 보고된 이래, 독일의 윈스바덴시에서는 오존의 살균력을 이용하여 정수처리에 사용하고 있다. 또한 볼프(Wolff)는 오존의 산화 분해력을 이용하여 도살장의 악취제거에 사용할 수 있음을 발표하였으며, 산부인과 암이나 직장 종양의 악취를 경감시킬 목적으로 국소부위에 오존가스를 접촉시키기도 하였다. 그리고 이러한 경험을 통하여 장, 질 및 기타체강질환에 대한 오존치료

의 가능성을 시사한 바있다. 또한 파이프는 자기 자신의 치과치료에 오존을 사용한 경험을 발표한 바 있으며, 독일의 물리학자인 헨슬러(Hansler)가 의료용 오존 발생기를 제작한 이래 여러 환자에 직접 실제적으로 이용하게 되었다.

오존은 매우 강력한 산화력과 반응성이 풍부하기 때문에 환경오염물질의 정화및 화학공업의 산화처리 공정에 널리 사용하고 있다. 또한 산업의 발전에 따라 모든 산업분야에서의 청정생산기술에 대한요구로 오존의 사용처는 점점 확대되고 있으며 오존처리 기술도 이에 맞추어 발전을 거듭하고 있다.

오존은 산소가 있는 상태에서 자외선을 쬐일 때에 생성되는 것으로, 3개의 산소원자가 4가지 형상의 공명구조로 결합된 형태로 존재하며, 저농도의 오존은 상온에서 무색이고, 15%이상의 농도에서는 푸른색을 나타낸다. 오존은 0.02ppm의 저농도에서도 특유의 자극취를 나타내며, 0.2ppm 이상의 농도에서 장기간 노출시 인체에 유해하다. 오존은 자연계에서 불소 다음으로 산화력이 강하며, 공기중(1wt%)에서는 반감기는 16시간 정도이지만 수중에서는 pH=7.0, 농도 3ppm(wt)일때의 반감기가 약30분 정도로 매우 짧은 특성이 있다. 산화대상물질과 오존의 반응은 오존화물(ozonide)을 생성단계를 거쳐 최종적으로 무기화 하는 것이다. 다음의 예는오존이 유기물과 반응하여 유기물 산화분해하는 과정을 나타내었다.

유기물 +O₃ ->오존화물 (ozonide) ->알데히드 ->유기산

우리나라의 펠릿 산업은 시작된 지 2년이 채 되지 않은 초기단계에 있다. 목재 펠릿은 생산시 생산기계에 부하가 많이 걸려 생산에 어려움이 있고 이로 인해 기계의 마모가 심하고 생산성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 펠릿을 보관할 때 습기에 노출되면, 목재가 흡습하여 함수율이 높아지고 이에 따라 발열량이 떨어질 뿐만 아니라, 균에 의해 부패된다.

이에 본 연구개발은 식물유와 오존산화식물유를 이용하면 펠릿 생산시에 발생되는 이러한 단점들을 보완할 수 있음을 인지하고, 식물유 및 오존처리기술을 pellet에 적용하여 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 pellet의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 것이다. 오존산화된 콩기름은 그 자체가 카복실기 및 알데히드기가 생성되어 일정시간 처리된 콩기름을 목재에 적용하면 제조된 제품은 일

정한 결합력을 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 제품화된 pellet의 저장안정성에 도움이 되리라 판단되며, 이에 대한 구체적인 자료를 본 실험에서 밝히고자 한다. 목재 pellet제품의 품질개선 및 유통단가 인하를 위하여 목질원료(국산재: 낙엽송, 리기다, 소나무)에의 적용 가능성을 밝히고자 한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술 동향

우리나라는 2008년 7월 1일 목재 펠릿 신재생 에너지 세미나를 시작으로 2008년 7월 중순 전북 군산에서 생산 실증 공장 준공, 2009년 1월 경기 여주에 산림조합중앙회 목재유통센터에서 본격적으로 생산 및 공급이 시작되었으며, 동년 5월 전남화순에 SK임업건설이 펠릿공장을 설립 가동하였고, 정부에서는 2020년까지 16개소를 설립할 예정이다. 또한, 정부지원 펠릿보일러 사업을 통해 2008년 24대, 2009년 3천대, 2020년 30천대까지 보급 계획을 세우고 있다.

2. 국외 기술동향

펠릿은 1970년 1차 오일쇼크 후 스칸디나비아반도에서 시작하여 1980년 북미, 유럽으로 확산되어 2007년 말에는 전 세계 목재 펠릿 공장 442개소에서 14,000,000톤을 생산 할 정도로 빠르게 확산되어 가고 있다. 특히 유가가 지금처럼 배럴당 1000달러 이상의 높은 가격을 유지하는 한, 연간 20% 정도의 성장세가 유지될 것으로 예견된다.

3. 향후 전망

우리나라에서는 '석유에너지 해외 의존도'를 줄이는 일석이조의 에너지자립 확대 사업으로, 산림바이오매스 목재펠릿 에너지의 산업화를 본격적으로 추진하고 있으며, 이에 따라 2030년까지 신재생에너지 보급률을 11% 끌어올리는 '국가에너지 기본계획'을 추진하고 있다. 또 국산목재공급을 확대해 2020년까지 자급률 20%를 달성하기위해 조림, 숲가꾸기, 수집, 이용의 일관시스템을 구축키로 했으며 산림탄소 순환마을도 2014년까지 11개소를 조성한다는 계획을 세우고 있다. 한편, 정부는 2010년 시범사업을 추진, 펠릿 공급확대에 따라 보급 규모도 2010년 160ha, 2012년 1164ha, 2020년 5180ha까지 확대한다는 방침이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 결과

제 1 절 폐콩기름의 오존산화

1. 폐콩기름 정제

접착제 제조에 사용된 원료인 폐콩기름은 현재 시판되고 있는 C사의 콩기름으로 닭을 튀기고 남은 기름을 통닭집에서 구매하여 사용하였다. 구매한 폐콩기름은 미세한 천(광목)을 사용하여 찌꺼기를 걸렀다.

2. 폐콩기름 오존처리

폐콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 1시간, 2시간, 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 분석용 시료 및 접착제 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

제 2 절 오존산화 폐콩기름의 화학 및 열적 분석

본 대학 공동기기실에서 보유하고 있는 FT-IR, DSC, TGA를 이용하여 효과적인 폐콩기름의 오존처리 시간 및 조건의 기초조사를 실시하고 오존산화 폐콩기름의 접착성을 조사하여, 오존처리 정도를 파악하여 적정 오존처리 조건을 규명한다. 한편, NMR, GC-MS등을 이용하여 폐콩기름의 분자개열 형태를 조사했다.

1. 오존산화 폐콩기름의 FTIR 분석 결과

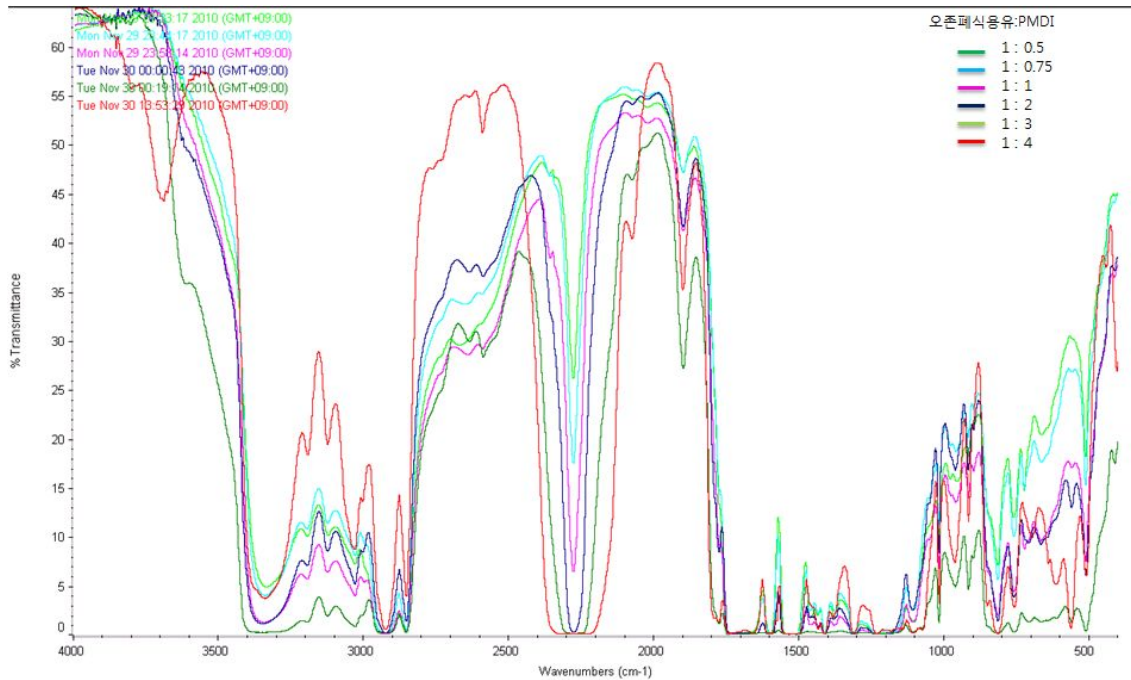


그림 1. 오존산화 폐콩기름:pMDI의 중량비에 따른 IR 분석.

위의 FTIR 그림은 적외선 분광법을 이용하여 오존산화 폐콩기름과 pMDI가 서로 반응하여 어느 당량점에서 가장 최적의 반응을 보이는 것을 찾아내는 분석 방법이다.

본 그림에서 보듯이 pMDI의 특징피크인 이소시아네이트기($N=C=O:2275-2240cm^{-1}$)가 1:0.5~1:4 갈수록 피크가 계속 아래로 커짐을 알 수 있고 아민기($N-H:3350-3180cm^{-1}$)는 1:0.5~ 1:3 까지 피크가 커지는 반응을 보이다가 1:4에서 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 아민기는 pMDI의 특징피크인 이소시아네이트기($N=C=O:2275-2240cm^{-1}$)와 오존산화 폐콩기름의 특징피크인 OH기($3500cm^{-1}$)가 서로 반응하여 생긴 피크이다. 이론적으로 볼 때 1:2 당량점에서 두 작용기는 최대의 반응을 할 것으로 예측되나 반응성 또는 고분자 특성상 사슬(Crosslinking)이 형성되면서 작용기가 고분자 사슬 안으로 위치되면서 pMDI 하나에 폐콩기름 2개내지 3개가 달라붙어 1:2와 1:3 부근에서 적정당량이 형성되는 것으로 보인다.

2. 오존산화 폐콩기름의 DSC 분석 결과

DSC(시차주사열량계: differential scanning calorimetry)로 온도의 변화에 따른 물질의 흡열 및 발열에 의한 에너지 차이를 측정하여, 오존산화 폐콩기름, pMDI, 중량비별 폐콩기름 pMDI 접착제 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4를 분석하였다.

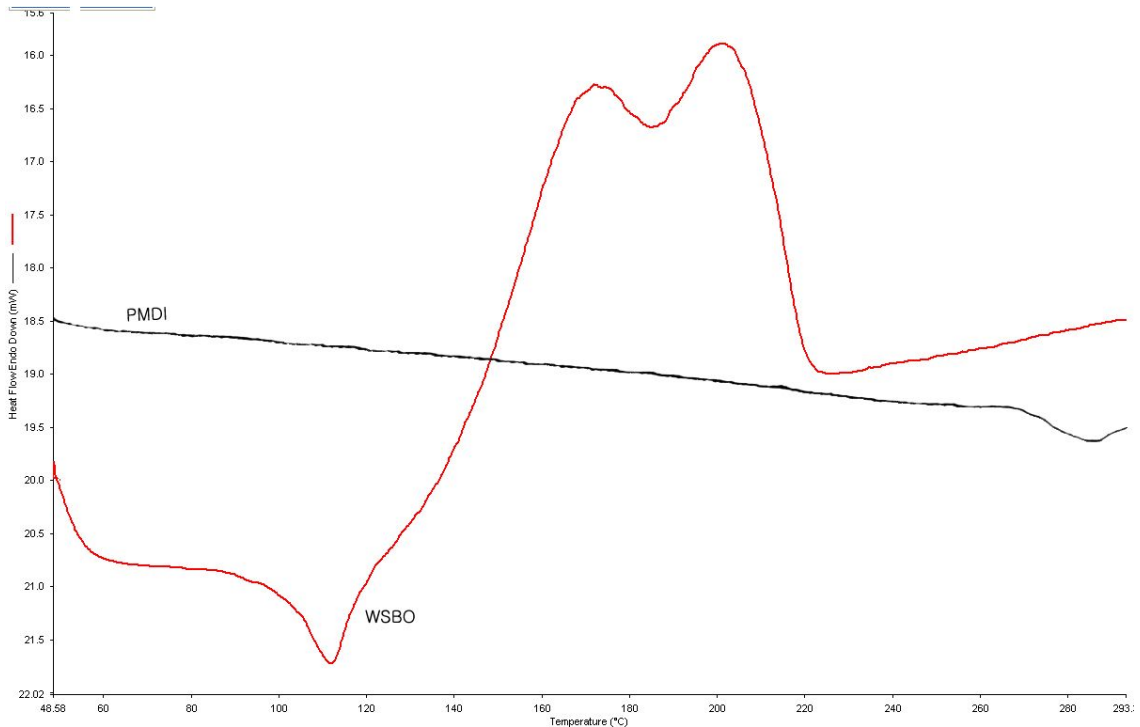


그림 2. pMDI의 오존처리 폐공기름 DSC 분석.

pMDI를 DSC를 이용하여 열분석을 실시한 결과, <그림 2>에서 나타난 바와 같이 서서히 온도가 올라감에 따라 굳어진 pMDI가 260 °C 부근에서 완전히 타 없어지는 반응을 보였다.

오존처리 폐공기름은 50°C 부근에서 반응을 시작해서 110°C 부근에서 아래로 흡열반응이 발생하고 170°C 부근에서 피크가 발생하고 200°C 부근에서 또 한번의 피크가 발생하여 발열반응이 나타남을 알 수 있었다.

110°C 부근에 반응은 점액성의 물질인 오존산화 폐공기름이 온도에 의해서 기름이 타고 점액성이 없어지는 물질로 바뀌는 지점으로 물질의 상태가 변화함에 따라 열을 흡수한 것으로 판단되며, 170°C ~ 200°C 부근에서는 발열반응은 남아 있는 오존산화 폐공기름이 자기들끼리 서로 반응한 것으로 보인다.

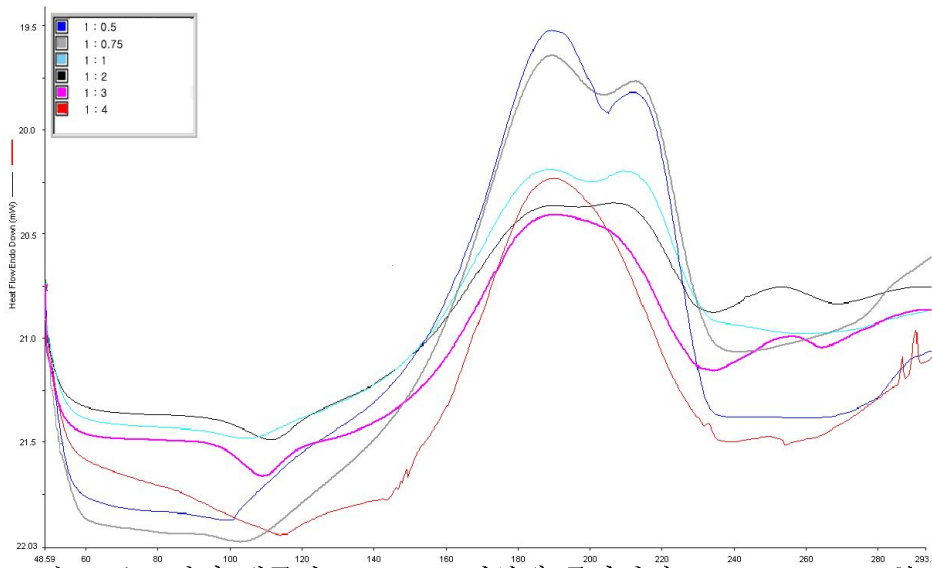


그림 3. 오존처리 폐콩기름: pMDI 접착제 중량비별 1:0.5~ 1:4 DSC 분석.

본 그림에서, 오존처리 폐콩기름과 pMDI접착제는 전체적으로 110°C 부근에 아래쪽으로 흡열 반응이 일어났고 190°C ~ 220°C 부근에서 발열반응이 발생했으며, 260°C 부근에서는 약간의 발열반응이 보였다. 이 그림의 그래프 패턴은 <그림 2>의 오존산화 폐콩기름의 DSC 분석과 거의 흡사 한 것으로 나타났다. 전체적인 그림형태로 보아 오존처리 폐콩기름과 pMDI접착제의 반응시 미쳐 반응하지 못한 남은 오존산화 폐콩기름의 반응기가 서로 반응한 것으로 보인다.

110°C의 흡열반응은 앞에서 <그림 3>의 분석에서 언급한 바와 같이, 오존산화 콩기름의 점액성이 있는 성질이 녹아서 변화되는 시점으로 보이며, 190°C~220°C 부근의 반응은 남은 오존산화폐식용유의 반응기가 서로 반응하여 나타난 것으로 보인다. 이 지점에서 오존산화 폐콩기름: pMDI의 비율이 1:0.5에서 1:4로 높아질수록 깊었던 굴곡이 점점 완만해 지다가 하나의 피크가 없어지면서 1:4에서는 하나의 굴곡만 나타나는 경향성을 보였다.

이는 오존산화 폐콩기름의 반응기가 pMDI와 반응하였음을 나타내는 것으로, 오존산화 폐콩기름의 반응기 자체가 pMDI와 반응하여 점차 소멸되었음을 의미하나, pMDI와 미쳐 반응하지 못한 반응기들이 발열반응을 보이면서 서로 결합함을 알 수 있다.

3. 오존산화 폐콩기름의 TGA 분석 결과

열중량 분석기(TGA: thermogravimetric analysis)는 시료에 온도프로그램을 가하여 시료의 질량변화를 시간이나 온도의 함수로 측정한다. 재료의 질량손실은 증발이나 가스상 산물을 생성하는 화학반응에 의해 발생된다.

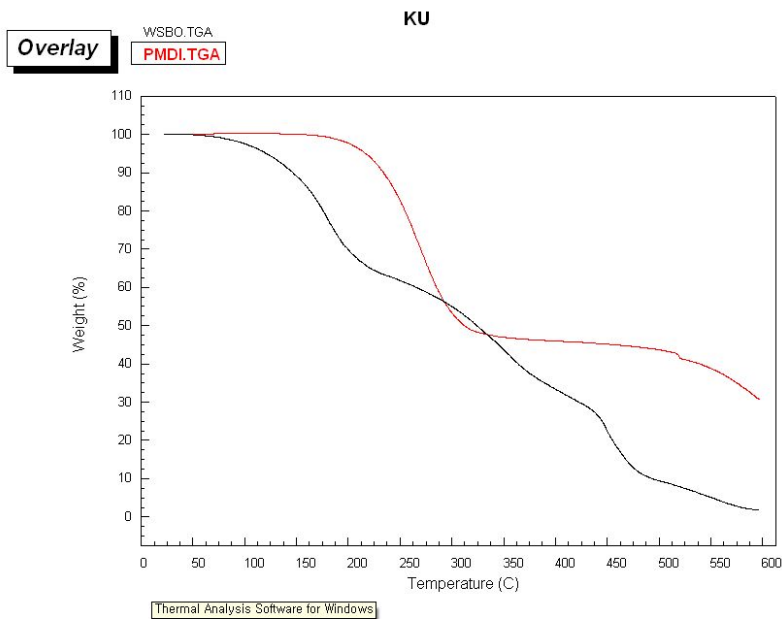


그림 4. 오존산화 폐공기름과 pMDI의 TGA 분석.

pMDI와 오존산화 폐공기름을 이용하여 열중량분석을 실시한 결과, pMDI는 <그림4>에서 나타난 바와 같이 200°C 부근에서 급격한 반응이 일어나 300°C까지 중량이 다량으로 감소하였고 300°C~600°C까지는 온도가 올라감에 따라 중량이 서서히 감소하는 반응을 보였다.

오존산화 폐공기름은 다소 복잡하지만 주기적으로 4번에 걸친 분해가 일어났다. 60°C부근에서 반응을 시작해서 200°C부근에서 끝나는 1구간, 200°C에서 시작해서 350°C에서 분해되는 2구간, 350°C에서 시작해서 450°C 끝나는 3구간, 450°C에서 시작해서 600°C까지를 4구간으로, 질량이 감소하는 경향이 나타났다.

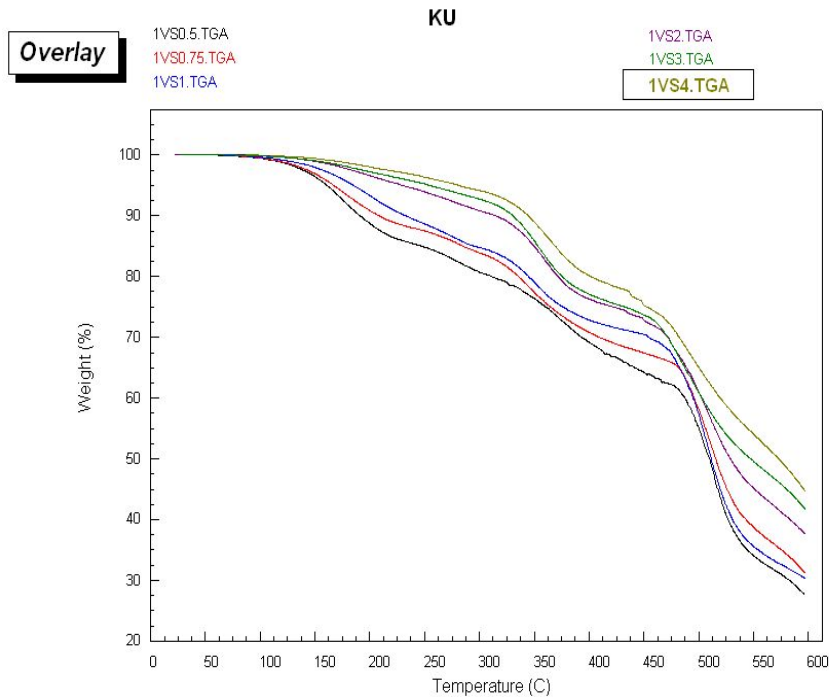


그림 5. 오존처리 폐공기름: pMDI 접착제의 중량비별 1:0.5~ 1:4 TGA 분석.

본 그림에서는 전체적으로 1:0.5부터 1:4까지 주기적이지만 다소 복잡하게 분해가 일어난 것을 알 수 있으며, 이는 <그림 4>의 오존산화 폐공기름 열분해 패턴과 비슷하다. 이것은 오존처리 폐공기름: pMDI 접착제 안에서 미처 반응하지 못한 잔재 오존산화 폐공기름이 있어서 열에 의해서 이와 같은 반응이 일어난 것으로 판단된다. 즉, 오존처리 폐공기름: pMDI 접착제를 만들 때 반응 한 후에 미처 반응하지 못한 오존산화 폐공기름이 잔재해 있는 것으로 보인다. <그림4>의 오존산화 폐공기름만의 그림과 비교해 볼 때, 열을 가함에 따라서 서서히 분해되는 것으로 보아 잔재해 있는 오존산화 폐공기름이 상대적으로 미량인 것을 알 수 있다. <그림 5>는 1:0.5~ 1:4로 갈수록 중량 감소와 분해가 느려짐을 나타내고 있다. 이는, 미반응 잔재 오존산화 폐공기름이 1:4에서 가장 적다는 것을 알 수 있다. 이는 실제 접착제를 만드는 실험에서 오존산화 폐공기름 1g에 pMDI 4g을 중량비로 섞을 때 오존산화 폐공기름이 상대적으로 많은 부분이 pMDI와 반응되었음을 알 수 있다.

결론적으로, TGA분석을 통해서 1:0.5~ 1:4로 반응 후에 접착제 내에 아직 반응하지 못한 오존산화 폐공기름이 잔재해 있다는 것을 알 수 있었으며, pMDI양을 늘릴수록 오존산화 폐공기름의 많은 부분이 pMDI와 반응하고, 이에 따라 잔재하는 폐공기름의 양이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

4. 오존산화 폐공기름의 ¹H-NMR 분석 결과

1) 분석 조건

$^1\text{H-NMR}$ 은 Bruker Avance DPX 400MHz spectrometer (Germany)를 이용하여 spectrum을 측정 하였다.

2) 분석 결과

오일의 $^1\text{H-NMR}$ 측정 결과는 다음과 같다. 먼저 0.8-2.2 ppm 사이에 나타나는 복잡한 피크는 오일을 구성하고 있는 포화탄화수소의 구성성분 중 methylene(-CH₂-) 및 methyl(-CH₃-)기의 수소를 나타내고 있으며 4 ppm 전후로 나타나는 multiplet 피크는 오일성분을 구성하고 있는 acetate 구성요소 중 methylene 및 methine(-CH-) 기의 수소원소를 나타내고 있다.

또한 5.1 ppm 부근에서 나타나는 피크는 불포화 이중결합에 기인하는 수소를 나타내고 있다. 8 ppm 부근에서는 아주 미세한 피크를 나타내고 있는 바, 알데히드와 카르복실기에 결합하고 있는 수소의 시그널로 추정되지만 거의 미량으로 존재하는 것으로 추정할 수 있다.

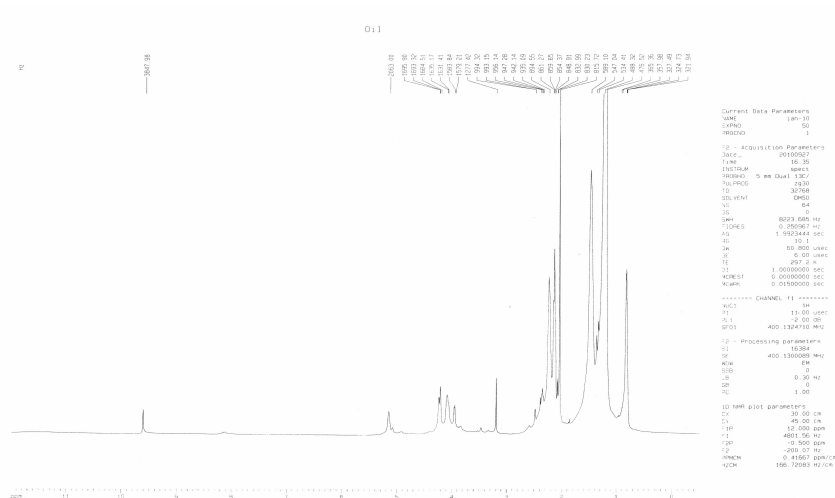


그림 6. 오존산화 폐콩기름의 $^1\text{H-NMR}$ 분석.

5. 오존산화 폐콩기름의 GC/MS 분석 결과

1) 분석 조건

- 본 시료를 Acetone에 20배 희석하여 분석하였습니다.
- GC Column : HP-5 (30×0.32 mm, 0.25 μm)

- Column flow rate : 1.0 mL/min, He

- Inlet
 - ▶ Injection volumn : 1 μ l
 - ▶ Mode : Splitle 20 : 1
 - ▶ Temperture : 250 °C

- Detector
 - ▶ Mode : MSD
 - ▶ Ion source : EI, 70 eV
 - ▶ Ion source temperature : 250°C
 - ▶ Scan mode : 50~550 m/z

- Oven : 50°C(5min)-5°C/min-200°C-10°C/min-300°C(15min)

2) 분석 결과

오존처리에 의해 분해된 이중결합의 분해산물을 측정하기 위하여 GC-MS 분석을 하였다. 그림 및 표에서 보는 바와 같이 retention time 11.90에서 헥산산(hexanoic acid), 헥산칼슘(calcium hexanoate), 헥산나트륨(sodium hexanoate) 및 헥산염(hexanoate) 등이 검출되고 있으며 retention time 14.07에서는 노난알데히드(n-nonanal)가 검출되었다. 또한 retention time 14.83에서는 고리형 프로판이 치환된 펜탄(1-cyclopropyl pentane)이 검출되었다. 그리고 retention time 20.28에서는 노난산(n-nonanoic acid)가 검출되었다.

이상의 결과로 볼 때 헥산산 및 그 유도체는 글리세린과 에스테르가 결합한 리놀렌산(linoleic acid)의 분해산물로부터 생성된 것으로 추정할 수 있으며 노난산 및 그 유도체는 리놀렌산(linoleic acid) 또는 올레인산(oleic acid) 등이 산화, 개열되어 형성된 것으로 추정된다. 그러나 펜탄유도체 화합물은 오일의 산화물이나 개열에서는 형성될 수 없는 물질이다.

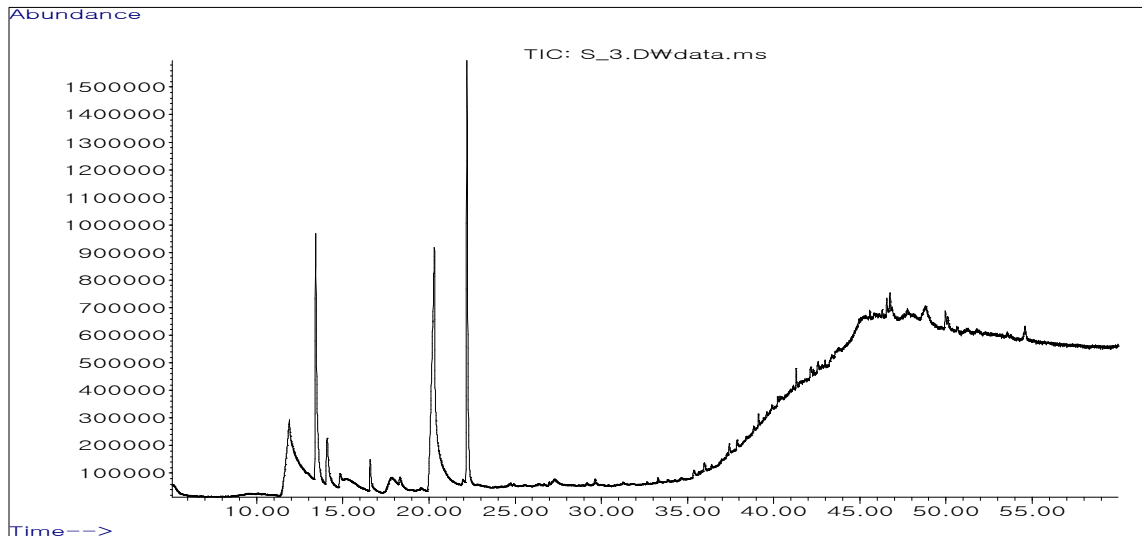


그림 7. 오존산화 폐공기름의 GC/MS 분석(별첨첨부).

제 3 절 오존산화 폐공기름의 접착력 실험 및 결과

1. 실험재료

가. 폐공기름

접착제 제조에 사용된 원료인 폐공기름은 현재 시판되고 있는 C사의 식용유로 닭을 튀기고 남은 기름을 통닭집에서 구매하여 사용하였다. 구매된 폐식용유는 미세한 천(광목)을 사용하여 찌꺼기를 걸렀다.

나. pMDI

pMDI는 AKZO NOBEL Casco Adhesives사의 1993을 사용하였다.

다. 단판

접착강도 시험은 2008년에 개정된 KS M 3720에 의거하여 실시하였으며, 규정중 '2장을 붙인 평행시험편의 제작'에 의해 시험편을 제조하였다. 시험편 재료는 기건밀도 0.68 g/cm³인 자작나무의 판을 사용하였으며, 두께는 6mm, 함수율 6%이하로 조정하였다.

2. 실험방법

가. 폐공기름 오존처리

폐공기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1

kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 1시간, 2시간, 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 분석용 시료 및 접착제 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

나. 접착강도 시험용 접착제 제조

오존산화 3시간으로 산화시킨 폐공기름과 pMDI를 1:0.5, 1:0.75 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 중량비로 혼합하여 접착제를 제조하였다.

다. 접착강도 시험편 제조

제조된 접착제를 이용하여 접착강도 시험용 시험편을 제조하였다. 제조 조건은 KS M 3720에 의거 접착제 도포량 0.015 g/cm²(편면기준 도포)를 도포하였으며 열압조건은 온도 150℃, 압력 10 kgf/cm², 3분으로 하여 시험편을 제조하였다. 상태 시험은 시험편을 48시간 이상 방치한 후 그대로의 상태에서 시험하였고, 내수 시험은 시험편을 (30±1)℃의 물속에 3시간 침지한 다음, (20±1)℃의 물속에 10분간 침지하고 젖은 그대로의 상태에서 시험하였다. 내온수 시험은 시험편을(60±3)℃의 온수 속에 3시간 침지한 후, 실온의 물속에 식을 때까지 침지하고 젖은 그대로의 상태에서 시험하였고, 반복 끊임 시험은 시험편을 끓는 물속에 72시간 침지한 후, 실온의 물속에 식을 때까지 침지하고 젖은 그대로의 상태에서 시험하였다.

라. 접착강도 실험

KS M 3720에 의거하여 2장을 평행으로 붙인 시험편의 인장전단 접착강도를 12반복으로 측정하였다. 먼저 상태접착은 접착제 혼합비율 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4로 제조된 시험편을 조사하여, 적정 당량비율을 결정하고, 이 결과에 따라 시험편을 제작하고 내수, 내온수, 반복끊임시험을 실시하였다. 접착강도 시험은 만능재료시험기(영국 HOUNS FIELD H50KS-0064)를 이용하여 측정하였다. 비교시험으로 순수 pMDI로 접착시킨 시험편의 접착강도를 조사하였다.

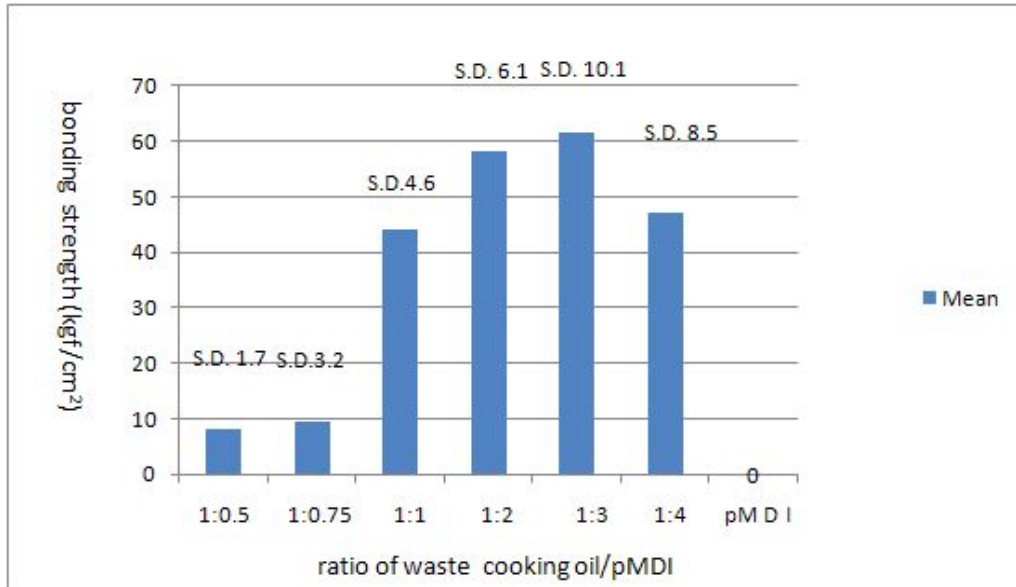
3. 실험결과

가. 접착제의 접착강도

(1) 상태 인장전단 접착강도

오존산화로 불포화이중결합이 개열되어 형성된 카르복실기는 카르복실산을 형성한 후 이산화탄소를 발생시키면서 우레탄결합을 형성한다. 분자당 2-3개의 카르복실기를 지니는 오존산화 폐공기름은 pMDI와 연속적으로 반응하여 고분자망목을 형성한다. 본 실험에서는 오존산화 폐공기름의 목재용 접착제로서의 사용가능성을 검토하기 위하여 pMDI를 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 중량비로 혼합하여 접착제를 제조

하고 KS M 3720에 의거하여 접착시험편을 제조하여 상태 접착강도를 평가하였다. 또한, 비교시험으로 순수 pMDI로 접착시킨 시험편의 접착강도는 다음과 같다.



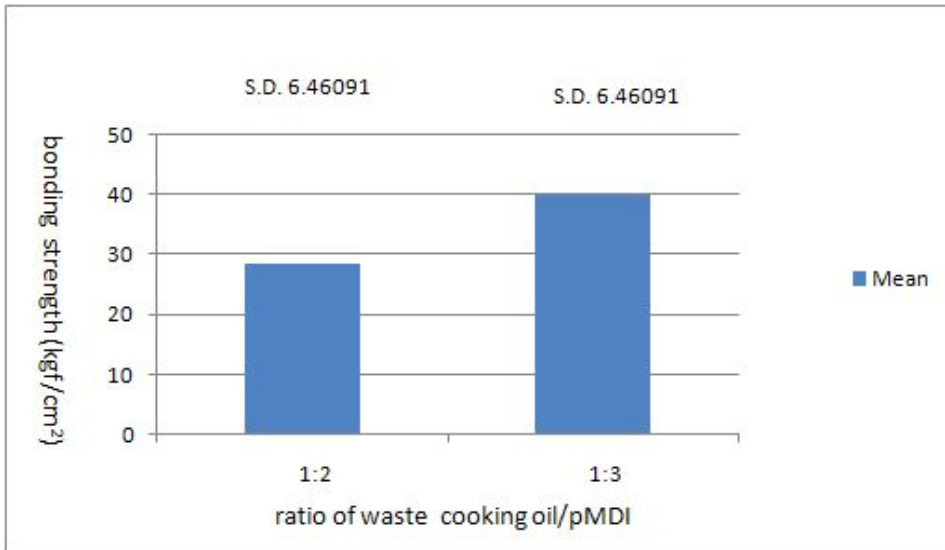
S.D.: standard deviation

그림 8. Average values of bonding strength under drying.

그림 8에서 3시간 처리 오존산화 폐콩기름/pMDI 접착제의 상태 접착강도 측정 결과를 나타내었다. 상태 시험에서 3시간 오존산화 폐콩기름과 pMDI비율이 1:0.5일 때 8.08 kgf/cm², 1:0.75일 때 9.53 kgf/cm², 1:1일 때 44.16 kgf/cm², 1:2일 때 58.08 kgf/cm², 1:3일 때 61.41 kgf/cm², 1:4일때는 46.95 kgf/cm²를 나타내었다. pMDI만으로는 0 kgf/cm²을 나타내었다. 위 실험결과 본 실험에서 3시간 오존산화 처리한 폐콩기름은 혼합비율 1:2와 1:3에서 가장 높은 접착강도를 보여 pMDI와의 적정당량이 1:2, 1:3부근에서 결정됨을 알 수 있었다.

(2) 내수 인장전단 접착강도

내수접착강도는 상태 접착강도에서 우수한 결과를 나타낸 3시간오존산화처리 폐콩기름:pMDI 비율의 적정 당량비라고 생각되는 중량비 1:2, 1:3만을 선택하여 이들의 내수 접착강도를 시험하였다. 그림 9에서 보면 접착력 평균은 중량비 1:2의 경우 28.48 kgf/cm², 중량비 1:3의 경우 39.86 kgf/cm²를 나타내 1:3의 경우가 더 높은 내수 접착강도의 효과를 보였다. 목과율은 1:2의 경우 58%, 1:3의 경우 47%를 보여 목과율에서는 1:2가 높은수치를 나타냈다. 접착력과 목과율을 볼때, 중량비 1:2의 경우 목과율이 높음에도 불구하고 내수접착강도는 내수성이 뛰어난 pMDI가 더 많이 첨가된 중량비 1:3이 더 높게 나타났음을 알 수 있다.

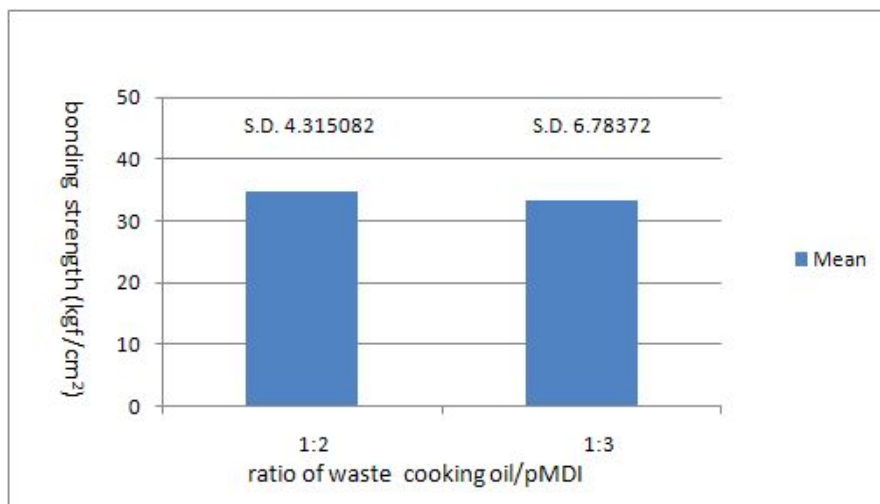


S.D.: standard deviation

그림 9. Average values of bonding strength under wetting.

(3) 내온수 인장전단 접착강도

그림 10에서 내온수 접착력은 3시간 오존산화처리 된 폐콩기름:pMDI의 비율이 1:2인 경우와 1:3인 경우 각 34.4 kgf/cm², 33.2 kgf/cm²의 접착강도를 보여 비슷한 수치를 나타냈으며, 목파율은 각각 87%, 60%를 나타냈다.



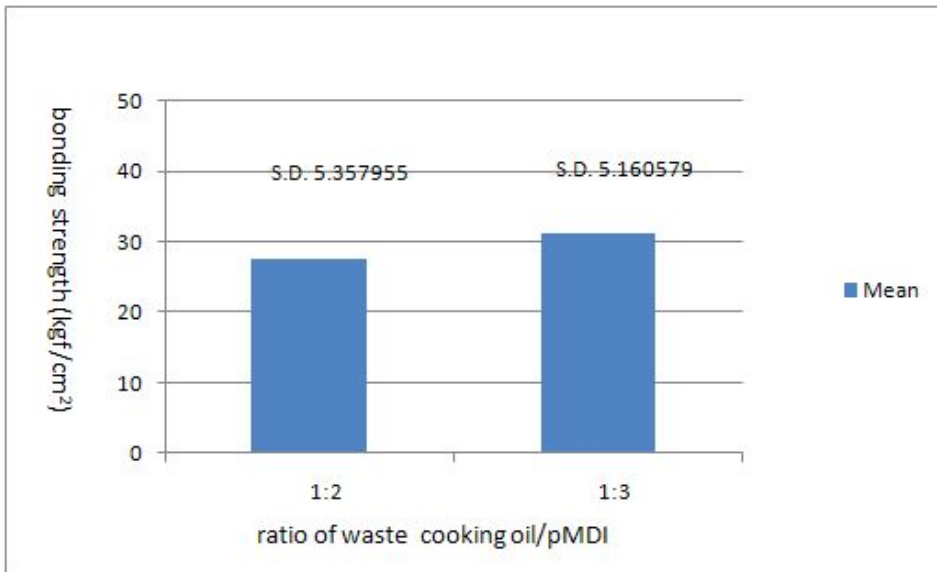
S.D.: standard deviation

그림 10. Average values of hot-water bonding strength.

(4) 반복끓임 인장전단 접착강도

그림 11에서 나타난 반복끓임 접착력에서는 3시간오존산화 폐콩기름:pMDI의 비율

이 1:2와 1:3의 경우, 각각 27.601 kgf/cm², 31.1 kgf/cm²으로 혼합비율 1:3이 약간 높은 값을 나타냈으며, 목과울에서도 각각 58%, 83%으로 혼합비율 1:3에서 높게 나타났다. 이러한 결과를 볼 때, 상태와 내수 접착강도에서는 1:3이 우수한 결과를 보이나, 실험조건이 강화되는 내온수, 반복끓임에서는 혼합비율 1:2와 1:3이 비슷한 값을 나타냄을 알 수 있었다.



S.D.: standard deviation

그림 11. Average values of cyclic boiling bonding strength.

제 4 절 펠릿 제조실험 및 결과

1. 낙엽송의 톱밥 유형에 따른 펠릿제조 및 특성

가. 실험재료

(1) 공시재료

펠릿제조용 공시 원재료는 국내산 낙엽송 수종의 톱밥을 사용하였다. 사용된 톱밥의 형태별 구성은 D사의 제재공장에서 발생하는 피죽톱밥, 제재톱밥, 대패톱밥, 혼합톱밥, 수피 등 펠릿제조를 위한 원재료로 분양받아 목질펠릿을 제조하여 성형된 펠릿의 특성차이를 규명하고자 하였다. 사용된 원료 톱밥의 특성 및 구분은 표 1과 같다.

표 1. Characteristics of raw materials for pelleting

Raw material	Characteristics
공장혼합원료(A)	제재공장에서 발생하는 톱밥으로 분쇄기톱밥, 제재톱밥, 대팻밥 등이 혼합된 것(미세분말에서 25mm 까지)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	혼합원료를 4x4mm mesh로 걸러 통과하지 않은 것 (10mm~25mm 까지)
A중 체를 통과한 것(C)	혼합원료를 4x4mm mesh로 걸러 통과한 것 (미세분말~10mm까지)
C에 첨가제를 넣은 것(D)	선별 후 톱밥에 소맥분을 톱밥무게의 2% 첨가
대팻밥(E)	가공공정상 대패공정에서 발생된 대팻밥(수피가 거의 없으며 두께 0.1mm, 길이 1~3mm 정도의 얇은 대팻밥)
수 피(F)	수피만으로 구성된 것 (2x5x5~10x10x20mm)
펠릿 생산 공장 톱밥(G)	펠릿 공장 생산 공장에서 정선된 톱밥 (미세분말~10mm 정도)

나. 목질펠릿의 제조

공시 원료의 톱밥은 인공건조시 목재의 추출물 등 화학성분의 변화를 최소화하기 위하여 자연건조 후 압축·성형하였으며, 제조된 펠릿의 크기는 지름 6(-0.1~0.4)mm, 길이 10~30±2mm 이었다. 일반적으로 공장에서 펠릿제조 시 요구되는 함수율은 12% 내외이나 본 연구에서는 실험에 사용한 펠릿제조기로 펠릿이 가장 잘 제조되는 실험조건에 맞게 원료물질에 따라 함수율을 조정하였다.

펠릿제조를 위한 성형기는 생산 Capacity 500 kg/hr의 평다이(Flat dies type, hole직경 6mm, 2개 roller)를 사용하였다. 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목질펠릿은 실험실내에서 24시간 자연 건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목질펠릿 중 길이 20~25mm의 것을 선별하여 시험 분석용 샘플로 사용하였다. 한편, 첨가제의 영향을 살펴보기 위하여 시판되는 제품인 소맥분을 본 시험에 사용된 원재료 중 공장혼합원료를 망사체(4x4mm 망사)로 통과한 것(C)에 무게대비 2% 첨가하여 제조된 펠릿을 비교분석하였다.

다. 품질분석

제조된 목질펠릿의 특성에 대한 분석항목은 사용된 톱밥 및 제조된 펠릿의 함수율, 밀도, 회분, 흡습율, 발열량을 측정하여 비교하였다.

(1) 물리적 특성 측정방법

제조된 목질펠릿의 함수율, 발열량, 회분에 대한 측정방법은 국립산림과학원 고시 제 2009-2호(2009.5.21일)의 '목재펠릿품질규격'기준의 제5조(품질 및 품질시험 기준)에 의거 측정 분석하였다.

회분 측정방법으로는 시료 1g 정도를 탄화로(Furnace)에서 품질규격에 규정된 시험방법에서 정한 승온스케줄(250℃에서 60분, 575℃에서 120분)에 의해 연소시험 후, 잔재의 무게를 측정하였다.

(2) 밀도

제조된 목질펠릿의 밀도는 캘리퍼스에 의해 크기를 측정하거나 메스실린더에 의해 부피를 측정하여 밀도를 구하였으며, 두 가지 방법에 의해 계산된 밀도의 평균값으로 평가를 하였다.

(3) 흡습율 측정방법

제조된 목질펠릿의 흡습율은 생산제품의 보관 시 중요한 인자로서, 연소기에서 연소시 열효율성에 밀접한 관계가 되기 때문에 이에 대한 실험을 실시하였다. 즉 보관 중 수분에 대한 저항성의 정도를 알아보기 위하여 목재의 흡습성 시험방법(KS F 2205, 2004)에 의거 상대습도 90%로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정하여 비교하였다. 흡습율 측정에 사용된 계산식은 $[(\text{기건무게}-\text{흡습후무게})/\text{기건무게}] \times 100$ 의 식에 따라 구하였다.

(4) 발열량 측정방법

제조된 목질펠릿의 열량적 특성에 대한 품질평가로서 발열량의 측정방법은 측정할 시료를 열풍건조기의 온도가 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시킨 후, 무게를 측정하여 계산하였다. 발열량은 건조된 시료 0.5g을 열량계 (Parr 6 calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도변화로부터 열량을 계산하였다.

라. 실험결과

(1) 함수율

(가) 톱밥 함수율

펠릿제조에 사용된 톱밥 함수율의 측정결과는 표 2와 같으며, 원료 특성에 따라 실험하는 과정에서 펠릿성형에 적절한 함수율로 조정하여 펠릿이 정상적으로 압축·성형되는 상태의 톱밥 함수율을 측정하였다.

표 2. Moisture contents of raw materials

Raw materials	Moisture contents(%)
공장혼합원료(A)	13.86 (1.875)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	14.30 (2.396)
A중 체를 통과한 것(C)	17.56 (0.416)
C에 첨가제를 넣은것(D)	17.80 (1.802)
대팻밥(E)	15.82 (0.754)
수 피(F)	18.23 (0.950)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	13.36 (0.873)

* 주 ; () 는 Standard Deviation.

(나) 목질펠릿의 함수율

제조된 펠릿의 함수율을 제조 후 24시간 경과 후 측정하였으며, 표 3에서 보여주듯이 평균 6.4~7.31%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10%이하를 만족시켰으나, 수피의 경우는 12.23%의 높은 함수율을 보여주고 있는데, 이는 성형과정에서 수피만을 사용할 경우 수피톱밥이 성형 롤러에 의해 미세분말 발생량이 많아져 펠릿의 길이가 10mm 미만으로 짧아지기 때문에 정상크기로 제조하기 위하여 투입 톱밥의 함수율을 18% 정도로 높게 조정하였기 때문으로 판단된다. 그러나 수피 펠릿도 제조 후 2일 후에는 10%정도의 함수율로 평형 되었다. 소맥분을 첨가한 펠릿(D)는 첨가하지 않은 것(C)보다 약간 낮은 함수율을 보였으나 큰 차이는 없었다.

표 3. Moisture contents of manufactured pellets

Raw materials	Moisture contents(%)
공장혼합원료(A)	6.44 (1.183)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	6.46 (0.298)
A중 체를 통과한 것(C)	6.97 (0.066)
C에 첨가제를 넣은것(D)	6.53 (0.235)
대팻밥(E)	6.61 (1.232)
수 피(F)	12.23 (0.152)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	7.31 (0.39)

* 주 ; () 는 Standard Deviation.

일반적인 경우, 목재의 펠릿 성형은 약 12% 톱밥이 다이(Dies)와 롤러(Roller)가 부착된 성형틀 내에 투입될 때 고속회전하는 롤러에 의해 발생된 열처리 효과와 고압력에 의해 다이의 원형구멍(holes)을 소량씩 적층되면서 통과되어 2.5~3배로 압축되는 과정으로 이루어진다. 이 과정에서 목재가 가소화되면서 유동화 되어 톱밥간에 결합이 이루어지고 수분이 증발되며, 또한 성형기 통과 후 대기노출이나 냉각과정을 거쳐 함수율이 증발된다. 따라서 일반적으로 목재펠릿 제품은 약 10% 미만의 함수율이 되며, 본 실험에서는 약 6%내외가 대부분이나 수피를 사용한 경우에는 높은 함수율을 나타내었다.

(2) 밀 도

제조된 펠릿의 개별 밀도는 펠릿의 무게와 캘리퍼스에 의해 측정된 외형 사이즈로 부피를 측정하는 방법과 무게와 메스실린더를 이용한 부피 측정에 의한 방법의 두 가지 방법으로 평균값을 구하였으며, 그 값은 평균 1.246~1.349의 범위로 나타났다(표 4). 이는 품질기준 1급을 만족시키는 값이다. 특히, 대팻밥 펠릿의 경우에는 성형되는 과정에서 다른 톱밥형태보다 상대적으로 얇고 넓어 압축성형이 용이하여 밀도가 증가된 것으로 사료된다. 첨가제를 넣은 펠릿(D)와 첨가하지 않은 것(C)사이에는 큰 차이가 없었다.

표 4. Densities of manufactured pellets

Raw materials	Densities (g/cm ³)		
	크기방법	메스실린더법	평 균
공장혼합원료(A)	1.2876 (0.069)	1.3053 (0.080)	1.2982
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	1.2748 (0.040)	1.2113 (0.154)	1.2431
A중 체를 통과한 것(C)	1.2846 (0.035)	1.2416 (0.149)	1.2631
C에 첨가제를 넣은것(D)	1.2755 (0.030)	1.2506 (0.121)	1.2623
대팻밥(E)	1.3195 (0.041)	1.3794 (0.188)	1.3491
수 피(F)	1.2682 (0.265)	1.3254 (0.036)	1.2968
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	1.2785 (0.050)	1.2137 (0.089)	1.2461

* 주 ; () 는 Standard Deviation.

(3) 회 분

제조된 펠릿의 회분량을 측정하기 위하여 탄화로를 사용하여 규정된 온도 스케줄에 의거 탄화시험을 하였으며 기건상태에서 탄화전후 무게를 비교하여 회분량을 측정하고, 또한, 제품의 함수율을 조정하여 전건상태에서의 펠릿무게를 추정하여 회분량을 두 가지로 측정하였다. 전건상태의 펠릿을 기준으로 하는 것이 타당하나, 실제 연소기에 펠릿을 사용할 때는 기건상태에서 사용되기 때문에 이에 대한 자료를 제시하기 위하여 2가지 방법 모두 측정하여 제시하였다. 사용된 목분으로 제조된 펠릿의 회분은 평균 0.2~0.424%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타나(표 5), 가정용으로 사용이 가능한 고품질의 펠릿으로 판단되었다.

그러나, 수피만으로 제조된 펠릿의 회분량은 평균 2.106%로 상당히 높은 값을 보이고 있고 품질규격기준의 1.5%(2급 수준)를 상회하고 있어 가정용으로는 부적당하고 산업용으로 사용되어야 할 것으로 사료되었다.

대팻밥이나 선별후의 톱밥은 회분량이 낮는데 이는 제재소의 특성상 대팻밥은 표면가공공정에서 이물질의 제거나 수피함유량이 극히 적은 것에서 비롯된 것으로 사료된다. 첨가제를 넣은 펠릿(D)는 첨가제를 넣지 않은 것(C)보다 회분량은 약간 높으나 품질기준 1등급을 만족시켰다.

표 5. Ash contents of manufactured pellets

Raw materials	Ash Content (%)	
	based on oven dry weight	based on air dry weight
공장혼합원료(A)	0.424(0.001)	0.396(0.001)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	0.378(0.105)	0.353(0.094)
A중 체를 통과한 것(C)	0.2073(0.038)	0.192(0.006)
C에 첨가제를 넣은것(D)	0.2803(0.029)	0.244(0.029)
대팻밥(E)	0.2422(0.058)	0.226(0.154)
수 피(F)	2.1036(0.013)	1.846(0.065)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	0.3268(0.048)	0.2871(0.053)

* 주 ; () 는 Standard Deviation.

(4) 흡습율

펠릿제품의 함유수분은 연소시 효율성에 밀접한 영향을 미치기 때문에 품질규격에도 1등급의 경우 10% 미만으로 규격화 되어있다. 또한, 제품의 유통과정에서 흡습되지 않도록 해야 한다.

본 연구를 통해 원료특성별 제조된 펠릿의 종류별로 흡습율을 측정한 결과(표 6), 수피(F), 공장혼합원료를 체를 통과한 톱밥(C)을 사용하여 제조한 펠릿은 24시간 경과 후 흡습율이 0으로 나타났다. 이는 수피펠릿의 경우에는 5일 경과 후에도 전혀 흡습하지 않는 것으로 보아 수피의 물리화학적 특성, 추출물 성분에 의해 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단되었다.

표 6. Water absorption ratios of manufactured pellets

Raw materials	Water absorption Ratios (%)	
	after 24 hour	after 5days
공장혼합원료(A)	0.7493 (0.749)	2.0991 (2.099)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	0.2275 (0.227)	0.5083 (0.508)
A중 체를 통과한 것(C)	0 (0)	0.2966 (0.063)
C에 첨가제를 넣은것(D)	0.7381 (0.142)	1.4186 (0.008)
대팻밥(E)	1.2369 (1.236)	1.9308 (1.930)
수 피(F)	0 (0)	0 (0)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	0.2794(0.011)	0.5228(0.047)

* 주 ; () 는 Standard Deviation.

소맥분을 첨가한 펠릿(D)는 첨가제를 넣지 않은 펠릿(C) 보다 24시간 흡습시험에서 흡습율의 증가현상(5일후 4.78배 증가)을 보이고 있어 소맥분의 첨가는 흡수율에 부정적 영향을 미침을 알 수 있다. 단, 전분을 첨가하는 목적은 성형시 부하되는 압력을 줄이고 다이내 유동성 즉, 마찰을 줄여서 생산성을 향상시키기 위한 것이다. 이에 전분첨가에 대해서는 적절한 판단이 필요하다. 또한, 체를 통과하지 않은 톱밥으로 제조된 목재펠릿은 표 4에서 볼 수 있듯이 밀도가 체를 통과한 톱밥으로 제조된 것보다 약간 낮아서, 입자간의 결합력이 낮거나 수분을 흡수 할 수 있는 표면적이 넓은 것에서 비롯된 것으로 추정된다.

그러나 공장혼합원료(A)는 체를 통과하지 않은 톱밥(B)과 체를 통과한 톱밥(C)의 혼합이나 흡습율이 B, C보다 높게 나타나 원료크기가 큰 것과 작은 것이 혼합될 경우 입자간의 밀착효과가 더욱 커서 수분흡습시 흡습률이 크게 나타난 것으로 사료된다. 이에 대한 자세한 연구는 추후 더 진행되어야 할 것으로 판단된다.

결국, 흡습율은 제품 운반 및 보관 시, 위의 조건에 반응하여 나타나는 현상이다. 흡습율이 높은 제품일수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고, 또한, 높은 함수율인 펠릿의 연소는 연소 기기에서의 발열 효율성이 떨어지는 현상이 나타나게 된다. 따라서 제품의 흡습율이 낮은 것이 제품의 유통과정상 상품성이 유리하다.

(5) 발열량

펠릿제품의 발열량은 원재료의 특성에 따른 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 제조된 목재펠릿의 열량적 특성에 대한 품질 평가로서 고위 발열량을 분석한 결과 표 7과 같다.

표 7. Heating values of each wood pellets

Raw materials	Heating value (kcal/kg)
공장혼합원료(A)	4,447.3 (30.66)
A중 체를 통과하지 않은 것(B)	4,538.3 (14.18)
A중 체를 통과한 것(C)	4,460.7 (9.29)
C에 첨가제를 넣은것(D)	4,477.3 (14.46)
대팻밥(E)	4,505.0 (9.64)
수 피(F)	4,468.3 (54.68)
펠릿 생산용 공장 톱밥(G)	4,496.0 (34.30)

* 주; A~F 는 자연건조, G는 인공건조 톱밥, ()은 Standard deviation.

제조된 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급(kcal/kg)을 상회하였으며, 사용된 원료가 동일 수종이기 때문에 톱밥 특성에 의한 발열량의 차이는 크지 않았으며, 또한 첨가제에 의한 영향이 낮았다. 이는 사용 수종이 동일하기 때문에 열량의 차이가 적은 것으로 판단된다.

2. 낙엽송 펠릿 제조실험 및 결과

가. 실험재료

(1) 낙엽송 톱밥

펠릿제조용 공시 원재료는 국내산 낙엽송 수종의 톱밥을 사용하였다. 사용 된 톱밥은 W사의 제재공장에서 펠릿제조를 위한 원 재료로 분양받았다.

(2) 콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 식물성 기름은 현재 시판되고 있는 C사의 식용유인 콩기름(Soybean oil)을 사용하였다.

(3) 폐콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 폐콩기름은 현재 시판되고 있는 C사의 콩기름으로 닭을 튀기고 남은 기름을 통닭집에서 구매하여 사용하였다. 구매한 폐콩기름은 미세한 천(광목)을 사용하여 찌꺼기를 걸렀다.

나. 오존처리 방법

(1) 콩기름 오존처리

콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70°C에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

(2) 폐콩기름 오존처리

폐콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model :

Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

다. 목재펠릿의 제조

공시 원료의 톱밥은 자연건조 후 함수율 15%로 조정하여 원료로 사용하였다. 준비된 낙엽송 톱밥에 콩기름, 폐콩기름, 오존산화 콩기름, 오존산화 폐콩기름을 무게대비 3% 첨가하여 펠릿을 제조하였으며, 대조구로 무처리 펠릿을 제조하였다. 펠릿제조를 위한 성형기는 생산 capacity 500kg/hr의 평다이(Flat dies type, hole 직경 6mm, 2개 roller)를 사용하였다. 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목재펠릿은 지름 6(-0.1~0.2) mm, 길이 10~30±2 mm이었고, 실험실 내에서 24시간 자연건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목재펠릿 중 미리 직경 3.15mm 체(ISO 3310-2에 규정)위에 남는 것을 시험분석용 샘플로 사용하였다.

라. 생산성 및 펠릿 품질분석

(1) 생산성

목재펠릿은 목재의 고분자 특성으로 인하여 생산에 어려움이 있고, 이로 인해 기계의 마모가 심하고 생산성이 떨어지는 단점이 있다. 본 실험에서는 목재 펠릿 제조 시 식물성 기름 첨가에 따른 생산성을 조사하기 위하여 같은 펠릿 성형기에서 콩기름, 폐콩기름, 오존산화 콩기름, 오존산화 폐콩기름을 각각 3%씩 첨가하여 생산한 것과 무처리 톱밥으로 생산한 것과의 펠릿성형 효율을 조사하였다. 즉, 톱밥원료 1kg에 각각의 기름을 무게대비 3%를 넣은 것과 무처리 톱밥을 원료로 하여 같은 펠릿 성형기로 펠릿을 제조하고, 제조된 펠릿을 미리 직경 3.15mm체(ISO 3310-2에 규정)로 선별하여 체위에 남은 펠릿의 무게를 측정하여 생산효율로 정하였다.

(2) 품질분석

제조된 목질펠릿의 함수율, 발열량, 회분, 겉보기밀도, 내구성에 대한 측정방법은 국립산림과학원 고시 제 2009-2호(2009.5.21일)의 '목재펠릿품질규격' 기준의 제5조(품질 및 품질시험 기준)에 의거 측정 분석하였다. 그 외 흡습율 및 펠릿의 원소측정을 실시하였다.

(3) 함수율

제조된 목질펠릿의 함수율은 덮개가 있는 칭량병을 105±3℃에서 건조 후 테시케이

터에서 상온으로 냉각시켰다. 펠릿은 최소 20g를 칭량병에 균일한 층으로 넣고 덮개를 포함하여 무게를 측정하였다. 그 후 덮개를 제거하고 105±3℃의 온도에서 시료를 포함한 접시의 무게가 변화가 없을 때까지 건조한 후 오븐에서 덮개를 씌워 데시케이터에서 상온까지 냉각시켰다. 이런 과정을 거친 후 다음의 계산식을 이용하여 함수율 값을 구하였다.

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

M_{ad} : 습량 기준 펠릿의 함수율

m_1 : 빈 칭량병 + 덮개의 무게

m_2 : 건조 전 칭량병 + 덮개 + 시료의 무게

m_3 : 건조 후 칭량병 + 덮개 + 시료의 무게

(4) 발열량

제조된 목질펠릿의 열량적 특성에 대한 품질평가로서 발열량의 측정방법은 측정할 시료를 열풍건조기의 온도가 105±3℃에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시킨 후, 무게를 측정하여 계산하였다. 발열량은 건조된 시료 0.5g을 열량계(Parr 6 calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도변화로부터 열량을 계산하였다.

(5) 회분

회분 측정방법으로는 시료 1g 정도를 탄화로(Furnace)에서 품질규격에 규정된 시험방법에서 정한 승온스케줄(250℃에서 60분, 575℃에서 120분)에 의해 연소시험 후, 잔재의 무게를 측정하였다.

(6) 겉보기밀도

겉보기 밀도에 사용된 용기는 원기둥 형태로서 총 부피 5리터로 내경이 167mm이고 내부 높이가 228mm이었다. 펠릿을 용기의 상부 테두리로부터 200-300mm 떨어진 곳으로부터 부어 산을 이루게 한 후 이를 150mm의 높이로부터 평평한 바닥 위에 놓여진 15mm 두께의 나무판 위에 수직으로 떨어뜨려 3회 다지고, 용기 위에 남은 펠릿은 50mm 정각재를 이용하여 제거한 후 무게를 측정하였다.

(7) 내구성

내구성 측정방법은 미리 직경 3.15mm의 체(ISO 3310-2에 규정)로 걸러진 목재펠릿 500±50g 을 0.01g 수준까지 무게를 측정하여 내구성시험기(CEN/TS15210-1에 규정)에 넣고 분당 50±2 회전을 주어 500회전 시험을 한 후, 직경 3.15mm의 체로 걸러

내어 체에 잔류하고 있는 목재펠릿의 무게를 측정하였다.

(8) 흡습율

제조된 목재펠릿의 흡습율은 생산제품의 보관 시 중요한 인자로서, 연소기에서 연소시 열효율성에 밀접한 관계가 되기 때문에 이에 대한 실험을 실시하였다. 즉, 보관 중 수분에 대한 저항성의 정도를 알아보기 위하여 목재의 흡습성 시험방법(KS F 2205, 2004)에 의거 상대습도 90%, 온도20℃로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정하여 비교하였다. 흡습율 측정에 사용된 계산식은 [(기건무게-흡습후무게)/기건무게]×100의 식에 따라 구하였다.

(9) 원소측정

제조된 펠릿의 원소측정은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 ICP-AES, Elemental Analyzer를 측정 하였다. ICP-AES를 측정 시, 시료의 전처리를 위해 시료를 무게 0.1000g 까지 무게를 단 후 HNO₃를 넣고 watch glass를 닫은 상태에서 hot plate 위에 약200℃ 정도에서 반응을 시킨다. 산에 의해 분해된 시료를 beaker에 넣고 증발시킨 후 산의 농도가 1~5%정도 되도록 한다. 이러한 시료를 무게 20.0000g 까지 무게를 단 후

ICP-OES (Model : JY Ultima2C (1.5KW 40.68MHz) Jobin Yvon, France)를 이용하여 분석하였다. Elemental Analyzer 측정은 펠릿의 샘플을 2.0Mg 내외로 하여 온도 1100℃에서 Flash EA 1112series/ CE Instruments를 이용하여 측정 하였다.

마. 실험 결과

(1) 생산성

펠릿을 압축·성형시, 펠릿의 원료인 낙엽송 톱밥에 첨가제를 넣지 않았을 경우와 톱밥에 무게대비 3% 첨가제인 콩기름, 폐콩기름, 오존산화 콩기름, 오존산화 폐콩기름을 첨가 후 제조된 펠릿의 생산성을 비교하였다.

표 8. Productivity of manufactured pellets

Raw materials	Input quantity of sawdust(g)	Productivity(g)
Control	1000	280
3% 콩기름 첨가	1000	425
3% 폐콩기름 첨가	1000	461
3% 오존산화 콩기름 첨가	1000	375
3% 오존산화 폐콩기름 첨가	1000	450

표 8에서와 같이 생산된 펠릿의 양은 Control(280g) 보다 콩기름을 첨가한 펠릿(425g), 폐콩기름을 첨가한 펠릿(461g), 오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿(375g), 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿(450g)이 Control 펠릿보다 (1.33~1.64)배 높게 생산됨을 알 수 있다. 이는, 펠릿 성형 시 첨가제인 기름의 화학적 특수성이 생산기계에 걸리는 부하율을 줄이고 마모의 결함을 완화시켜 펠릿 생산성을 향상 시켰음을 알 수 있다.

(2) 함수율

(가) 톱밥 함수율

본 실험과정 전, 예비실험을 실시한 결과, 실험에 사용한 펠릿제조기에서 펠릿이 가장 잘 제조되는 시험조건은 톱밥함수율 15%가 가장 적절함을 알 수 있었다. 따라서 톱밥함수율은 15%로 조정 하였다.

(나) 목재펠릿의 함수율

제조된 펠릿의 함수율은 제조 후 24시간 경과 후 측정하였으며, 표 9에서 보여 주듯이 평균 7.66~9.48%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10% 이하를 만족시켰다.

표 9. Moisture contents of manufactured pellets

Raw materials	Moisture contents (%)
Control	8.02(0.33)
콩기름을 첨가한 펠릿	8.96(0.08)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	7.66(0.25)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	9.48(0.08)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	8.63(0.05)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

일반적인 경우, 목재의 펠릿 성형은 약 12% 톱밥이 다이(Dies)와 롤러(Roller)가 부착된 성형틀 내에 투입될 때 고속 회전하는 롤러에 의해 발생된 열처리 효과와 고압력에 의해 다이의 원형구멍(holes)을 소량씩 적층되면서 통과되어 2.5~3배로 압축되는 과정으로 이루어진다. 이 과정에서 목재가 가소화되면서 유동화 되어 톱밥간에 결합이 이루어지고 수분이 증발되며, 또한 성형기 통과 후 대기노출이나 냉각과정을 거쳐 함수율이 증발된다. 따라서 일반적으로 목재펠릿 제품은 약 10% 미만의 함수율이 되며, 본 실험에서도 이와 같은 압축·성형 과정의 결과로 10% 미만의 펠

릿 함수율을 나타냈다.

(3) 발열량

펠릿제품의 발열량은 원재료의 첨가물에 따른 영향이 크다고 할 수 있다. 제조된 목재펠릿의 열량적 특성에 대한 품질 평가로서 고위 발열량을 분석한 결과 표 10과 같다.

표 10. Heating values of manufactured pellets

Raw materials	Heating value (Kcal/kg)
Control	4492.30(0.03)
콩기름을 첨가한 펠릿	4520.06(0.07)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	4552.42(0.05)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	4520.86(0.11)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	4546.04(0.09)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

제조된 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급 (4300kcal/kg)을 상회하였으며, 사용된 톱밥이 동일 수종이기 때문에 톱밥 특성에 의한 발열량의 차이는 없으며, 첨가제에 의한 차이점을 볼 수 있다. Control(4492.30kcal/kg)은 첨가제를 넣어 제조된 콩기름 펠릿(4520.06kcal/kg), 폐콩기름 펠릿(4552.42kcal/kg), 오존산화 콩기름 펠릿(4520.86kcal/kg), 오존산화 폐콩기름 펠릿(4546.04kcal/kg)보다 낮은 발열량을 나타내고 있다. 이는 기름의 화학적 특수성이 펠릿 연소 시 발열량을 높여 주어 연소 효율성에 영향을 미치는 중요한 부분으로 인식된다.

(4) 회분

제조된 펠릿의 회분량을 측정하기 위하여 탄화로를 사용하여 규정(목재펠릿품질규격 기준의 제5조)된 온도 스케줄에 의거 탄화시험을 하였다.

표 11. Ash contents of manufactured pellets

Raw materials	Ash content (%)
Control	0.42(0.03)
콩기름을 첨가한 펠릿	0.42(0.02)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.35(0.07)

오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	0.34(0.03)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.40(0.09)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

펠릿의 회분은 평균 0.34~0.42%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타나(표 11), 가정용으로 사용이 가능한 고품질의 펠릿으로 판단되었다.

(5) 겉보기 밀도

표 12는 겉보기 밀도의 평균 값을 제시한 것으로서, 제조한 펠릿 모두가 품질기준 1급(640kg/m³)을 만족시켰다. 대부분 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 겉보기 밀도가 높게 나타났다. 이는, 기름의 특수성이 펠릿 제조시 펠릿 성형기의 운할유 역할을 하므로서 톱밥의 압축·성형이 용이하도록 하여 각각 펠릿의 밀도가 향상되어 겉보기 밀도가 증가된 것으로 사료된다.

표 12. Apparent densities of manufactured pellets

Raw materials	Apparent densities (kg/m ³)
Control	640(0.14)
콩기름을 첨가한 펠릿	667(0.18)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	664(0.12)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	650(0.09)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	647(0.07)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(6) 내구성

표 13은 제조된 펠릿의 내구성을 조사한 결과이다. 제조된 펠릿의 내구성은 콩기름을 첨가한 펠릿(98.50%), 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿(97.56%)이 품질 기준 1급(97.5%이상)을 만족하였다. 이 밖에 Control(96.07%), 폐콩기름을 첨가한 펠릿(96.90%), 오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿(96.73%)은 품질 기준 3급(95%이상)이 나왔으나, 전체적인 결과의 흐름을 보았을 때 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control보다 내구성이 좋게 나왔음을 알 수 있다.

표 13. Durabilities of manufactured pellets

Raw materials	Durabilities (%)
Control	96.07(0.08)
콩기름을 첨가한 펠릿	98.50(0.16)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	96.90(0.46)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	96.73(0.10)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	97.56(0.05)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(7) 흡습율

표 14는 펠릿제품의 흡습율을 조사한 것이다. 펠릿제품의 수분량은 연소시 연소효율에 밀접한 영향을 미치기 때문에 펠릿의 흡습성은 중요한 인자이며 제품의 유통과정에서 흡습되지 않도록 해야 한다.

표 14. Water absorption ratios of manufactured pellets

Raw materials	Water absorption Ratios (%)	
	After 24 hour	After 5 days
Control	2.7837(0.07)	4.8179(0.12)
콩기름을 첨가한 펠릿	2.0487(0.05)	3.5121(0.08)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.6195(0.09)	4.6697(0.03)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	2.7446(0.04)	3.9379(0.09)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.7082(0.11)	4.1624(0.05)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

본 연구를 통해 Control과 첨가제 종류별로 제조된 펠릿의 흡습율을 측정한 결과, 24시간 후 흡습율에서 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 낮은 흡습율을 나타냈으며, 5일 경과 후에도 Control 보다 첨가제를 첨가한 펠릿이 여전히 흡습율 감소 현상을 보이고 있다. 이는 첨가제 기름성분의 물리·화학적 특성이 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단된다. 결국, 흡습율은 제품 운반 및 보관 시, 목재와 반응하여 나타나는 현상이다. 흡습율이 높은 제품일수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고 또한, 높은 함수율의 펠릿의 연소는 연소 기기에서의 발열 효율성이 떨어지는 현상이 나타나게 된다. 따라서 제품의 흡습율이 낮은 것이 제품의 유통과정상 상품성이 유리하다.

(8) 원소분석

(가) ICP-AES 의한 분석결과

제조된 펠릿의 ICP-AES 측정 결과, 황의 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.05%) 이하를 만족시켰다. 그 중 콩기름을 첨가한 펠릿(0.0069%)이 Control(0.0066%)보다 황의 함량이 미세하게 많았으나, 이는 목재펠릿의 품질기준에 적용하여 보았을 때 큰 차이점으로 볼 수 없다.

표 15. Concentration of elements from manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
Ca	0.0424	0.0405	0.0451	0.0420	0.0441
K	0.0334	0.0353	0.0365	0.0372	0.0365
Mg	0.0094	0.0100	0.0100	0.0102	0.0104
P	0.0044	0.0050	0.0051	0.0050	0.0050
S	0.0066	0.0069	0.0066	0.0064	0.0062

(나) Elemental Analyzer 의한 분석결과

표16은 EA의 측정 결과를 나타낸 것으로, 제조된 펠릿의 질소 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.3%) 이하를 만족시켰다.

표 16. Elemental analyzer of manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
N	0.11	0.12	0.12	0.13	0.11
C	59.42	58.76	61.64	58.46	60.36
H	5.39	5.33	5.73	5.24	5.45
O	23.94	22.22	23.81	24.54	24.12

3. 리기다 펠릿 제조실험 및 결과

가. 실험재료

(1) 리기다 톱밥

펠릿제조용 공시 원재료는 국내산 리기다 수종의 톱밥을 사용하였다. 사용 된 톱밥은 S사의 펠릿공장에서 펠릿제조를 위한 원 재료로 분양받는다.

(2) 콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 식물성 기름은 현재 시판되고 있는 C사의 식용유인 콩기름(Soybean oil)을 사용하였다.

(3) 폐콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 폐콩기름은 현재 시판되고 있는 C사의 식용유로 닭을 튀기고 남은 기름을 통닭집에서 구매하여 사용하였다. 구매한 폐콩기름은 미세한 천(광목)을 사용하여 찌꺼기를 걸렀다.

나. 오존처리 방법

(1) 콩기름 오존처리

콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

(2) 폐콩기름 오존처리

폐콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

다. 목재펠릿의 제조

공시 원료의 톱밥은 자연건조 후 함수율 15%로 조정하여 원료로 사용하였다. 준비된 리기다 톱밥에 콩기름, 폐콩기름, 오존산화 콩기름, 오존산화 폐콩기름을 무게대비 3% 첨가하여 펠릿을 제조하였으며, 대조구로 무처리 펠릿을 제조하였다. 펠릿제조를 위한 성형기는 생산 capacity 500kg/hr의 평다이(Flat dies type, hole 직경 6mm, 2개 roller)를 사용하였다. 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목재펠릿

은 지름 6(-0.1~0.2) mm, 길이 10~30±2 mm이었고, 실험실 내에서 24시간 자연건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목재펠릿 중 미리 직경 3.15mm 체(ISO 3310-2에 규정)위에 남는 것을 시험분석용 샘플로 사용하였다.

라. 펠릿 품질분석

(1) 품질분석

제조된 목질펠릿의 함수율, 발열량, 회분, 겉보기밀도, 내구성에 대한 측정방법은 국립산림과학원 고시 제 2009-2호(2009.5.21일)의 '목재펠릿품질규격' 기준의 제5조(품질 및 품질시험 기준)에 의거 측정 분석하였다. 그 외 흡습율 및 펠릿의 원소측정을 실시하였다.

(2) 함수율

제조된 목질펠릿의 함수율은 덮개가 있는 칭량병을 105±3℃에서 건조 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시켰다. 펠릿은 최소 20g를 칭량병에 균일한 층으로 넣고 덮개를 포함하여 무게를 측정하였다. 그 후 덮개를 제거하고 105±3℃의 온도에서 시료를 포함한 접시의 무게가 변화가 없을 때까지 건조한 후 오븐에서 덮개를 씌워 데시케이터에서 상온까지 냉각시켰다. 이런 과정을 거친 후 다음의 계산식을 이용하여 함수율 값을 구하였다.

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

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

(3) 발열량

제조된 목질펠릿의 열량적 특성에 대한 품질평가로서 발열량의 측정방법은 측정할 시료를 열풍건조기의 온도가 105±3℃에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시킨 후, 무게를 측정하여 계산하였다. 발열량은 건조된 시료 0.5g을 열량계(Parr 6 calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도변화로부터 열량을 계산하였다.

(4) 회분

회분 측정방법으로는 시료 1g 정도를 탄화로(Furnace)에서 품질규격에 규정된 시험방법에서 정한 승온스케줄(250℃에서 60분, 575℃에서 120분)에 의해 연소시험 후, 잔재의 무게를 측정하였다.

(5) 겉보기밀도

겉보기 밀도에 사용된 용기는 원기둥 형태로서 총 부피 5리터로 내경이 167mm이고 내부 높이가 228mm이었다. 펠릿을 용기의 상부 테두리로부터 200-300mm 떨어진 곳으로부터 부어 산을 이루게 한 후 이를 150mm의 높이로부터 평평한 바닥 위에 놓여진 15mm 두께의 나무판 위에 수직으로 떨어뜨려 3회 다지고, 용기 위에 남은 펠릿은 50mm 정각재를 이용하여 제거한 후 무게를 측정하였다.

(6) 내구성

내구성 측정방법은 미리 직경 3.15mm의 체(ISO 3310-2에 규정)로 걸러진 목재펠릿 500±50g 을 0.01g 수준까지 무게를 측정하여 내구성시험기(CEN/TS15210-1에 규정)에 넣고 분당 50±2 회전을 주어 500회전 시험을 한 후, 직경 3.15mm의 체로 걸러내어 체에 잔류하고 있는 목재펠릿의 무게를 측정하였다.

(7) 흡습율

제조된 목재펠릿의 흡습율은 생산제품의 보관 시 중요한 인자로서, 연소기에서 연소시 열효율성에 밀접한 관계가 되기 때문에 이에 대한 실험을 실시하였다. 즉, 보관 중 수분에 대한 저항성의 정도를 알아보기 위하여 목재의 흡습성 시험방법(KS F 2205, 2004)에 의거 상대습도 90%, 온도20℃로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정하여 비교하였다. 흡습율 측정에 사용된 계산식은 [(기건무게-흡습후무게)/기건무게]×100의 식에 따라 구하였다.

(8) 원소측정

제조된 펠릿의 원소측정은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 ICP-AES, Elemental Analyzer를 측정 하였다. ICP-AES를 측정 시, 시료의 전처리를 위해 시료를 무게 0.1000g 까지 무게를 단 후 HNO₃를 넣고 watch glass를 닫은 상태에서 hot plate 위에 약200℃ 정도에서 반응을 시킨다. 산에 의해 분해된 시료를 beaker에 넣고 증발시킨 후 산의 농도가 1~5%정도 되도록 한다. 이러한 시료를 무게 20.0000g 까지 무게를 단 후

ICP-OES (Model : JY Ultima2C (1.5KW 40.68MHz) Jobin Yvon, France)를 이용하여 분석하였다. Elemental Analyzer 측정은 펠릿의 샘플을 2.0Mg 내외로 하여 온도 1100℃에서 Flash EA 1112series/ CE Instruments를 이용하여 측정 하였다.

마. 실험 결과

(1) 함수율

(가) 톱밥 함수율

본 실험과정 전, 예비실험을 실시한 결과, 실험에 사용한 펠릿제조기에서 펠릿이 가장 잘 제조되는 시험조건은 톱밥함수율 15%가 가장 적절함을 알 수 있었다. 따라서 톱밥함수율은 15%로 조정 하였다.

(나) 목재펠릿의 함수율

제조된 펠릿의 함수율은 제조 후 24시간 경과 후 측정하였으며, 표 17에서 보여 주듯이 평균 8.01~9.87%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10% 이하를 만족시켰다.

표 17. Moisture contents of manufactured pellets

Raw materials	Moisture contents (%)
Control	9.12(0.25)
콩기름을 첨가한 펠릿	8.01(0.28)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	9.34(0.69)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	9.20(0.19)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	9.87(0.37)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

일반적인 경우, 목재의 펠릿 성형은 약 12% 톱밥이 다이(Dies)와 롤러(Roller)가 부착된 성형틀 내에 투입될 때 고속 회전하는 롤러에 의해 발생된 열처리 효과와 고압력에 의해 다이의 원형구멍(holes)을 소량씩 적층되면서 통과되어 2.5~3배로 압축되는 과정으로 이루어진다. 이 과정에서 목재가 가소화되면서 유동화 되어 톱밥간에 결합이 이루어지고 수분이 증발되며, 또한 성형기 통과 후 대기노출이나 냉각과정을 거쳐 함수율이 증발된다. 따라서 일반적으로 목재펠릿 제품은 약 10% 미만의 함수율이 되며, 본 실험에서도 이와 같은 압축·성형 과정의 결과로 10% 미만의 펠릿 함수율을 나타냈다.

(2) 발열량

펠릿제품의 발열량은 원재료의 첨가물에 따른 영향이 크다고 할 수 있다. 제조된 목재펠릿의 열량적 특성에 대한 품질 평가로서 고위 발열량을 분석한 결과 표 18과

같다.

표 18. Heating values of manufactured pellets

Raw materials	Heating value (Kcal/kg)
Control	4538.92(0.05)
콩기름을 첨가한 펠릿	4690.91(0.09)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	4557.01(0.14)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	4523.41(0.08)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	4513.21(0.03)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

제조된 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급 (4300kcal/kg)을 상회하였으며, 사용된 톱밥이 동일 수종이기 때문에 톱밥 특성에 의한 발열량의 차이는 없으며, 첨가제에 의한 차이점을 볼 수 있다. Control(4538.92kcal/kg)은 첨가제를 넣어 제조된 콩기름 펠릿(4690.91kcal/kg), 폐콩기름 펠릿(4557.01kcal/kg) 보다 낮은 발열량을 나타내고 있으나, 오존산화 콩기름 펠릿(4523.41kcal/kg), 오존산화 폐콩기름 펠릿(4513.21kcal/kg)은 Control 펠릿 보다 낮은 발열량을 보이고 있다.

수종 리기다만을 원료로한 Control의 발열량(4538.92Kcal/kg)은 수종 낙엽송만을 원료로한 Control의 발열량(4492.30kcal/kg)에 비해 약간 높은 수치를 보이고 있는데, 이는 원료 리기다가 추재부에 큰 수지구를 갖는 수종이어서 톱밥에 수지가 섞여 있는 관계로 나타난 현상으로 볼 수 있다. 따라서 수종 리기다에 첨가제(콩기름 등)를 첨가한 전반적인 펠릿의 발열량이 수종 낙엽송으로 제조된 것에 비해 오존산화 폐콩기름을 첨가한 것을 제외하고는 전반적으로 높은 값을 보였으나, 그 값이 큰 차이가 나지 않았다. 그 값의 차이가 크지 않은 것은 콩기름등의 첨가제가 그 양이 3%정도의 미약한 것이어서 그 영향이 적은 것으로 판단된다.

(3) 회분

제조된 펠릿의 회분량을 측정하기 위하여 탄화로를 사용하여 규정(목재펠릿품질규격 기준의 제5조)된 온도 스케줄에 의거 탄화시험을 하였다.

표 19. Ash contents of manufactured pellets

Raw materials	Ash Content (%)
---------------	-----------------

Control	0.53(0.22)
콩기름을 첨가한 펠릿	0.48(0.15)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.50(0.17)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	0.38(0.07)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.49(0.02)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

펠릿의 회분은 평균 0.38~0.53%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타나(표 19), 가정용으로 사용이 가능한 고품질의 펠릿으로 판단되었다.

(4) 겉보기 밀도

표 20은 겉보기 밀도의 평균 값을 제시한 것으로서, 제조한 펠릿 중 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿이 품질기준 1급(640kg/m³)을 만족시켰다. 나머지 펠릿은 품질기준 2급(600kg/m³)을 상회 하였다. 이러한 결과의 전체적인 흐름을 보았을때, 대부분 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 겉보기 밀도가 높게 나타났다. 이는, 기름의 특수성이 펠릿 제조시 펠릿 성형기의 윤활유 역할을 하므로서 톱밥의 압축·성형이 용이하도록 하여 각각 펠릿의 밀도가 향상되어 겉보기 밀도가 증가된 것으로 사료된다.

표 20. Apparent densities of manufactured pellets

Raw materials	Densities (kg/m ³)
Control	622(0.08)
콩기름을 첨가한 펠릿	637(0.12)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	630(0.04)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	631(0.09)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	651(0.15)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(5) 내구성

표 21은 제조된 펠릿의 내구성을 조사한 결과이다. 제조된 펠릿의 내구성은 오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿(98.02%), 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿(98.02%)이 품질 기준1급(97.5%이상)을 만족하였다. 이 밖에 Control(93.90%), 콩기름을 첨가한 펠릿(97.34%), 폐콩기름을 첨가한 펠릿(97.28%)은 품질 기준 3급(95%이상)이 나왔으

나, 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control보다 내구성이 좋게 나왔음을 알 수 있다.

표 21. Durabilities of manufactured pellets

Raw materials	Durabilities (%)
Control	93.90(1.24)
콩기름을 첨가한 펠릿	97.34(0.08)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	97.28(0.28)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	98.02(0.22)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	98.02(0.35)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(6) 흡습율

표 22는 펠릿제품의 흡습율을 조사한 것이다. 펠릿제품의 수분량은 연소시 연소효율에 밀접한 영향을 미치기 때문에 펠릿의 흡습성은 중요한 인자이며 제품의 유통과정에서 흡습되지 않도록 해야 한다.

표 22. Water absorption ratios of manufactured pellets

Raw materials	Water absorption Ratios (%)	
	After 24 hour	After 5 days
Control	2.4590(0.09)	3.7470(0.05)
콩기름을 첨가한 펠릿	2.4017(0.04)	3.7410(0.09)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.4241(0.07)	3.4457(0.06)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	2.3583(0.07)	3.6044(0.13)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.0974(0.03)	3.1968(0.10)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

본 연구를 통해 Control과 첨가제 종류별로 제조된 펠릿의 흡습율을 측정한 결과, 24시간 후 흡습율에서 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 낮은 흡습율을 나타냈으며, 5일 경과 후에도 Control 보다 첨가제를 첨가한 펠릿이 여전히 흡습율 감소 현상을 보이고 있다. 이는 첨가제 기름성분의 물리·화학적 특성이 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단된다. 결국, 흡습율은 제품 운반 및 보관 시, 목재와 반응하여 나타나는 현상이다. 흡습율이 높은 제품일수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고 또한, 높은 함수율의 펠릿의 연소는 연소 기기에서의 발열 효율성이 떨어지는 현상이 나타나게 된다. 따라서 제품의 흡습율이 낮은 것이 제품의 유통과정상 상품성이 유리하다.

(7) 원소분석

(가) ICP-AES

제조된 펠릿의 ICP-AES 측정 결과, 황의 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.05%) 이하를 만족시켰다. 그 중 콩기름을 첨가한 펠릿(0.0240%), 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿(0.0125%)이 Control(0.0103%) 보다 황의 함량이 많았으나, 이는 목재펠릿의 품질기준에 적용하여 보았을 때 큰 차이점으로 볼 수 없다.

표 23. Concentration of elements from manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
Ca	0.0704	0.0990	0.0722	0.0663	0.0698
K	0.0469	0.0816	0.0501	0.0439	0.0488
Mg	0.0195	0.0306	0.0196	0.0186	0.0197
P	0.0076	0.0339	0.0088	0.0059	0.0075
S	0.0103	0.0240	0.0093	0.0089	0.0125

(나) Elemental Analyzer

표 24는 EA의 측정 결과를 나타낸 것으로, 제조된 모든 펠릿의 질소 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.3%) 이하를 만족시켰다.

표 24. Elemental analyzer of manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
N	0.18	0.21	0.18	0.13	0.18
C	61.03	60.96	61.63	59.32	60.75
H	5.96	5.82	6.05	5.58	5.42
O	23.90	22.52	24.36	23.44	23.98

4. 소나무 펠릿 제조실험 및 결과

가. 실험재료

(1) 소나무 톱밥

펠릿제조용 공시 원재료는 국내산 소나무 수종의 톱밥을 사용하였다. 사용 된 톱밥은 국립산림과학원에서 펠릿제조를 위한 원 재료로 분양받는다.

(2) 콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 식물성 기름은 현재 시판되고 있는 C사의 식용유인 콩기름(Soybean oil)을 사용하였다.

(3) 폐콩기름

펠릿제조에 사용된 원료인 폐콩기름은 현재 시판되고 있는 C사의 콩기름으로 닭을 튀기고 남은 기름을 통닭집에서 구매하여 사용하였다. 구매한 폐콩기름은 미세한 천(광목)을 사용하여 찌꺼기를 걸렀다.

나. 오존처리 방법

(1) 콩기름 오존처리

콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

(2) 폐콩기름 오존처리

폐콩기름을 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm² 의 조건, 즉, 오존농도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 펠릿 제조용 원료로 사용하였다. 오존처리조건은 오존발생기 제조회사에서 추천하는 범위에서 적용하였다.

다. 목재펠릿의 제조

공시 원료의 톱밥은 자연건조 후 함수율 15%로 조정하여 원료로 사용하였다. 준비된 소나무 톱밥에 콩기름, 폐콩기름, 오존산화 콩기름, 오존산화 폐콩기름을 무게대비 3% 첨가하여 펠릿을 제조하였으며, 대조구로 무처리 펠릿을 제조하였다. 펠릿제조를 위한 성형기는 생산 capacity 500kg/hr의 평다이(Flat dies type, hole 직경

6mm, 2개 roller)를 사용하였다. 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목재펠릿은 지름 6(-0.1~0.2) mm, 길이 10~30±2 mm이었고, 실험실 내에서 24시간 자연건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목재펠릿 중 미리 직경 3.15mm 체(ISO 3310-2에 규정)위에 남는 것을 시험분석용 샘플로 사용하였다.

라. 펠릿 품질분석

(1) 품질분석

제조된 목질펠릿의 함수율, 발열량, 회분, 겉보기밀도, 내구성에 대한 측정방법은 국립산림과학원 고시 제 2009-2호(2009.5.21일)의 '목재펠릿품질규격' 기준의 제5조(품질 및 품질시험 기준)에 의거 측정 분석하였다. 그 외 흡습율 및 펠릿의 원소측정을 실시하였다.

(2) 함수율

제조된 목질펠릿의 함수율은 덮개가 있는 칭량병을 105±3℃에서 건조 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시켰다. 펠릿은 최소 20g를 칭량병에 균일한 층으로 넣고 덮개를 포함하여 무게를 측정하였다. 그 후 덮개를 제거하고 105±3℃의 온도에서 시료를 포함한 접시의 무게가 변화가 없을 때까지 건조한 후 오븐에서 덮개를 씌워 데시케이터에서 상온까지 냉각시켰다. 이런 과정을 거친 후 다음의 계산식을 이용하여 함수율 값을 구하였다.

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

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

(3) 발열량

제조된 목질펠릿의 열량적 특성에 대한 품질평가로서 발열량의 측정방법은 측정할 시료를 열풍건조기의 온도가 105±3℃에서 항량에 도달할 때까지 건조한 후 데시케이터에서 상온으로 냉각시킨 후, 무게를 측정하여 계산하였다. 발열량은 건조된 시료 0.5g을 열량계(Parr 6 calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도변화로부터 열량을 계산하였다.

(4) 회분

회분 측정방법으로는 시료 1g 정도를 탄화로(Furnace)에서 품질규격에 규정된 시험방법에서 정한 승온스케줄(250℃에서 60분, 575℃에서 120분)에 의해 연소시험 후, 잔재의 무게를 측정하였다.

(5) 겉보기밀도

겉보기 밀도에 사용된 용기는 원기둥 형태로서 총 부피 5리터로 내경이 167mm이고 내부 높이가 228mm이었다. 펠릿을 용기의 상부 테두리로부터 200-300mm 떨어진 곳으로부터 부어 산을 이루게 한 후 이를 150mm의 높이로부터 평평한 바닥 위에 놓여진 15mm 두께의 나무판 위에 수직으로 떨어뜨려 3회 다지고, 용기 위에 남은 펠릿은 50mm 정각재를 이용하여 제거한 후 무게를 측정하였다.

(6) 내구성

내구성 측정방법은 미리 직경 3.15mm의 체(ISO 3310-2에 규정)로 걸러진 목재펠릿 500±50g 을 0.01g 수준까지 무게를 측정하여 내구성시험기(CEN/TS15210-1에 규정)에 넣고 분당 50±2 회전을 주어 500회전 시험을 한 후, 직경 3.15mm의 체로 걸러내어 체에 잔류하고 있는 목재펠릿의 무게를 측정하였다.

(7) 흡습율

제조된 목재펠릿의 흡습율은 생산제품의 보관 시 중요한 인자로서, 연소기에서 연소시 열효율성에 밀접한 관계가 되기 때문에 이에 대한 실험을 실시하였다. 즉, 보관 중 수분에 대한 저항성의 정도를 알아보기 위하여 목재의 흡습성 시험방법(KS F 2205, 2004)에 의거 상대습도 90%, 온도20℃로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정하여 비교하였다. 흡습율 측정에 사용된 계산식은 [(기건무게-흡습후무게)/기건무게]×100의 식에 따라 구하였다.

(8) 원소측정

제조된 펠릿의 원소측정은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 ICP-AES, Elemental Analyzer를 측정 하였다. ICP-AES를 측정 시, 시료의 전처리를 위해 시료를 무게 0.1000g 까지 무게를 단 후 HNO₃를 넣고 watch glass를 닫은 상태에서 hot plate 위에 약200℃ 정도에서 반응을 시킨다. 산에 의해 분해된 시료를 beaker 에 넣고 증발시킨 후 산의 농도가 1~5%정도 되도록 한다. 이러한 시료를 무게 20.0000g 까지 무게를 단 후 ICP-OES (Model : JY Ultima2C (1.5KW 40.68MHz) Jobin Yvon, France)를 이용하여 분석하였다. Elemental Analyzer 측정은 펠릿의 샘플을 2.0Mg 내외로 하여 온도 1100℃에서 Flash EA 1112series/ CE Instruments를 이용하여 측정 하였다.

마. 실험 결과

(1) 함수율

(가) 톱밥 함수율

본 실험과정 전, 예비실험을 실시한 결과, 실험에 사용한 펠릿제조기에서 펠릿이 가장 잘 제조되는 시험조건은 톱밥함수율 15%가 가장 적절함을 알 수 있었다. 따라서 톱밥함수율은 15%로 조정 하였다.

(나) 목재펠릿의 함수율

제조된 펠릿의 함수율은 제조 후 24시간 경과 후 측정하였으며, 표 25에서 보여 주듯이 평균 6.37~8.74%로 나타나 목재펠릿의 품질기준 1급 10% 이하를 만족시켰다.

표 25. Moisture contents of manufactured pellets

Raw materials	Moisture contents (%)
Control	7.75(0.03)
콩기름을 첨가한 펠릿	6.37(0.16)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	8.11(0.30)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	7.56(0.42)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	8.74(0.14)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

일반적인 경우, 목재의 펠릿 성형은 약 12% 톱밥이 다이(Dies)와 롤러(Roller)가 부착된 성형틀 내에 투입될 때 고속 회전하는 롤러에 의해 발생된 열처리 효과와 고압력에 의해 다이의 원형구멍(holes)을 소량씩 적층되면서 통과되어 2.5~3배로 압축되는 과정으로 이루어진다. 이 과정에서 목재가 가소화되면서 유동화 되어 톱밥간에 결합이 이루어지고 수분이 증발되며, 또한 성형기 통과 후 대기노출이나 냉각과정을 거쳐 함수율이 증발된다. 따라서 일반적으로 목재펠릿 제품은 약 10% 미만의 함수율이 되며, 본 실험에서도 이와 같은 압축·성형 과정의 결과로 10% 미만의 펠릿 함수율을 나타냈다.

(2) 발열량

펠릿제품의 발열량은 원재료의 첨가물에 따른 영향이 크다고 할 수 있다. 제조된

목재펠릿의 열량적 특성에 대한 품질 평가로서 고위 발열량을 분석한 결과 표 26과 같다.

표 26. Heating values of manufactured pellets

Raw materials	Heating value (Kcal/kg)
Control	4639.55(0.07)
콩기름를 첨가한 펠릿	4824.06(0.10)
폐콩기름를 첨가한 펠릿	4656.30(0.04)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	4646.08(0.08)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	4642.72(0.06)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

제조된 펠릿제품의 발열량 측정결과는 품질기준인 1등급 (4300kcal/kg)을 상회하였으며, 사용된 톱밥이 동일 수종이기 때문에 톱밥 특성에 의한 발열량의 차이는 없으며, 첨가제에 의한 차이점을 볼 수 있다. Control(4639.55kcal/kg)은 첨가제를 넣어 제조된 콩기름 펠릿(4824.06kcal/kg), 폐콩기름 펠릿(4656.30kcal/kg), 오존산화 콩기름 펠릿(4646.08kcal/kg), 오존산화 폐콩기름 펠릿(4642.72kcal/kg)보다 낮은 발열량을 나타내고 있다. 이는 기름의 화학적 특수성이 펠릿 연소 시 발열량을 높여 주어 연소 효율성에 영향을 미치는 중요한 부분으로 인식된다.

한편, 수종 소나무만을 원료로 제조한 Control의 발열량(4639.55kcal/kg)은 수종 낙엽송만을 원료로 제조한 Control의 발열량(4492.30kcal/kg) 보다 높게 나타났음을 알 수 있다. 이러한 이유는 수종 소나무의 비중이 0.47로서 낙엽송 0.61보다 훨씬 낮아서, 원료 목질의 비중에 대한 펠릿의 비중 즉, 압축도(Compaction ratio)에서 소나무가 높은 관계로 연소물질인 목질부의 양이 더 많아서 발열량이 높게 나타난 것으로 판단된다.

(3) 회분

제조된 펠릿의 회분량을 측정하기 위하여 탄화로를 사용하여 규정(목재펠릿품질규격 기준의 제5조)된 온도 스케줄에 의거 탄화시험을 하였다.

표 27. Ash contents of manufactured pellets

Raw materials	Ash Content (%)
Control	0.50(0.13)

콩기름을 첨가한 펠릿	0.46(0.02)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.43(0.01)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	0.44(0.17)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	0.48(0.04)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

펠릿의 회분은 평균 0.43~0.50%로 품질규격 1급의 0.7% 미만의 범주에 속한 것으로 나타나(표 27), 가정용으로 사용이 가능한 고품질의 펠릿으로 판단되었다.

(4) 겉보기 밀도

표 28은 겉보기 밀도의 평균 값을 제시한 것으로서, 제조한 펠릿 모두가 품질기준 1급(640kg/m³)을 만족시켰다. 이러한 결과의 전체적인 흐름을 보았을 때, 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 겉보기 밀도가 높게 나타났다. 이는, 기름의 특수성이 펠릿 제조시 펠릿 성형기의 윤활유 역할을 하므로써 톱밥의 압축·성형이 용이하도록 하여 각각 펠릿의 밀도가 향상되어 겉보기 밀도가 증가된 것으로 사료된다.

표 28. Apparent densities of manufactured pellets

Raw materials	Densities (kg/m ³)
Control	648(0.10)
콩기름을 첨가한 펠릿	668(0.04)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	665(0.06)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	662(0.12)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	656(0.19)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(5) 내구성

표 29는 제조된 펠릿의 내구성을 조사한 결과이다. 제조된 펠릿의 내구성은 오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿(97.90%), 오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿(98.78%)이 품질 기준 1급(97.5% 이상)을 만족하였다. 이 밖에 Control(95.07%), 콩기름을 첨가한 펠릿(95.90%), 폐콩기름을 첨가한 펠릿(95.53%)은 품질 기준 3급(95% 이상)이 나왔으나, 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control보다 내구성이 좋게 나왔음을 알 수 있다.

표 29. Durabilities of manufactured pellets

Raw materials	Durabilities (%)
Control	95.07(0.06)
콩기름을 첨가한 펠릿	95.90(0.09)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	95.53(0.42)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	97.90(0.57)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	98.78(0.12)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

(6) 흡습율

표 30은 펠릿제품의 흡습율을 조사한 것이다. 펠릿제품의 수분량은 연소시 연소효율에 밀접한 영향을 미치기 때문에 펠릿의 흡습성은 중요한 인자이며 제품의 유통과정에서 흡습되지 않도록 해야 한다.

표 30. Water absorption ratios of manufactured pellets

Raw materials	Water absorption Ratios (%)	
	After 24 hour	After 5 days
Control	2.9646(0.06)	4.4469(0.08)
콩기름을 첨가한 펠릿	2.4159(0.03)	3.9915(0.02)
폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.9067(0.11)	4.0380(0.05)
오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	2.9094(0.13)	4.4181(0.08)
오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿	2.6431(0.07)	4.2951(0.06)

* 주 : ()는 Standard Deviation.

본 연구를 통해 Control과 첨가제 종류별로 제조된 펠릿의 흡습율을 측정한 결과, 24시간 후 흡습율에서 첨가제를 첨가한 펠릿이 Control 보다 낮은 흡습율을 나타냈으며, 5일 경과 후에도 Control 보다 첨가제를 첨가한 펠릿이 여전히 흡습율 감소 현상을 보이고 있다. 이는 첨가제 기름성분의 물리·화학적 특성이 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단된다. 결국, 흡습율은 제품 운반 및 보관 시, 목재와 반응하여 나타나는 현상이다. 흡습율이 높은 제품일수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고 또한, 높은 함수율의 펠릿의 연소는 연소 기기에서의 발열 효율성이 떨어지는 현상이 나타나게 된다. 따라서 제품의 흡습율이 낮은 것이 제품의 유통과정상 상품성이 유리하다.

(7) 원소분석

(가) ICP-AES

제조된 펠릿의 ICP-AES 측정 결과, 황의 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.05%) 이하를 만족시켰다. Control(0.0119%)은 첨가제를 넣어 제조된 콩기름 펠릿(0.0095%), 폐콩기름 펠릿(0.0086%), 오존산화 콩기름 펠릿(0.0089%), 오존산화 폐콩기름 펠릿(0.0087%)보다 높은 황 함유량을 나타내고 있다.

표 31. Concentration of elements from manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
Ca	0.1458	0.1388	0.1346	0.1456	0.1350
K	0.0502	0.0543	0.0495	0.0508	0.0480
Mg	0.0190	0.0202	0.0182	0.0193	0.0181
P	0.0075	0.0103	0.0068	0.0068	0.0064
S	0.0119	0.0095	0.0086	0.0089	0.0087

(나) Elemental Analyzer

표 32는 EA의 측정 결과를 나타낸 것으로, 제조된 모든 펠릿의 질소 함유량이 목재펠릿의 품질기준 1급(0.3%) 이하를 만족시켰다.

표 32. Elemental analyzer of manufactured pellets (%)

	Control	콩기름을 첨가한 펠릿	폐식용유를 첨가한 펠릿	오존산화 콩기름을 첨가한 펠릿	오존산화 폐콩기름을 첨가한 펠릿
N	0.15	0.18	0.14	0.14	0.16
C	61.42	62.37	61.25	61.65	59.79
H	5.56	6.04	5.62	5.45	5.32
O	21.34	23.41	22.57	23.08	22.80

5. 경제성

목재 펠릿을 생산시에 펠릿 제조 주요 부품인 Die 와 Roller에 고압력이 걸리는 문제점을 안고 있다. 이는 제품 제조시 고부하가 걸리는 관계로 전기소모량의 증가와 Die 와 Roller의 수명, 그리고 생산성과 밀접한 관계를 갖고 있다.

본 연구에서는 이에 대한 문제를 해결하기 위하여, 폐콩기름, 콩기름, 오존산화 폐콩기름, 오존산화 콩기름을 첨가제로 사용하여 위의 문제점과 제품품질 중 흡습율 개선을 위한 방안을 마련하고자 하였으며, 이에 관한 내용을 기준으로 특허를 출원하였다.

첫째, 현재 중부권에서 1일 생산규모 50ton의 생산성을 갖고 있는 S 기업체의 기술정보에 따르면, Die의 교체주기가 3주 간격으로 2번 재생하여 사용하며, 새 Die 가격이 450만원이고, 1번 재생 시 70만원이 소요되므로 2번 재생할 때 총 140만원 (70만원×2)이 소요되어 총 9주 동안 Die에 투자되는 비용이 약 600만원으로 보고하고 있다. 따라서 1달에 약 300만원 비용소모를 잡고 있다.

한편 Roller는 교체시기가 2달에 한번으로 420만원이 소요되어 결국 1달에 210만원 소모되는 것으로 예산 편성을 하고 있었다. 따라서 Die 및 Roller에 소모되는 1달 총 비용은 약 500만원이었다.

결론적으로, S회사가 보유하고 있는 1일 생산규모가 50ton 이므로, 한 달 생산량이 1500ton 이 되고, Die 및 Roller에 소모되는 비용은 약 톤당 3,000원 가량 됨을 알 수 있다. 이는 S회사의 pellet 판매가 33만원/ton 을 준하여 계산하면, 생산단가 1%에 해당하는 금액이다.

둘째, S사의 경험에 따르면 Die와 Roller에 걸리는 부하를 줄이기 위하여 보통은 물을 뿌리는데, 이를 Steam 으로 바꾸면 Die의 수명이 2배 증가한다고 한다. 따라서 본 연구의 실험결과를 기준으로 볼 때, 본 실험에서 첨가제로 시용한 콩기름 등을 첨가하면, 더욱 향상된 생산성이 나타나리라 생각된다. 본 연구의 실험결과는 다음과 같다.

표. 33 펠릿의 생산량(특허내용)

낙엽송 펠릿	함수율	첨가제 투입량	목분 투입량	완성된 펠릿량
Control	15%	0%	1kg	270g
3% 식물유 첨가	15%	3%	1kg	425g
3% 오존산화 식물유 첨가	15%	3%	1kg	375g

상기 표 33에서 보듯이 생산된 펠릿의 양은 Control(270g) 보다 식물유를 첨가한 펠릿(425g), 오존산화식물유를 첨가한 펠릿(375g)으로 일반 생산된 펠릿보다 1.38~1.57배 높게 생산됨을 알 수 있다. 결론적으로, 펠릿 성형 시 식물유와 오존산화 식물유는 기름의 물리·화학적 특수성으로 생산기계에 걸리는 부하율을 줄이고 마모의 결함을 완화시켜 펠릿 생산성을 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

결론적으로, 콩기름을 첨가제로 넣었을 경우, Die 및 Roller의 수명이 증가할뿐 아니라, 생산성이 향상됨을 알 수 있다. 이러한 내용을 근거로 할 때, 콩기름등을 첨가제로 할 때 목재펠릿을 제조하면 1) 단위 시간내에 기계 가동율의 향상 2) 전력소

모량 감소 등을 들 수 있으며 이에 따라 1) 인건비 저하 2) 기계감가 상각비 저하 3) 생산단가 저하 등으로 경제적으로 유리한 목재 pellet을 제조 할 것으로 판단된다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점

1. 연구목표 내용 및 달성

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용	달성도 (%)
폐공기름 오존산화 실시	오존처리로 폐공기름을 산화시키면, 폐공기름에 불포화 이중결합이 산화되어 이중결합이 개열된다. 이중결합의 개열정도에 따라 타물질(목재 등) 결합반응을 하게된다.	폐공기름을 아세톤에 용해하고 오존발생기를 사용하여 유량0.5LPM, 압력 1kg/cm ² 의 조건으로 혼합기체를 흘려보내면서 1시간, 2시간, 3시간 오존산화처리 하여 폐공기름에 함유되어 있는 이중결합을 개열시켰다.	100
화학변성 폐공기름의 구조분석 (NMR,FT-IR,GC-MS,DSC,TGA)	오존산화 처리된 폐공기름의 구조분석을 하기 위하여 FT-IR, NMR, GC-MS로 분석하고, 폐공기름의 반응성을 조사하여 MDI와의 접착성능을 DSC, TGA로 분석하였다.	오존산화 처리된 폐공기름의 이중결합의 산화개열 정도를 알기위하여 먼저 FT-IR을 찍어 FT-IR spectroscopy를 사용하여 1시간, 2시간,3시간 오존산화가 진행될 수록 3010cm ⁻¹ 부근의 흡수대가 사라지고 1700cm ⁻¹ 부근의 카르복실기의 흡수대가 시간이 지날수록 크게 나타났다. 특히, 3시간대에 3010cm ⁻¹ 부근에 이중결합이 완전히 깨졌다. 따라서 오존산화처리로 산화개열된 폐공기름의 목재와의 접착성을 조사하기 위하여 MDI와 3시간 처리된 폐공기름을 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4등의 비율로 반응시켜 접착성능을 조사하였다. 이를 통해 결합력이 1:0.5<1:0.75<1:1<1:4<1:2<1:3으로 1:2~1:3에서 적정당량을 나타냄을 알 수 있다. DSC는 접착제의 물성변화를 위한 분석으로 고체인 시료에 열을 가함을 통해 어느 시점에서 물성이 변화되는 지를 알아 보았고 개열된 폐식용유의 분자분포 등을 알아보기 위한 NMR, GC-MS를 측정 하였다.	100
국산재 (낙엽송, 리기다, 소나무) 화 반응성검토	폐식용유를 첨가한 목재펠릿의 특성을 조사하기 위하여 우선 폐식용유 첨가전의 펠릿을 톱밥의 특성별, 형태별로 나누어서 제조한 후 그 특성을 조사하였다. 또한 식용유를 첨가한 펠릿의 특성을 조사	세가지 수종으로 펠릿을 제조 하여 제조된 펠릿의 함수율, 겉보기밀도, 회분, 내구성, 흡습율, 발열량, 원소분석을 하였다.	100

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1절 연구개발성과

1. 기술실시(이전): 3건

가. 품목

- (1) 목재 pellet 기기 제작 기술
- (2) 목재 pellet 내구력 시험기
- (3) 콩기름 첨가제에 따른 생산성 향상 및 품질 특허

나. 대상: 참여기업

2. 상품화: 2건

가. 품목

- (1) 목재 pellet 기기 제작
- (2) 목재 pellet 내구력 시험기

나. 대상: 참여기업

3. 교육지도: 1건

가. 대상: 바이오에너지 관심자 40명

나. 장소: 경상대학교 바이오 양성 사업단

다. 일시: 2009년 9월 24일

4. 언론홍보: 2건

가. 장소: 양재 AT 센터

나. 일시: 2009년 3월 24일 ~ 27일

다. 내용: 2010년 대한민국 산림바이오에너지 박람회 전시

- (1) 참여기업에서 제작한 pellet 기기
- (2) pellet 내구력 시험기

5. 논문게재 성과

게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2009.12	오존산화 처리한 폐식 용유의 화학구조 변화 와 pMDI와의 접착력	강찬영	박 헌	이용수, 류재윤, 이현중, 서준원	목재공학	38(4)	국내	비SCI
2009.12	페아세톤을 이용한 오 존처리 콩기름의 화학 구조 변화와 MDI와의 접착력에 관한 연구	이용수	박 헌	강찬영	건국자연과 학연구지	20집	국내	비SCI
2010.01	낙엽송 톱밥특성에 따 른 목재 펠릿제조 및 특성조사	류재윤	박 헌	강찬영, 이용수, 서준원, 이현중	목재공학	38(1)	국내	비SCI
2010.12	식물유 및 오존산화 식물유를 첨가한 목재 펠릿의 품질특성에 관 한연구 수종 낙엽송 을 중심으로-	이용수	박 헌	강찬영	목재공학	심사중	국내	비SCI
2010.12	식물유 및 오존산화 식물유를 첨가한 목재 펠릿의 품질특성에 관 한연구 수종 리기다 를 중심으로-	이용수	박 헌	강찬영	목재공학	심사중	국내	비SCI
2010.12	식물유 및 오존산화 식물유를 첨가한 목재 펠릿의 품질특성에 관 한연구 수종 소나무 를 중심으로-	이용수	박 헌	강찬영	목재공학	심사중	국내	비SCI

- 기존 논문은 원료 및 생산기기 및 제품관련에 대한 분야에 치중되어 있으나, 본 연구과제에서는 천연물질 첨가에 따른 제품의 품질향상에 대하여 논문 등을 한국 목재공학회지 등에 게재하였음.

6. 특허 성과

출원된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2010.12.03	식물유 또는 오 존산화 식물유를 첨가하여 제조한 펠릿 및 그 제조 방법	건국대학교 산학협력단 외 명	한국	10-2010-0122774

- 기존 특허는 특허제조기기 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 pellet 에 첨가제로 오존처리 폐식용유를 첨가하는 방향으로 특허를 국내에 출원하였

음.

2절 성과활용 계획

1. 타 바이오재료의 pellet 연료화에 특허기술 응용
2. 특허기술을 응용한 참여기업의 구체적 응용사업에 기술 제공 및 자문
3. 정부 pellet 사업에 활용토록 협조
4. 유관기관 및 관련업체 자료 배부
5. pellet 박람회 등에 참여 및 홍보

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보

- 유 럽

2004년 EU의 산림바이오에너지 사용량은 1차에너지 사용량의 3.6%인 55.4MTOE로 보고 되었다. 국별로는 프랑스, 스웨덴, 폴란드가 뒤를 잇고 있다. EU는 발전차액과 같은 정책지원을 마련하여 2004년 산림바이오에너지 전기생산량이 23% 증가하였으며 2010년 산림바이오 에너지 사용비율 목표를 12%로 설정하고 있다. 독일은 펠릿보일러 지역난방을 확대하는 등 산림바이오에너지 사용 비중을 현재 1.5%에서 2010년 4%로 확대하기로 하였다. 영국은 농지에 바이오순환림을 재배할 경우 농지 손실을 15년까지 매년 보상기로 하는 등 산림바이오에너지 자원 육성에 적극적으로 나서고 있다.

- 미 국

미국은 총에너지 사용량의 6%를 신재생에너지로 사용하고 있으며 그 중47%를 바이오에너지가 차지하고 있다. 바이오에너지 중 목질계 비율이 70%로 나타나 2004년 미국의 산림바이오에너지 사용량은 EU와 비슷한 50.6MTOE로 추정되고 있다. 미국의 산림바이오에너지 발전용량은 5891MW로 전체 전력 용량의 0.6%로 집계되고 있다. 미국내 바이오매스 이용량 비중을 2030년까지 바이오전력 5%, 수송용바이오연료 20%, 바이오제품 25%까지 비중 확대 목표치를 제시하였다. 바이오매스에 의한 발전확대 및 보급체계 구축하기 위해 「Biopower Program」을 수립하고 2020년까지 바이오에너지 발전량을 35,000MW 목표를 설정하여 1,100만에이커에 9,000만톤 에너지 작물재배 수확 시스템 구축 추진 중이다. 또한 발전소와 바이오연료 공급지 거리를 100km이하로 유지하고 kW당 15¢세금 공제하는 인센티브를 주고 있다.

- 일 본

일본은 재생에너지 생산량은 총에너지의 2.9%인 15.5MTOE이며 산림바이오에너지 사용량은 1차에너지의 2.2%로 추정되고 있다. 정책추진 전략은 지구온난화 방지와 청정에너지 생산, 순환형사회구축, 지역에너지 생산을 통한 지역산업 활성화와 고용창출에 두고 있다. 국가정책과제로서 「지구온난화추진대강」에 바이오에너지 발전 33만kW, 열이용 67만kℓ를 목표로 설정하고 「바이오매스Japan」에 2010년까지 수집시스템 개선으로 숲가꾸기산물 등의 발생량 40%를 에너지나 제품으로 이용 또는 재활용을 목표로 하고 있다. 이를 위해 전기사업자 신에너지 이용에 관한 특별조치

법(RPS법)에 바이오매스발전을 포함시키고 농림수산성 Wood Biomass Town 계획에서 산업체 연료로 임지폐잔재나 제재죽더기를 이용할 경우 다이옥신 대책 비용을 인센티브로 부여하고 있다.

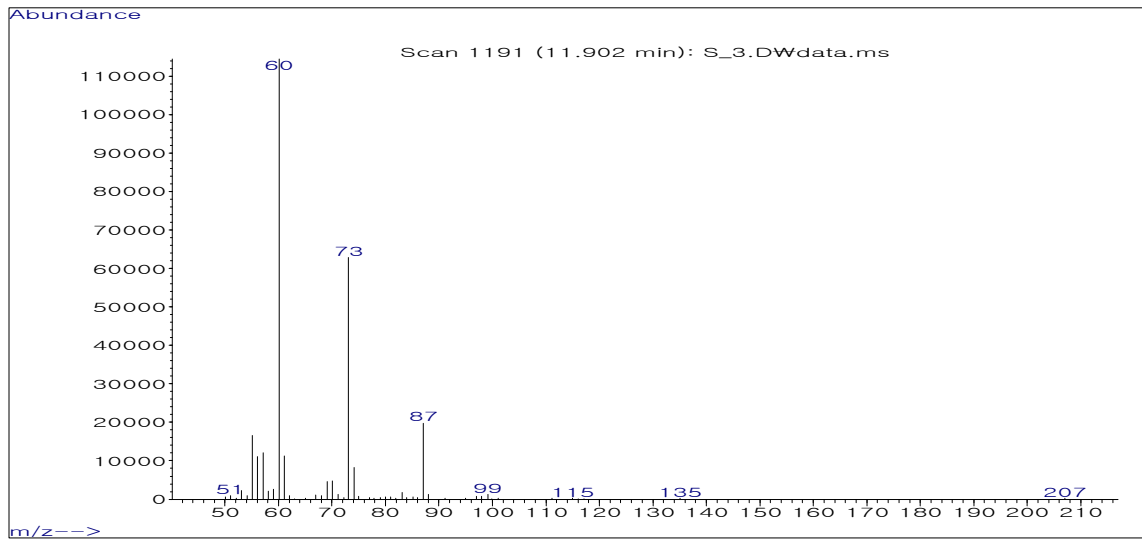
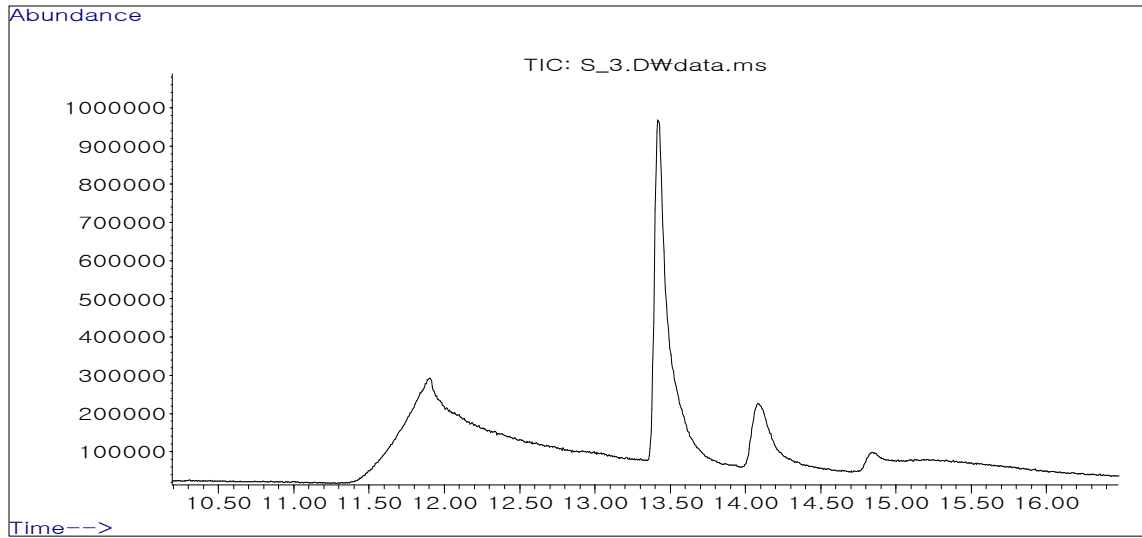
제 7 장 참고 문헌

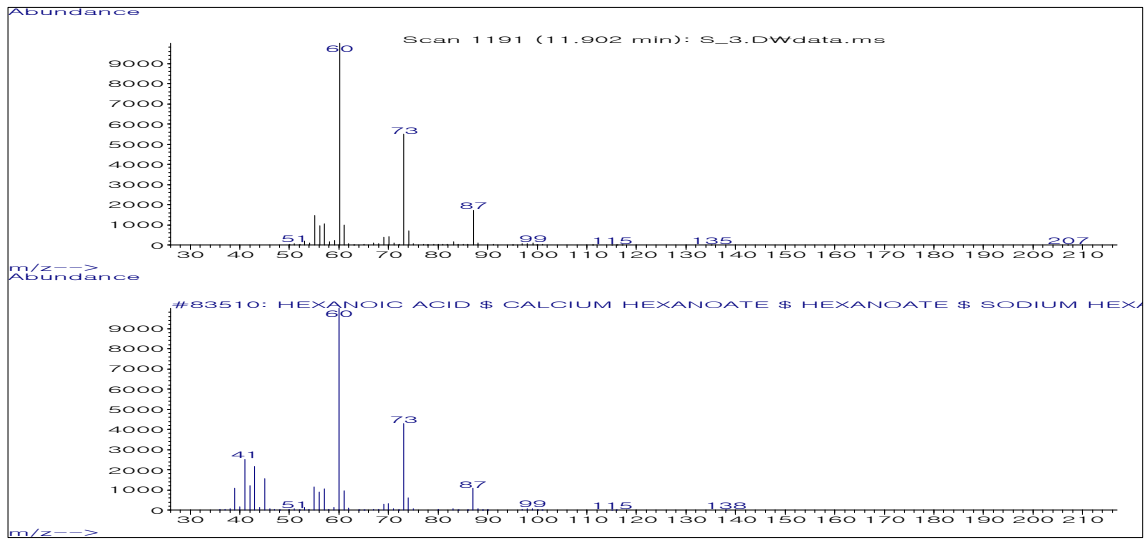
1. Adams, A. D. 1980. Emulsifiable MDI isocyanate binder for particleboard and wafweboard. Proceedings of 14th Washington State University International Symposium on Particleboard., T. M. Maloney, Ed., Washington State Univ., Pullman, WA, pp. 195~205
2. Gunstone, F. D. 1993, The study of natural epoxy oils and epoxidized vegetable oils by ^{13}C nuclear magnetic resonance spectroscopy. Journal of the American Oil Chemistry Society, 70: 1139-1144
3. Kang E. C. and ; H. Park. 2007. Curing behavior of urea-formaldehyde resin modified with cooking waste oil-based pMDI prepolymer and its influence on particleboard properties. Forest Prod. J.57(6) : 51~58
4. Marcinko, J. J., S. Devathala., P. L. Rinaldi and S. Bao. 1998. Investigating the molecular and bulk dynamics of PMDI/wood and UF/wood composites. Forest Prod. J. 48(6) : 81~84
5. Narine, S. S., J. Yue and X. Kong. 2007. Production of polyols from Canola oil and their chemical identification and physical properties, J Amer Oil Chem Soc, 84:173-179
6. Nevin, C. S. and Moser, B. F. 1963, Vinyl oil Monomer - vicinal methacryloxy hydroxy soy oils, Journal of Applied Polymer Science, 7: 1853-1855
7. 국립산림과학원. 2008. 산림과학기술 심포지엄 산림환경 보전과 산림자원의 이용. pp. 57~63.
8. 국립산림과학원. 2008. 산림 바이오에너지 국제 학술 심포지엄. Utilization technology and economy of forest biomass. pp. 7~14.

9. 국민대학교. 2008. 산촌형 목질 바이오에너지 공급 시스템의 구축 전략 심포지엄. pp. 1~12.
10. 그린바이오에너지인력양성사업단. 2009. 바이오에너지의 이해. pp. 123~136.
11. 류재윤, 강찬영, 이용수, 서준원, 이현중, 박헌. 2010. 국내산 낙엽송의 톱밥 유형에 따른 펠릿특성에 관한 연구. 목재공학. 38(1): pp. 49~55.
12. 서울대학교 농업생명과학대학. 2009. 바이오에너지 심포지엄. Low Carbon, Green Growth. pp. 13~15.
13. 산림환경 보전과 산림자원의 이용. 2008. 산림과학기술 심포지엄.
14. 유영삼, 최진림, 서준원, 박헌, 2006. 콩기름 이용을 위한 지방산-글리세롤-PMDI 와 요소수지 혼용 접착제가 접착성능에 미치는 영향. 목재공학. 34(4): 31-36
15. 유영삼, 이현중, 이택준, 박 헌, 2008, 오존산화 처리한 콩기름을 이용한 변성 pMDI 접착제의 화학구조 및 접착력 변화. 목재공학. 36(4): 37-43
16. 유영삼, 이현중, 이택준, 박 헌, 2009, 오존산화 콩기름의 구조분석 및 이를 이용한 변성 pMDI 접착제의 중량비에 따른 접착력 변화. 목재공학. 37(1): 56-64
17. 한국에너지기술연구원. 2009. 09년 바이오 에너지. pp. 83~109.
18. 한국임업신문. 2009. 제611호. pp.1.
19. 한국임업신문. 2009. 제618호. pp.5.
20. 한규성. 2008. 고체바이오연료시대를 이끌어 가는 목질펠릿. 산림공학기술. 6(3): pp. 260~266.

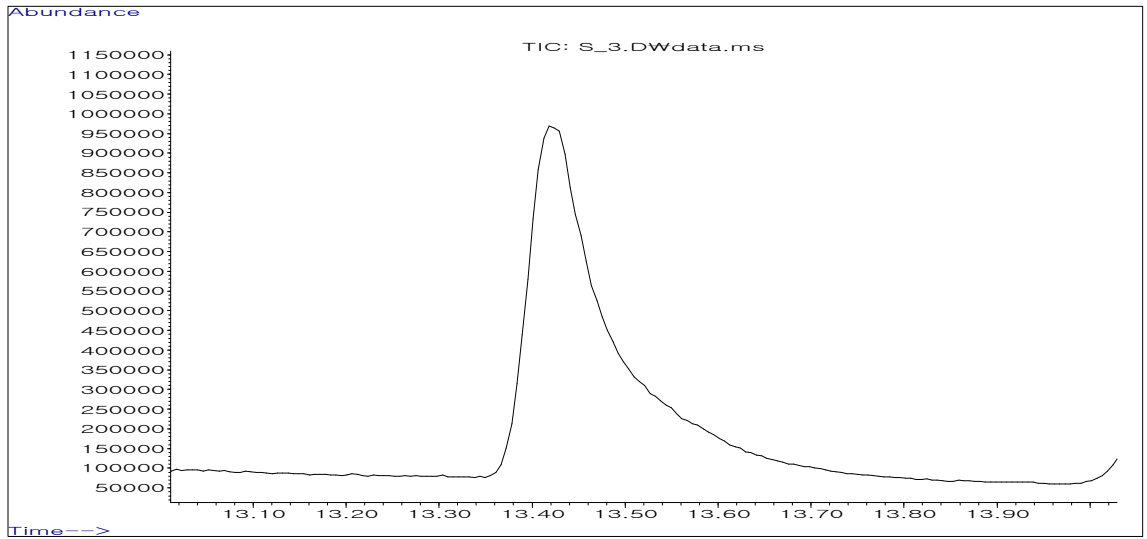
별첨1: GC/MS 분석결과

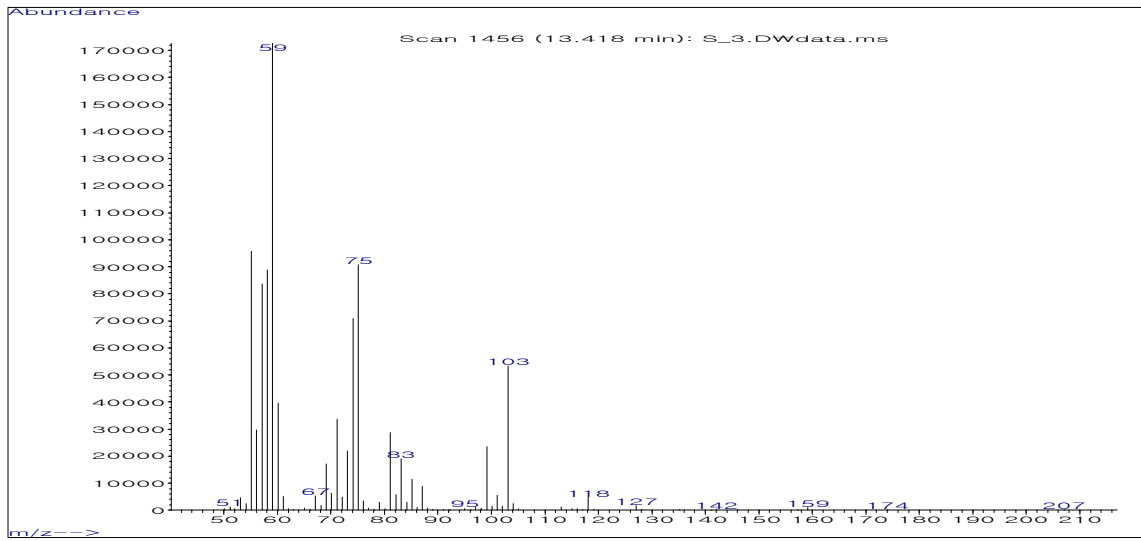
▶ 확대-1



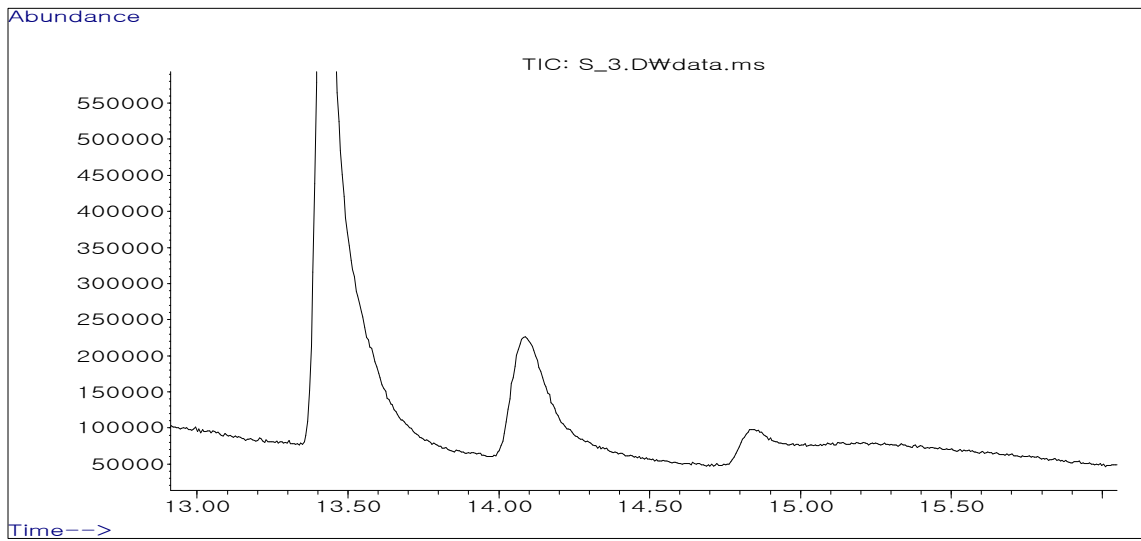


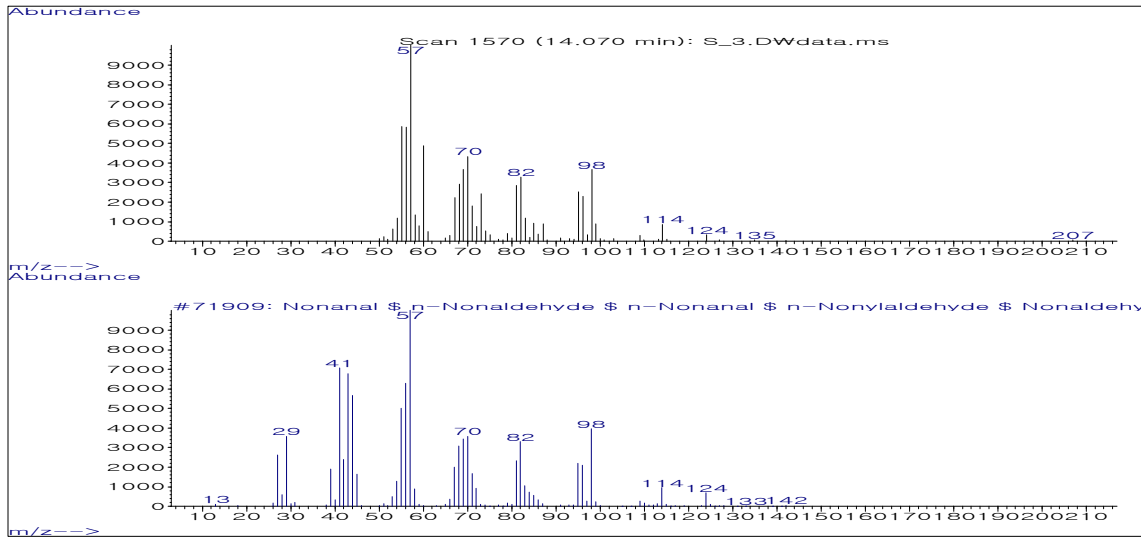
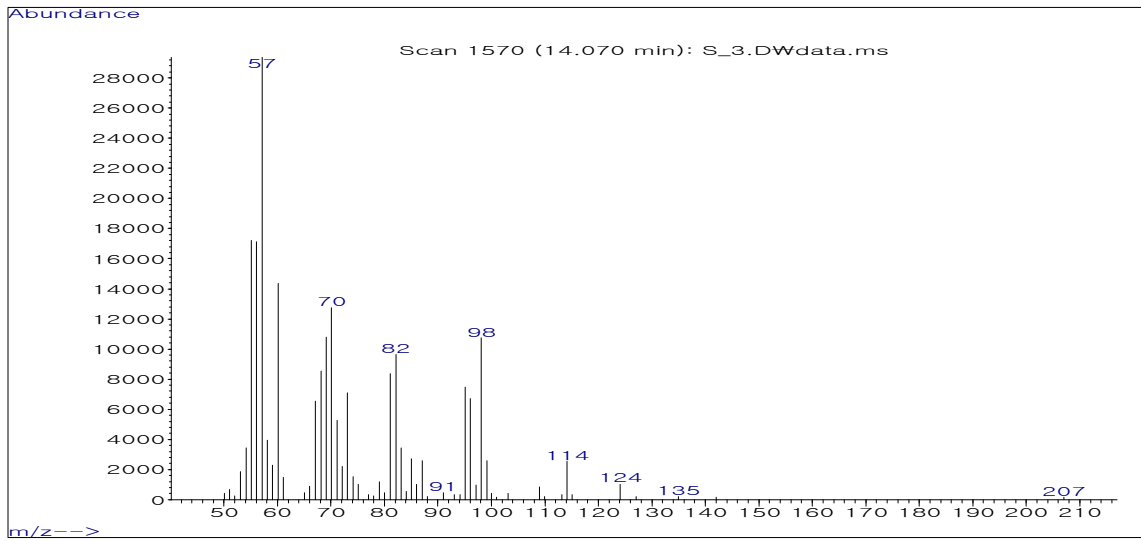
▶ 확대-2



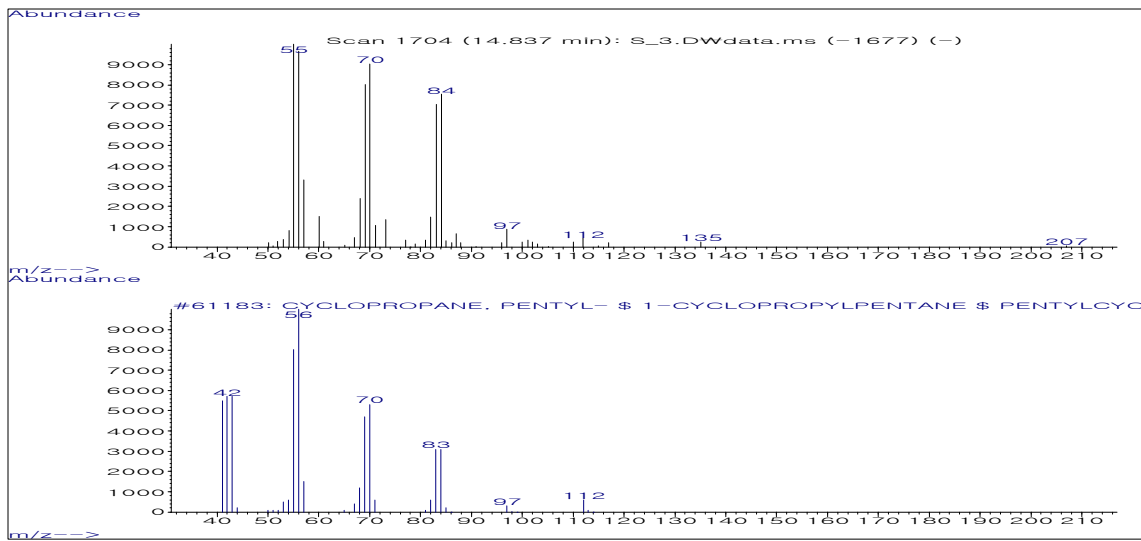
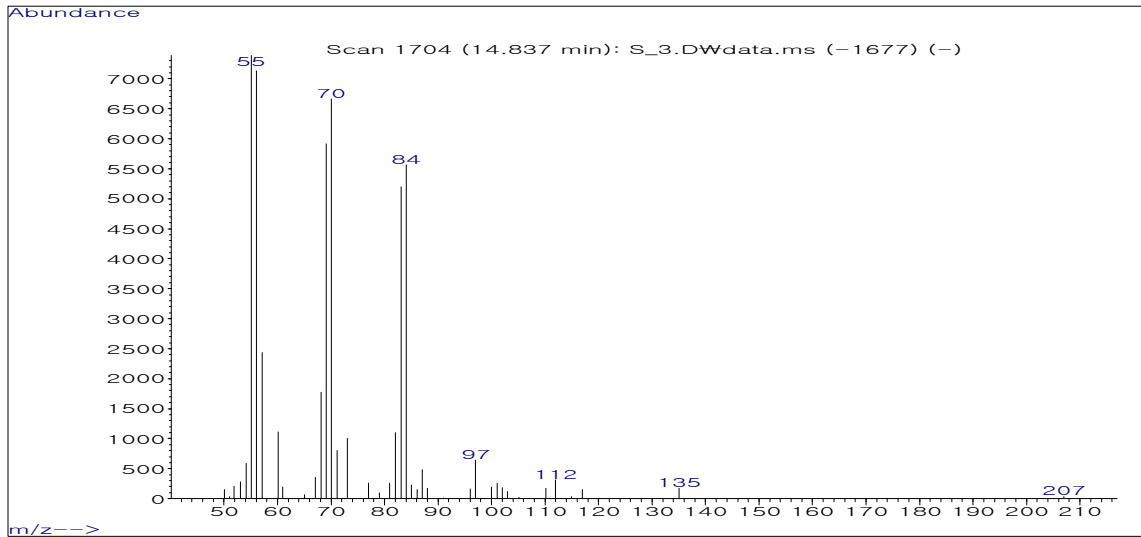
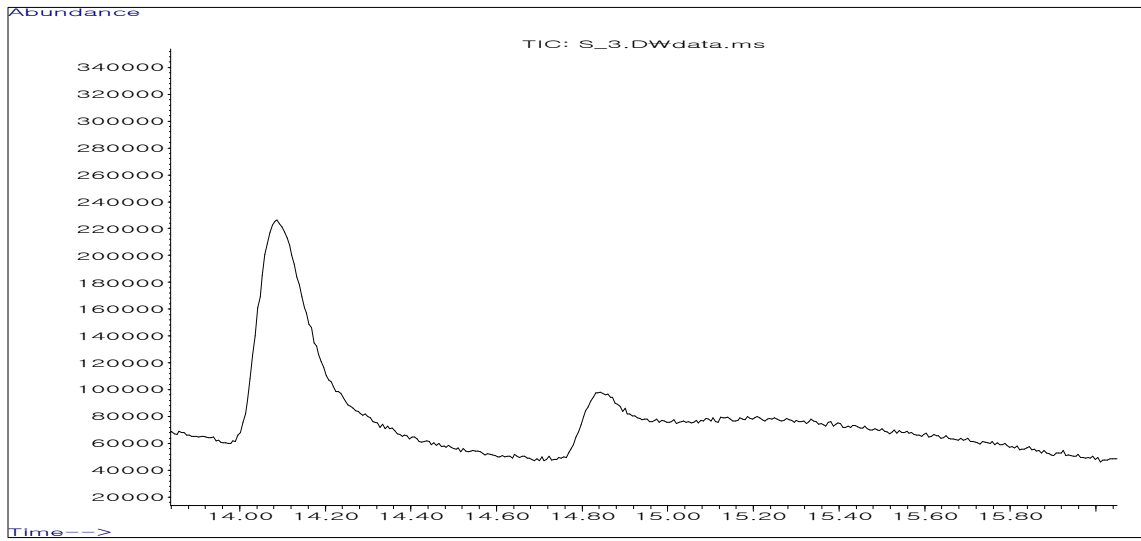


▶ 확대-3

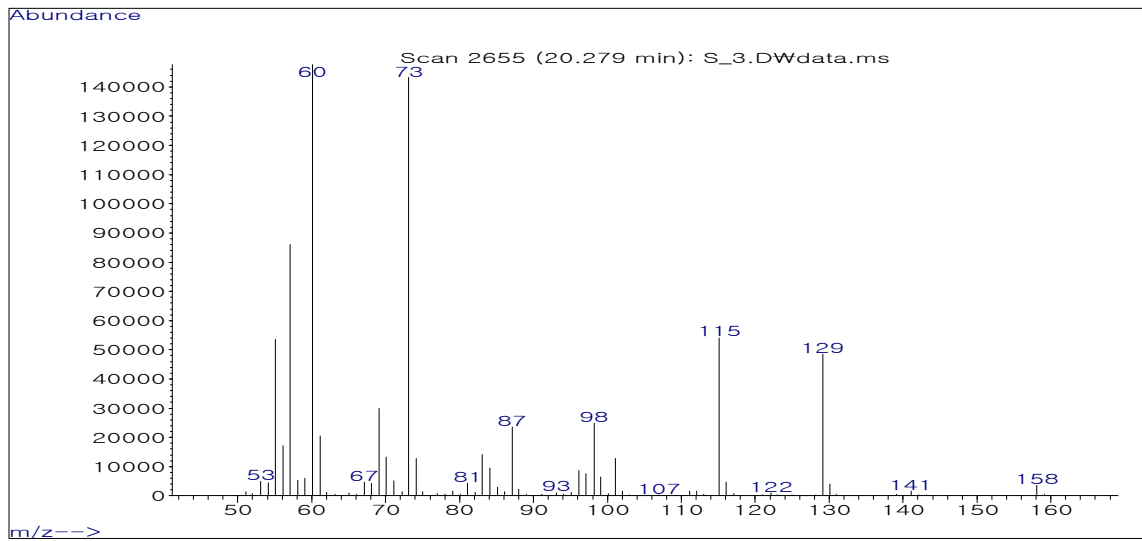
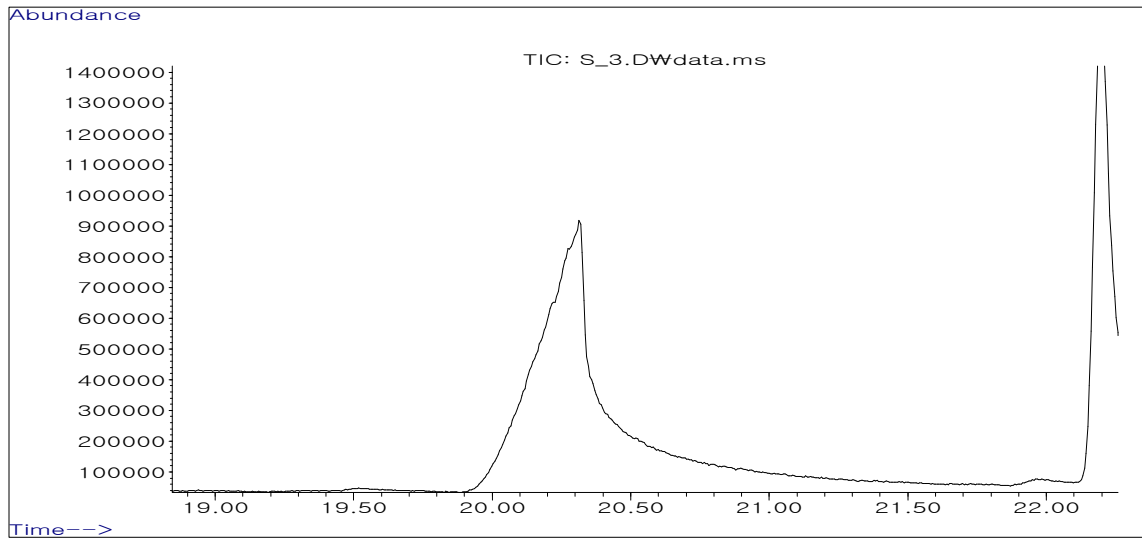


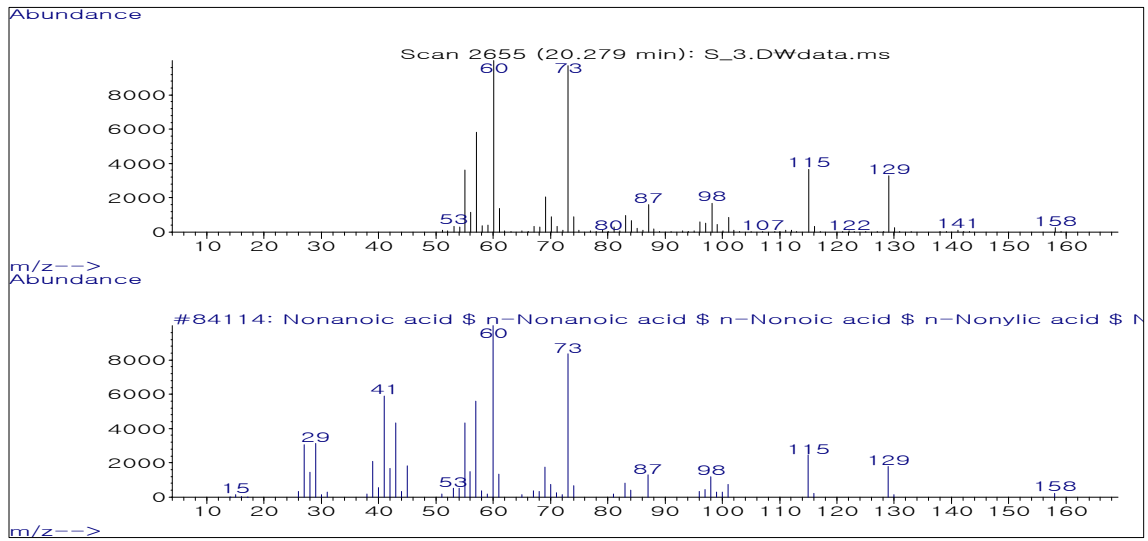


▶ 확대-4

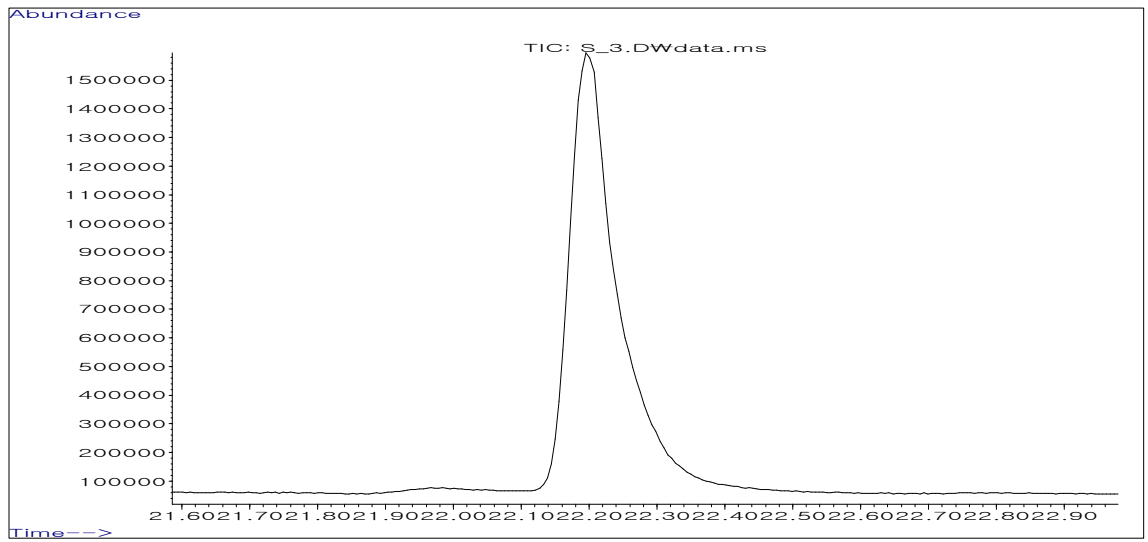


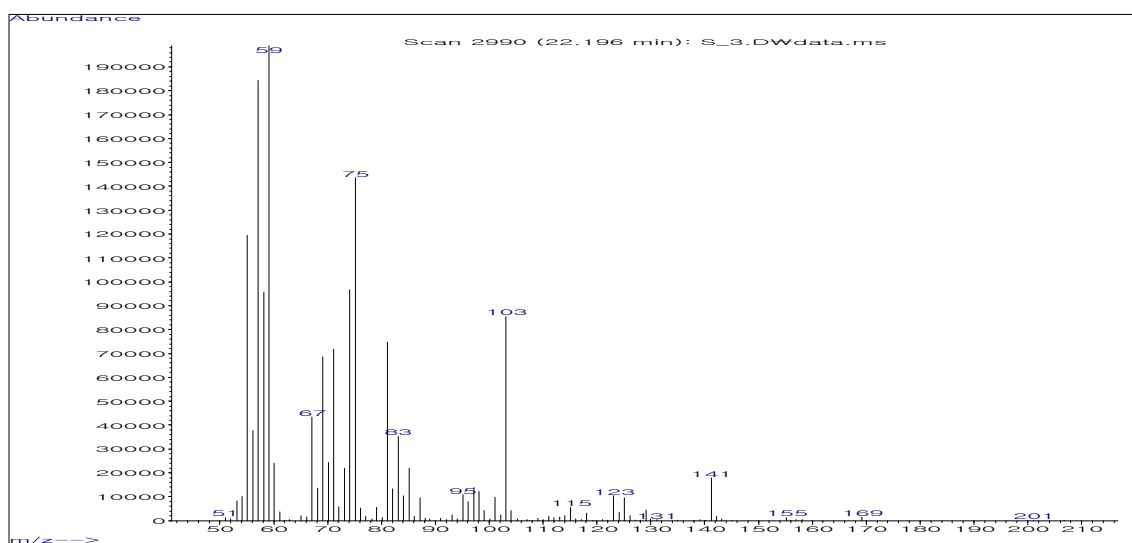
▶ 확대-5





▶ 확대-6





별첨2: 제조된 펠릿 사진



<톱밥 함수율 15%, 첨가제: 없음>



<톱밥 함수율: 15%, 첨가제: 식용유 3%>



<뜸밥 함수율: 15%, 첨가제: 폐식용유 3%>



<뜸밥 함수율: 15%, 첨가제: 오존산화 식용유 3%>



<뜸밥 함수율: 15%, 첨가제: 오존산화 폐식용유 3%>

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【출원구분】	특허출원
【출원인】	
【명칭】	건국대학교 산학협력단
【출원인코드】	2-2004-015764-8
【출원인】	
【명칭】	솔렌스(주)
【출원인코드】	1-2005-013575-8
【대리인】	
【성명】	구현서
【대리인코드】	9-2000-000082-0
【포괄위임등록번호】	2009-082116-4
【포괄위임등록번호】	2010-091310-2
【발명의 국문명칭】	식물유 또는 오존산화 식물유를 첨가하여 제조한 펠릿 및 그 제조방법
【발명의 영문명칭】	Method for preparing Pellet adding vegetable oil or ozonized vegetable oil and Pellet thereof
【발명자】	
【성명】	박헌
【성명의 영문표기】	PARK, Heon
【주민등록번호】	551116-1XXXXXX
【우편번호】	380-753

【주소】 충청북도 충주시 문화동 럭키문화아파트 102-306

【국적】 KR

【발명자】

【성명】 이종만

【성명의 영문표기】 LEE, Jong Man

【주민등록번호】 590512-1XXXXXX

【우편번호】 465-170

【주소】 경기도 하남시 풍산동 355-3

【국적】 KR

【발명자】

【성명】 강찬영

【성명의 영문표기】 KANG, Chan Young

【주민등록번호】 821020-1XXXXXX

【우편번호】 469-709

【주소】 경기도 여주군 가남면 현진아파트 106동 1003호

【국적】 KR

【발명자】

【성명】 이응수

【성명의 영문표기】 LEE, Eung Su

【주민등록번호】 830104-1XXXXXX

【우편번호】 135-794

【주소】 서울특별시 강남구 압구정동 한양아파트 10동 1002

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 2009A0080057

【부처명】 농림부

【연구관리 전문기관】 농림수산식품기술기획평가원

【연구사업명】 농림기술개발사업

【연구과제명】 (2차년도_국고)오존기술을 기반으로 한 폐공기를 활용에너지
고효율국산재 목재

【기여율】 1/1

【주관기관】 건국대학교 산학협력단

【연구기간】 2009. 12. 20 ~ 2010. 12. 19

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 구현서

(서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 38,000 원

【가산출원료】 20 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 16 항 770,000 원

【합계】 808,000 원

【감면사유】 전담조직

【감면후 수수료】 404,000 원

【첨부서류】 1.전담조직임을 증명하는 서류_1통 2.중소기업기본법 제2조의 규정에 따른 소기업에 해당함을 증명하는 서류_1통



[별지 제1호서식] (2009. 4. 21 개정)

원전정수이행상환신고서

원전정수세액환급신청서

연도: 2009년 08월

신청인: 원전정수 (대표이사: 이종만) | 신청처: 원전정수 (주) | 신청일자: 2010-11-10

1. 원전정수 영세 및 납부세액 (단위: 원)

소속지	소속구분	연도	소액지급액 (4) 인형	중액지급액 (5) 소액지급액	정수세액 (6) 정수세액	영세액 (7) 영세액	합계 (8) 합계	납부세액 (9) 납부세액	
가	영세액	A01	20	40,194,200	1,000,200				
		A02	11	5,400,000	5,400				
		A03	31	45,654,200	1,000,800			1,000,800	
		A04							
		A05							
		A06							
		A07							
		A08							
		A09							
		A10							
나	정수세액	A20							
		A21							
		A22							
		A23							
		A24							
		A25							
		A26							
		A27							
		A28							
		A29							
합계								1,000,800	

2. 환급세액 (단위: 원)

환급대상액: 1,000,800 원

환급액: 1,000,800 원

환급률: 100%

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

[별지 제1호서식] (2009. 4. 21 개정)

원전정수이행상환신고서

원전정수세액환급신청서

연도: 2009년 08월

신청인: 원전정수 (대표이사: 이종만) | 신청처: 원전정수 (주) | 신청일자: 2010-11-10

1. 원전정수 영세 및 납부세액 (단위: 원)

소속지	소속구분	연도	소액지급액 (4) 인형	중액지급액 (5) 소액지급액	정수세액 (6) 정수세액	영세액 (7) 영세액	합계 (8) 합계	납부세액 (9) 납부세액
가	영세액	A01	21	38,750,200	1,400,500			
		A02	11	8,400,000	8,400			
		A03	31	42,400,500	78,300			
		A04						
		A05						
		A06						
		A07						
		A08						
		A09						
		A10						
나	정수세액	A20						
		A21						
		A22						
		A23						
		A24						
		A25						
		A26						
		A27						
		A28						
		A29						
합계								1,472,600

2. 환급세액 (단위: 원)

환급대상액: 1,472,600 원

환급액: 1,472,600 원

환급률: 100%

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

환급신청인: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

신청처: 원전정수 (주) | 대표이사: 이종만 | 신청일자: 2010-11-10

【명세서】

【발명의 명칭】

식물유 또는 오존산화 식물유를 첨가하여 제조한 펠릿 및 그 제조방법
 {Method for preparing Pellet adding vegetable oil or ozonized vegetable oil
 and Pellet thereof}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 식물유 및 오존산화식물유를 첨가하여 펠릿(pellet)을 제조하는 방법 및 그 제조된 펠릿조성물에 관한 것이다. 본 발명에 따른 펠릿 제조방법 및 그 조성물은 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 펠릿의 저장안정성을 개선할 수 있다.

【배경기술】

【0002】 산업혁명 이후 인류의 급격한 에너지소비는 지구의 평균온도를 상승시켰으며, 지구온난화라는 심각한 환경 문제와 함께 화석에너지 고갈이라는 문제에 직면하게 되었다.

【0003】 석유자원은 전세계에서 중요한 에너지자원으로 사용되고 있으며 향후 90년 정도 사용할 수 있을 것으로 예측되고 있다. 또한, 중동 전쟁으로 1973년 세계는 제1차 석유위기를 맞았고 1978년 호메이니가 이란의 회교혁명을 일으키면서 제2차 석유위기가 도래하여 전세계에 충격을 주었다.

【0004】 니제르 델타지역은 쉘 사를 비롯한 외국의 다국적 오일회사들이 수십년간 석유를 채굴하면서 환경문제는 전혀 고려하지 않아 이미 지역의 토지와 강들이 심각하게 오염되었으며 이로인해 이 지역 거주자들은 농사를 지을 수 없을 뿐 아니라 오염된 지하수를 사용함으로써 건강에 심각한 영향을 미치고 있다.

【0005】 또한, 국제석유가가 인상이 되면 석유제품을 비롯한 관련 상품의 가격이 상승된다. 이것은 세계경제에 악영향을 끼치고 국내적으로 서민들의 실생활에서도 극심한 고통을 겪게 만든다. 교통요금의 인상, 공공요금의 인상, 시설농산물의 인상이 불가피하게된다. 유가의 인상은 결국 세계적 불황으로 이어져 에너지 수요를 감축시키고 대체에너지 개발을 촉진시킨다.

【0006】 지난 2007년 유엔 정부간기후변화위원회(IPCC)가 발표한 4차 보고서에 따르면 산업혁명 이전 인 1800년대 280ppm에 불과했던 대기 중 이산화탄소 농도가 2005년 379ppm으로 35%나 증가했다. 이런 추세가 지속될 경우 오는 2050년에는 550ppm에 이를 것이라고 한다. 이로 인해 지난 100년간 지구의 평균 온도는 0.74℃ 상승했으며 이번 세기 안에 1.8~4.0℃ 가량 더 상승할 수 있다. 특단의 대책을 강구하지 않으면 인류는 머지않아 크나큰 위기를 맞게 된다. 2050년에는 20~30%의 생물종이 사라지게 되며 10억~20억명이 물 부족에 시달릴 수 있다. 그리고 1억명 이상은 식량 부족에 의한 굶주림에 처하게 될 것이다.

【0007】 이 같은 상황을 타개하기 위해서는 화석연료의 사용을 줄여 이산화탄소 배출량을 감축해야 하지만 이것이 경제성장 및 생활수준 향상과 직결돼 있어 쉽지 않다.

【0008】 이러한, 심각한 환경문제와 석유 자원 에너지 고갈은 지구보호를 위한 저탄소방출의 대체에너지에 대한 관심이 높아져 이에 대한 대응으로 바이오매스를 이용한 목질연료의 출현을 가져 오게 했다. 이에, 대표적인 목질 바이오계 에너지인 펠릿이 많은 주목을 받고 있다.

【0009】 목재펠릿(Wood Pellet)'은 새로운 형태의 청정연료로써 산야에 버려지고 있는 제재톱밥과 같은 부산물 또는 숲가꾸기 산물을 톱밥으로 만든 후 이를 고온·압축하여 담배필터 모양으로 만든 것으로, 이것은 발열량이 높고, 석유와 같이 사용이 편리하며, 연기와 재가 거의 없고, 이산화탄소 배출이 경유의 12분의 1에 불과하며, 무엇보다 동일 발열량 기준으로 경유의 절반 정도로 가격이 싸다는 장점이 있어서 친환경에너지원으로 적극적으로 개발하고 있으며, 난방용 원료, 열병합발전소 및 동물 바닥 깔개용 등으로 널리 이용되고 있다.

【0010】 한편, 오존은 독일의 화학자인 크리스찬 프리드리히 쉰바인(Christian Friedrich Schonbein)에 의해 발견되었으며, W. 폰 지멘스(W.von Siemens)에 의해 오존 발생장치가 고안 제작되었다. 그리스 폭스(Fox)에 의해 오존의 살균작용이 보고된 이래, 독일의 윈스바덴시에서는 오존의 살균력을 이용하여 정수처리에 사용하고 있다. 또한 볼프(Wolff)는 오존의 산화 분해력을 이용하여 도살장의 악취제거에 사용할 수 있음을 발표하였으며, 산부인과의 암이나 직장 종양의 악취를 경감시킬 목적으로 국소부위에 오존가스를 접촉시키기도 하였다. 그리고 이러한 경험을 통하여 장, 질 및 기타체강질환에 대한 오존치료의 가능성을 시사한 바 있다. 또한 파이프는 자기 자신의 치과치료에 오존을 사용한 경험을 발표한 바

있으며, 독일의 물리학자인 헨슬러(Hansler)가 의료용 오존 발생기를 제작한 이래 여러 환자에 직접 실제적으로 이용하게 되었다.

【0011】 오존은 매우 강력한 산화력과 반응성이 풍부하기 때문에 환경오염물질의 정화 및 화학공업의 산화처리 공정에 널리 사용하고 있다. 또한 산업의 발전에 따라 모든 산업분야에서의 청정생산기술에 대한 요구로 오존의 사용처는 점점 확대되고 있으며 오존처리 기술도 이에 맞추어 발전을 거듭하고 있다.

【0012】 오존은 산소가 있는 상태에서 자외선을 쬐일 때에 생성되는 것으로, 3개의 산소원자가 4가지 형상의 공명구조로 결합된 형태로 존재하며, 저농도의 오존은 상온에서 무색이고, 15%이상의 농도에서는 푸른색을 나타낸다. 오존은 0.02ppm의 저농도에서도 특유의 자극취를 나타내며, 0.2ppm 이상의 농도에서 장기간 노출시 인체에 유해하다. 오존은 자연계에서 불소 다음으로 산화력이 강하며, 공기중(1wt%)에서는 반감기는 16시간 정도이지만 수중에서는 pH=7.0, 농도 3ppm(wt)일때의 반감기가 약 30분 정도로 매우 짧은 특성이 있다. 산화대상물질과 오존의 반응은 오존화물(ozonide)을 생성단계를 거쳐 최종적으로 무기화 하는 것이다. 다음의 예는 오존이 유기물과 반응하여 유기물 산화분해하는 과정을 나타내었다.

【0013】 유기물 +O₃ → 오존화물 (ozonide) → 알데히드 → 유기산

【0014】 오존처리기술을 설명하면, 식물유를 오존으로 처리하여 기본적으로 도 1과 같이 불포화 이중결합이 개열되어 한분자당 3개의 알데히드기 또는 카르복실기를 지니는 물질과 1~2개의 알데히드 또는 카르복실기를 지니는 물질을 형성한다(Jean Jacques Robin, 2004, Advanced polymer Science 167:35~79).

【0015】 도 2의 식물유 1시간, 2시간, 3시간 오존 산화 처리한 오존산화 식물유의 FT-IR 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이를 살펴보면, 식물유는 3010 cm^{-1} 부근에 불포화 이중결합에 기인하는 흡수를 나타냈다. 그러나 오존 산화가 진행될수록 3010 cm^{-1} 부근의 흡수대가 사라지고 1700 cm^{-1} 부근의 카르복실기의 흡수대가 시간이 지날수록 크게 나타나 카르복실기의 생성량이 많아지는 것을 알 수 있다.

【0016】 한편, 우리나라의 펠릿 산업은 시작된 지 2년이 채 되지 않은 초기 단계에 있다. 목재 펠릿은 생산시 생산기계에 부하가 많이 걸려 생산에 어려움이 있고 이로 인해 기계의 마모가 심하고 생산성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 펠릿을 보관할 때 습기에 노출되면, 목재가 흡습하여 함유율이 높아지고 이에 따라 발열량이 떨어질 뿐만 아니라, 균에 의해 부패된다.

【0017】 이에 본 발명자는 식물유와 오존산화식물유를 이용하면 펠릿 생산시에 발생하는 이러한 단점들을 보완할 수 있음을 인지하고, 식물유 및 오존처리기술을 펠릿에 적용하여 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선할 수 있는 본 발명을 완성하게 되었다.

【발명의 내용】**【해결하려는 과제】**

【0018】 본 발명은 상기의 문제점을 해결하고 상기의 필요성에 의하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법을 제공하는 것이다.

【0019】 본 발명의 목적은 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 펠릿 조성물을 제공하는 것이다.

【0020】 본 발명의 다른 목적은 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법을 제공한 것이다.

【0021】 본 발명의 또 다른 목적은 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 펠릿 조성물을 제공한 것이다.

【과제의 해결 수단】

【0022】 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 a)목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하는 단계; 및 b) 상기 혼합물을 펠릿성형기를 통하여 성형하는 단계를 포함하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법을 제공한다.

【0023】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0024】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 목분은 2~3일간 자연건조 후 함수율을 15%로 조정된 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0025】 본 발명의 다른 구현예에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0026】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 오존처리 식물유는 식물유를 유기용매에 용해하고 오존발생기를 사용하여 오존산화 처리하여 수득되는 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0027】 또한 본 발명은 목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하여 제조된 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선한 펠릿 조성물을 제공한다.

【0028】 본 발명의 조성물의 일 구현예에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 1~5% 첨가하는 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니하고, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0029】 또한 본 발명은 a) 목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하는 단계; 및

【0030】 b) 상기 혼합물을 펠릿성형기를 통하여 성형하는 단계를 포함하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법을 제공한다.

【0031】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것이 바람직하고 3% 첨가하는 것이 가장 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0032】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 목분은 2~3일간 자연건조 후 함수율을 15%로 조정된 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0033】 본 발명의 다른 구현예에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0034】 본 발명의 일 구현예에 있어서, 상기 오존처리 식물유는 식물유를 유기용매에 용해하고 오존발생기를 사용하여 오존산화 처리하여 수득되는 것이 바람직하나 이에 한정되지 아니한다.

【0035】 또한 본 발명은 목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하여 제조된 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소한 펠릿 조성물을 제공한다.

【0036】 이하, 본 발명을 설명한다.

【0037】 본 발명은 1) 식물유를 펠릿 제조에 적용에 관한 것으로 펠릿기계에 걸리는 고압력이 감소됨을 확인할 수 있었다. 2) 오존산화시킨 식물유를 펠릿제조에 적용에 관한 것으로 식물유를 아세톤에 용해하고 오존발생기를 사용하여 유량 0.5LPM, 압력 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 조건으로 혼합기체를 흘려보내면서 1시간, 2시간, 3시간 오존산화처리 하여 식물유에 함유되어있는 이중결합을 개열시켰다. 기름이라는 특징

때문에 펠릿기계에 걸리는 고압력이 감소됨을 확인 할 수 있었고, 오존산화된 식물유는 그 자체가 카복실기 및 알데히드기가 생성되어 일정시간 처리된 식물유를 목재에 적용하면 제조된 제품은 일정한 결합력을 갖고 있음을 알 수 있었다. 따라서 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성에 도움이 된다.

【발명의 효과】

【0038】 본 발명은 식물유와 오존식물유를 목분에 첨가하는 것으로 오존산화처리된 식물유는 그 자체가 카복실기 및 알데히드기가 생성되어 일정시간 처리된 식물유를 목재에 적용 시 높은 결합력을 갖고 있음을 알 수 있다. 또한 펠릿을 생산 시 생산기계의 부하율을 낮추어주고 마모의 결함을 완화시켜주어 일반적인 펠릿의 생산량보다 높은 생산량을 나타내는 효과가 있다. 흡습을 결과에서도 식물유와 오존식물유를 첨가한 펠릿이 일반펠릿에 비해 수분에 대한 저항의 효과가 나타나며, 이는 즉 연소 효율성에 영향을 미치므로 중요한 부분으로 인식된다. 흡습율이 높은 제품일수록 제품의 유통과정에서 펠릿의 함수율이 높아질 수 있고, 균에 의해 부패될 수도 있다. 이에 식물유와 오존산화식물유를 이용하면 펠릿 생산시에 발생하는 이러한 단점들을 보완할 수 있고, 식물유 및 오존처리기술을 펠릿에 적용하여 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0039】 도 1은 콩기름의 오존화를 나타낸 그림이다.

도 2는 식물유 1시간, 2시간, 3시간 오존 산화 처리한 오존산화 식물유의 FT-IR 스펙트럼을 나타낸 것이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0040】 이하 비한정적인 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

【0041】 단 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 의도로 기재된 것으로서 본 발명의 범위는 하기 실시예에 의하여 제한되는 것으로 해석되지 아니한다.

【0042】 실시예 1: 식물유 및 오존처리식물유

【0043】 실험에 사용된 원료인 식물유는 현재 시판되고 있는 CJ 제일제당사의 콩기름을 이용한 식용유이다. 오존산화 식용유는 구입한 콩기름 식용유를 오존 산화 시켜 사용하였다. 식물유 및 오존산화식물유를 첨가하여 펠릿을 제조한 본 발명은 식물유 전반에 걸쳐서 해당되는 것으로, 본 발명에서는 콩기름을 선택하였다.

【0044】 실시예 2: 펠릿 제조방법

【0045】 본 발명에 따른 펠릿 제조방법은 공시원료인 목분을 인공건조시 화학성분의 변화를 최소화하기 위하여 2~3일간 자연건조 후 함수율을 15%로 조정하였다. 또한, 첨가제의 영향을 살펴보기 위하여 목재 펠릿 제조 시 식물유와 오존산화 식물유를 목분에 무게대비 1, 2, 3, 5, 또는 8% 첨가하여 펠릿을 압축·성형하여 같은 기계조건에서 그 생산성을 비교분석하였다. 펠릿제조를 위한 성형기는 생산

capacity 500kg/hr의 평다이를 사용하였고 펠릿성형기(Pelletizer)를 통과하여 성형된 목재펠릿은 실험실 내에서 24시간 자연건조를 통한 목재펠릿의 안정을 유도한 후 각종 실험을 실시하였다. 제조된 목재펠릿 중 길이 20~25mm의 것을 선별하여 시험분석용 샘플로 사용하였다.

【0046】 실시예 3

【0047】 식물유 중 시중에서 판매하는 콩기름을 목재 펠릿원료인 목분에 무게대비 3% 첨가하여 펠릿을 제조하였으며, 첨가하지 않은 것과 비교하였다.

【0048】 본 발명에 사용된 조건은 다음과 같다.

【0049】 1) 함수율 15% 건조된 낙엽송 톱밥 : 1kg

【0050】 2) capacity 500kg/hr의 평다이 펠릿 성형기

【0051】 3) 식물유 3%

【0052】 실시예 4

【0053】 식물유 중 시중에 판매하는 콩기름을 오존산화시키고, 이를 목재 펠릿원료인 목분에 무게대비 3% 첨가하여 펠릿을 제조하였으며, 첨가하지 않은 것과 비교하였다. 오존처리조건은 다음과 같았다. 즉, 식용유를 아세톤에 용해하고 magnetic stirrer로 교반하면서 오존발생기(Model : Lab-2 (220Vac, 60Hz) OZONETECH사, 대전)를 사용하여 유량 0.5 LPM, 압력 1 kg/cm²의 조건, 즉, 오존농

도 158.5~158.8 g/cm³, 오존발생량 7.13~7.14 g/h으로 O³/O² 혼합기체를 흘려보내면서 3시간 오존산화 처리하였다. 오존산화 처리 후 반응액을 70℃에서 감압 농축하여 용매를 제거하고, 시료로 사용하였다.

【0054】 본 발명에 사용된 조건은 다음과 같다.

【0055】 1) 함수율 15% 건조된 낙엽송 톱밥 : 1kg

【0056】 2) capacity 500kg/hr의 평다이 펠릿 성형기

【0057】 3) 오존산화식물유 3%

【0058】 실험예 1:기계부하정도 측정실험

【0059】 (1) 시료

【0060】 상기 실시예 3과 4에서 제조한 오존산화 식물유와 식물유를 목분에 첨가하여 펠릿을 생산하여 실험하였다.

【0061】 (2) 방법

【0062】 첨가제의 영향을 살펴보기 위하여 목재 펠릿 제조 시 식물유를 목분에 무게대비 1,2,3,5,8% 첨가하고 오존산화 식물유를 목분에 무게대비 3% 첨가하여 펠릿성형기(Pelletizer)에서 압축·성형 시 생산성을 비교하였다.

【0063】 (3) 결과

【0064】 **【표 1】**

첨가제 투입량	목분 투입량	안성된 펠릿량
control	1kg	270g

1% 식용유 첨가	1kg	310g
2% 식용유 첨가	1kg	280g
3% 식용유 첨가	1kg	425g
5% 식용유 첨가	1kg	290g
8% 식용유 첨가	1kg	330g

【0065】 【표 2】

낙엽송 펠릿	함수율	첨가제 투입량	목분 투입량	완성된 펠릿량
Control	15%	0%	1kg	270g
3% 식물유 첨가	15%	3%	1kg	425g
3% 오존산화 식물유 첨가	15%	3%	1kg	375g

【0066】 표 1과 2는 목재 펠릿 제조 시 식물유와 오존산화 식물유를 목분에 무게대비 상기 표와 같이 첨가하여 펠릿성형기(펠릿izer)에서 압축·성형 시 생산성을 비교한 표이다.

【0067】 상기 표1 및 2에서 보듯이 생산된 펠릿의 양은 Control(270g) 보다 식물유를 첨가한 펠릿(425g), 오존산화식물유를 첨가한 펠릿(375g)으로 일반 생산된 펠릿보다 1.38~1.57배 높게 생산됨을 알 수 있다. 따라서 펠릿 성형 시 식물유와 오존산화 식물유는 기름의 물리·화학적 특수성으로 생산기계에 걸리는 부하율을 줄이고 마모의 결함을 완화시켜 펠릿 생산성을 향상시킬 수 있다.

【0068】 실험예 2 : 펠릿 저장 안정성

【0069】 (1) 시료

【0070】 상기 실시예 3과 4에서 제조한 오존산화 식물유와 식물유를 목분에 첨가하여 펠릿을 생산하여 실험하였다.

【0071】 (2) 방법

【0072】 첨가제의 영향을 살펴보기 위하여 목재 펠릿 제조 시 식물유와 오존산화 식물유를 목분에 무게대비 3% 첨가하여 펠릿성형기(Pelletizer)에서 압축·성형 후, 성형된 목재펠릿은 상대습도 90%, 온도 20℃로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정 비교하였다.

【0073】 (3) 결과

【0074】 【표 3】

낙엽송 펠릿	흡습율(%)	
	24시간	5일
control	2.7837	4.8179
식물유	2.0487	3.5121
오존산화 식물유	2.7446	3.9379

【0075】 표 3은 목재 펠릿 제조 시 식물유와 오존산화 식물유를 목분에 무게 대비 3% 첨가하여 펠릿성형기(Pelletizer)에서 압축·성형 후, 성형된 목재펠릿은 상대습도 90%, 온도 20℃로 조정된 장치 속에서 24시간 및 5일 경과 후 무게변화에 의한 흡습율을 측정 비교한 표이다.

【0076】 상기 표 3에서 보듯이 펠릿의 흡습율을 측정 한 결과 24시간 후 펠릿의 흡습율은 Control(2.7837) 보다 식물유를 첨가한 펠릿(2.0487), 오존산화 식물유를 첨가한 펠릿(2.7446)이 흡습율 감소현상을 보였고, 5일 경과 후에도

Control(4.8179) 보다 식물유 펠릿(3.5121), 오존산화식물유 펠릿(3.9379)이 여전히 흡습율을 감소시키는 결과를 보여주고 있다. 이는 식물유와 오존산화 식물유의 기름성분이 물리·화학적 특성과 수분에 대한 저항의 효과가 있는 것으로 판단된다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

a) 목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하는 단계; 및

b) 상기 혼합물을 펠릿성형기를 통하여 성형하는 단계를 포함하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것을 특징으로 하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법.

【청구항 3】

제 1항에 있어서, 상기 목분은 2~3일간 자연건조 후 함수율을 15%로 조정하는 것을 특징으로 하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것을 특징으로 하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법.

【청구항 5】

제 1항에 있어서, 상기 오존처리 식물유는 식물유를 유기용매에 용해하고 오존발생기를 사용하여 오존산화 처리하여 수득되는 것을 특징으로 하는 제품화된 펠

릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선하는 방법.

【청구항 6】

목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하여 제조된 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선한 펠릿 조성물.

【청구항 7】

제 6항에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것을 특징으로 하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선한 펠릿 조성물.

【청구항 8】

제 7항에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것을 특징으로 하는 제품화된 펠릿의 습기에 대한 저장안정성을 개선한 펠릿 조성물.

【청구항 9】

a) 목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하는 단계; 및
b) 상기 혼합물을 펠릿성형기를 통하여 성형하는 단계를 포함하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법.

【청구항 10】

제 9항에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하

는 방법.

【청구항 11】

제 9항에 있어서, 상기 목분은 2~3일간 자연건조 후 함수율을 15%로 조정하는 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법.

【청구항 12】

제 9항에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법.

【청구항 13】

제 1항에 있어서, 상기 오존처리 식물유는 식물유를 유기용매에 용해하고 오존발생기를 사용하여 오존산화 처리하여 수득되는 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하는 방법.

【청구항 14】

목분에 식물유 또는 오존처리 식물유를 첨가하여 제조된 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소한 펠릿 조성물.

【청구항 15】

제 14항에 있어서, 상기 식물유 또는 오존처리 식물유는 목분 전체의 중량에 2~5% 첨가하는 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소한 펠릿 조성물.

【청구항 16】

제 14항에 있어서, 상기 식물유는 콩기름, 참기름, 들기름, 아마자유, 포도씨유, 또는 올리브유인 것을 특징으로 하는 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소한 펠릿 조성물.

【요약서】**【요약】**

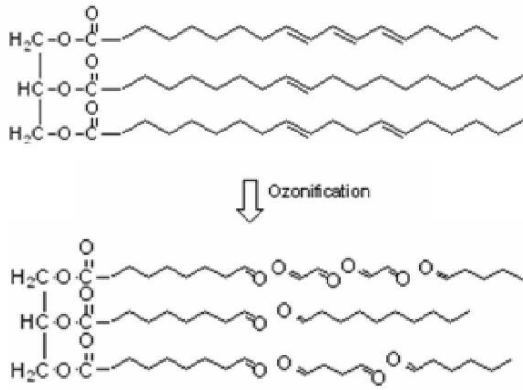
본 발명은 식물유 및 오존산화식물유를 첨가하여 펠릿(pellet)을 제조하는 방법 및 그 제조된 펠릿조성물에 관한 것이다. 본 발명에 따른 펠릿 제조방법 및 그 조성물은 펠릿 제조시 기계에 부하되는 고압력을 해소하고, 제품화된 펠릿의 저장안정성을 개선할 수 있다.

【대표도】

도 1

【도면】

【도 1】



【도 2】

