

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000811-01

농업부산물을 이용한 농산물용 백판지의 기능성원료 제조
및 적용기술 개발

(Development of novel functional raw materials of
packaging paperboard using agricultural byproducts)

경상대학교

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “농업부산물을 이용한 농산물용 백판지의 기능성원료 제조 및 적용기술 개발”
과제의 보고서로 제출합니다.

2015 년 3 월 일

주관연구기관명 : 경상대학교

주관연구책임자 : 이 지 영

세부연구책임자 : 이 지 영

연 구 원 : 김 병 호

연 구 원 : 임 기 백

연 구 원 : 김 선 영

연 구 원 : 박 종 혜

연 구 원 : 김 은 혜

협동연구기관명 : 깨끗한나라(주)

협동연구책임자 : 허 영 준

연 구 원 : 김 영 훈

연 구 원 : 김 연 오

연 구 원 : 이 세 란

요 약 문

I. 제 목

농업부산물을 이용한 농산물용 백판지의 기능성 원료 제조 및 적용 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

농업진흥청에 따르면 국내에서 발생하는 농업부산물은 연간 11,642 천 톤이 발생되고 친환경적인 자원으로 활용 면에서 높은 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고 국내 발생량의 약 80% 이상이 자원으로 활용되지 못하고 있다. 상당수의 농업부산물은 섬유소계 바이오매스로 바이오에너지 전환 측면과 경량·고강도 소재로서의 높은 활용성이 있다고 평가되고 있으나 실질적으로 활용되고 있는 양은 매우 낮고 특히 천연자원이 부족한 우리나라에서는 폐기되고 있는 농업부산물의 자원화 기술 개발이 시급하다.

본 연구에서는 폐기되고 있는 농업부산물의 자원화 방안으로 농산물 포장에 사용되는 포장용지(백판지)의 원료로 활용할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다. 주요 농업부산물로는 최근 활용도가 증가하고 있는 왕겨(rice husk)와 식량자원 혹은 에너지 자원으로 활용도가 낮고 폐기 비율이 높은 땅콩박(peanut husk), 마늘대(garlic stem)을 발굴하였고 이들을 이용하여 기능성 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조하였다. 또한 기능성과 현장 적용성을 고려하여 최적 농업부산물과 원료 형태를 선정하였고 현장테스트를 통해 실제 백판지 현장에 적용할 수 있는 친환경 제지기술을 확립하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

[제1세부과제] 농업부산물을 이용한 신규 원료 개발 및 특성 평가

- 농업부산물인 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학적·물리적 특성 평가
- 분쇄공정 및 분급공정을 통한 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 기능성 유기충전제 제조 및 기본 물성 평가
- 화학펄프화 공정을 통한 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 펄프 제조 및 기본 물성 평가
- 농업부산물로 제조된 유기충전제의 효과 분석 및 현장 적용 조건 도출

[제2세부과제] 농업부산물로 제조된 신규 원료 적용을 위한 백판지 생산공정의 최적화 기술 개발

- 신규 원료 적용을 위한 비목질계 펄프와 상업용 목분 적용 사례 조사
- 신규 원료 적용을 위한 백판지 생산에 사용되는 주요 원료의 특성 분석 및 원료의 재배치
- 왕겨, 땅콩박, 마늘대 유기충전제 적용에 따른 포장용지의 물성 및 공정 조건 변화 탐색
- 왕겨, 땅콩박, 마늘대 공급 방안 도출 및 유기충전제의 저장 특성 분석

IV. 연구개발결과

- 본 연구에서는 주요 농업부산물로 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 발굴하였고 제지용 원료로 활용 가능성을 파악하기 위해 물리적·화학적 기본 특성을 분석하였다. 또한 농업부산물을 이용하여 백판지용 기능성 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조하였고 판지의 벌크, 강도적 특성, 건조에너지 소비 등을 평가하였다. 마지막으로 실험실 연구결과를 바탕으로 참여기업을 발굴하여 농업부산물로 제조된 백판지 원료의 시제품을 제조하였고 협동기관인 깨끗한나라(주) 청주공장에서 현장테스트를 실시하여 왕겨 유기충전제의 최적 스펙과 저장특성을 파악하였다.
- 왕겨, 땅콩박, 마늘대는 섬유질을 함유하고 있는 천연자원으로 제지용 원료로 활용성이 높은 것으로 나타났다. 이들을 이용하여 유기충전제를 제조하였을 때 농업부산물별로 서로 다른 물리적 특성을 나타냈고 벌크, 강도, 건조에너지 평가를 통해 땅콩박과 왕겨로 제조된 유기충전제가 가장 우수함을 확인하였다. 농업부산물로 제조된 크라프트 화학펄프를 이용하여 판지를 제조하였고 벌크와 강도를 측정한 결과 마늘대 크라프트 화학펄프가 가장 우수한 강도를 나타냈다.
- 백판지의 생산원가, 제품품질, 현장적용 가능성을 바탕으로 분석한 결과 최적 원료로 왕겨 유기충전제를 선정하였고 참여기업을 발굴하여 왕겨 유기충전제 시제품을 생산하였다. 유기충전제 시제품과 기존 상업용 목분을 비교·평가하였을 때 백판지용 기능성 유기충전제로 적용 가능함을 확인하였다.
- 깨끗한나라(주) 청주공장에서 현장테스트를 진행한 결과 왕겨 유기충전제의 평균입도와 입도분포를 조절하여 과제 목표를 달성할 수 있었고 최적 조건을 도출하였다. 또한 왕겨 유기충전제의 저장 특성을 분석한 결과 왕겨를 유기충전제로 제조하였을 때 기존 목분 유기충전제와 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

우선적으로 본 과제의 협동기관인 깨끗한나라(주) 청주공장에 왕겨 유기충전제 적용 기술로 정착시키고, 향후 다양한 농업부산물을 이용한 유기충전제 제조 기술로 발전시켜 국내 제지산업 뿐만 아니라 농업·식품 분야의 발전에 기여하고자 한다.

SUMMARY

I . Title

Development of novel functional raw materials of packaging paperboard using agricultural byproducts

II . The goal and necessity of research and development

Agricultural crop cultivation generates agricultural byproducts. Researchers have reported that these materials are useful in various applications. However, more than 50% are currently discarded because of the lack of specific technologies for industrial applications. Therefore, effective specific applications must be developed to use discarded lignocellulosic resources to manufacture high-quality materials. In this study, we developed a technology for manufacturing organic fillers and kraft chemical pulp from rice husks, peanut husks, and garlic stems and applying the pulp in packaging paperboard mills.

III . The contents and range of research and development

[Project 1] Development of novel raw materials from agricultural byproducts and evaluation of their properties

- Evaluation of the chemical and physical properties of rice husks, peanut husks, and garlic stems
- Manufacture of functional organic fillers from rice husks, peanut husks, and garlic stems and measurement of their properties
- Manufacture of kraft chemical pulp from rice husks, peanut husks, and garlic stems and measurement of their properties
- Evaluation of the functionality of organic fillers and application of organic filler in paper mills

[Project 2] Optimization of papermaking process for application of novel raw materials made of agricultural byproducts

- Investigation of applications of non-lignocellulosic pulp and wood powder organic filler
- Analysis of the physical properties of virgin and recycled pulp and rearrangement of pulp
- Evaluation of the physical properties and process conditions of paperboard by applying a novel organic filler
- Method derivation of the supply of novel raw materials and estimate of their storage property

IV. The results of research and development

- In this study, rice husks, peanut husks, and garlic stems were found to be major agricultural byproducts, and their physical and chemical properties were analyzed to identify the materials' applicability in manufacturing paperboard. New organic fillers used for manufacturing paperboard were made of rice husks, peanut husks, and garlic stems by grinding and fractionation. Kraft chemical pulp was also made from these materials in various conditions of pulping conditions. After the new materials were produced, their functionality was analyzed, including bulk, strength, and decrease in the drying energy of paperboard. Finally, an organic filler prototype was produced, and mill experiments in an actual paperboard mill were conducted to determine the optimal conditions for the organic filler.
- The agricultural byproducts organic fillers made of rice husks and peanut husks had more bulk and a larger decrease in the drying energy of paperboard. Kraft chemical pulp made of rice husks and peanut husks under mild pulping conditions resulted in more bulk than other pulp, including commercial pulp and garlic stem pulp. Garlic stem pulp manufactured under mild pulping conditions was stronger than rice husk and peanut husk pulp.
- The rice husk organic filler is the optimal raw material for packaging paperboard according to the analysis of the production cost, product qualities, and applicability in paperboard mills. A prototype of the rice husk organic filler was produced and showed more potential as an organic filler than commercial wood powder organic fillers.
- Experiments were conducted at a Kleannara paperboard mill, and the optimal particle size and distribution of the rice husk organic filler were determined to improve the bulk and decrease

V. The plans to use research and development results

A manufacturing technology that uses organic fillers made of agricultural byproducts was experimentally applied at a Kleannara Co. Ltd. mill. The manufacturing technology for packaging paperboard that uses rice husk organic filler contributes to the development of the agriculture, food, and paperboard industries.

CONTENTS

Chapter 1. The summary of a research and development project.....	20
Chapter 2. The status of technical development a home and abroad.....	23
Verse 1. Raw materials used in paperboard industry.....	23
Verse 2. Status of major agricultural byproducts and examples of their application in paper industry.....	28
Chapter 3. The contents and results of research and development achievement.....	36
Verse 1. Development of new raw materials for the manufacture of paperboard and evaluation of their properties and functionalities.....	36
Verse 2. Optimization of the manufacturing process for the application of new raw materials made of agricultural byproducts.....	125
Verse 3. Mill trials and determination of the specifications of rice husk organic filler	167
Chapter 4. The achievement of goal and the contribution to related field.....	184
Verse 1. The final goal	184
Verse 2. The standard of an achieved goal.....	185
Verse 3. The contribution to the related fields.....	185
Chapter 5. The plan to use research and development results.....	186
Chapter 6. The foreign scientific and technical information which was collected in the research and development	195
Chapter 7. References.....	207

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	20
제 2 장	국내외 기술개발 현황	23
1절	산업용지(판지)의 원료 동향	23
2절	주요 농업부산물의 현황 및 제지산업 적용 사례	28
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	36
1절	농업부산물을 이용한 신규 원료 개발 및 특성 평가	36
2절	농업부산물로 제조된 신규 원료 적용을 위한 백판지 생산현장의 최적화 기술 개발	125
3절	왕겨 유기충전제의 적용 가능성 평가를 위한 현장테스트 및 최적 스펙 선정	167
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	184
1절	최종 목표	184
2절	목표 달성도	185
3절	관련분야에의 기여도	185
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	186
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	195
제 7 장	참고문헌	207

List of tables & equations

Table 1.1. Annual production of papers and paperboards.....	21
Table 2.1. Commercial pulps used in paper industry.....	26
Table 2.2. Annual consumption of virgin pulps.....	26
Table 2.3. Annual consumption of recycled papers.....	26
Table 2.4. Classification of the contaminants exiting in recycled pulps.....	27
Table 2.5. Specifications of recycled pulps.....	28
Table 2.6. Annual production of agricultural byproducts.....	29
Table 2.7. Physical properties of duplexboard containing wood powder.....	30
Table 2.8. Effect of the addition of wood powder on bulk and steam consumption	31
Table 2.9. Chemical composition of rice husk fiber.....	34
Table 3.1. Major agricultural byproducts.....	37
Table 3.2. Chemical composition of major agricultural byproducts and other biomass.....	38
Table 3.3. Element analysis of the ash of agricultural byproducts.....	39
Table 3.4. Classification of rice husk organic filler.....	43
Table 3.5. Classification of peanut husk organic filler.....	43
Table 3.6. Classification of garlic stem organic filler.....	44
Table 3.7. Classification of agricultural byproduct organic fillers (rice husk R, peanut husk P, garlic stem G, wood powder WP).....	64
Table 3.8. Kraft pulping conditions of various agricultural byproduct experiments.....	92
Table 3.9. Yield and reject of rice husk pulp as a function of pulping conditions.....	93
Table 3.10. Yield and reject of peanut husk pulp as a function of pulping conditions.....	93
Table 3.11. Yield and reject of garlic stem pulp as a function of pulping conditions.....	94
Table 3.12. Initial freeness of agriculture byproduct pulps and commercial pulp as a function of pulping conditions (mL CSF).....	94
Table 3.13. Kraft pulping conditions of various agricultural byproduct pulps.....	104
Table 3.14. Pulp types and lists of measurement.....	126
Table 3.15. Paper grades for the analysis of physical properties.....	138
Table 3.16. Evaluation items for the evaluation of agricultural byproducts.....	152
Table 3.17. Evaluation of agricultural byproducts based on functionalities.....	153
Table 3.18. Evaluation of the raw material type for duplexboard production.....	154
Table 3.19. Average fiber length of organic fillers.....	157

Table 3.20. List of measurement in mill trial.....	167
Table 3.21. Diameters of rice husk organic filler used in first mill trial.....	171
Table 3.22. Diameters of rice husk organic filler used in second mill trial.....	172
Table 3.23. Results of second mill test.....	173
Table 3.24. Diameters of rice husk organic filler used in third mill trial.....	173
Table 3.25. Results of third mill test.....	174
Eq. 3.1. Equation for the estimation of reduced drying energy requirement.....	174

List of figures

Fig. 1.1. Development and expectations of this research.....	20
Fig. 1.2. Effect of the bulk on the reduction of recycled fibers (left) and steam (right).....	22
Fig. 1.3. Annual road-map of this research.....	22
Fig. 2.1. Classification of paperboard grades.....	23
Fig. 2.2. Structure of three-ply solid bleached board.....	24
Fig. 2.3. Structure of white lined chipboard.....	24
Fig. 2.4. Structure of testliner.....	24
Fig. 2.5. Structure of wallpaper base.....	25
Fig. 2.6. Structure of plaster board.....	25
Fig. 2.7. Scanning electron micrographs of rice husk fibers.....	35
Fig. 3.1. Chemical composition measurements of agricultural byproducts.....	37
Fig. 3.2. Scanning electron micrographs of the outer part of rice husk.....	39
Fig. 3.3. Scanning electron micrographs of the inner part of rice husk.....	40
Fig. 3.4. Scanning electron micrographs of the outer part of peanut husk.....	40
Fig. 3.5. Scanning electron micrographs of the inner part of peanut husk.....	40
Fig. 3.6. Scanning electron micrographs of the outer part of garlic stem.....	41
Fig. 3.7. Scanning electron micrographs of the inner part of garlic stem.....	41
Fig. 3.8. Manufacture of the agricultural byproducts organic fillers.....	43
Fig. 3.9. Particle size measurement.....	44
Fig. 3.10. Fiber length measurement.....	44
Fig. 3.11. Average particle size of rice husk organic fillers.....	45
Fig. 3.12. Average particle size of peanut husk organic fillers.....	46
Fig. 3.13. Average particle size of garlic stem organic fillers.....	46
Fig. 3.14. Particle size distribution of rice husk organic fillers.....	47
Fig. 3.15. Particle size distribution of peanut husk organic fillers.....	47
Fig. 3.16. Particle size distribution of garlic stem organic fillers.....	48
Fig. 3.17. Particle size distribution of wood powder organic fillers.....	48
Fig. 3.18. Average fiber length of rice husk organic fillers.....	49
Fig. 3.19. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R all).....	50
Fig. 3.20. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 60-100).....	50
Fig. 3.21. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 100-200).....	51

Fig. 3.22. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 200).....	51
Fig. 3.23. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R all).....	52
Fig. 3.24. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 60-100).....	52
Fig. 3.25. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 100-200).....	53
Fig. 3.26. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 200).....	53
Fig. 3.27. Average fiber length of peanut husk organic fillers.....	54
Fig. 3.28. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R all).....	54
Fig. 3.29. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 60-100).....	55
Fig. 3.30. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 100-200).....	55
Fig. 3.31. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 200).....	56
Fig. 3.32. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R all).....	56
Fig. 3.33. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 60-100).....	57
Fig. 3.34. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 100-200).....	57
Fig. 3.35. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 200).....	57
Fig. 3.36. Average fiber length of garlic stem organic fillers.....	58
Fig. 3.37. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R all).....	59
Fig. 3.38. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 60-100).....	59
Fig. 3.39. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 100-200).....	60
Fig. 3.40. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 200).....	60
Fig. 3.41. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R all).....	61
Fig. 3.42. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 60-100).....	61
Fig. 3.43. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 100-200).....	62
Fig. 3.44. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 200).....	62
Fig. 3.45. Diagram of the experiments.....	66
Fig. 3.46. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the bulk of handsheets.....	67
Fig. 3.47. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the bulk of handsheets.....	68
Fig. 3.48. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on the bulk of handsheets.....	68
Fig. 3.49. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the bulk of handsheets.....	69
Fig. 3.50. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.....	69
Fig. 3.51. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on	

the breaking length of handsheets.....	70
Fig. 3.52. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.....	70
Fig. 3.53. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.....	71
Fig. 3.54. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.....	71
Fig. 3.55. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.....	72
Fig. 3.56. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.....	72
Fig. 3.57. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.....	73
Fig. 3.58. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.....	73
Fig. 3.59. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.....	74
Fig. 3.60. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.....	74
Fig. 3.61. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.....	75
Fig. 3.62. Evaluation of the reduced drying energy of paperboard.....	76
Fig. 3.63. Effect of wood powder (all grade) on evaporated moisture content.....	76
Fig. 3.64. Effect of wood powder (all grade) on drying energy reduction.....	77
Fig. 3.65. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.....	78
Fig. 3.66. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.....	78
Fig. 3.67. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.....	79
Fig. 3.68. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy reduction.....	79
Fig. 3.69. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy reduction.....	80
Fig. 3.70. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy	

reduction.....	80
Fig. 3.71. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.....	81
Fig. 3.72. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.....	81
Fig. 3.73. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.....	82
Fig. 3.74. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.....	82
Fig. 3.75. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.....	83
Fig. 3.76. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.....	83
Fig. 3.77. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.....	84
Fig. 3.78. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.....	84
Fig. 3.79. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.....	85
Fig. 3.80. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction.....	85
Fig. 3.81. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction.....	86
Fig. 3.82. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction.....	86
Fig. 3.83. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.....	87
Fig. 3.84. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.....	87
Fig. 3.85. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.....	88
Fig. 3.86. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction.....	88
Fig. 3.87. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction.....	89

Fig. 3.88. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction.....	89
Fig. 3.89. Fiber length of rice husk pulp as a function of pulping conditions.....	95
Fig. 3.90. Fiber width of rice husk pulp as a function of pulping conditions.....	96
Fig. 3.91. Fiber length of peanut husk pulp as a function of pulping conditions.....	96
Fig. 3.92. Fiber length of peanut husk pulp as a function of pulping conditions.....	97
Fig. 3.93. Fiber length of garlic stem pulp as a function of pulping conditions.....	97
Fig. 3.94. Fiber width of garlic stem pulp as a function of pulping conditions.....	98
Fig. 3.95. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of rice husk pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	99
Fig. 3.96. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of rice husk pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	99
Fig. 3.97. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of peanut husk pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	100
Fig. 3.98. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of peanut husk pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	100
Fig. 3.99. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of garlic stem pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	101
Fig. 3.100. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of garlic stem pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	101
Fig. 3.101. Micrograph of BCTMP.....	102
Fig. 3.102. Micrograph of OCC.....	102
Fig. 3.103. Scanning electron micrographs of rice husk pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	105
Fig. 3.104. Scanning electron micrographs of rice husk pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	106
Fig. 3.105. Scanning electron micrographs of peanut husk pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	106
Fig. 3.106. Scanning electron micrographs of peanut husk pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	107
Fig. 3.107. Scanning electron micrographs of garlic stem pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	107
Fig. 3.108. Scanning electron micrographs of garlic stem pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	108
Fig. 3.109. Scanning electron micrograph of KOCC fibers ($\times 200$).....	108

Fig. 3.110. Scanning electron micrograph of KOCC fibers ($\times 1000$).....	109
Fig. 3.111. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).....	110
Fig. 3.112. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).....	111
Fig. 3.113. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).....	111
Fig. 3.114. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).....	112
Fig. 3.115. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).....	112
Fig. 3.116. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).....	113
Fig. 3.117. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).....	113
Fig. 3.118. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).....	114
Fig. 3.119. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).....	114
Fig. 3.120. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).....	115
Fig. 3.121. Tensile strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).....	117
Fig. 3.122. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).....	117
Fig. 3.123. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).....	118
Fig. 3.124. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).....	118
Fig. 3.125. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).....	119
Fig. 3.126. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).....	119
Fig. 3.127. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).....	120

Fig. 3.128. Compressive factor of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions.....	120
Fig. 3.129. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions.....	121
Fig. 3.130. Compressive factor of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	121
Fig. 3.131. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.....	122
Fig. 3.132. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions.....	122
Fig. 3.133. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions.....	123
Fig. 3.134. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions.....	123
Fig. 3.135. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.....	124
Fig. 3.136. Freeness of commercial pulps.....	127
Fig. 3.137. Average fiber length of commercial pulps.....	127
Fig. 3.138. Fiber length distribution of BKP.....	128
Fig. 3.139. Fiber length distribution of BCTMP.....	128
Fig. 3.140. Fiber length distribution of white ledger.....	129
Fig. 3.141. Fiber length distribution of ONP.....	129
Fig. 3.142. Fiber length distribution of OCC.....	130
Fig. 3.143. Fines content of commercial pulps.....	130
Fig. 3.144. Micrographs of BKP.....	131
Fig. 3.145. Micrographs of BCTMP.....	131
Fig. 3.146. Micrographs of white ledger.....	131
Fig. 3.147. Micrographs of ONP.....	132
Fig. 3.148. Micrographs of OCC.....	132
Fig. 3.149. Ash content of commercial pulps.....	133
Fig. 3.150. Bulk of handsheets made of commercial pulps.....	134
Fig. 3.151. Tensile strength of handsheets made of commercial pulps.....	134
Fig. 3.152. Compressive strength of handsheets made of commercial pulps.....	135
Fig. 3.153. Burst strength of handsheets made of commercial pulps.....	135
Fig. 3.154. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of SC 350 g/m ²	

.....	138
Fig. 3.155. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of SC 350 g/m ²	139
Fig. 3.156. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of SC 350 g/m ²	139
Fig. 3.157. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of SC 350 g/m ²	140
Fig. 3.158. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of SC 350 g/m ²	140
Fig. 3.159. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of SC 350 g/m ²	141
Fig. 3.160. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (CD) of SC 350 g/m ²	141
Fig. 3.161. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of ACB 220 g/m ²	142
Fig. 3.162. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of ACB 220 g/m ²	143
Fig. 3.163. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of ACB 220 g/m ²	143
Fig. 3.164. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of ACB 220 g/m ²	144
Fig. 3.165. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of ACB 220 g/m ²	144
Fig. 3.166. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of ACB 220 g/m ²	145
Fig. 3.167. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of ACB 220 g/m ²	145
Fig. 3.168. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of SC 450 g/m ²	146
Fig. 3.169. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of SC 450 g/m ²	146
Fig. 3.170. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of SC 450 g/m ²	147
Fig. 3.171. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of SC 450 g/m ²	147

Fig. 3.172. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of SC 450 g/m ²	148
Fig. 3.173. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of SC 450 g/m ²	148
Fig. 3.174. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (CD) of SC 450 g/m ²	149
Fig. 3.175. Flow diagram of the evaluation of agricultural byproducts.....	151
Fig. 3.176. Dryer for the production of organic filler.....	155
Fig. 3.177. Grinder for the production of organic filler.....	155
Fig. 3.178. Screens for the production of organic filler.....	156
Fig. 3.179. Rice husk for the production of organic filler.....	156
Fig. 3.180. Rice husk organic filler.....	157
Fig. 3.181. Relationship between fiber length and width of rice husk organic filler.....	157
Fig. 3.182. Relationship between fiber length and width of WP1 organic filler.....	158
Fig. 3.183. Relationship between fiber length and width of WP2 organic filler.....	158
Fig. 3.184. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler.....	159
Fig. 3.185. Scanning electron micrographs of WP2 organic filler.....	159
Fig. 3.186. Effect of organic fillers on the bulk of handsheets.....	162
Fig. 3.187. Effect of organic fillers on the tensile strength of handsheets.....	162
Fig. 3.188. Effect of organic fillers on the burst strength of handsheets.....	163
Fig. 3.189. Effect of organic fillers on the compressive strength of handsheets.....	163
Fig. 3.190. Effect of rice husk organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.....	164
Fig. 3.191. Effect of wood powder 1 organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.....	165
Fig. 3.192. Effect of wood powder 2 organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.....	165
Fig. 3.193. Effect of organic fillers on the reduced drying energy requirement of handsheets.....	166
Fig. 3.194. Rice husk organic filler for mill tests.....	168
Fig. 3.195. Sampling of rice husk organic filler.....	168
Fig. 3.196. Air blower and pipe lines to rice husk organic filler chest.....	168
Fig. 3.197. Rice husk organic filler chest.....	169
Fig. 3.198. Structure of duplexboard.....	169
Fig. 3.199. Papermaking process of duplexboard.....	169

Fig. 3.200. Rice husk particles remaining on 60 mesh sieve.....	171
Fig. 3.201. Yield of rice husk organic fillers fractionated by 60, 100, 200 mesh sieves.....	171
Fig. 3.202. Thermo-hygrostat and aging conditions.....	177
Fig. 3.203. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) before humid heating aging.....	178
Fig. 3.204. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 2 days of humid heating aging.....	178
Fig. 3.205. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 4 days of humid heating aging.....	178
Fig. 3.206. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 6 days of humid heating aging.....	179
Fig. 3.207. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 8 days of humid heating aging.....	179
Fig. 3.208. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 10 days of humid heating aging.....	179
Fig. 3.209. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 12 days of humid heating aging.....	180
Fig. 3.210. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 14 days of humid heating aging.....	180
Fig. 3.211. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 16 days of humid heating aging.....	180
Fig. 3.212. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler(middle), rice husk(right) after 18 days of humid heating aging.....	181
Fig. 3.213. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler(middle), rice husk(right) after 20 days of humid heating aging.....	181
Fig. 3.214. Magnified images of rice husk after 20 days of humid heating aging.....	181
Fig. 3.215. Weight change of commercial wood powder, rice husk organic filler, rice husk during 20 days of humid heating aging.....	182
Fig. 3.216. Addition of rice husk organic filler in paperboard mill.....	183
Fig. 6.1. Pictures of KOOKIL PAPER (国一制纸(张家港)有限公司).....	196
Fig. 6.2. Pictures of PROPAK CHINA 2014.....	197
Fig. 6.3. Packaging trends for agricultural products in Shanghai market.....	205

제1장 연구개발과제의 개요

본 연구개발은 작물재배에 의해 발생하는 농업부산물을 이용하여 농산물 포장용지인 백판지의 원료를 제조하고 백판지 생산 공정에 적용할 수 있는 기술을 개발함으로써 농업부산물 판매로 인한 농산물 생산자에게는 새로운 수입원이 창출될 수 있고 백판지의 원가절감으로 인한 포장용지 생산자의 이익이 증대될 수 있을 뿐만 아니라 농산물용 백판지의 단가하락으로 인한 농산물 생산자의 생산원가 절감을 기대할 수 있다. 또한 본 기술은 폐기자원의 재활용과 저탄소 녹색성장의 개념을 충족시키는 친환경 포장용지 제조 기술이다.



Fig. 1.1. Development and expectations of this research.

농업진흥청에 따르면 국내에서 발생하는 농업부산물은 연간 11,641,600 톤이 발생되고 친환경적인 자원으로 활용 면에서 높은 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고 국내 발생량의 약 80% 이상이 자원으로 활용되지 못하고 있다. 상당수의 농업부산물은 섬유소계 바이오매스로 바이오 에너지 전환 측면과 경량·고강도 소재로서의 높은 활용성이 있다고 평가되고 있으나 실질적으로 활용되고 있는 양은 매우 낮고 특히 천연자원이 부족한 우리나라에서는 폐기되고 있는 농업부산물의 자원화 기술 개발이 시급하다.

본 연구팀에서는 폐기되고 있는 농업부산물의 자원화 방안으로 농산물 포장에 사용되는 포장용지(백판지)의 원료로 활용할 수 있는 기술을 고안하고자 하였다. 농업부산물 선정에 있어 최근 활용도가 증가하고 있는 왕겨(rice husk)와 식량자원 혹은 에너지 자원으로 활용도가 낮고 폐기 비율이 높은 땅콩박(peanut husk), 마늘대(garlic stem)을 선정하였다.

벼의 부산물인 왕겨는 연간 100 만톤 발생하고 주로 땔감이나 퇴비로 활용되었으나 최근 친환경 용기, 화분, 육묘상자 등을 생산하는데 활용되고 있기 때문에 향후 소재로서 왕겨의 활용성을 확대할 수 있는 연구개발이 필요하다.

국내에서 땅콩은 2010년 기준으로 약 5,381ha를 재배되고 있다. 땅콩박(peanut husk)은 땅콩의 수확 후 저장성을 높여주는 기능을 가지고, 외부의 미생물, 곤충으로부터 물리·화학적으로 종실을 보호할 뿐만 아니라 산화에 대한 자기방어 역할을 함. 땅콩껍질에 대한 연구는 주로 생화학적 효과에 대한 연구가 주로 진행되었다. 땅콩껍질은 메탄을 추출물에서 항돌연변이 효과가 있다고 보고되었고, 4-hydroxylbenzoic acid와 3-methoxy-4-hydroxy-benzoic acid의 항균·항산화능을 가진 페놀화합물이 존재한다고 보고되었다. 이런 땅콩박은 땅콩 중량의 35~40% 정도를 차지하며 상당한 양이 부산물로 생산되고 있으나 용도가 제한되어 일부가 사료로만 사용되고 있을 뿐이다. 땅콩껍질을 이용하여 폐수처리에 대한 연구가 진행되었고 폐수 내에 존재하는 구리이온을 제거하는데 효과적이라고 보고되었고 땅콩껍질을 이용하여 상업용 목분과 같은 용도로 사용하는 연구결과가 발표되었는데 땅콩껍질을 분쇄하여 목분 수준으로 분말을 제조한 후 섬유관을 제조할 때 원료로 사용할 수 있다고 보고되었다.

마늘은 남해 등 여러 지역에서 연간 30만톤 생산되고 있으며, 마늘 수확기에는 퇴비장이나 마늘재배 포장 인근에 마늘대가 폐기되고 있다. 마늘대는 높은 섬유질을 가지고 있는 자원임에도 불구하고 명확한 활용처가 발굴되지 않았으나 최근 여러 지자체와 농업관련 연구기관에서 마늘대를 사료화하는 연구들이 진행되고 있다.

농산물을 포장하고 운반할 때 가장 많이 사용되고 있는 포장재는 백판지와 포장용지인 지류 제품으로 한국 제지공업연합회 자료에 따르면 이들의 생산량이 매년 지속적으로 증가하고 있다. 농산물용 포장용지를 제조하는 판지산업이 현재 직면하고 있는 가장 큰 문제는 불안정한 펄프 원료의 수급과 에너지 비용의 상승이다. 판지 생산공정에서 생산원가(백판지 기준) 중 변동비를 살펴보면 원재료비가 약 55%, 건조에너지비가 약 18% 수준으로 변동비의 1, 2위를 차지하기 때문에 펄프원료와 건조에너지의 사용량은 판지의 생산원가절감에 막대한 영향을 준다.

Table 1.1. Annual production of papers and paperboards

연도	합계(톤)	신문용지(톤)	인쇄용지(톤)	포장용지 및 판지(톤)	기타
2007	10,932,048	1,630,226	3,133,098	5,561,320	607,404
2008	10,642,495	1,561,652	3,094,409	5,385,963	600,471
2009	10,480,673	1,464,229	2,976,980	5,436,906	602,558
2010	11,105,835	1,556,101	3,029,585	5,897,790	622,359
2011	11,480,372	1,537,479	3,278,415	6,040,974	623,504

세계적으로 각국의 주요정책은 저탄소 녹색성장(low carbon, green growth)과 자원순환 사회 구축에 근간을 두고 있으며 특히 2005년 2월부터 기후변화협약에 의한 교토의정서가 정식 발효되면서 이산화탄소를 증가시키지 않는 탄소 중립적(carbon-neutral) 특성을 가지는 목재 자원의 순환이용이 더욱 중요하게 대두되고 있다. 이에 따라 목질계 바이오매스(lignocellulosic

biomass)의 활용에 있어 에너지화가 가장 큰 이슈가 되면서 제지산업은 원료 공급에 큰 차질을 야기하고 있다. 또한 각 나라에서 에너지 보호정책에 따라 판지생산 공정에서 사용되는 에너지원인 석탄자원의 가격이 급속히 증가함에 따라 제지산업의 어려움이 가중되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 목질계 펄프자원을 비목질계 펄프자원으로 대체하거나 펄프자원과 건조에너지를 절감시킬 수 있는 새로운 개념의 원료를 개발하는 것이 시급하다. 펄프원료와 건조에너지를 절감시키기 위해서는 종이의 두께를 평량으로 나눈 값인 벌크(bulk)를 상승시키는 것이 매우 중요하다. 벌크가 상승하게 되면 종이 생산에 사용되는 원료를 절감할 수 있고 펄프원료가 절감되면 건조공정에서 사용되는 건조에너지가 감소하게 된다 (그림 2). 따라서 새로운 원료를 개발하기 위해서는 포장용지의 벌크를 향상시킬 수 있는 기능성 원료개발이 가장 중요한 방향이다.

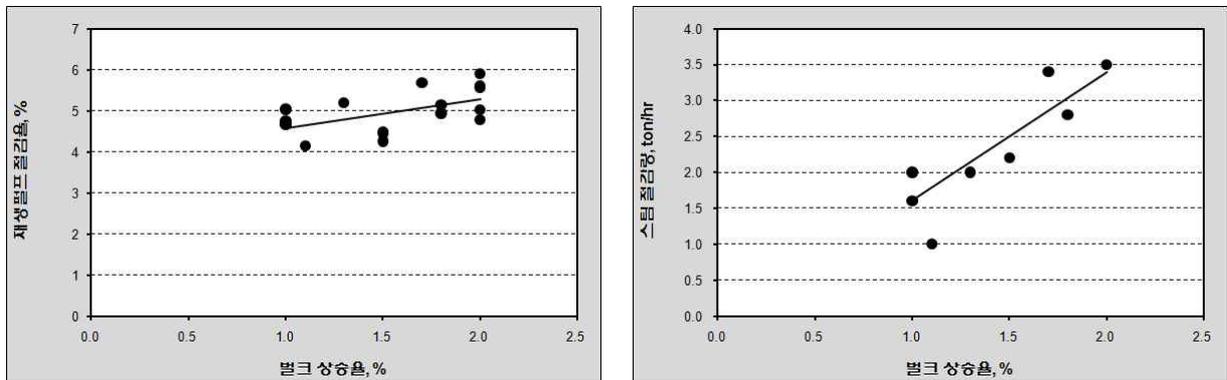


Fig. 1.2. Effect of the bulk on the reduction of recycled fibers (left) and steam (right).

본 연구에서는 그 활용이 제한적이거나 단순 폐기되는 농업부산물을 이용한 기능성 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조하고 백판지 현장에 적용할 수 있는 기술을 개발하여 친환경 농산물용 포장용지를 생산하는 친환경 제지기술을 개발하고자 하였다.



Fig. 1.3. Annual road-map of this research.

제2장 국내외 기술개발 현황

1절 산업용지(판지)의 원료 동향

1. 판지의 종류에 따른 원료 분석

판지(paperboard)는 약 150 g/m² 이상의 평량과 0.3 mm 이상의 두께를 가지는 종이를 일컫는 것으로 주로 포장용으로 사용되는 지종이다. 판지는 Fig. 2.1과 같이 접음상자용 판지(카톤 판지, cartonboard), 골판지(containerboard), 특수판지(special board)로 구분된다.

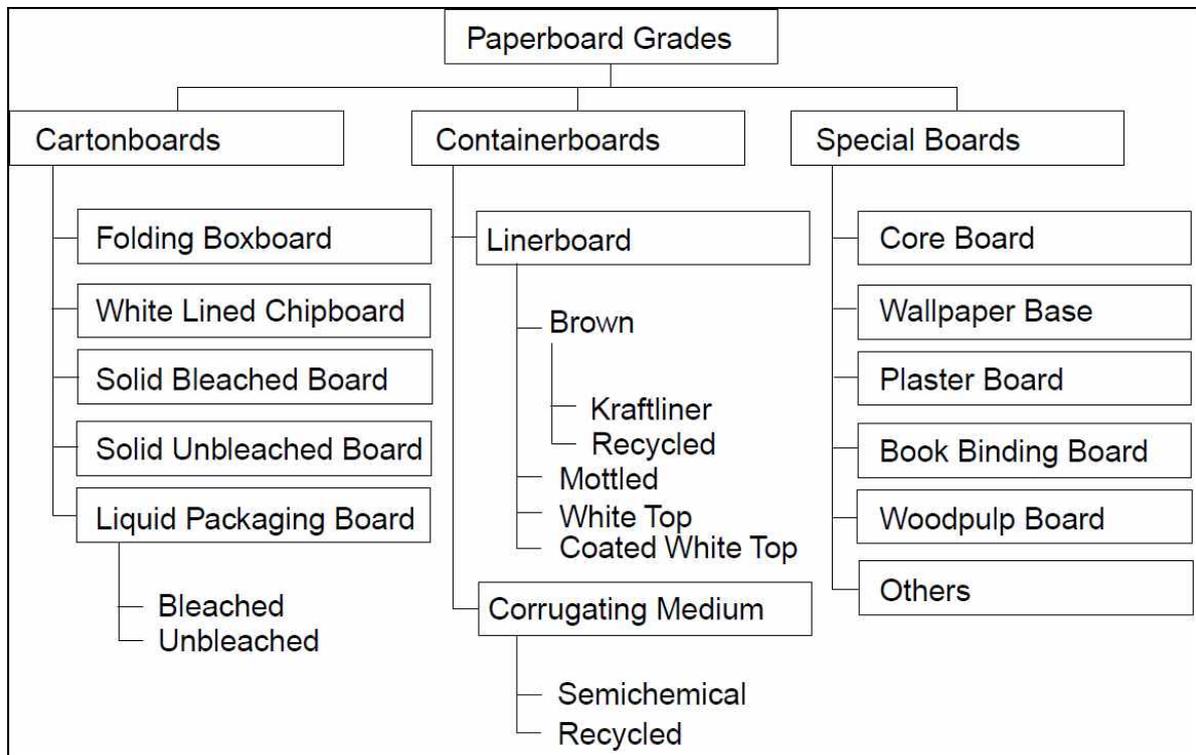


Fig. 2.1. Classification of paperboard grades.

카톤 판지에는 식품포장 판지, 조판지(chipboard) 등이 있는데 주로 음식, 담배, 우유, 의약품 등의 제품 포장에 사용되고 있고 각 판지의 구조는 Figs. 2.2-2.3에 도시하였다. 각 판지들은 일반적으로 다층 구조를 가지고 각 층마다 사용되는 원료의 종류가 매우 다양한 것을 볼 수 있다.

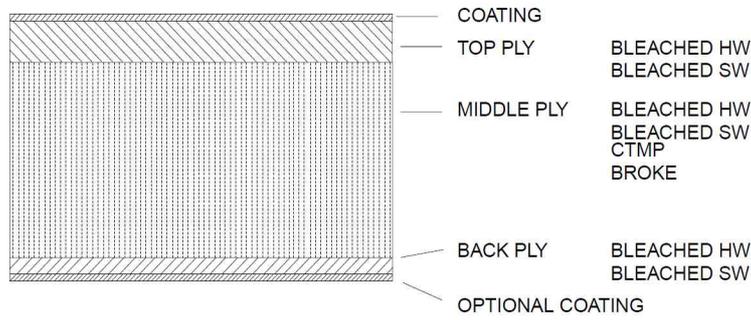


Fig. 2.2. Structure of three-ply solid bleached board.

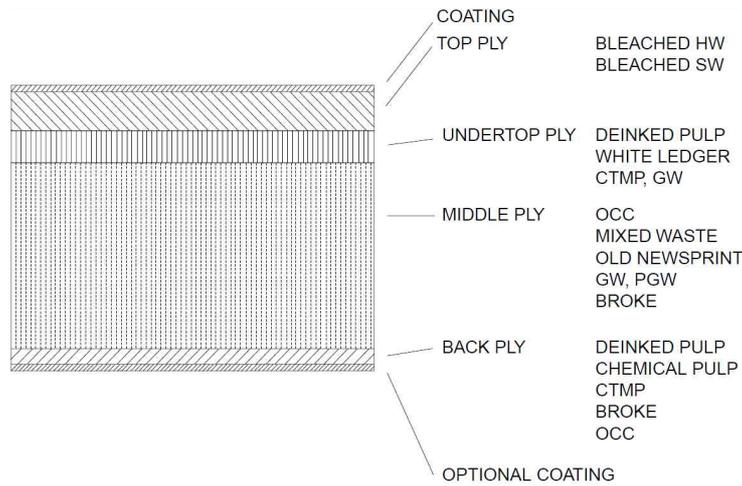


Fig. 2.3. Structure of white lined chipboard.

골판지는 판지시장에서 가장 큰 부분을 차지하는 지종으로 단순한 운반용 박스 뿐만 아니라 고부가가치의 가전제품 포장박스까지 활용되고 있다. 골판지는 골 형태를 띠면서 골판지 내부층을 형성하는 골심지(corrugating medium)와 골판지 양면에 사용되는 라이너지(linerboard)로 구성되어 있다. 골심지는 보통 고수율 반화학 활엽수 펄프를 사용하여 0.229 mm의 두께로 제조되는 것이 원칙이나 폐지도 원료로 사용되고 있다. 라이너지는 다층으로 제조되고 각 층에 사용되는 원료는 종류가 다르나 표면에 인쇄할 수 있는 수준의 라이너지의 경우에는 고수율 미표백 크라프트 펄프가 사용되기도 한다(Fig. 2.4).

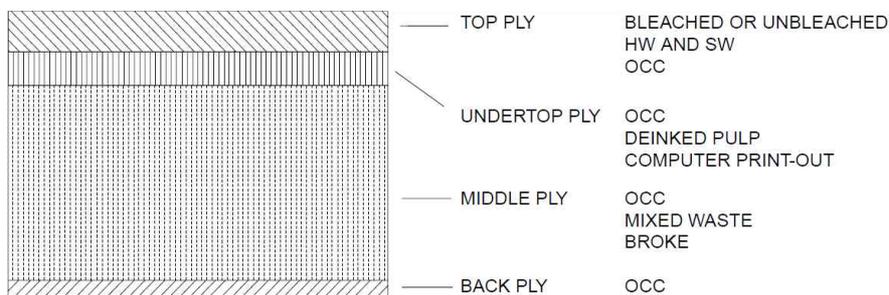


Fig. 2.4. Structure of testliner.

특수판지는 포장용으로 사용되는 판지 이외 특수한 용도로 사용되는 판지를 일컫는다. 주요 특수판지로는 벽지제조에 사용되는 벽지원지(wallpaper base), 종이, 금속박, 직물 등을 감는 심봉을 만드는데 쓰이는 종이인 지관원지(core board), 건물의 단열을 위한 건축 마감재인 석고보드에 사용되는 석고보드 원지(plaster board) 등이 있다(Figs. 2.4-2.5).

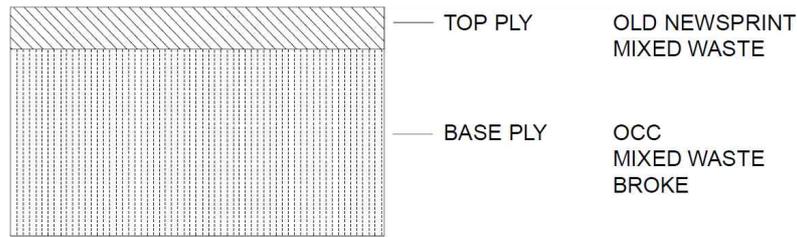


Fig. 2.5. Structure of wallpaper base.

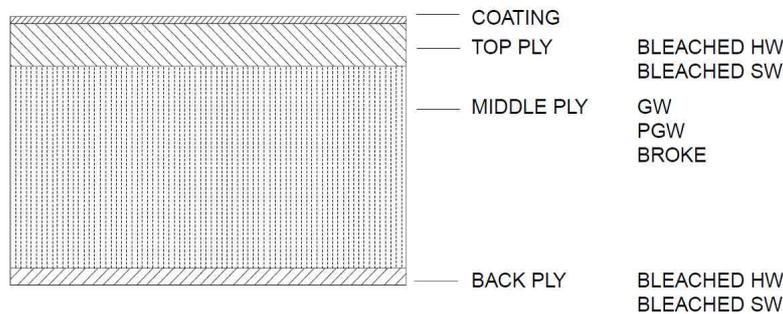


Fig. 2.6. Structure of plaster board.

판지의 종류별로 정리해 보면 판지를 생산할 때 사용되는 펄프의 종류는 매우 다양하고 펄프의 종류를 정리해 보면 Table 2.1과 같이 정리할 수 있다. 펄프는 천연펄프와 재생펄프(폐지)로 구별되고 천연펄프는 화학펄프, 반화학펄프, 기계펄프로 분류될 수 있다. 재생펄프(폐지)는 혼합폐지, 신문폐지(ONP), 골판지 폐지(OCC), 펄프 대체 원료, 탈목용 상질폐지가 있다. Table 2.2와 Table 2.3에서는 국산·수입산 천연펄프 사용량과 국산·수입산 폐지 사용량을 각각 나타냈다. 천연펄프는 2006년에서 2010년에 이르기까지 전체 사용량이 다소 감소하고 있는 것을 볼 수 있고 2010년 기준으로 국산 펄프의 비율은 12.9%로 매우 낮은 수치를 나타냈다. 이는 국내 산림자원의 부족과 함께 신재생에너지의 관심 및 사용의 증가와도 관련이 있기 때문이라고 판단되지만 결국 낮은 천연펄프 자급율은 국내 제지산업에서 폐지의 중요성을 보여주는 것이라고 생각된다. 폐지는 2006년에서 2010년에 이르기까지 전체 사용량이 지속적으로 증가하고 있음을 볼 수 있고 국산 폐지의 비율이 87.0% 수준으로 매우 높고 종류별로 살펴보면 골판지 폐지의 사용량이 가장 높음을 볼 수 있다. 천연펄프와 폐지의 사용량을 비교해 보면 2010년 기준으로 폐지의 사용량이 천연펄프의 사용량에 비해 4배 더 높은 것으로 볼 수 있다. 따라서 향후 제지용 원료 절감과 효율화를 위해서는 폐지와 관련된 연구 중심으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

Table 2.1. Commercial pulps used in paper industry

대분류	중분류	소분류 (각 펄프는 표백, 미표백, 침엽수, 활엽수로 분류될 수 있음.)
천연펄프 (virgin pulp)	화학펄프(chemical pulp)	크라프트 펄프, 설파이트 펄프
	반화학펄프(semi-chemical pulp)	산성아황산 반화학펄프, 중아황산 반화학펄프, 중성아황산 반화학펄프, 크라프트 반화학펄프
	기계펄프(mechanical pulp)	쇄목펄프, 리파이너 기계펄프, 열기계펄프
재생펄프(폐지) (waste paper)	혼합폐지, 신문폐지, 골판지 폐지, 펄프 대체원료, 탈묵용 상질폐지	

Table 2.2. Annual consumption of virgin pulps

단위: 톤

연도	합계			국산			수입		
	계	기계펄프	화학펄프	계	기계펄프	화학펄프	계	기계펄프	화학펄프
2008	2,910,673	322,589	2,588,084	516,156	110,803	405,353	2,394,517	211,786	2,182,731
2009	2,768,246	288,712	2,479,534	387,917	106,256	281,661	2,380,329	182,456	2,197,873
2010	2,797,360	348,205	2,449,155	359,618	109,458	250,160	2,437,742	238,747	2,198,995
2011	2,952,397	431,212	2,521,185	518,446	138,060	380,386	2,433,951	293,152	2,140,799
2012	2,849,745	413,066	2,436,679	489,634	112,466	377,168	2,360,111	300,600	2,059,511

Table 2.3. Annual consumption of recycled papers

단위: 톤

		2008	2009	2010	2011	2012
O.N.P	국산	1,575,011	1,473,920	1,369,938	1,295,562	1,257,665
	수입	650,721	621,386	822,094	931,746	979,016
	계	2,225,732	2,095,306	2,192,032	2,227,308	2,236,681
O.C.C	국산	5,293,647	5,357,448	6,368,681	6,435,907	5,612,950
	수입	306,455	227,727	284,096	276,970	236,013
	계	5,600,102	5,585,175	6,652,777	6,712,877	5,848,963
Others	국산	1,033,264	1,019,686	1,118,703	1,095,168	1,173,401
	수입	254,375	234,391	221,326	226,574	233,808
	계	1,287,639	1,254,077	1,340,029	1,321,742	1,407,209
합계	국산	7,901,922	7,851,054	8,857,322	8,826,637	8,044,016
	수입	1,211,551	1,083,504	1,327,516	1,435,290	1,448,837
	계	9,113,473	8,934,558	10,184,838	10,261,927	9,492,853

2. 한국산업표준(KS)에 따른 폐지(waste paper, recovered fibers)의 종류

폐지의 종류는 폐백상지, 폐화이트레저, 폐잡지, 폐신문, 폐골판지 등 5종류로 구별된다. 각 종류별 상세내용은 다음과 같다.

- (1) 폐백상지 : 깨끗한 상태의 버려진 백상지를 말하며, 인쇄소 등에서 재단하고 남은 종이의 조각도 포함한다.
- (2) 폐화이트레저 : 백상지에 검정 잉크 및 레이저 프린터 등으로 인쇄된 상태의 종이를 말한다.
- (3) 폐잡지 : 가정, 회사, 관공서 등에서 발생하는 잡지, 공책 등을 말하며, 출판사에서 회수된 잔본을 포함한다.
- (4) 폐신문 : 발행되어 독자에게 배포된 후 회수된 신문 및 신문사에서 발생하는 남은 종이 등을 말한다.
- (5) 폐골판지 : 백화점, 슈퍼마켓, 가정 그 밖에 시중에서 발생하는 라이너와 골심지로 만들어진 골판지 상자를 말한다.

폐지 종류별 등급을 매기게 되는데 Table 2.4와 Table 2.5에서 폐지의 이물질과 규격을 각각 나타냈다.

Table 2.4. Classification of the contaminants exiting in recycled pulps

구 분		종 류
이물질	A류	종이 원료로 혼입되어 종이 제조에 장애가 되는 물질 -돌, 유리, 금속, 토사, 목편 등 -플라스틱류, 천류 -수지 함침지, 황산지, 아스팔트, 합판지 등 -타폴린지, 왁스지, 석고보드 등 건자재 -천 테이프, 비닐 테이프 -날염지 -그 밖에 공정 및 제품 품질에 장애가 되는 물질
	B류	종이 원료로 소량 혼입되어 장애가 되지 않는 물질 -카본지 -NCR지 -비닐 -래미네이트지 -접착용 종이 테이프 -감열지 -그 밖에 제지 원료로서 부적합한 물질
규격 외 물질		수분 및 상기 외 이물질을 모두 규격 외 물질로 한다.

Table 2.5. Specifications of recycled pulps

종류	이물질(%)		규격 외 물질(%)	수분(%)
	A류	B류		
폐백상지	0.1이하	0.3이하	1.0이하	12.0이하
폐화이트레저	0.1이하	0.3이하	1.0이하	
폐잡지	0.3이하	0.5이하	2.0이하	
폐신문	0.3이하	0.5이하	2.0이하	
폐골판지	0.5이하	1.0이하	3.0이하	

2절 주요 농업부산물의 현황 및 제지분야 적용 사례

1. 농업부산물의 종류 및 현황

농사를 짓거나 가축을 기르는 과정에서는 필연적으로 농업부산물이 발생하게 된다. 주요 농업 부산물의 발생량을 보면, 해마다 차이가 있지만 2010년 기준으로 보면, 벼 부산물의 경우 볏짚이 연간 600 만톤, 왕겨가 약 100 만톤 내외가 발생되고 있다. 그리고 보리의 경우 연간 16 만톤, 고구마 및 대두가 줄기형태로 연간 26 만톤과 22 만톤이 각각 발생되고 있으며 과수 부산물도 전정가지 형태로 적지 않은 양(110 만톤)이 발생되고 있고, 축산 부산물의 경우에도 동물성 유지형태로 연간 50 만톤 이상 발생되고 있다. 이들 농업부산물은 산업화를 통한 고도 활용으로 부가가치를 극대화할 수 있는 유용한 소재이며 하나도 버릴 것이 없는 좋은 자원이다. 아직 부산물 이용을 통한 경제성 확보라든가 원료 수급문제등 해결해야 할 과제들도 많지만, 최근에 농업 부산물이용관련 기술개발이나 적용 사례를 살펴보면, 쌀겨와 왕겨를 함유시켜 농업용 피복비닐, 육묘용 포트 등 다양한 친환경, 재생가능 제품을 만드는 시도와 연구가 진행되고 있다. 중요한 점은 이러한 일련의 농업부산물 이용 산업화는 개별 기술단위가 아닌 기술 패키지화를 통한 제품 간 연계생산체제로 이루어져야만 경제성이나 사업성 확보가 가능할 것이라는 점이다.

Table 2.6. Annual production of agricultural byproducts

농업부산물 종류	연간 생산량
벼집	600 만톤
왕겨	100 만톤
보리	16 만톤
고구마(줄기형태)	26 만톤
대두(줄기형태)	22 만톤
기타(과수부산물)	110 만톤
기타(축산부산물)	50 만톤
부산물 총계	924 만톤

2. 농업부산물의 판지 적용 사례

(1) 목분(wood powder)

① 제지용 원료 제조방법과 판지 제조방법과 판지 제조방법 및 이에 의해 제조된 판지 (공개특허10-2009-0087625)

가공목재 가공부산물인 톱밥을 분쇄기를 이용하여 분쇄하여 소정범위의 길이를 갖는 목재 섬유를 생성시킨 후, 스크린을 통과시켜 이물질 및 특정길이보다 큰 크기의 목재섬유를 제거하여 제지용 원료를 얻는 단계를 포함한다. 가공목재 가공시 발생하는 톱밥을 물리적으로 처리하여 판지의 심면층의 원료로 이용되는 제지용 원료를 제조함으로써 폐지 공급부족에 따른 대체 원료를 얻을 수 있는 제지용 원료 제조방법 및 판지 제조방법이다. 제지용 원료의 함량은 중량비가 1-20%이다. 이는 물성(예컨대, 강도 지합 평활도 등)의 변화가 없는 범위에서 생산할 수 있는 투입 비율이다. 톱밥을 이용한 제지용 목분은 화학처리가 없이 단순히 톱밥을 물리적으로 처리하여 얻을 수 있기 때문에 동력비를 절감할 수 있으며, 폐수발생 및 폐수에 포함되는 슬러지 감소 효과를 얻을 수 있고 상기 물리적으로 처리하여 얻어진 미세한 제지용 원료를 판지 제조시 심면층에 이용함으로써 폐지 공급부족에 따른 대체원료를 얻을 수 있게 된다. 실제로 투입시 Table 2.7과 같이 물성의 개선을 확인할 수 있다.

Table 2.7. Physical properties of duplexboard containing wood powder

구분	단위	본 발명	종래	
속도	m/min	370	350	
평량	g/m ²	311	321	
수분	%	6.6	6.8	
두께	μm	385	381	
밀도	g/cm ³	0.81	0.84	
백색도	%	77.5	77.5	
평활도	sec	340	350	
거칠기 (Roughness)	Top 면	μm	1.49	1.48
	Back 면		6.49	6.43
강직성 (Stiffness)	MD	g · cm	123	119
	CD		48	44
	MD/CD		-	2.56

② 제지용목분의 제조방법 및 이를 이용한 벌크가 증가된 제지의 제조방법
(등록 특허 10-0898383)

제지용 목분의 제조방법 및 이를 이용한 벌크가 증가된 제지의 제조방법에 관한 특허이다. 제지용 목분은 피브릴화가 방지된 것으로 다음과 같은 단계를 거쳐 제조한다.

- 1단계 : 수분 함량이 10중량 % 미만이 되도록, 목재료를 건조하는 단계
- 2단계 : 건조된 목재료를 그라인더로 분쇄하는 단계
- 3단계 : 길이 가중치 평균섬유장이 0.3 mm이하인 목분을 분급하는 단계

상기 목분 1~50 중량%와 펄프 50~99 중량%를 혼합하여 형성된 중간층을 포함하는 종이에 대하여 특허 등록하였다. 목분은 주로 목재 절단시 발생하는 목재료를 분쇄기로 미세분말화하여, 체로 친 것을 일컫는다. 이 특허는 수분함량이 10 중량% 미만이 되도록 목재료를 건조하는 단계, 건조된 목재료를 그라인더로 분쇄하는 단계, 길이 가중치 평균 섬유장이 0.3 mm 이하인 목분을 분급하는 단계, 상기 분급된 1~50 중량% 목분과 펄프를 혼합하여 중간층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제지 제조방법에 관한 특허이다. 또한 자세하게는 목분의 거칠음도 3 mg/m이상인 것임을 특징으로 하는 종이제조 방법이다. 거칠음도가 높을수록 종이 내부에서 섬유와 섬유사이의 거리를 넓혀주기 때문에 종이의 두께 향상에 유리하기 때문이다. 투입 효과로는 벌크 향상과 벌크 상승함에 따라 동일 두께의 종이 생산시 원료 사용량이 감소하는 효과를 얻을 수 있다. 리그닌 성분을 함유함으로써 섬유에 비해 소수성이 강해 물을 흡수하는 성질이 낮아 건조에너지를 절감할 수 있다. 종이는 코팅층, 탑(Top)층, 언더탑(Under top층), 중간층 및 백(back)층으로 구성되어 있다. 그 중에 목분은 중간층에 투입하여 벌크를 향상시킨다. 목분의 크기가 0.3 mm 이상이 되면 중간층에 투입된 목분이 표면에 드러나 보이는 현상이 발생하기 때문에 품질에 악영향을 준다. 또한 화학처리를 통해 제거하지 않은 리그닌 성분으로 목분은 섬유에 비해 소수성이 강해 물을 흡수하는 성질이 낮아

건조에너지 절감을 할 수 있다.

Table 2.8. Effect of the addition of wood powder on bulk and steam consumption

목분투입량 (%)	벌크 (cm ³ /g)	벌크향상율 (%)	스팀사용량 (톤/hr)	스팀절감량 (톤/hr)
0	1.21	-	43.9	-
4	1.22	1.0	41.8	2.1
6	1.24	2.4	39.8	4.1
8	1.25	3.3	39.3	4.6
8	1.27	3.0	41.8	2.8
0	1.27	-	48.6	-
4	1.28	0.6	45.5	3.1
6	1.30	2.5	42.9	5.7
8	1.33	4.3	41.9	6.7

(2) 왕겨(rice husk)

① 왕겨의 화학적 조성 및 왕겨섬유의 형태적 특성

국내에서 발생하는 농수산물·식품산업 부산물 중 가장 대표적인 것이 왕겨라고 할 수 있는데, 특히 동아시아에서 가장 중요한 주식으로 애용되는 벼는 전 세계적으로 연간 약 5억 6천만 톤 정도 생산되고 있고(농촌진흥청, 국립식량과학원), 국내의 경우에는 2008년 기준으로 484만톤(통계청 사회통계국, 2008), 연간 500만톤 정도가 생산되고 있다. 왕겨는 벼의 품종, 경작지, 기후, 경작법 등에 따라 차이가 있으나 보통 무게비로 벼의 약 20%를 차지하는 데, 2008년 기준으로 약 97만톤의 왕겨가 발생되고 있는 것을 알 수 있다. 현재 95% 이상은 축산시설 깔개 등으로 이용 후 퇴비로 사용하거나, 또는 상토, 보온재 등으로 이용되는 등 부가가치가 낮은 용도로 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 실제 왕겨는 외피가 규소로 치밀하게 피복되어 부식되기 어려울 뿐만 아니라 마모성이 높은 특성 때문에 사료 및 공업용 원료로의 사용도 적절하지 않은 특성이 있다. 다양한 방법을 적용하여 왕겨활성탄을 제조하는 연구 왕겨의 원료화를 위한 왕겨가스화 관련 연구, 왕겨를 탈휘 발화시킨 탄화왕겨로 활용하는 방법에 대한 연구 등 왕겨의 활용성을 높이기 위한 많은 연구개발이 진행되었다.

왕겨는 쌀을 주곡으로 하는 국내농업기반 조건에서 대표적인 폐기성 농업부산물이다. 국내에서는 쌀의 품미보존 등을 위하여 벼를 알곡상태로 보관하고 필요시마다 벼의 도정작업을 함에 따라 그 발생량이 연중 균일한 특성이 있고, 특히 전국 지역별로 설치된 미곡종합처리장을 중심으로 왕겨는 상대적으로 집중되어 발생되고 있어 왕겨의 수급 및 확보가 다른 바이오매스에 비해 월등히 우수한 장점을 가지고 있다. 국내 벼 생산량은 쌀의 소비추세 변화 등에 의해 다소 감소하는 경향을 나타내고 있지만, 무게비로 벼의 약 20%를 차지하는 왕겨의 경우 국내에서 연간 약 100만 톤가량이 매년 발생된다고 보고되고 있다(농촌진흥청, 국립식량과학원, 2012). 바이오매스 자원으로써 우수한 상업적 특성을 가지고 있는 왕겨를 다양한 용도로 활용하기 위한 많은 연구개발들이 전 세계적으로 이루어지고 있다. 하지만 왕겨는 실리카가 95%

이상을 차지하는 무기물성분을 10~20% 가량 차지하고 그 외 리그닌과 셀룰로오스 및 헤미 셀룰로오스 성분 등으로 구성되어 있는데 이러한 다른 바이오매스에 비해 높은 수준의 회분함량은 왕겨의 활용의 가치를 떨어뜨리는 요인이 되고 있다. 특히, 왕겨의 외피에 집중되어 있는 규소로 인해 외피와 내피의 표면 특성이 상이하고 기계적 성질이 감소되는 단점 등으로 그 활용성이 상대적으로 낮은 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 왕겨의 특성을 극복할 수 있는 왕겨의 활용용도 개발은 매우 중요한 이슈라고 할 수 있다. 특히, 유기성자원의 재활용은 환경적인 장점 이외에 이산화탄소의 고정이라는 측면에서 이산화탄소절감 비용 등 부가적인 가치가 더욱 커지고 있다. 또한 자원의 재활용과 자원의 순환이 용이한 대표적인 환경소재인 목질자원의 공급이 상대적으로 어려워지는 이때에 폐유기성 자원의 고도 활용은 현재 많은 관심의 대상이 되고 있다. 다양한 방법을 적용하여 왕겨활성탄을 제조하는 연구 왕겨의 원료화를 위한 왕겨가스화 관련 연구, 왕겨를 탈취 발화시킨 탄화왕겨로 활용하는 방법에 대한 연구 등 왕겨의 활용성을 높이기 위한 많은 연구개발이 진행되었다. 또한 왕겨 내에 상당하게 존재하는 실리카를 활용하기 위하여 왕겨를 연소한 후 회분에서 실리카를 분리 추출하는 방법에 대한 많은 연구들 및 실리카 휘스커 등의 합성에 관한 연구 등이 수행되었었다. 왕겨 자체를 섬유자원으로 활용하기 위한 연구는 벚짚 등과 혼합하여 성형포장재로 사용하는 연구를 진행한 바 있고, 왕겨를 활용한 왕겨보드를 개발한 바 있다. 또한 최근에는 왕겨를 활용하여 바이오 복합재를 만드는 연구 등이 진행되었다. 많은 다양한 연구에도 불구하고 현재 부가가치가 높은 고품위 소재로 활용되고 있지 못한 왕겨의 활용성을 높이기 위한 방안을 모색하기 위하여 왕겨의 화학적 조성 및 왕겨섬유의 특성에 대하여 조사하였다. 왕겨에 함유된 섬유자원의 고도 활용을 위한 왕겨섬유의 화학적 조성과 형태적 특성을 세밀히 분석함으로써 향후 효율적 활용을 위한 기술개발의 기초자료를 제공하고자 하였다. 현재 지구환경을 유지, 개선하면서 지속적인 발전을 유지하고자 하는 녹색성장에 대한 사회적 관심과 중요성은 더욱 커지고 있다. 이러한 녹색성장을 이룩하기 위해서 필수적인 기술 중의 하나로 생각될 수 있는 것이 여러 가지 다양한 상품이나 제품의 생산과정 중 발생되어 유기되는 자원들을 가능한 한 유용하게 재활용하는 것이라고 할 수 있다. 특히, 유기성자원의 활용은 환경적인 장점 이외에 이산화탄소의 고정이라는 측면에서 이산화탄소절감 비용 등 부가적인 가치가 더욱 커지고 있다. 또한 자원의 재활용과 자원의 순환이 용이한 대표적인 환경소재인 목질자원의 공급이 상대적으로 어려워지는 이때에 폐유기성 자원의 고도 활용은 현재 많은 관심의 대상이 되고 있다. 국내에서 매년 약 100 만톤 가량 발생하는 농업부산물 왕겨의 고도 활용을 위한 기초연구로 왕겨의 화학조성을 평가하였다. 특히 친환경 섬유자원으로의 활용성을 평가하기 위하여 왕겨섬유의 형태적 특성에 관하여 조사하였다. 화학조성 분석 결과 왕겨는 무기물 함량이 매우 높고 리그닌 함량과 탄수화물 조성은 초본류나 활엽수와 유사한 경향을 나타냈다. 왕겨의 외피와 내피는 형태적 특성과 원소의 조성에서 뚜렷한 차이를 나타냈는데, 왕겨의 무기질 특히 실리카의 대부분은 왕겨의 외피에 존재하고 있는 것을 확인하였다. 왕겨섬유는 섬유장과 조도에서 다른 초본류 비목재 펄프와 유사한 형태적 특성을 보여주었으며 활엽수 섬유에 비해서는 짧은 섬유장을 가지고 있었다. 이상의

연구결과를 바탕으로 향후 왕겨 내 무기질 분포의 불균형성을 이용한 적절한 왕겨섬유 분리기술의 개발과 분리된 왕겨섬유의 전처리 기술이 개발된다면 다른 초분류 섬유와 유사한 형태적 특성을 가진 왕겨섬유는 제지용 펄프 대체자원 등 다양한 소재의 원료섬유로의 적용이 가능할 것으로 생각된다.

② 왕겨기반 고순도 셀룰로오스의 제조

실제 대부분의 식물 바이오매스는 셀룰로오스, 리그닌, 헤미 셀룰로오스의 세 가지 주요 성분으로 구성되어 있고 이중 셀룰로오스의 경우 종이의 원료로 널리 활용될 뿐만 아니라 의류용 소재 및 산업용 재료로서 폭넓게 사용되어 왔다. 최근 들어 재생 가능한 친환경적 자원으로 그 자원적 가치가 커짐에 따라 더욱 다양한 활용을 위한 집중적인 연구개발의 대상이 되고 있다. 셀룰로오스의 산업용 소재로서의 활용은 주로 정제된 셀룰로오스 물질인 용해성 펄프(dissolving pulp) 또는 마이크로 결정성 셀룰로오스(MCC : micro-crystalline cellulose)를 주원료로 이루어지는데 이러한 고순도 셀룰로오스는 과거에는 주로 알파 셀룰로오스의 함량이 높은 고가의 면섬유 등을 원료로 제조되었다. 왕겨에 대한 연구에서는 국내에서 발생하는 폐기성 바이오매스 중 발생량이 많고 발생 시기 등이 연중 일정하여 자원적 가치가 높은 왕겨를 기반으로 고부가가치 고순도 셀룰로오스의 제조 가능성을 평가한 연구이다. 특히 알칼리 펄핑 후 얻어진 왕겨펄프로부터 잔류리그닌 및 불순물을 제거하기 위하여 비염소계 표백으로 친환경적 방법인 오존표백과 일반적으로 널리 이용되고 있는 ClO₂ 표백방법과 H₂O₂를 적용하여 비교평가 하였고, 알파셀룰로오스의 순도를 높이기 위한 방법으로 약알칼리/약산을 이용하여 정제해 그 영향을 평가하였다. 이러한 연구는 향후 농산부산물 왕겨를 기반으로 한 고순도 셀룰로오스의 제조를 위한 기본 자료가 되었다. 국내에서 발생하는 폐기성 바이오매스 중 발생량이 많고 발생 시기 등이 연중 일정하여 자원적 가치가 높은 왕겨를 기반으로 고부가가치 고순도 셀룰로오스의 제조 가능성을 평가하여 보았다. 왕겨펄프 제조왕겨에서 셀룰로오스를 분리하기 위해 실험용 증해기를 이용하여 NaOH를 적용하여 유효알칼리(EA: Effective Alkali) 15.5 %의 조건으로 증해 조건을 설정하고 증해온도 170 °C에서 120 분간 증해를 실시하였으며, 이 때 리그닌 분해 촉매제로 안트라퀴논(Anthraquinone) 0.1 %을 첨가하였다. 증해 처리 후 얻어진 왕겨펄프는 40-200 mesh를 사용하여 미해리분과 미세분을 분리한 후 사용하였다. 오존표백의 경우 셀룰로오스의 분해를 가져오게 됨에 따라 셀룰로오스 분자량 및 알파 셀룰로오스의 함량에서 상대적으로 큰 감소를 가져오는 결과를 나타냈다. 용해성펄프를 위한 정제처리로 산/알칼리 처리를 각각 실시한 결과 알칼리 처리에 의해 최종 셀룰로오스의 분자량 및 알파셀룰로오스 함량이 크게 개선됨을 확인할 수 있었다. 선행된 연구 결과를 볼 때 왕겨를 이용한 셀룰로오스 제조보다 기존의 왕겨의 형태를 살려 분말상의 투입재로 사용하는 것이 더 효율적으로 보인다.

③ 왕겨펄프의 제지적성 평가

왕겨펄프의 제지활용성 평가를 위하여 각 펄핑 조건에서 제조된 왕겨펄프를 UKP와 혼합하

여 수초지를 제조하고 물성의 변화를 평가하였다. 왕겨펄프의 혼합에 의해 혼합되지 않은 UKP 100 %수초지보다 강도는 감소하지만, 벌크특성이 증가하는 것을 볼 수 있었고, 펄핑 시 유효알칼리의 증가에 의해 강도도 향상하는 것을 알 수 있었다. 특히, 소다펄핑 조건보다는 리그닌 및 회분의 제거효율이 뛰어난 크라프트 펄핑조건에서 전체적으로 높은 강도를 나타냈다. 높은 온도에서의 펄핑은 리그닌의 제거효율 증가로 인해 강도적 특성의 향상을 가져오지만 상대적으로 수초지의 벌크가 감소하는 것을 볼 수 있다. 높은 유효알칼리에서 리그닌의 제거효율 증대로 인해 종이의 백색도도 상승하는 것을 볼 수 있고, 섬유의 유연성 증가로 인해 상대적으로 종이표면의 거칠음도도 낮아지는 것을 알 수 있다. 이 실험은 알칼리 펄핑의 대표적인 방법인 소다펄핑과 크라프트 펄핑을 적용하고 각각의 경우에서 유효알칼리와 펄핑온도를 변화시켜 그 영향을 평가하였다. 그 결과 각 펄핑방법에서 유효알칼리 및 펄핑온도의 증가는 왕겨섬유의 해리를 촉진시켜 미해리분 발생을 최소화하고 리그닌 및 회분의 제거효율을 높이는 결과를 가져왔지만 펄프의 수율은 감소시키는 것을 확인할 수 있었다. 또한 각 조건별로 제조한 왕겨펄프를 침엽수 미표백 크라프트펄프와 혼합 수초하여 평가한 종이 특성의 비교에서 왕겨펄프의 혼합으로 인해 수초지의 벌크는 향상되었지만 강도가 감소하는 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 유효알칼리가 높은 펄핑조건에서 제조된 펄프일수록 리그닌 제거율의 증가로 종이의 백색도 및 강도적 특성이 증가하는 결과를 관찰하였다. 왕겨의 펄핑에 있어서 소다펄핑 조건보다는 크라프트 펄핑시 리그닌 및 회분의 제거효율이 높게 나타나고 그에 따라 왕겨펄프로 제조된 수초지의 백색도와 강도적 특성도 상대적으로 우수하게 나타나는 것을 확인하였다.

④ 왕겨 섬유 및 이를 이용한 고벌크의 왕겨 섬유제지(KR 등록특허 10-1156665)

고벌크의 왕겨섬유 종이는 길이 가중치 평균 섬유장이 0.4~0.6 mm로 긴 섬유에 원통형 섬유형태 및 왕겨섬유의 톱니모양에 독특한 형태에 따라 제조된 제지제품으로 공극이 발달하고 상대적으로 두껍고 벌크한 구조를 형성하게 되어 강직도 등 종이 물성의 향상 및 생산공정에서의 건조속도를 증가시켜 건조에너지를 감소시키고, 생산원가, 원료의 절감효과를 가진다. 특히, 포장용지로 사용되는 판지 제품에서 벌크와 강직도는 매우 중요한 품질요소로서 이러한 품질 특성의 향상을 위하여 종이의 벌크와 강직도에 직접적으로 큰 영향을 미치는 종이의 두께 향상요소로 왕겨분말을 이용하는 것이다. 왕겨섬유는 세척된 왕겨 또는 벧짚의 알칼리 증해 처리하여 증해액, 및 증해 잔류물의 분리하고, 상기 분리된 증해 잔류물로부터 섬유분, 및 상기 분리된 증해액으로부터 실리카의 석출·분리 이후, 상기 분리된 섬유분의 분급하여 공급하는 것을 특징으로 한다.

Table 2.9. Chemical composition of rice husk fiber

탄소	산소	규소	칼슘
65~75%	25~30%	0.1~0.5%	0.3~1.0%

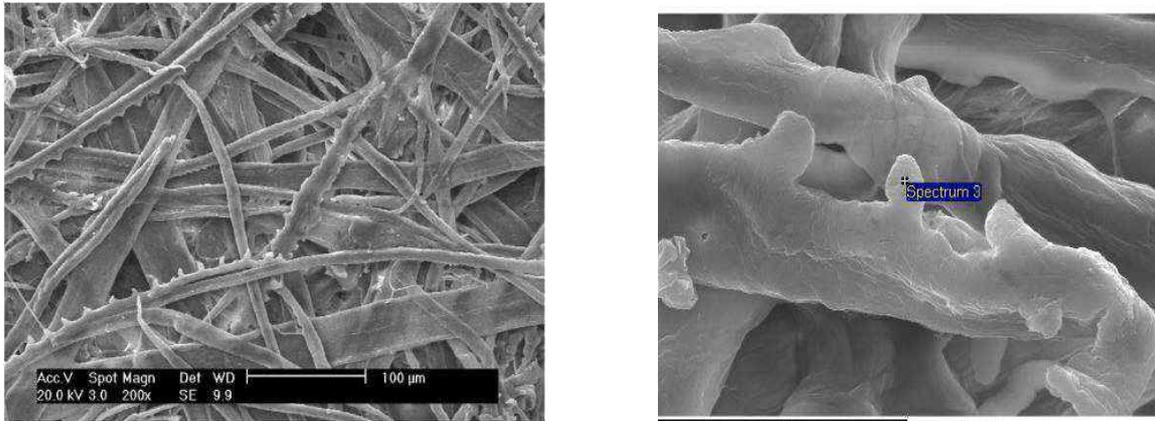


Fig. 2.7. Scanning electron micrographs of rice husk fibers.

⑤ 왕겨를 이용한 고강도 복합판재 조성물과 이를 이용한 복합판재의 제조방법
(공개출원 : 10-2000-0026767)

왕겨를 이용한 고강도 복합판재 조성물 및 이를 이용한 복합판재의 제조방법에 관한 것으로서 더욱 상세하게는 폴리올레핀계 수지, 분쇄왕겨, 유리 장섬유 및 발포제를 기본 복합 판재 조성물로 하여, 여기에 왕겨의 수분제거와 결합력 강화를 위한 결합 강화제 및 탈수제를 함유시켜 복합판재 조성물을 구성한다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

1절 농업부산물을 이용한 신규 원료 개발 및 특성 평가

1. 주요 농업부산물의 화학적·물리적 특성 평가

가. 연구목적

주요 지류제품인 인쇄용지나 산업용지는 펄프섬유를 주원료로 한다. 펄프섬유는 침엽수와 활엽수로부터 기계펄프화법, 반화학펄프화법, 화학펄프화법을 통해 제조되기 때문에 주로 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스로 구성되어 있다. 일반적으로 펄프화를 위한 새로운 원료는 펄프용 목재와 화학조성이 유사한 것이 유리하나 본 연구에서는 새로운 유기물질을 건식으로 기계적 처리만 하기 때문에 화학조성이 펄프용 목재와 유사할 필요는 없다. 그러나 농업부산물이 지류 제품을 구성하는 주원료인 목재섬유와 완전히 이질적인 물질로 구성된다면 종이의 물성과 생산공정에 악영향을 줄 수 있다. 만약 농업부산물이 제지산업에서 사용되고 있는 목질계·비목질 바이오매스에 비해 리그닌과 회분함량이 과도하게 많다면 생산되는 종이의 강도에 악영향을 줄 수 있다. 따라서 농업부산물이 제지용 원료로 사용되기 위해서는 상세한 화학조성에 대한 조사가 필요하다.

본 연구에서는 농업부산물로 선정된 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학조성을 분석하였고 이들 물질의 형태를 전자현미경으로 분석하였다. 그리고 여러 문헌을 통해 제지산업에서 사용되고 있거나 사용되거나 사용 가능성이 높은 것으로 평가받고 있는 비목질계 바이오매스의 화학조성을 조사하여 측정 결과와 비교·분석하였다.

나. 실험방법

(1) 농업부산물의 화학조성 분석방법

본 연구에서 사용된 왕겨, 땅콩박, 마늘대는 (주)SL에서 공급받았다(Table 3.1). 특히 땅콩박과 마늘대는 폐기되어 있는 상태 그대로 공급받았기 때문에 이물질이 표면에 많이 붙어 있어 청수로 씻어내면서 1차 분류 작업을 실시하였다. 마늘대는 식물체의 줄기로 바로 분쇄가 힘들기 때문에 1차례 절단을 실시한 후 사용하였다. 분쇄를 위해서는 수분제거가 필요하였기 때문에 이들 부산물들은 105℃ 조건에서 24시간 이상 충분히 전건상태로 처리하였다.

왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학조성은 KS M 7035에 의거하여 분석하였다. 추출물 분석은 에탄올(95%)·벤젠 혼합액(1:2, v/v)으로 용매가 약하게 비등하여 약 10분간에 1회 비율로서 사이펀관을 통과하여 환류하는 정도로 6시간 가열하여 추출하였다. 홀로 셀룰로오스(holo-cellulose)는 추출물이 추출되어 탈지된 시료로 아염소산염법(Wise법)으로 분석하였다. 홀로 셀룰로오스 식을 산출하여 리그닌 및 회분을 보정하였다. 또한 17.5% NaOH로 알파-셀룰로오스를 용해하여

정량하였다. 회분은 TAPPI T 211에 의거하여 시편이 들어있는 도가니를 $525 \pm 25^\circ\text{C}$ 연소로에서 6시간 탄화시키고 0.1 mg까지 무게를 측정하였다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대에 포함되어 있는 무기 원소를 정성·정량분석 측정하기 위해 회분함량 측정 후 회분을 ICP 터너링 용액(질산:황산:염산, 10:1:4)에 12시간이상 반응시켜 완전히 용해시키고 얻어진 용액을 1-1000배까지 희석시켜 유도결합플라즈마(Inductively Coupled Plasma; ICP) 분광분석을 통해 Pb, Cd, Cr, Si 함량측정을 실시하였다.

농업부산물의 화학조성을 상대·비교하기 위해 목질계·비목질계 바이오매스의 화학조성과 관련하여 문헌조사를 실시하였다.

Table 3.1. Major agricultural byproducts

농업부산물의 종류	초기 상태	이미지
왕겨 (Rise straw: R)	건조 입자상	
땅콩박 (Peanut husk: P)	건조 입자상	
마늘대 (Garlic stem : G)	건조 줄기상	

④ *Chemical composition measurement*



Fig. 3.1. Chemical composition measurements of agricultural byproducts.

(2) 농업부산물의 형태 분석방법

본 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 물리적 특성인 형태를 분석하기 위해 주사전자현미경(JSM-5600LV, JEOL, Japan)으로 이미지를 촬영하였는데 전체적인 형태를 파악하기 위해 50배 확대

하여 이미지를 촬영하였고 상세 형태를 분석하기 위해 200배 확대하여 이미지를 촬영하였다.

다. 실험결과

(1) 농업부산물의 화학조성 결과

왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학조성 측정결과와 문헌조사를 통해 정리한 주요 비목질계 바이오매스의 화학조성을 Table 3.2에 나타냈다. 농업부산물과 주요 비목질계 바이오매스의 화학조성을 비교해 보면 농업부산물이 다른 비목질계 바이오매스에 비해 알파 셀룰로오스와 헤미 셀룰로오스 함량의 합으로 정의되는 홀로 셀룰로오스를 많이 함유하고 있음을 알 수 있었다. 리그닌 함량은 다른 비목질계 바이오매스에 비해 비슷하거나 상대적으로 낮은 결과를 나타냈고 회분함량은 상대적으로 높은 결과를 보여주었다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 화학조성을 서로 비교해 보면 왕겨가 땅콩박과 마늘대에 비해서 알파 셀룰로오스와 헤미 셀룰로오스를 많이 포함하고 있어 상대적으로 주원료의 성질과 비슷하여 공정상 유리하다고 판단되고 낮은 리그닌 함량은 추후 적용을 검토하고 있는 표백공정에 긍정적인 역할을 할 것으로 사료된다. 그러나 상대적으로 높은 회분 함량은 부정적인 영향을 미치는 요인으로 생각된다.

Table 3.2. Chemical composition of major agricultural byproducts and other biomass

Content, %	R ^{a)}	P ^{a)}	G ^{a)}	Straw ^{b)}	Baggasse ^{b)}	Bamboo ^{b)}	Reed ^{b)}	BG ^{b)}
Alpha-cellulose	40	34	37	28-36	40-43	30-40	33-43	17-19
Holo-cellulose	63	60	56	46-49	59	40-53	52-58	20-20
Lignin	18	27	25	12-14	19-21	23-24	18-22	41-45
Extractive	2.4	1.1	2.3	-	-	-	-	12
Ash content	14	10	14	14-20	2	1.1-1.5	3-6	4.6-5.3

a) Measured in laboratory, b) cited from references

왕겨, 땅콩박, 마늘대가 제지용 원료로 사용될 경우 중금속이 함유되어 있다면 사용이 제한될 수 있기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에선 왕겨, 땅콩박, 마늘대 회분의 성분분석을 위해 ICP 분석을 실시하였고 결과를 Table 3.3에 도시하였다. 물론 왕겨, 땅콩박, 마늘대는 식료품산업에서 발생하는 부산물이기 때문에 중금속 함유에 대한 우려는 없을 것

으로 판단하였지만 쌀, 땅콩, 마늘생산 이후 부산물에 처리과정에서 중금속 성분이 유입될 가능성도 전혀 배제할 수 없기 때문에 분석을 실시하였다. 일반적으로 알려진 주요 중금속성분으로 알려진 납, 카드뮴, 크롬을 측정하였으며, 회분함량의 원인을 알아보기 위해 실리카를 추가적으로 측정하였다. 중금속의 농도가 매우 낮게 나타났다. 특히 농업부산물의 투입량이 펄프섬유의 10% 내외인 것을 고려하면 왕겨, 땅콩박, 마늘대가 투입된 지류제품에서 중금속의 검출에 대한 우려는 없을 것을 판단된다.

Table 3.3. Element analysis of the ash of agricultural byproducts

Element	Rise straw (mg/L)	Peanut husk (mg/L)	Garlic stem (mg/L)
Pb	0.752	0.475	0.830
Cd	0.008	0.005	0.005
Cr	0.089	0.015	0.001
Si	0.233	0.182	0.385

(2) 농업부산물의 형태 분석 결과

농업부산물의 형태를 Figs. 3.2-3.7에 나타냈다. 왕겨는 겉은 균일하게 속은 벌집과 같은 형상을 땅콩박은 겉은 무정형을 속은 촘촘한 관 같은 구조를 띠고 있었으며, 마늘대는 줄기부분의 특성인 겉은 일정한 방향성을 띠는 섬유상 형태를 속은 수많은 관으로 구성되어 있었다.

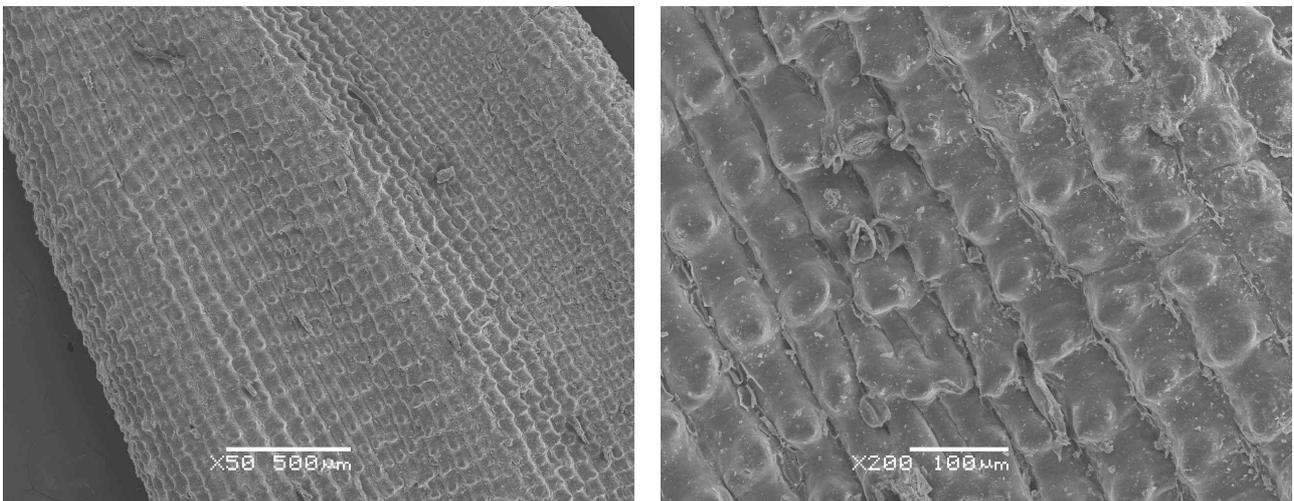


Fig. 3.2. Scanning electron micrographs of the outer part of rice husk.

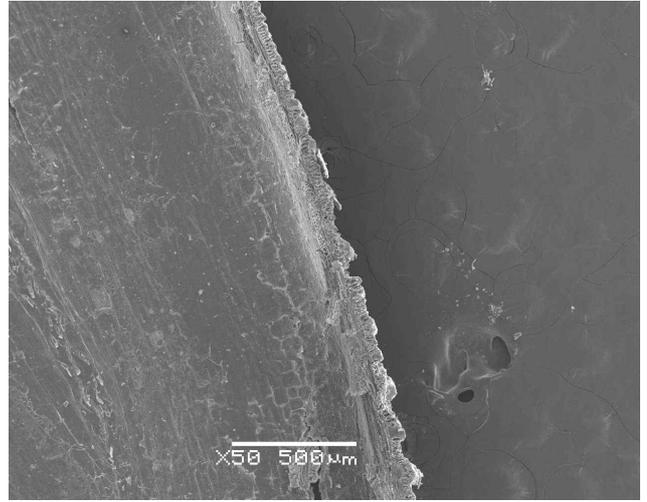
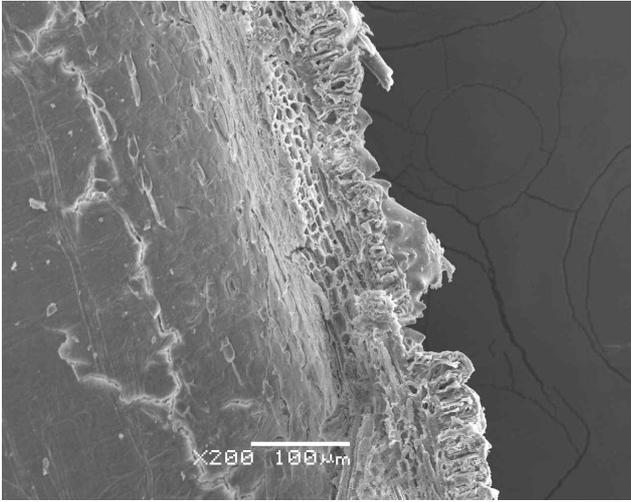


Fig. 3.3. Scanning electron micrographs of the inner part of rice husk.

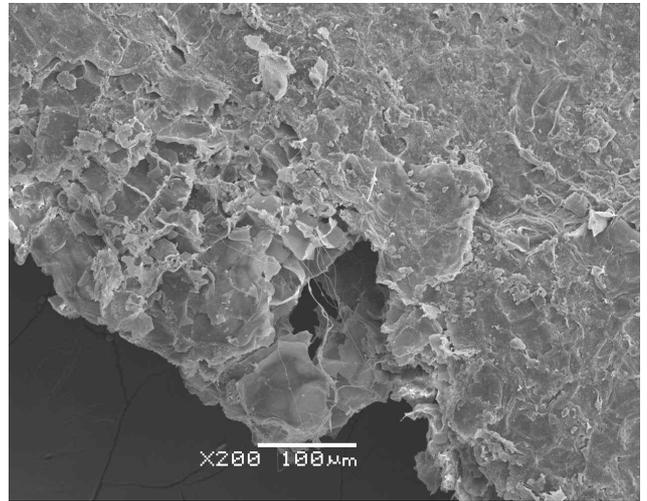
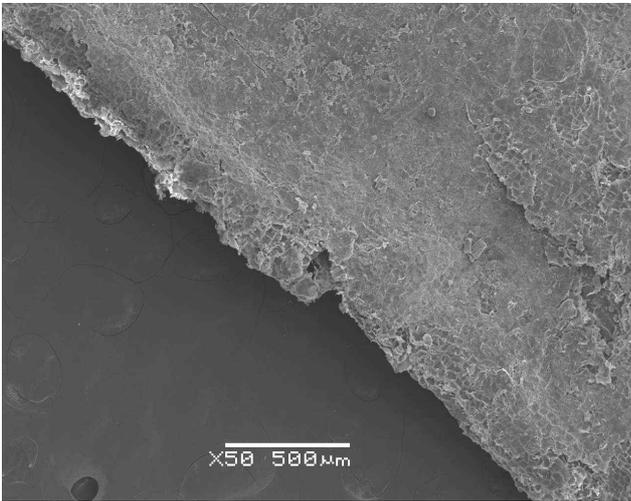


Fig. 3.4. Scanning electron micrographs of the outer part of peanut husk.

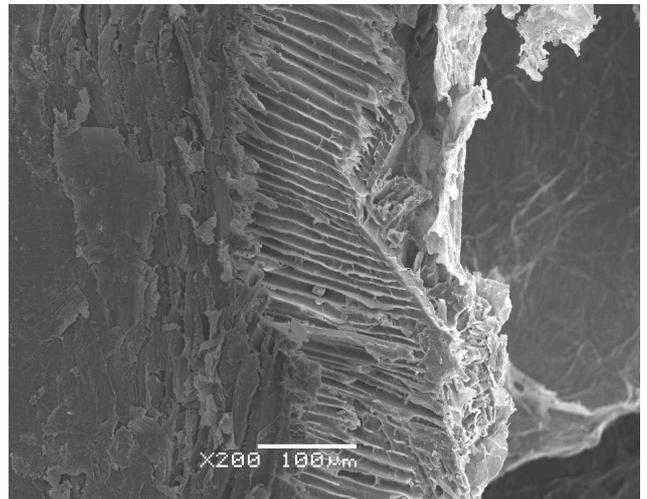
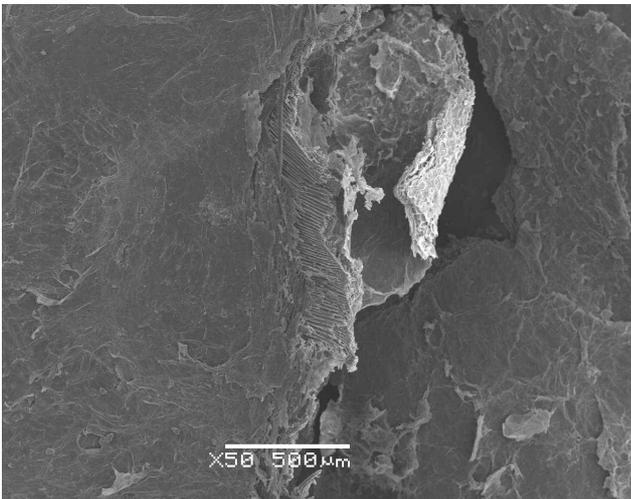


Fig. 3.5. Scanning electron micrographs of the inner part of peanut husk.

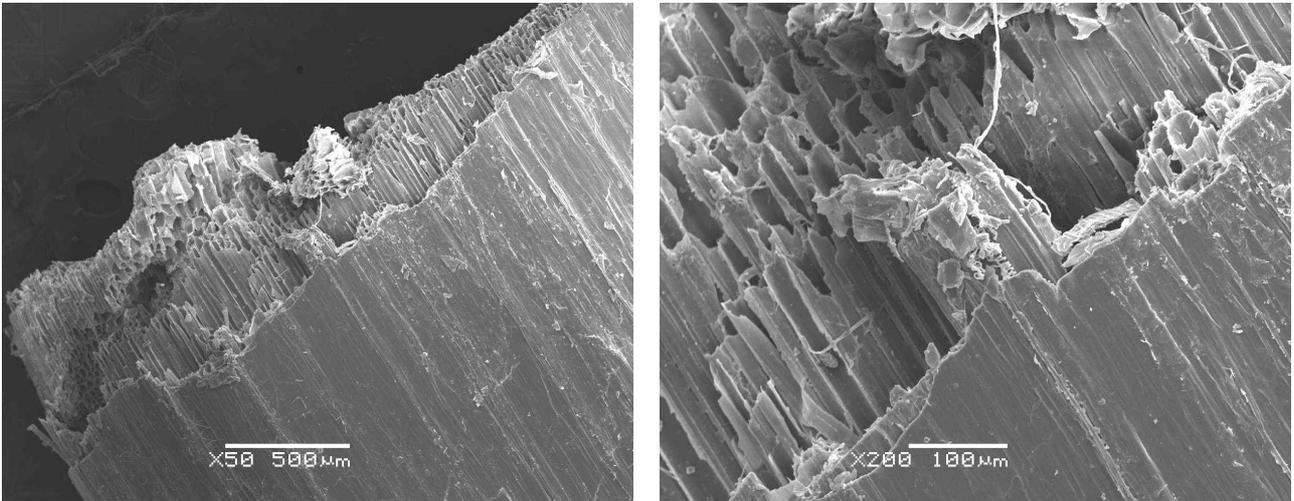


Fig. 3.6. Scanning electron micrographs of the outer part of garlic stem.

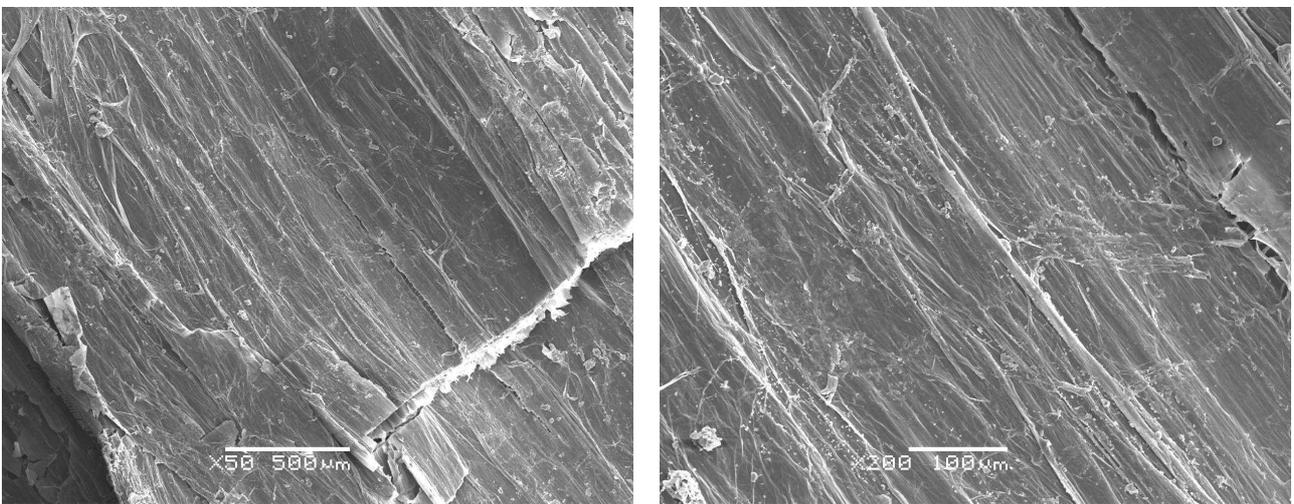


Fig. 3.7. Scanning electron micrographs of the inner part of garlic stem.

라. 결론

- (1) 왕겨는 다른 비목질계 바이오매스에 비해 섬유질 함량은 다소 높았고 회분함량이 다소 높은 수준을 나타냈음.
- (2) 땅콩박은 다른 왕겨, 마늘대와 비목질계 바이오매스에 비해 리그닌의 함량이 다소 높은 수준을 나타냈음.
- (3) 마늘대는 선정된 농업부산물들 중 섬유질 함량이 다소 낮았고 리그닌함량은 땅콩박과 같이 다소 높은 수준을 나타내었으며, 회분함량도 왕겨와 같이 다소 높은 수준을 나타냈음.

- (4) 회분원소분석을 한 결과 중금속은 매우 낮은 농도를 나타내었고 부원료의 투입량이 10% 내외인 점을 감안하면 판지에서 중금속에 대한 우려는 전혀 없을 것으로 판단됨.
- (5) 왕겨의 유사한 크기의 벌집 형태의 모양이 분쇄를 거쳐서도 유지가 된다면 벌크 향상에 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단됨. 땅콩박은 무정형으로 분쇄 후 무정형의 입자가 섬유간 결합을 방해하여 부정적인 영향을 줄 것으로 판단됨. 마늘대의 관모양의 형태는 벌크 상승에 불리한 형태인 것으로 사료됨.
- (6) 종합적으로 보면 화학조성이나 성분 분석결과 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 제지용 부원료나 첨가제로 사용하여도 지류제품의 품질이나 생산 공정상에 악영향을 줄 수 있는 인자를 내포하지 않는 것으로 판단됨.

2. 농업부산물 유기충전제 제조 및 기본 물성 평가

가. 연구목적

농업부산물로 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 발굴하였고 화학조성, 추출물 등을 분석한 결과 제지용 원료로 사용하여도 큰 문제를 야기시키지 않는 것으로 판단되었다. 그런데 농업부산물이 기존 제지용 원료나 부원료 수준으로 물리적 특성을 가지지 않는다면 판지 생산 공정에 절대로 사용할 수 없다. 따라서 분쇄공정과 분급 공정을 통해 왕겨, 땅콩박, 마늘대 분말을 제조하였고 분급에 따른 왕겨, 땅콩박, 마늘대 분말의 크기, 형태 등을 분석하였다. 이를 통해 왕겨, 땅콩박 마늘대를 제지용 부원료로 사용가능성을 분석하고 제조방법에 대해 조사를 진행하였다.

나. 실험방법

(1) 농업부산물 유기충전제 제조 방법

농업부산물인 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 기계적 처리하기 위해 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 조건으로 건조기에서 3-4일간 전건시켰다. 완전히 건조시킨 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 Fig. 3.8과 같이 실험실용 분쇄기인 블랜더(wonder blender, WB-01, Sanplatec, Japan)를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄를 실시한 후 60, 100, 200 mesh 표준체가 설치되어 있는 vibratory sieve shaker(J-VSS, Jisico, Korea)를 이용하여 분급을 실시하였다. 제조된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 분말은 Tables 3.4-3.6과 같이 분류하였고 각 분말들의 물리적 특성을 평가하였다. 유기충전제의 제조 및 분급 방법과 제조된 유기충전제의 이미지를 Fig. 3.8에 나타냈다.



Fig. 3.8. Manufacture of the agricultural byproducts organic fillers.

Table 3.4. Classification of rice husk organic filler

명 칭	설 명
R all	60 mesh를 통과하고 모든 크기를 포함하고 있는 왕겨 분말
R 60-100	60 mesh를 통과하고 100 mesh를 통과하지 못한 왕겨 분말
R 100-200	100 mesh를 통과하고 200 mesh를 통과하지 못한 왕겨 분말
R 200	200 mesh를 통과한 왕겨 분말

Table 3.5. Classification of peanut husk organic filler

명 칭	설 명
P all	60 mesh를 통과하고 모든 크기를 포함하고 있는 땅콩박 분말
P 60-100	60 mesh를 통과하고 100 mesh를 통과하지 못한 땅콩박 분말
P 100-200	100 mesh를 통과하고 200 mesh를 통과하지 못한 땅콩박 분말
P 200	200 mesh를 통과한 땅콩박 분말

Table 3.6. Classification of garlic stem organic filler

명 칭	설 명
G all	60 mesh를 통과하고 모든 크기를 포함하고 있는 마늘대 분말
G 60-100	60 mesh를 통과하고 100 mesh를 통과하지 못한 마늘대 분말
G 100-200	100 mesh를 통과하고 200 mesh를 통과하지 못한 마늘대 분말
G 200	200 mesh를 통과한 마늘대 분말

(2) 농업부산물 유기충전제의 물리적 특성 측정방법

제조된 유기충전제의 물리적 특성을 파악하기 위해 평균입도, 입도분포, 평균섬유장, 섬유장 분포를 측정하였다. 유기충전제 종류별 평균입도와 입도분포를 측정하기 위해 입도분석기(1090 LD, CILAS, France)를 사용하였다(Fig. 3.9). 평균섬유장과 섬유장분포를 측정하기 위해 섬유장 측정기(KajanniFiberlab, Metso, Finland)를 사용하였다(Fig. 3.10). 섬유 형태를 육안으로 파악하기 위해 주사전자현미경(JSM-5600LV, JEOL, Japan)으로 이미지를 촬영하였는데 전체적인 입자 형태를 파악하기 위해 50배 확대하여 이미지를 촬영하였고 상세 입자형태를 분석하기 위해 200배 확대하여 이미지를 촬영하였다.



Fig. 3.9. Particle size measurement.

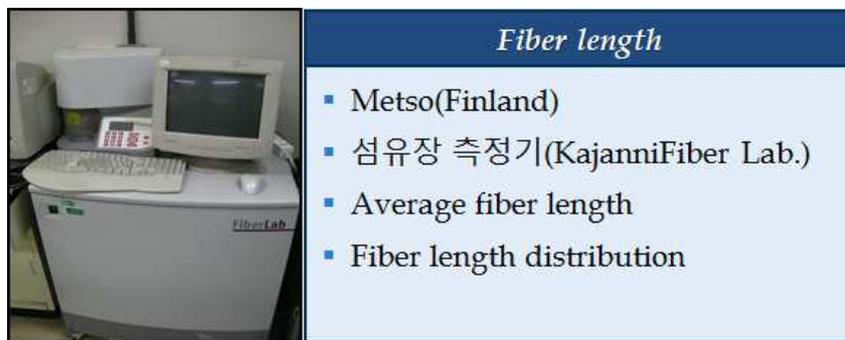


Fig. 3.10. Fiber length measurement.

다. 실험결과

(1) 농업부산물 유기충전제의 입도 분석 결과

평균입도와 입도분포의 결과를 Figs. 3.11-3.17에 나타냈다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대, 목분의 all 분말을 비교해 보면 왕겨, 목분, 마늘대, 땅콩박 순으로 왕겨가 175.9 μm 로 가장 높은 평균입도를 나타내었으며 마늘대, 목분, 땅콩박 순서였다. 왕겨와 마늘대는 약 55 μm 의 평균입도 차이가 났으며, 마늘대와 목분의 평균입도는 비슷하였다. 60-100에서도 왕겨가 243.88 μm 로 가장 평균입도가 컸으며 땅콩박, 목분, 마늘대 순이었다. 왕겨와 땅콩박은 약 30 μm 의 평균입도 차이가 났으며, 땅콩박과 목분의 차이는 미비한 수준 이었다. 100-200에서는 가장 평균입도가 높은 왕겨와 가장 작은 평균입도를 나타낸 마늘대의 차이가 약 30 μm 를 나타냄으로써 평균입도가 비슷한 결과를 나타냈다. 200은 마늘대가 57.33 μm 로 가장 평균입도가 높았으며 마늘대, 왕겨, 땅콩박 순으로 높았다. 분급에 따라 분말들은 다른 평균입도를 나타내었는데 모든 종류의 분말중 60-100이 가장 높은 평균입도를 나타내었고 200 mesh 표준체를 통과한 200이 가장 낮은 평균입도를 나타냈다. Figs. 3.14-3.17에 나타낸 바와 같이 입도분포를 살펴볼 때 왕겨, 땅콩박, 마늘대, 목분 분말이 전체적으로 표준체를 이용한 분급이 원활하게 진행되었다고 판단된다.

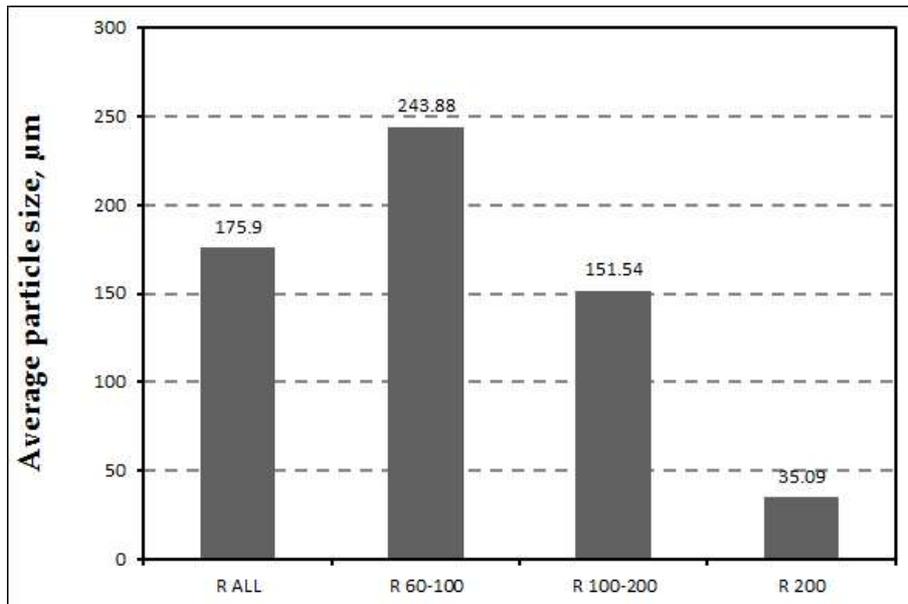


Fig. 3.11. Average particle size of rice husk organic fillers.

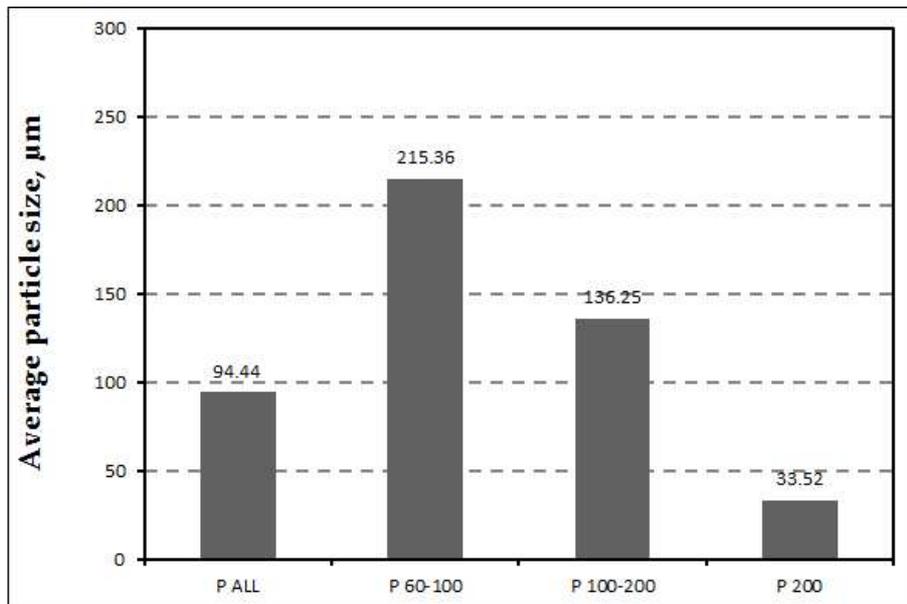


Fig. 3.12. Average particle size of peanut husk organic fillers.

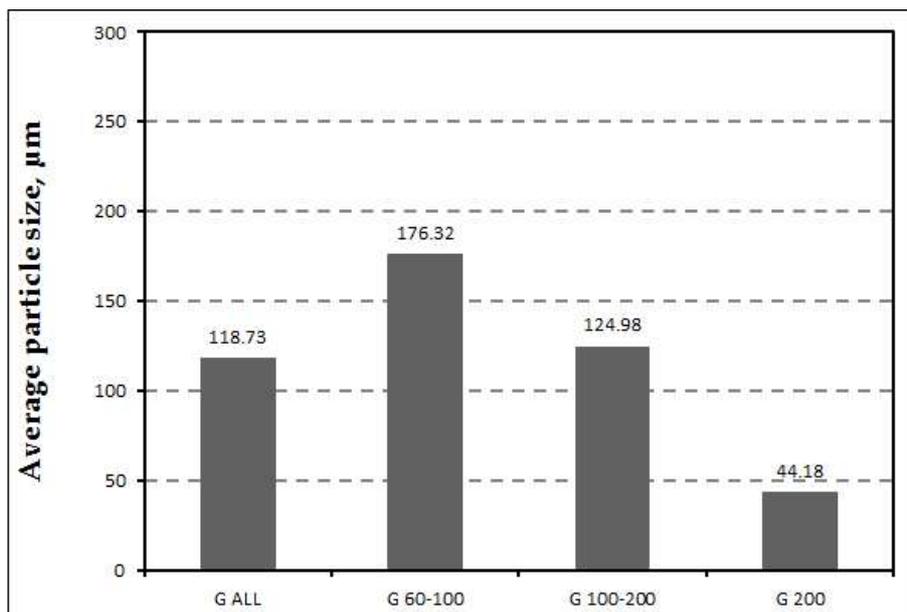


Fig. 3.13. Average particle size of garlic stem organic fillers.

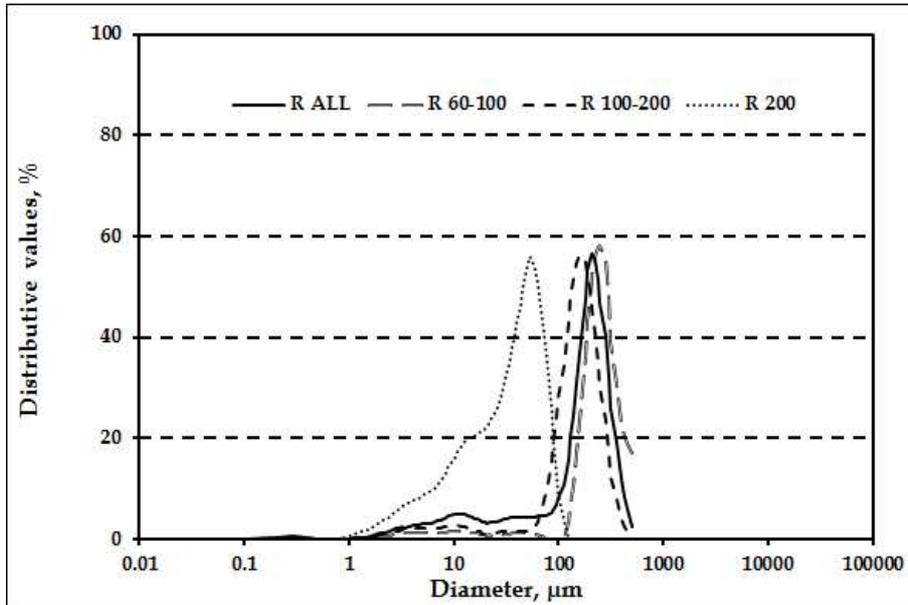


Fig. 3.14. Particle size distribution of rice husk organic fillers.

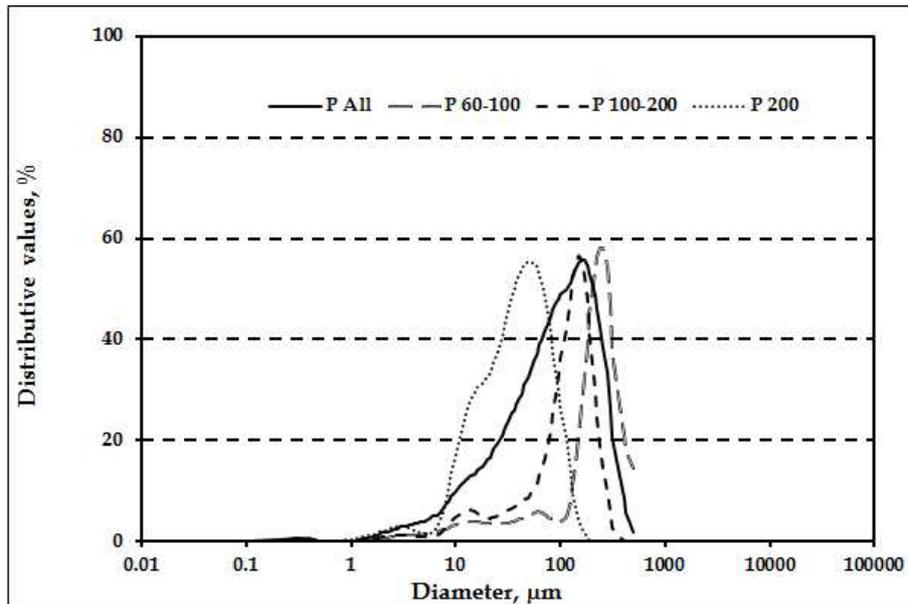


Fig. 3.15. Particle size distribution of peanut husk organic fillers.

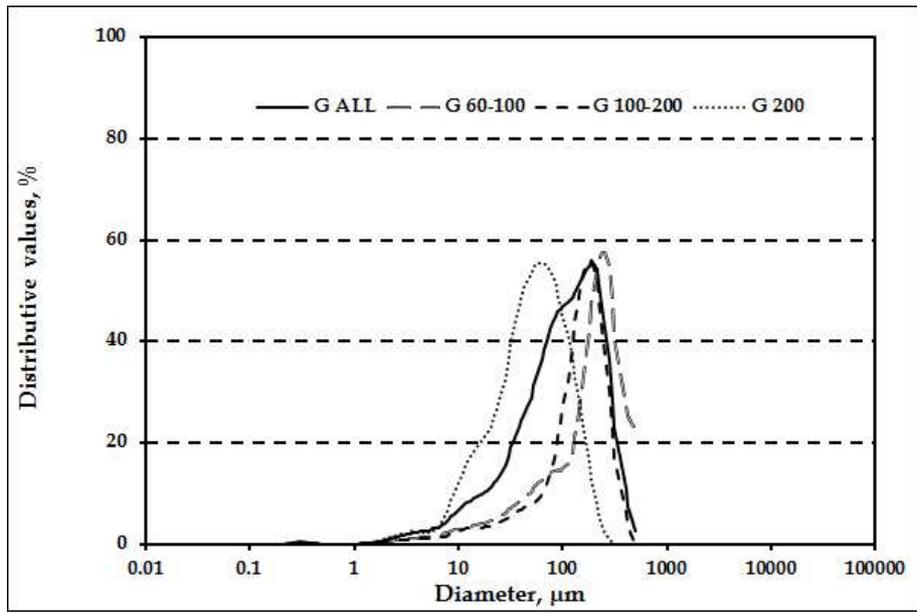


Fig. 3.16. Particle size distribution of garlic stem organic fillers.

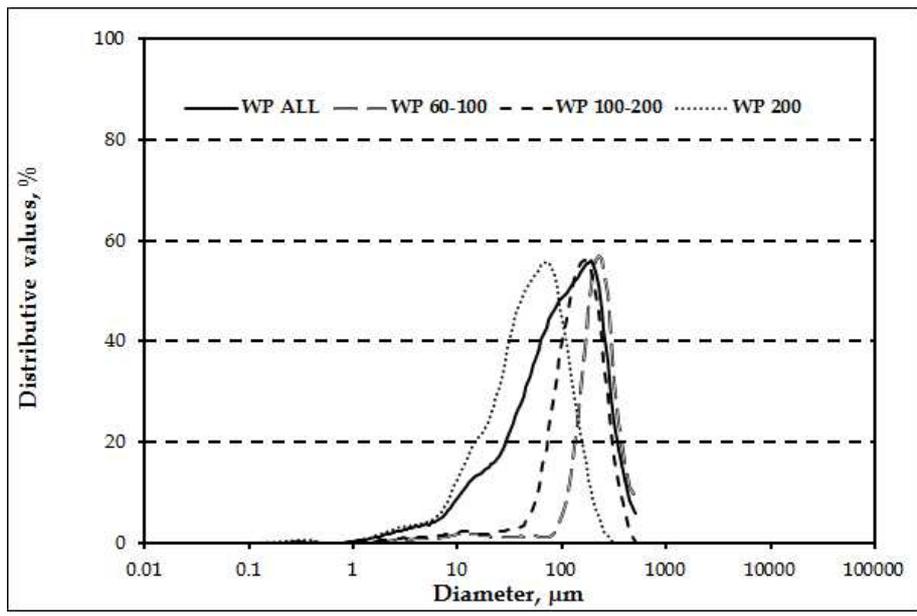


Fig. 3.17. Particle size distribution of wood powder organic fillers.

(2) 농업부산물 유기충전제의 섬유장 측정 및 입자형태 분석 결과

① 왕겨 유기충전제

제지용 원료의 섬유장은 종이의 물리·강도적 특성에 직접적인 영향을 주기 때문에 섬유장 분석은 매우 중요하다. Fig. 3.18에서는 블랜더로 제조된 왕겨를 분급한 분말들의 평균 섬유장을 나타냈다. 전체적으로 살펴보면 R 60-100 분말이 가장 높은 섬유장을 나타냈고 100 mesh 이하의 분말인 R 100-200, R 200 분말이 낮은 섬유장을 나타냈다. R all의 섬유장은 100 mesh 를 기준으로 하여 섬유장이 짧은 분말에 가까운 값을 나타냈는데 긴 분말과 짧은 분말의 혼합 비율에 따라 변화하게 되는 것으로 판단된다. Fig. 3.19-3.22에서는 섬유장 분포를 나타냈다. R all, R 200 분말에는 섬유장 등급 0.0-0.2 mm인 섬유비율이 가장 높게 나타났고 R 60-100, R 100-200 분말에서는 0.0-0.2 mm의 비율이 감소하면서 0.2-0.5 mm의 비율이 증가하였다. 섬유장이 길수록 섬유분포가 하나의 등급으로 쏠림이 나타나지만 섬유장이 짧아질수록 섬유장 분포가 여러 등급으로 더 넓어지고 있음을 볼 수 있었다.

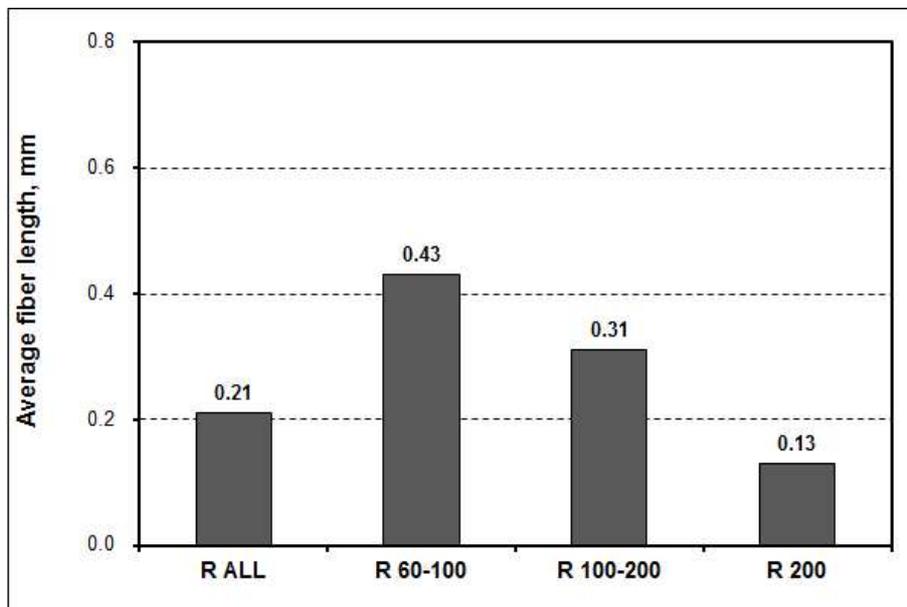


Fig. 3.18. Average fiber length of rice husk organic fillers.

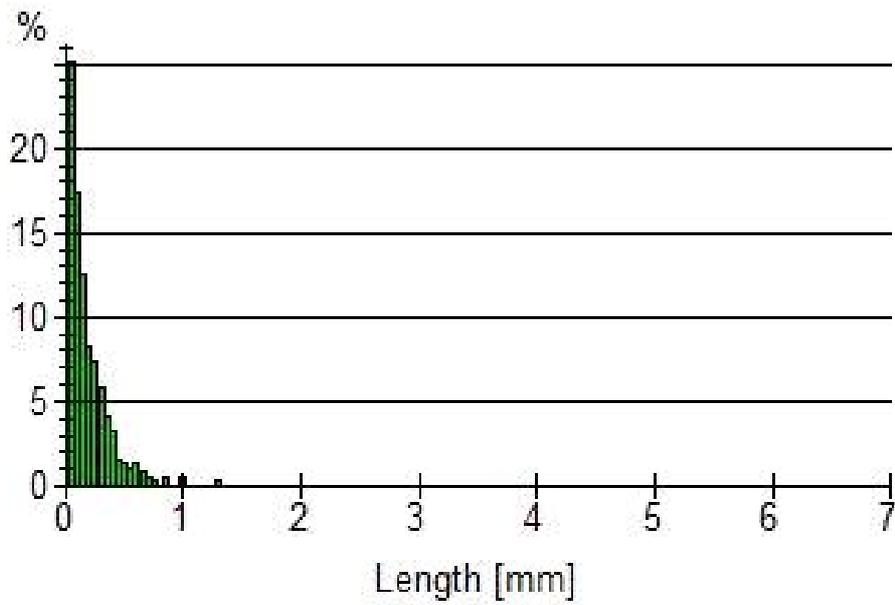


Fig. 3.19. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R all).

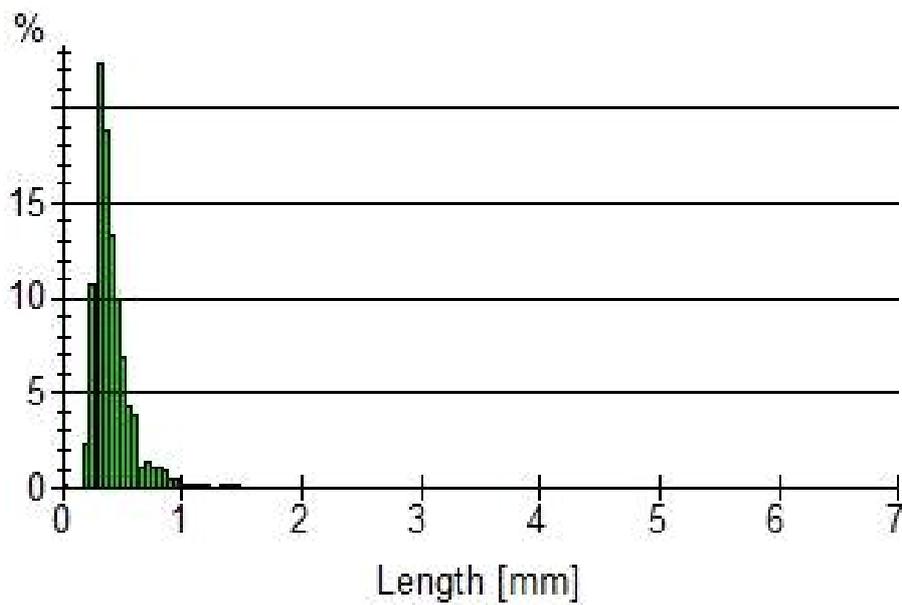


Fig. 3.20. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 60-100).

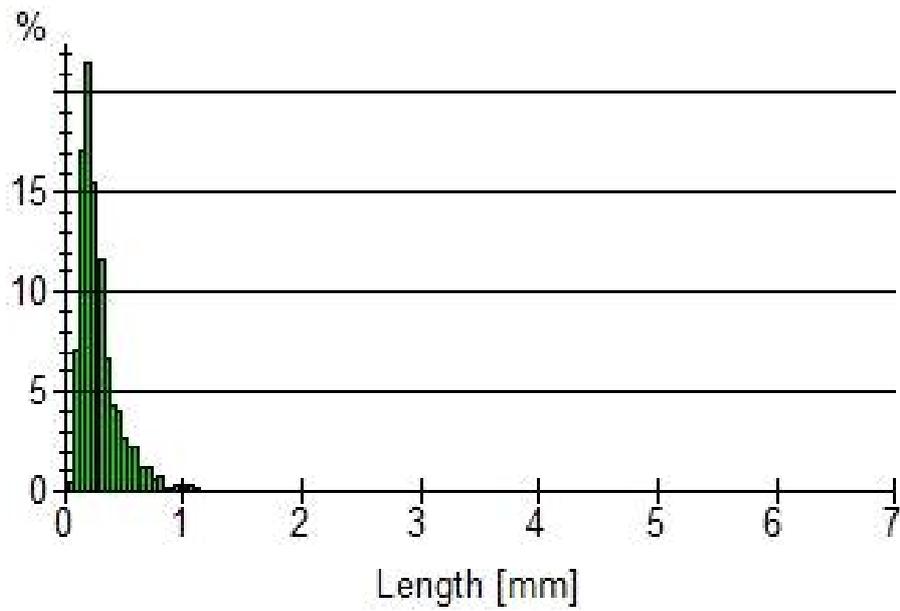


Fig. 3.21. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 100-200).

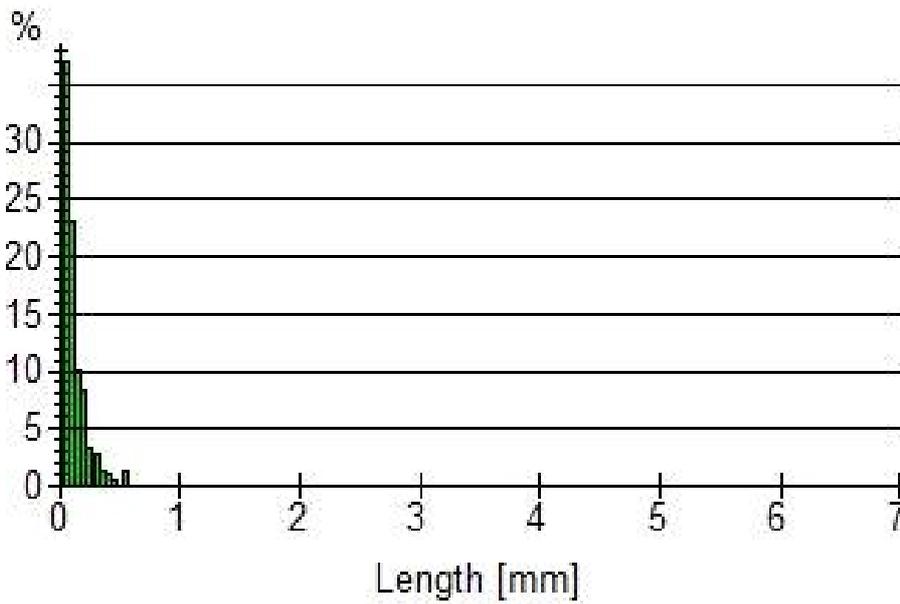


Fig. 3.22. Fiber length distribution of rice husk organic filler (R 200).

주사전자현미경으로 왕겨 분말의 형태를 관찰하였고 왕겨 분말들의 이미지를 Figs. 3.23-3.26에 도시하였다. R all에서는 모든 등급의 왕겨 분말을 포함하고 있기 때문에 다양한 형태의 입자들을 관찰할 수 있었고 R 60-100에서 직사각형의 입자상 형태를 나타내고 있었으며, R 100-200으로 섬유상이 짧아지고 상대적으로 섬유상 보다는 입자상 입자들이 더 많아짐을 볼 수 있었다. 그리고 R 200 분말의 입자들은 섬유상과 입자상 입자들이 고루 섞여있는 것으로 판단된다.

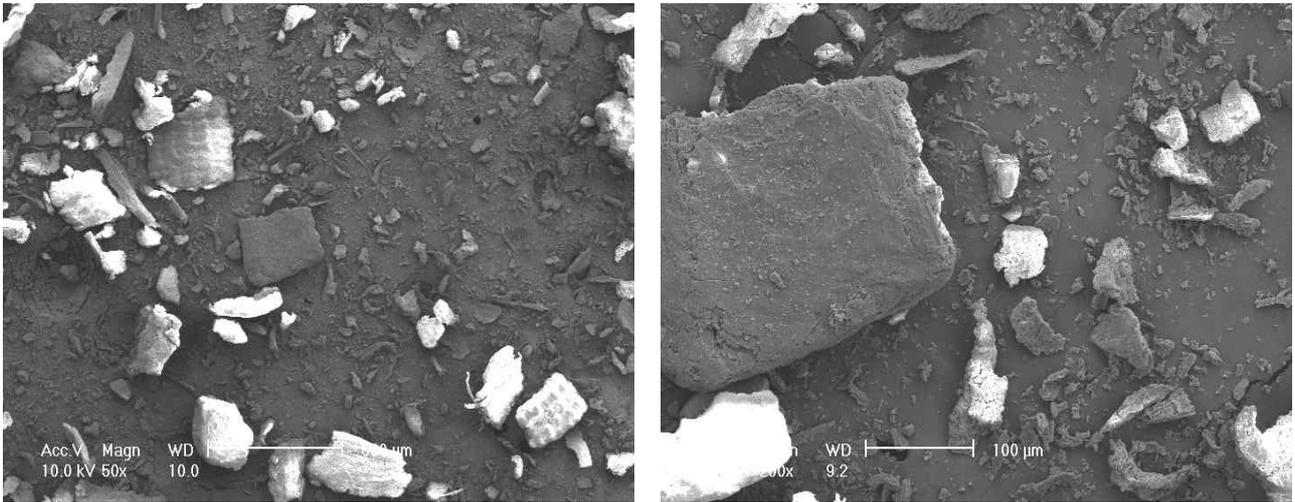


Fig. 3.23. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R all).

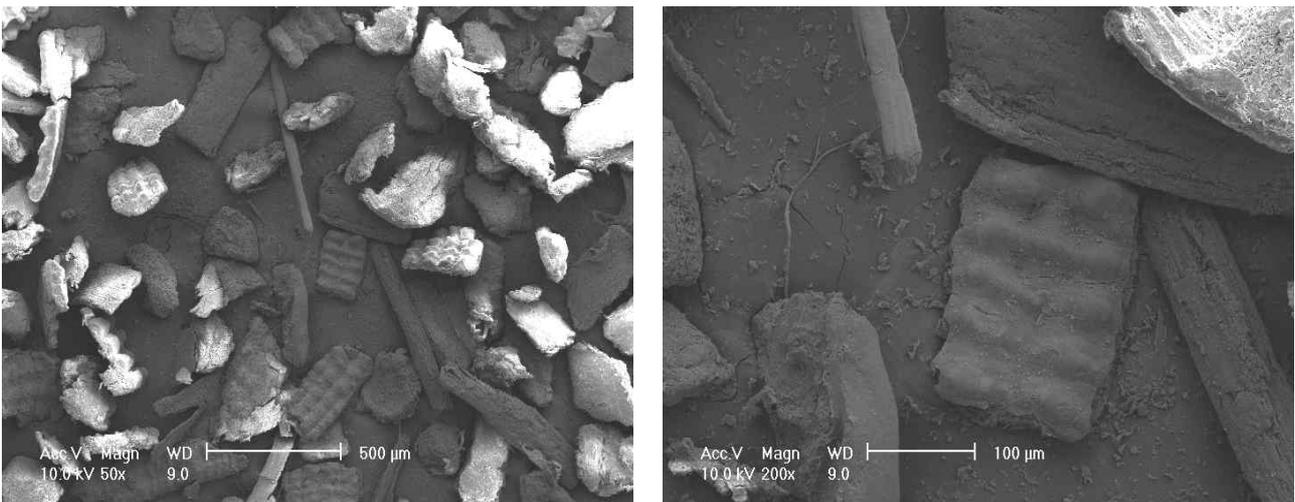


Fig. 3.24. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 60-100).

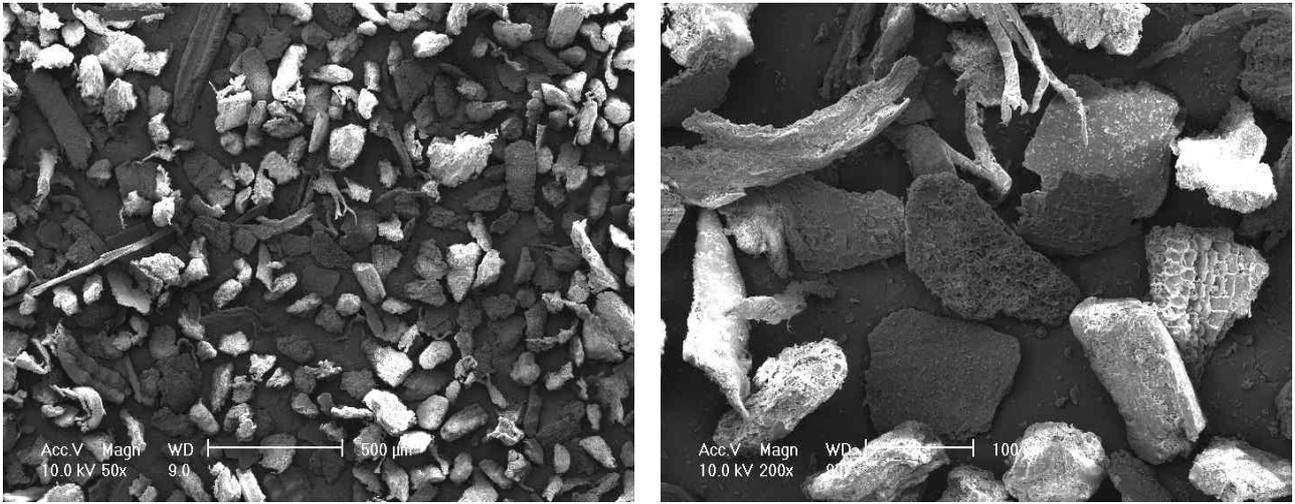


Fig. 3.25. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 100-200).

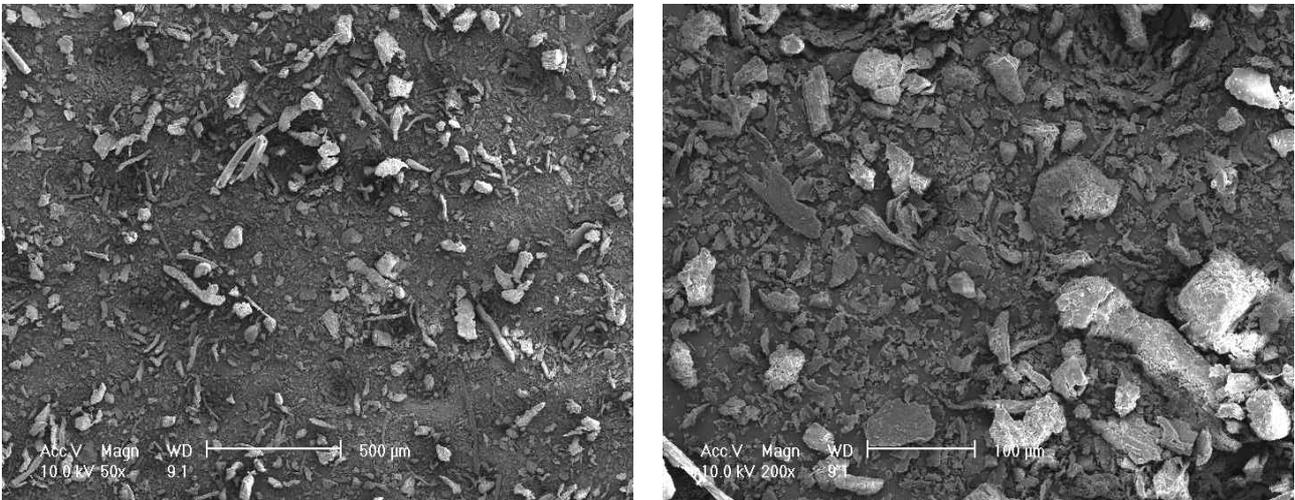


Fig. 3.26. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler (R 200).

② 땅콩박 유기충전제

블렌더를 이용하여 땅콩박 유기충전제를 제조하였고 분급을 실시하였다. Fig. 3.27에 땅콩박 분말의 평균 섬유장을 나타냈다. P all은 왕겨와는 달리 P 100-200 등급 보다 섬유장 값이 높은 것으로 나타났으며, P 60-100 등급의 섬유장이 가장 길었다. 100 mesh를 통과한 100-200등급과 200등급은 블렌더 처리된 왕겨 분말에 비해서는 P 100-200은 약 5 mm 작게 P 200은 비슷한 평균 섬유장을 나타냈다. 땅콩박의 섬유장 분포를 Figs. 3.28-3.31에 나타내었는데 P 60-100, P 100-200, P 200 에서도 왕겨와 비슷한 분포를 보였다. P 60-100 분말에서는 0.2-0.5 mm 등급의 입자가 다수를 차지하고 있으나 P 100-200 땅콩박 분말은 다소 넓은 섬유장 분포를 나타냈다. 그리고 P all 분말은 R all 분말에 비해 0.2-0.5 mm 등급의 입자가 상대적으로 많

이 포함되어 있기 때문에 전체적으로 분포가 넓게 나타난 것으로 판단된다.

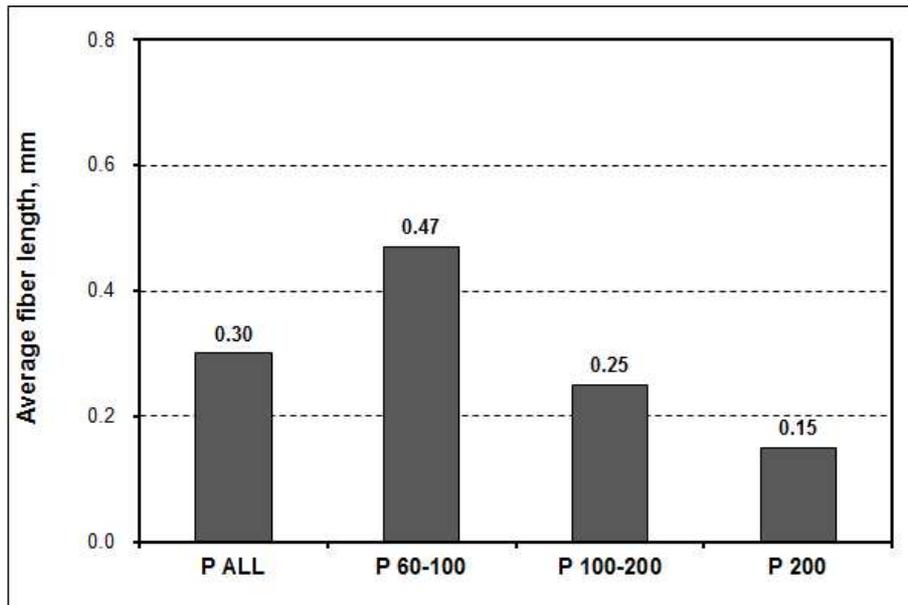


Fig. 3.27. Average fiber length of peanut husk organic fillers.

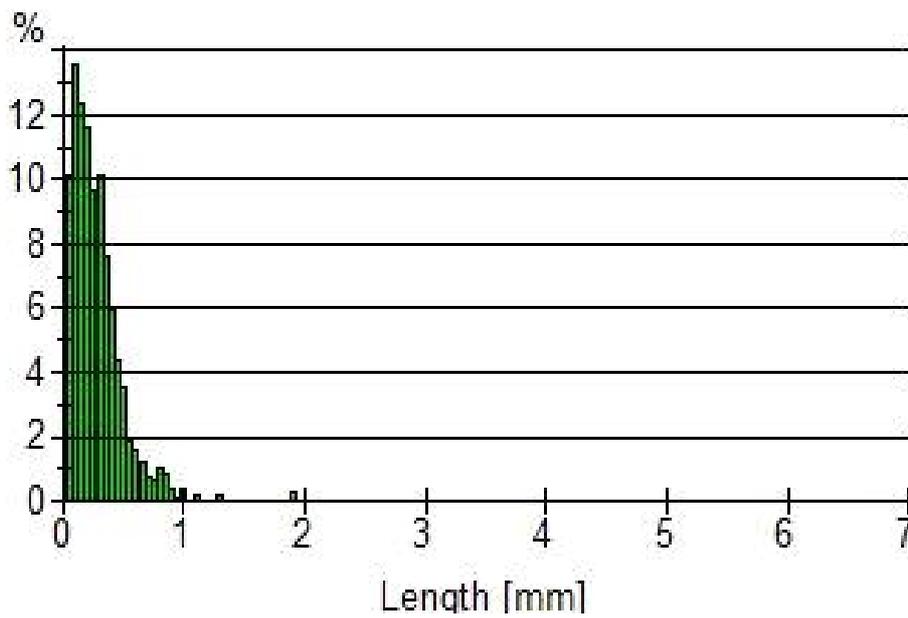


Fig. 3.28. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R all).

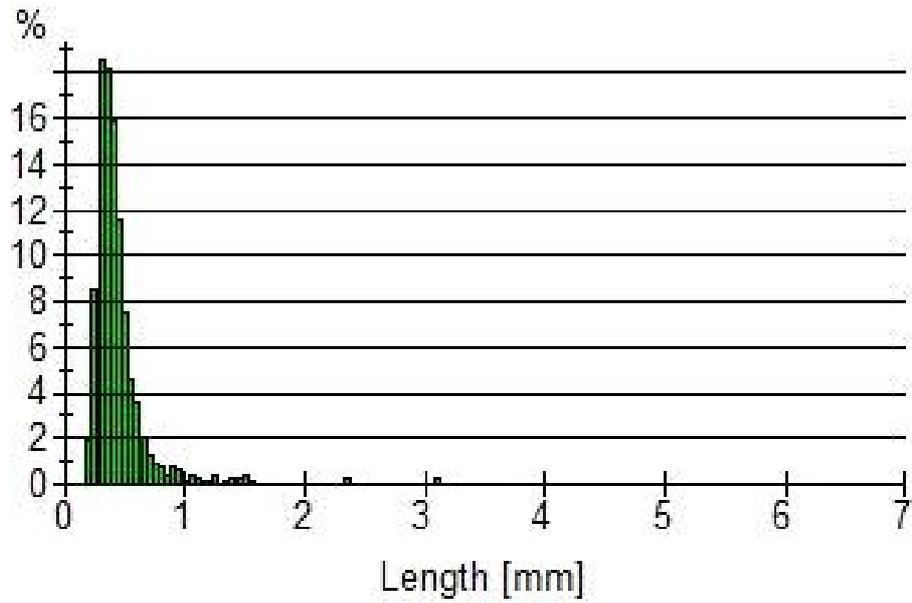


Fig. 3.29. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 60-100).

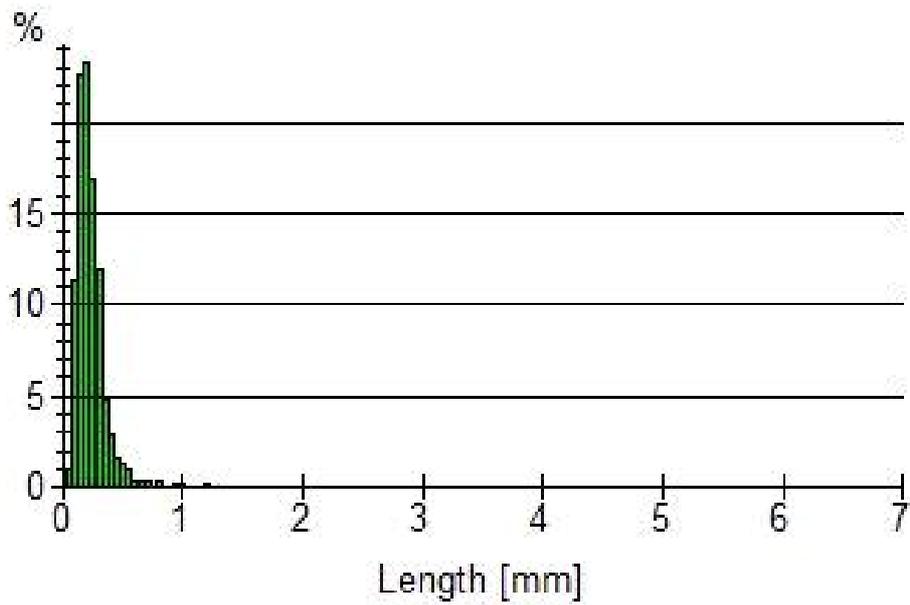


Fig. 3.30. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 100-200).

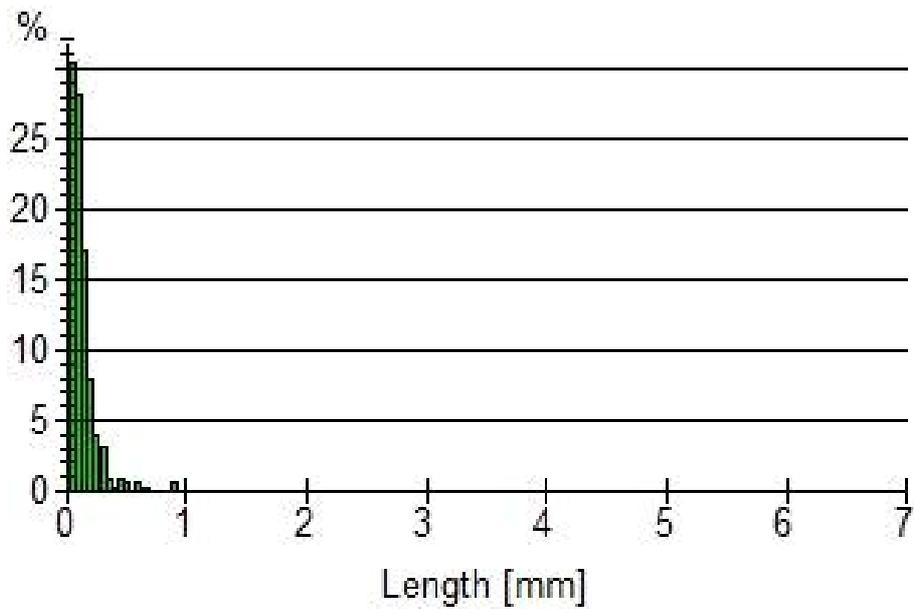


Fig. 3.31. Fiber length distribution of peanut husk organic filler (R 200).

Figs. 3.32-3.35에 도시된 땅콩박 분말의 주사전자현미경 이미지를 살펴보면 땅콩박 입자들이 입자상 형태를 가지고 있음을 볼 수 있었으며, 섬유표면을 확대한 이미지를 관찰해 보면 입자 표면은 무정형으로 깨어진 형태를 볼 수 있었다. P 60-100, P 100-200, P 200의 입자들은 입자상으로 형태는 균일하지 않았다.

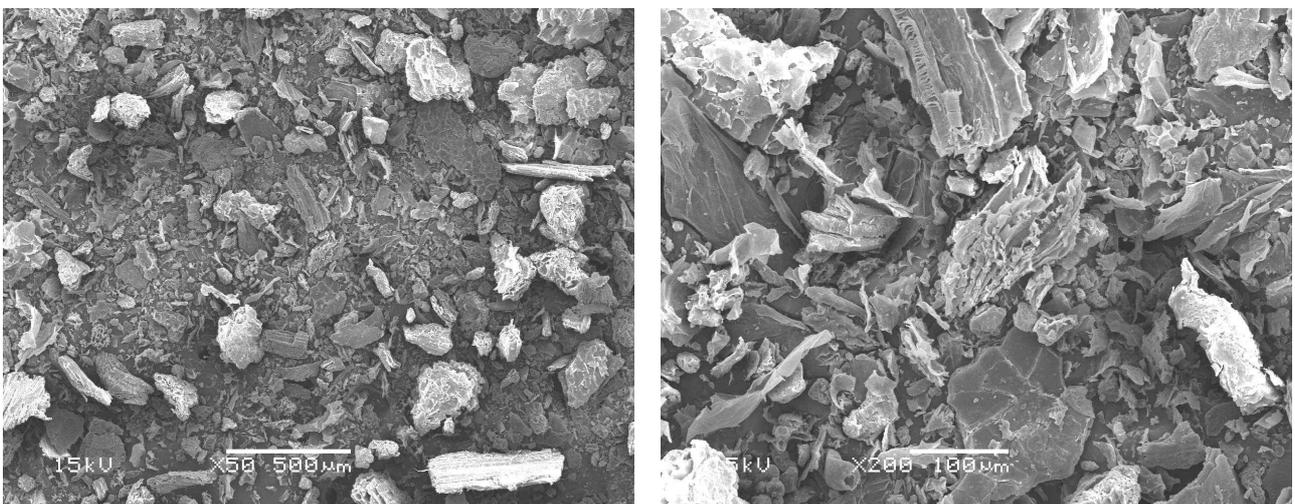


Fig. 3.32. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R all).

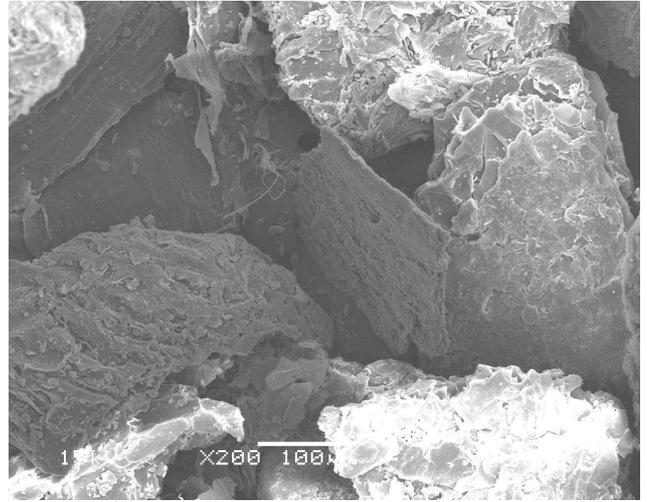
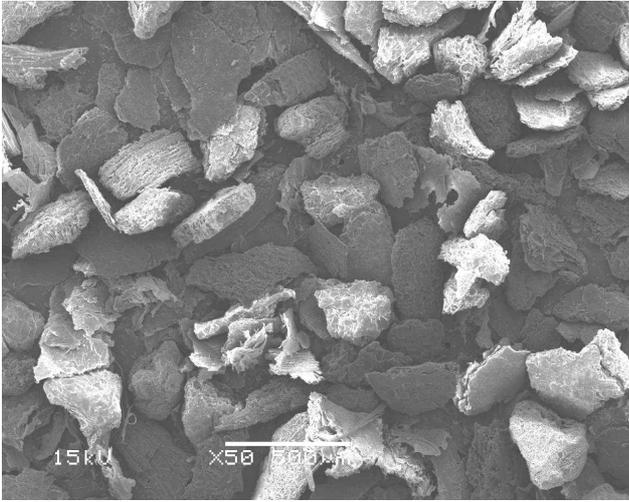


Fig. 3.33. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 60-100).

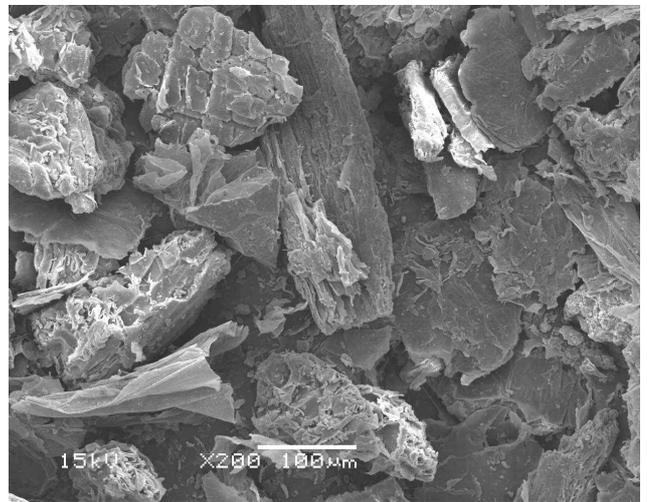
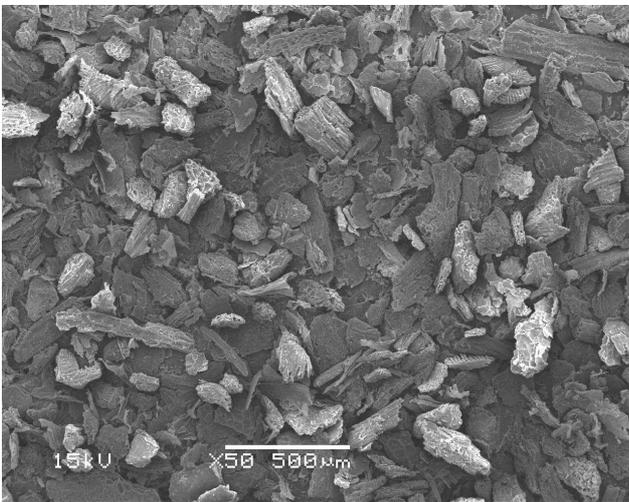


Fig. 3.34. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 100-200).

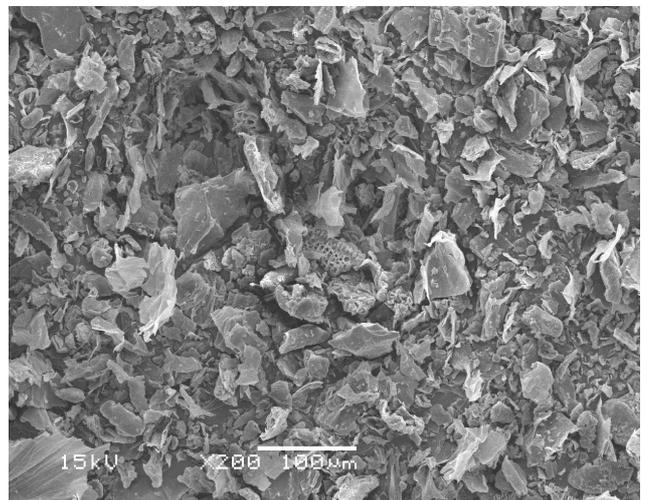
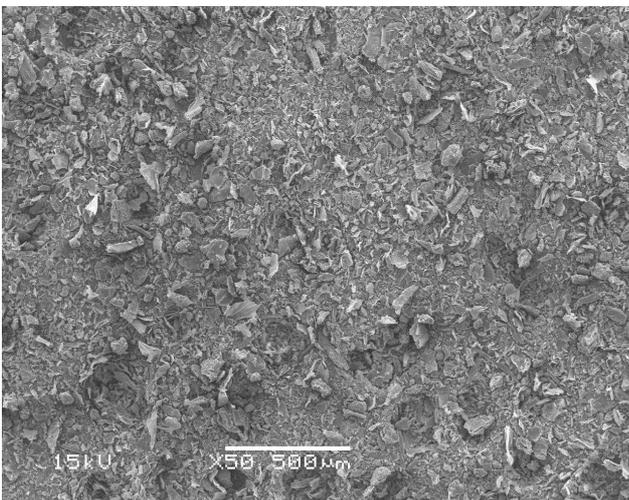


Fig. 3.35. Scanning electron micrographs of peanut husk organic filler (R 200).

③ 마늘대 유기충전제

블렌더를 이용하여 땅콩박 유기충전제를 제조하였고 분급을 실시하였다. Fig. 3.36에 마늘대 분말의 평균 섬유장을 나타냈다. 전체적인 섬유장 경향은 왕겨와 땅콩박에 비해 60-100 등급의 입자의 섬유장이 약 0.1 mm 길게 나타났으며 200 에서도 1 mm 길게 나타났다. 다른 등급의 섬유장은 비슷하게 나타났다. 마늘대의 섬유장 분포를 Figs. 3.37-3.40에 나타냈는데 G all 등급 입자의 섬유장 분포는 땅콩박과 동일한 0.2-0.5 mm의 분포가 더 높은 경향을 보였다. G 60-100 등급 입자의 섬유장의 분포는 왕겨와 땅콩박과는 달리 0.2-0.5 mm 보다 0.5-1.2 mm 에서 더 높은 분포를 보였다. G 100-200 과 G 200 등급의 입자는 왕겨, 땅콩박과 비슷한 경향을 나타냈다.

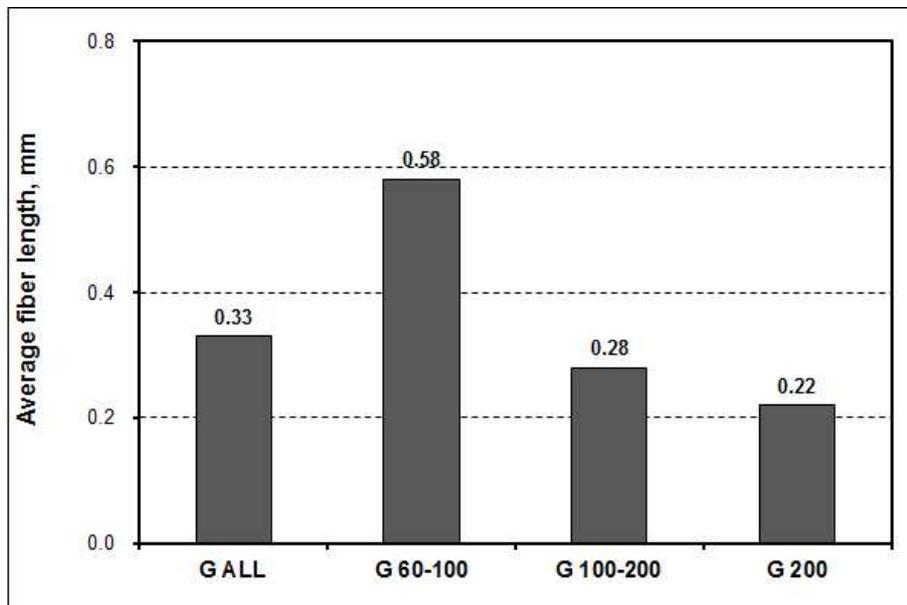


Fig. 3.36. Average fiber length of garlic stem organic fillers.

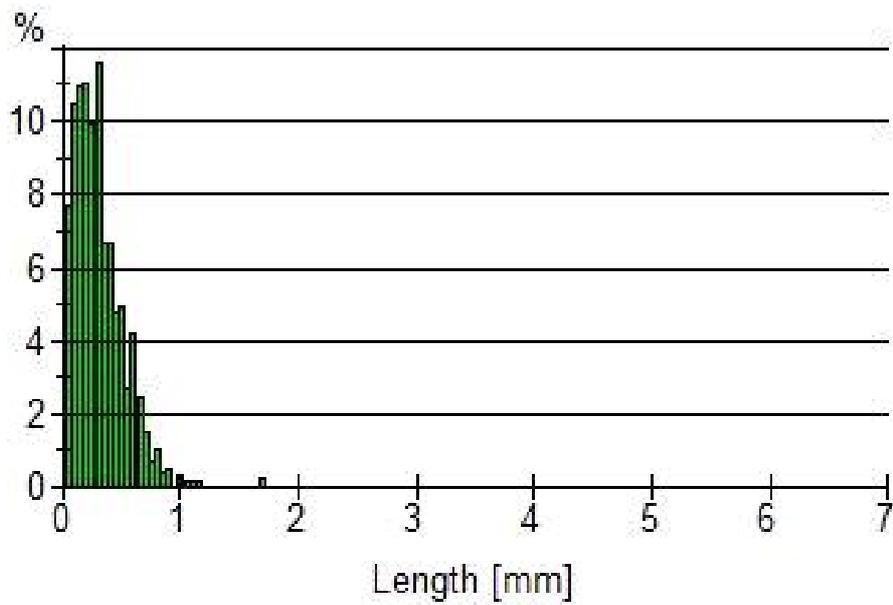


Fig. 3.37. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R all).

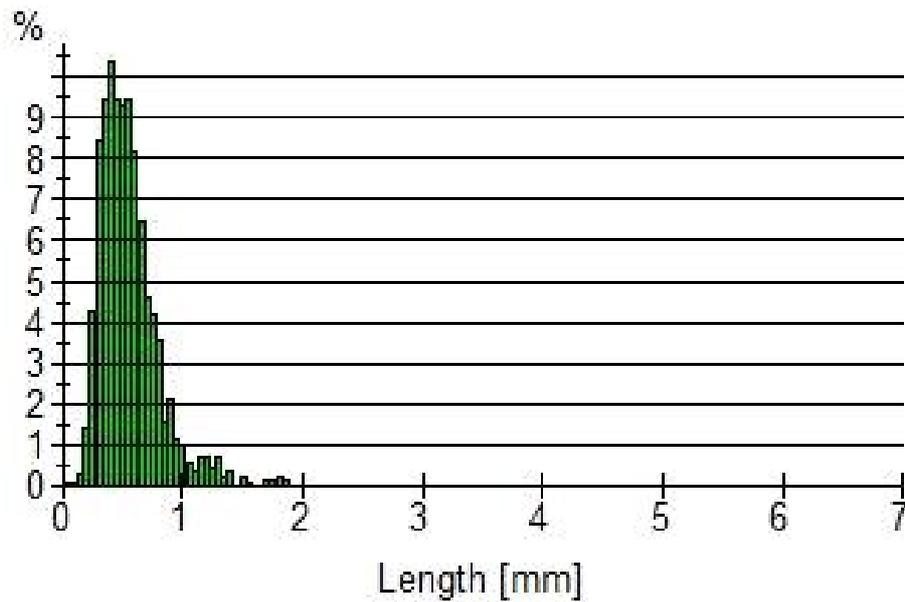


Fig. 3.38. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 60-100).

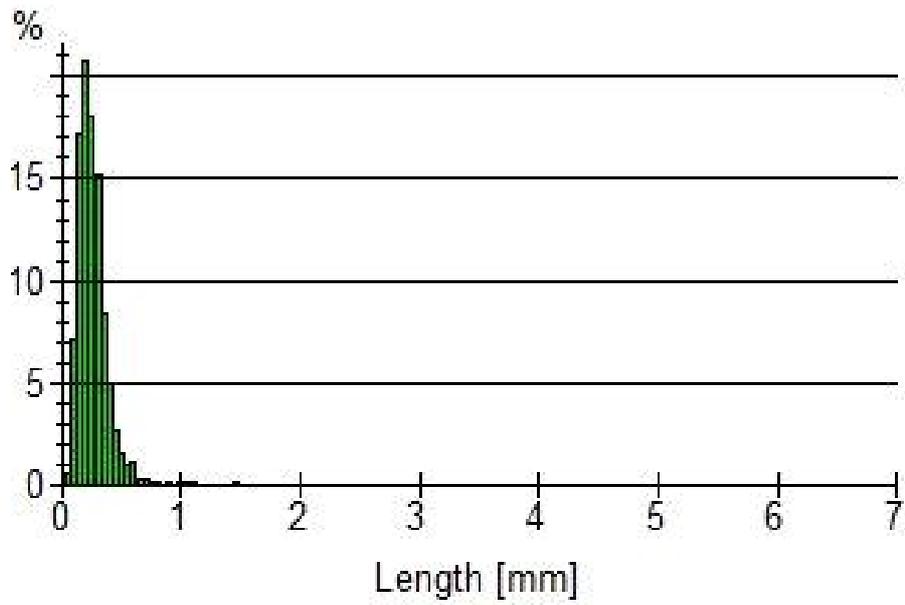


Fig. 3.39. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 100-200).

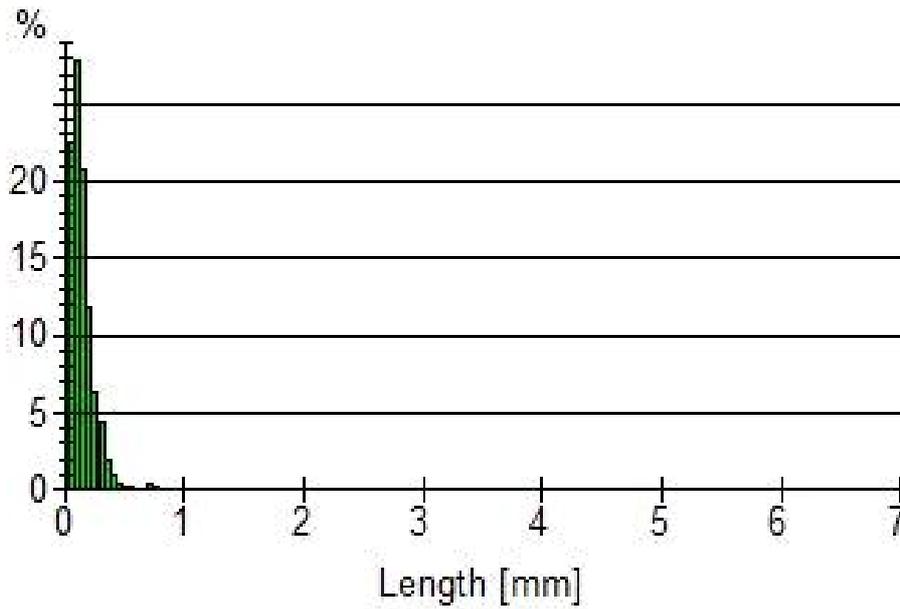


Fig. 3.40. Fiber length distribution of garlic stem organic filler (R 200).

Figs. 3.41-3.44에 도시된 마늘대 분말의 주사전자현미경 이미지를 살펴보면 마늘대 입자들이 섬유상 형태를 가지고 있음을 볼 수 있다. 섬유표면을 확대한 이미지를 관찰해 보면 섬유상 입자 표면에 더 폭이 짧은 섬유(fibril)들이 분포하고 있는 것을 볼 수 있었다. 이는 마늘대 섬유가 미세섬유들로 구성되어 있음을 보여주는 것으로 판단된다.

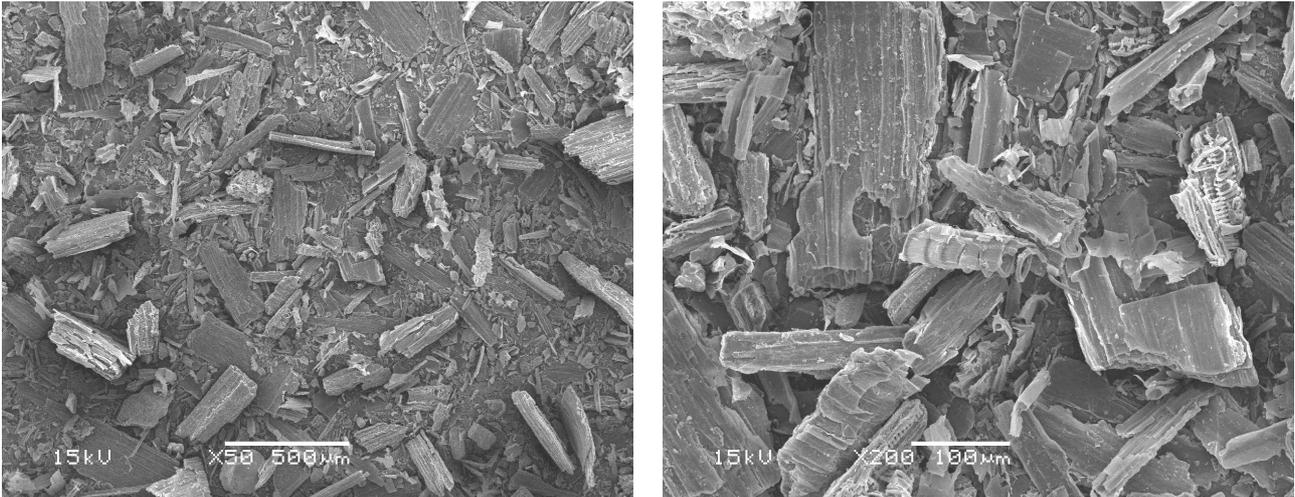


Fig. 3.41. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R all).

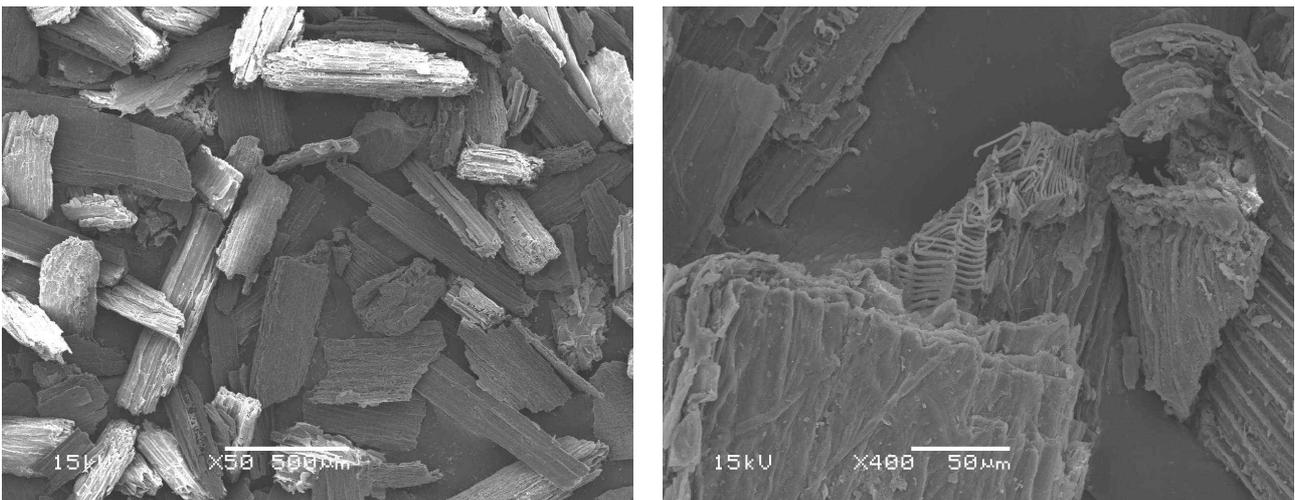


Fig. 3.42. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 60-100).

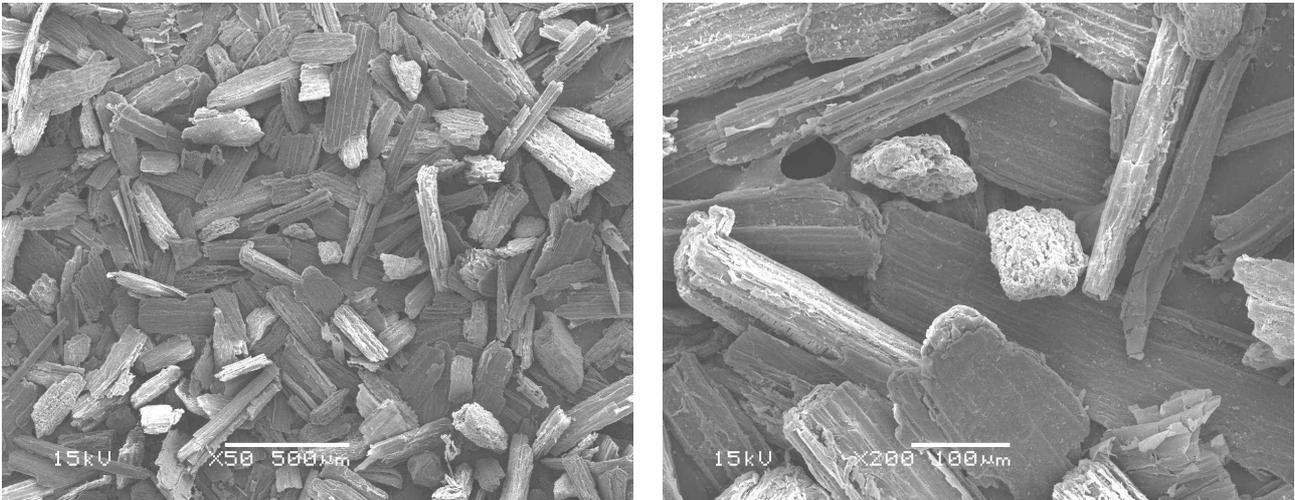


Fig. 3.43. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 100-200).

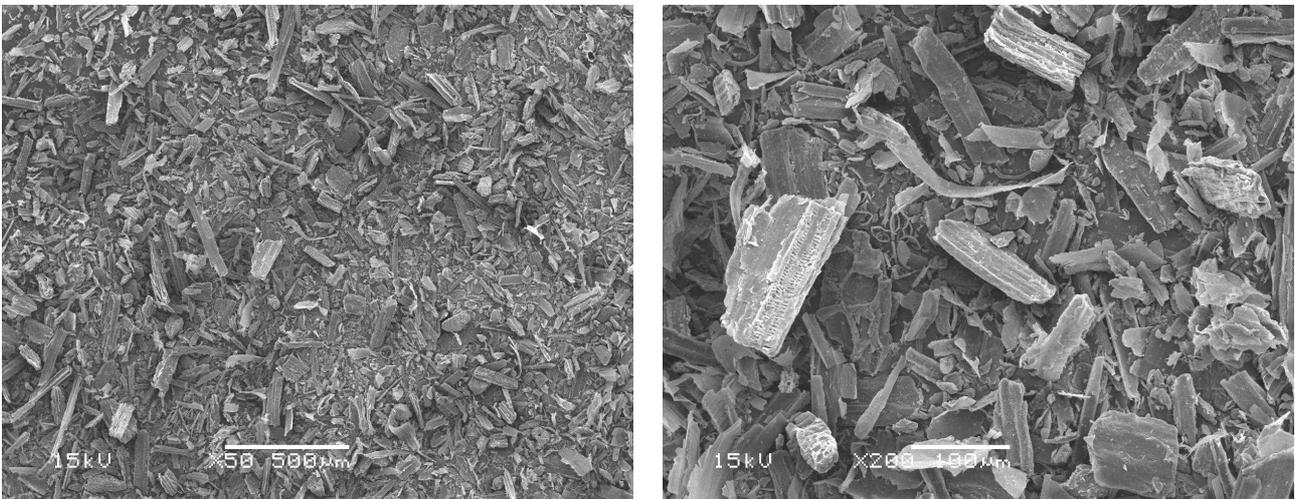


Fig. 3.44. Scanning electron micrographs of garlic stem organic filler (R 200).

라. 결론

(1) 왕겨의 물리적 특성 변화

- 평균 입도 : R 60-100 > R all > R 100-200 > R 200
- 평균 섬유장 : R 60-100 > R 100-200 > R all > R 200
- 형태 : 입자상 입자

(2) 땅콩박의 물리적 특성 변화

- 평균 입도 : P 60-100 > P 100-200 > P all > P 200
- 평균 섬유장 : P 60-100 > P all > P 100-200 > P 200
- 형태 : 입자상 입자

(3) 마늘대의 물리적 특성 변화

- 평균 입도 : G 60-100 > G 100-200 > G all > G 200
- 평균 섬유장 : G 60-100 > G all > G 100-200 > G 200
- 형태 : 섬유상 입자

(4) 왕겨, 땅콩박, 마늘대 분말의 평균 섬유장은 60-100 등급의 입자가 가장 높았으며, 왕겨는 100-200이 땅콩박과 마늘대는 all의 입자가 그 다음 높은 것으로 보아 땅콩박과 마늘대 all 등급에 왕겨 all 보다 섬유장이 높은 섬유를 포함하고 있는 것으로 판단됨.

(5) 대체적으로 입자의 크기가 작아질수록 섬유장의 길이도 짧아지는 것을 알 수 있었으며, 왕겨, 땅콩박, 마늘대 all 등급에서 많이 포함하고 있는 등급에 따라 all 등급의 섬유장 변화에 영향을 미치는 것으로 사료됨.

(6) 주사전자 현미경을 통해 왕겨, 땅콩박, 마늘대 입자를 등급별 촬영해 본 결과 왕겨와 땅콩박은 60-100, 100-200 등급에서 입자상에 가까운 형태를 발견 할 수 있었으며, 마늘대의 60-100, 100-200에서는 섬유상에 가까운 입자를 볼 수 있었다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 200 등급의 분말은 입자상과 섬유상이 다소 섞여있는 것으로 판단됨.

(7) 왕겨의 유사한 크기의 벌집 형태의 모양이 분쇄를 거쳐서도 유지가 된다면 벌크 향상에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다. 땅콩박은 벌크상승에는 긍정적인 영향을 미칠 수 있으나 섬유간 결합을 방해하여 강도 상승에는 부정적인 영향을 줄 것으로 사료된다. 마늘대의 섬유상의 형태는 벌크상승과 강도상승에 불리한 형태인 것으로 판단됨.

3. 농업부산물 유기충전제의 효과 분석

가. 연구목적

앞선 2에서는 사용되는 유기물질에 따라 분말상 유기충전제의 물리적 특성이 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 판지의 벌크 상승에 따른 원료 사용량 감소와 건조에너지를 절감시키기 위해 신규 분말상 부원료를 제조하여야 하는데 이를 위해서는 분말상 입자의 특성을 고려하여야 한다. 분말상 입자의 특성은 다양하지만 판지의 두께를 높이기 위해서는 분

말상 입자의 크기를 고려하여야 한다. 국내 백판지 공정에서 잡목(mixed wood)을 이용하여 제조된 목분(wood powder)이 유기충전제로 사용되고 있다. 그런데 상업용 목분의 관리품질은 단순히 최대의 크기로 설정되어 있다. 이는 분말상 유기충전제에 대한 연구가 많이 진행되지 않아 유기충전제의 효과를 극대화 할 수 있는 조건을 도출하지 못하였기 때문이라고 판단된다. 따라서 분말상 유기충전제의 크기별로 벌크 상승효과와 건조에너지 절감 효과에 대한 조사가 필요하다.

본 연구에서는 블랜더로 제조된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 유기충전제를 표준체로 분급하여 등급별로 벌크상승과 건조에너지 절감효과를 분석하였고 이를 토대로 분말상 원료의 크기조건에서 가장 중요한 등급을 도출하고자 하였다.

나. 실험방법

(1) 유기충전제 제조 및 분급방법

왕겨, 땅콩박, 마늘대를 기건상태에서 수분을 제거한 다음 Wonder Blender(WB-01, Sanplatec, Japan)를 이용하여 25,000 rpm의 속도로 20초간 분쇄를 실시하여 유기충전제 초기분말을 제조하였다. 유기충전제 분말을 분급하기 위하여 Vibratory sieve shaker(J-VSS, Jisico, Korea)에 60, 100, 200 mesh 표준체를 설치하였고 분급을 실시하였다. 60 mesh에 잔류한 입자는 제지용 원료로 사용하기 부적합한 것으로 판단되어 폐기하였다. 분급된 유기충전제를 Table 3.7에 나타냈다. 왕겨는 “R”, 땅콩박은 “p”, 마늘대는 “G” 로 하였고 모든 크기의 입자를 포함하고 있는 분급되지 않은 분말은 “all” 로 명명하였고 60 mesh 표준체를 통과하고 100 mesh 표준체를 통과하지 못하는 분말을 “60-100”으로, 100 mesh 표준체를 통과하면서 200 mesh 표준체를 통과하지 못하는 분말을 “100-200”으로 정하였다. 그리고 200 mesh 표준체를 통과하는 미세분말은 “200”으로 명명하였다. 대조군으로 현재 백판지 업체에서 사용되고 있는 목분(WP)을 동일한 방법으로 분급하여 사용하였다.

Table 3.7. Classification of agricultural byproduct organic fillers (rice husk R, peanut husk P, garlic stem G, wood powder WP)

명 칭	설 명
all	모든 크기를 포함하고 있는 분급되지 않은 유기충전제 (60 mesh 잔류물질은 포함되지 않음)
60-100	60 mesh를 통과하고 100 mesh를 통과하지 못한 유기충전제
100-200	100 mesh를 통과하고 200 mesh를 통과하지 못한 유기충전제
200	200 mesh를 통과한 유기충전제 분말

(2) 농업부산물 분말 적용에 따른 판지의 벌크와 강도적 특성 측정 실험방법

국산 폐골판지(Korean Old Corrugated Container; KOCC)를 18시간 동안 물에 침전시켰다가 10% 농도로 고속해리기를 이용하여 약 30분간 해리시킨 후 섬유가 뭉침 없이 완전히 분산된 것을 확인하고 지료로 사용하였다. 해리가 된 지료는 0.5% 농도로 희석을 실시한 후 사용하였다. 벌크 측정을 위해 100 ± 4 g/m²의 수초지를 제작하였다. 분급된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 분말과 상업용 목분을 전건섬유 대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을 실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유 대비 0.1% 투입하였다. 보류제를 투입하고 600 rpm 조건으로 2분간 교반을 실시한 후 수초지를 제조하였다. 제조된 습지필은 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 실험실용 실린더 건조기로 건조시켰다. 수초지를 조습처리한 후 TAPPI Test Methods에 의거하여 평량, 두께, 열단장, 과열지수, 압축강도를 각각 측정하였다.

(3) 건조에너지 요구량 평가를 위한 습지필의 수분함량 측정방법

KOCC를 18시간 동안 물에 침전시켰다가 10% 농도로 고속해리기를 이용하여 약 30분간 해리시킨 후 섬유가 뭉침 없이 완전히 분산된 것을 확인하고 지료로 사용하였다. 해리가 된 지료는 0.5% 농도로 희석을 실시한 후 사용하였다. 벌크 측정을 위해 100 ± 4 g/m²의 수초지를 제작하였다. 분급된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 유기충전제와 상업용 목분을 전건섬유 대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을 실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유 대비 0.1% 투입하였다. 보류제를 투입하고 600 rpm 조건으로 2분간 교반을 실시한 후 수초지를 제조하였다. 제조된 습지필은 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 함수율 측정용 습지필을 제조하였다. 제조된 습지필의 중앙부위를 4×4 cm로 절단한 후 내열성 양면 테이프(VHB, 3M, USA)를 이용하여 알루미늄 dish에 붙여 측정시료를 준비하였다. 습지필의 함수율 변화를 측정하기 위해 수분측정기(CXM-50, CAS, Korea)를 사용하여 110°C 조건으로 가열하여 0.6초 간격으로 습지필 수분함량을 측정하였다.

(1), (2)의 상세 실험방법을 Fig. 3.45에 도시하였다.

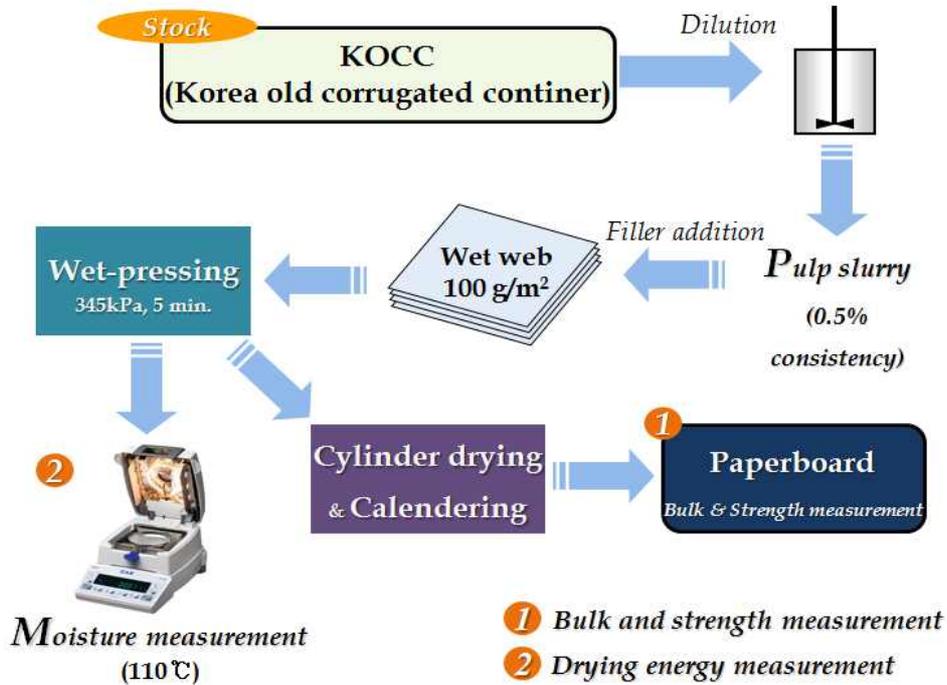


Fig. 3.45. Diagram of the experiments.

다. 실험결과

(1) 농업부산물 유기충전제 적용에 따른 판지의 벌크와 강도적 특성 변화

분급된 왕겨, 땅콩박, 마늘대, 목분의 투입에 따른 판지의 벌크변화를 Figs. 3.46-3.49에 도시하였다. All 등급의 유기충전제들이 투입되었을 때에는 모두 비슷한 벌크 상승 정도를 보였으나 6% 투입되었을 때에는 왕겨가 다른 유기충전제보다 상대적으로 더 높은 벌크 상승을 나타냈다. 목분과 땅콩박은 비슷하였으며 마늘대가 상대적으로 낮은 벌크 상승률을 보였다. 9% 투입되었을 때에는 왕겨, 땅콩박, 목분이 비슷한 벌크 상승을 보였으며 마늘대는 6% 투입 때에 비해 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 60-100의 평균입도는 왕겨, 땅콩박, 목분, 마늘대 순으로 높았는데 반해 투입량 3%에서 목분이 벌크 상승이 가장 높았으며 땅콩박, 왕겨, 마늘대는 비슷한 상승을 보여주었다. 투입량이 6%, 9%에서는 땅콩박이 가장 높은 벌크 상승 정도를 나타냈으며 목분, 왕겨 순으로 높은 상승률을 보였고, 마늘대는 땅콩박, 목분, 왕겨와는 상대적으로 적은 폭의 벌크상승을 나타냈다. 100-200의 평균입도는 왕겨, 목분, 땅콩박, 마늘대 순으로 왕겨와 목분의 평균입도 차이는 미비한 것으로 나타났고, 땅콩박은 왕겨에 비해 15 μm 정도 작은 값을 나타냈다. 투입량 3%는 왕겨가 다른 부원료에 비해 조금 더 높았으며, 6%, 9%에서는 땅콩박, 왕겨, 목분 순으로 벌크 상승폭을 나타냈다. 200의 평균입도는 목분, 마늘대, 왕겨, 땅콩박 순이었으며 투입량 3, 6, 9%에서 all, 60-100, 100-200에 비해서는 미비한 상승 폭이었으며 특별한 경향이 나타나지 않았다. 모두 다소 상승하였으나 비슷한 상승폭을 나타냈다. 이는 왕겨와 목분을 비교해 보았을 때 벌크상승과 유기충전제의 평균입도는 높은 상관관계가 있는 것

으로 사료되며, 마늘대와 땅콩박 분말을 비교해 보았을 때 마늘대 입자크기가 크고, 땅콩박 입자크기가 작아도 벌크의 상승이 작고 큰 것은 입자가 띄고 있는 상태에서 기인하는 것으로 사료된다. 땅콩박의 무정형의 입자상 형태는 벌크상승에 긍정적인 영향을 주고, 마늘대의 섬유상 형태는 벌크상승에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

Figs. 3.50-3.61에서 판지의 열단장, 과열지수, 압축지수를 나타냈다. 전체적으로 땅콩박 유기충전제들이 왕겨, 마늘대, 목분에 비해 더 낮은 열단장을 나타냈다. 분급된 왕겨, 땅콩박, 마늘대, 목분 유기충전제 간을 비교해 보면 벌크가 높을수록 열단장이 낮음을 볼 수 있었고 이는 벌크가 증가함에 따라 밀도가 감소하게 되어 섬유간의 결합이 줄어들기 때문에 열단장은 감소하게 된다. 과열지수에서도 열단장과 같이 동일한 경향을 나타냈다. 벌크 상승효과가 큰 땅콩박은 강도저하 또한 가장 크게 나타났으며, 그 다음으로는 목분, 왕겨, 마늘대 순으로 강도저하가 나타났다. 압축강도에서 마늘대가 가장 큰 감소폭을 나타냈지만 모든 분말이 인장강도와 과열강도에서 보다 상대적으로 더 작은 감소폭을 보여주었다.

전체적으로 살펴보면 목분에 비해 땅콩박 분말이 더 높은 벌크상승 정도를 나타냈으며, 왕겨는 목분과 비슷한 정도, 마늘대는 보다 낮은 증가를 보여주었다. 강도적 특성에서는 벌크상승에 강세를 보인 만큼 강도적 성질에서 약점을 보였으며, 목분과 왕겨는 비슷한 수준을 나타냈다. 벌크, 열단장, 과열강도, 압축강도를 고려해 보았을 때 목분과 벌크 상승, 강도저하의 정도가 비슷한 농업부산물들이 유리하다고 판단된다.

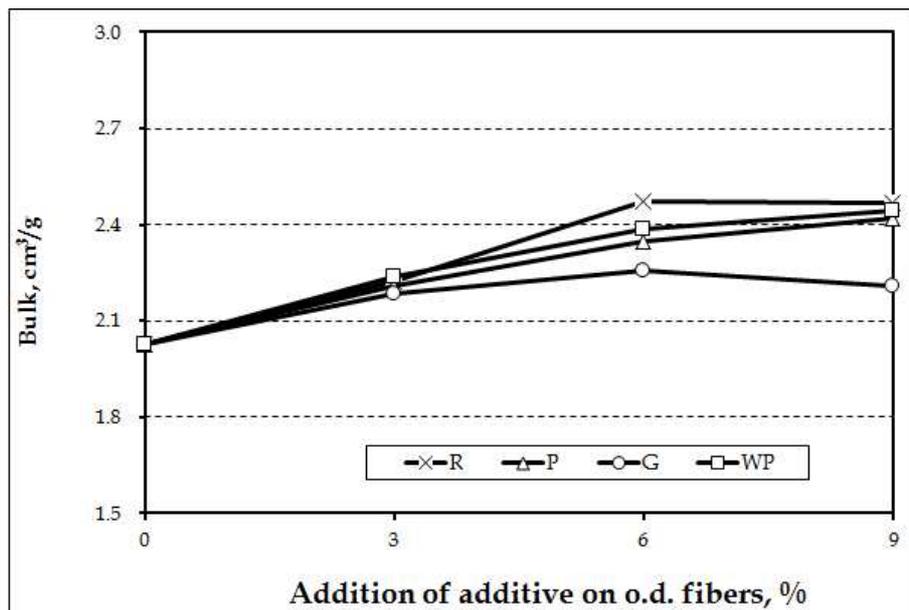


Fig. 3.46. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the bulk of handsheets.

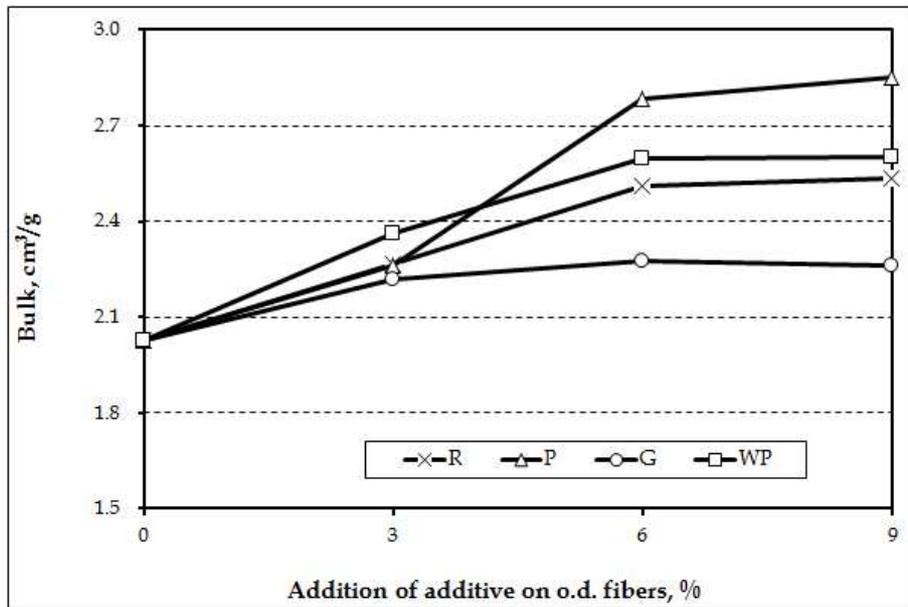


Fig. 3.47. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the bulk of handsheets.

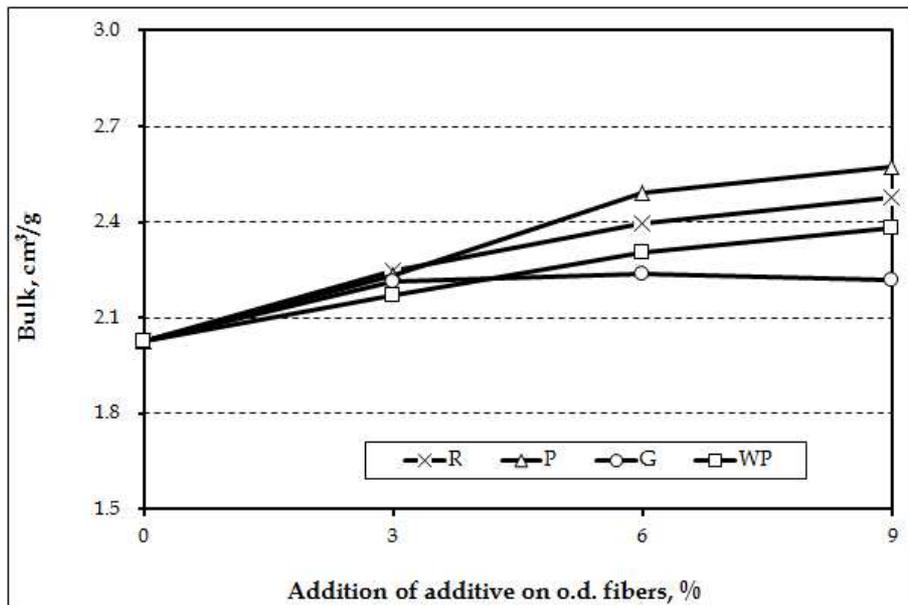


Fig. 3.48. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on the bulk of handsheets.

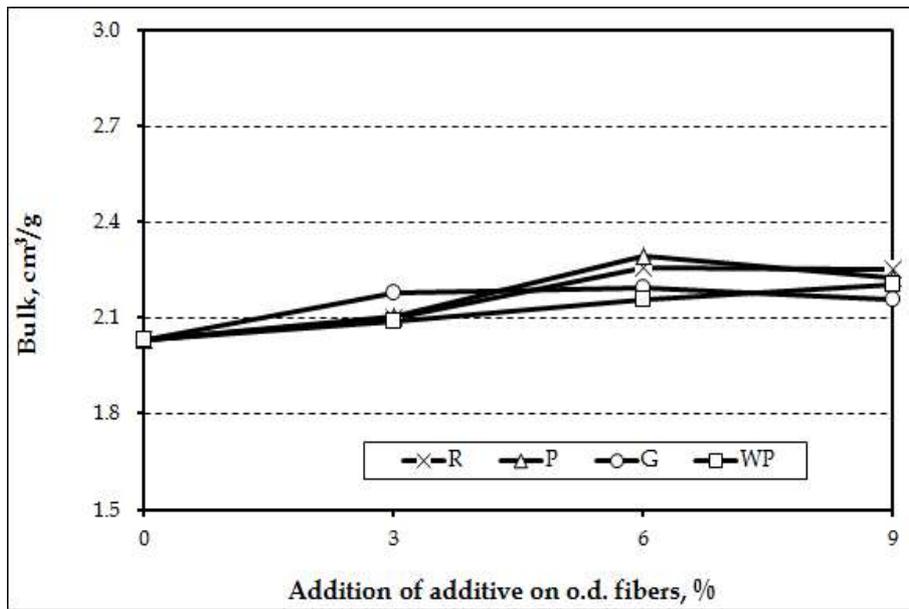


Fig. 3.49. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the bulk of handsheets.

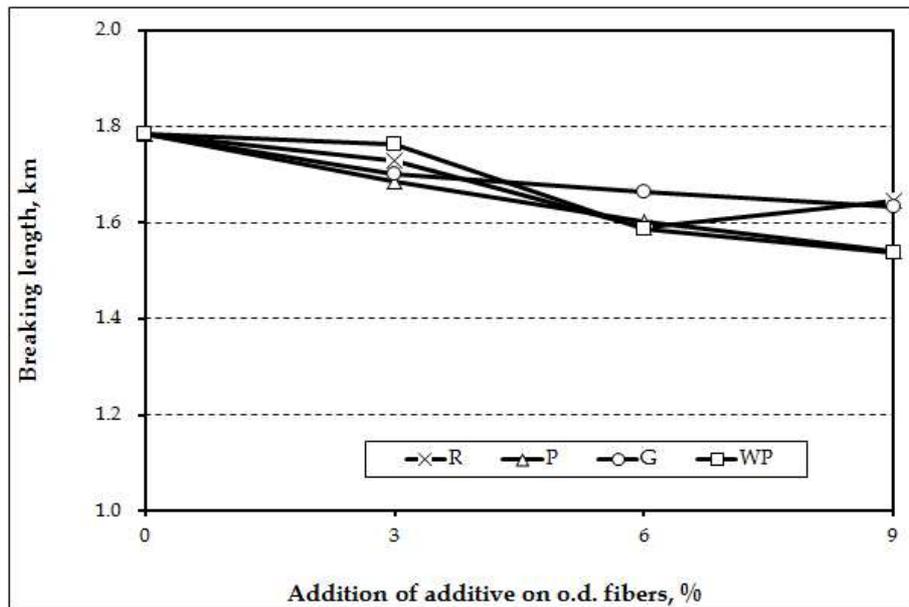


Fig. 3.50. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.

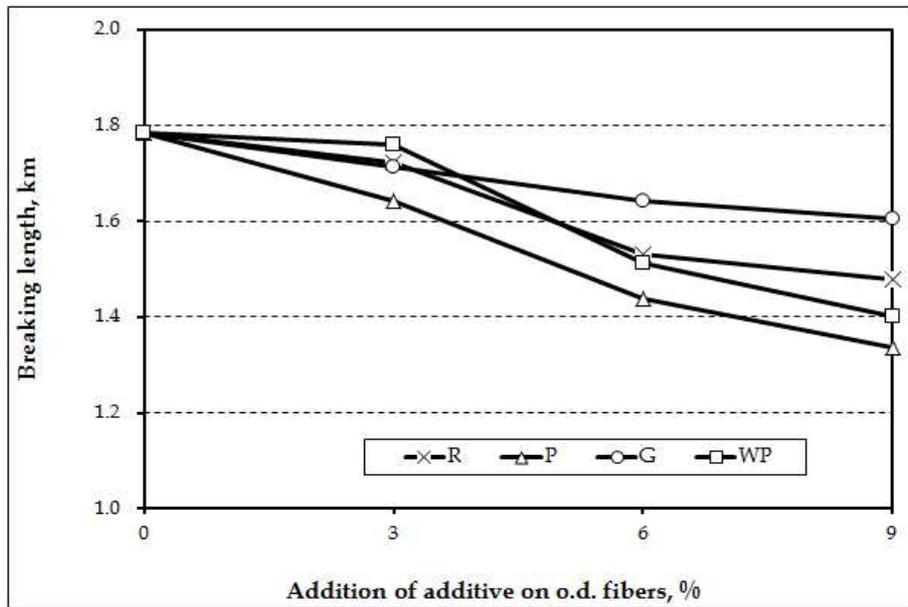


Fig. 3.51. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.

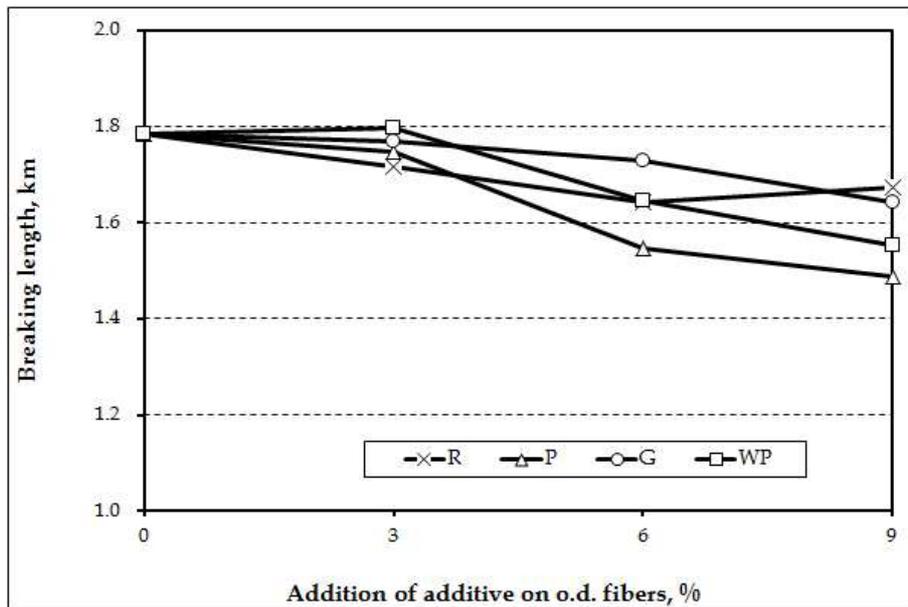


Fig. 3.52. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.

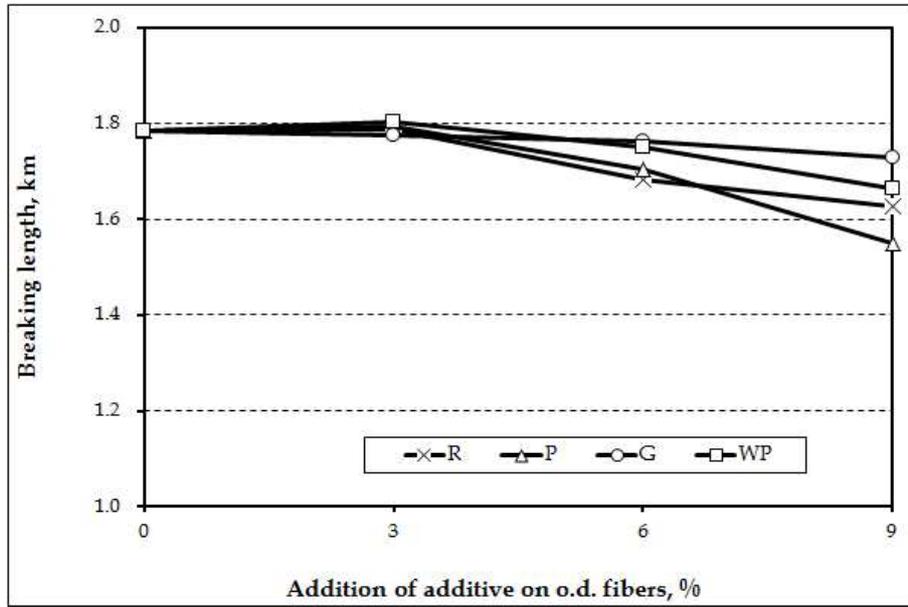


Fig. 3.53. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the breaking length of handsheets.

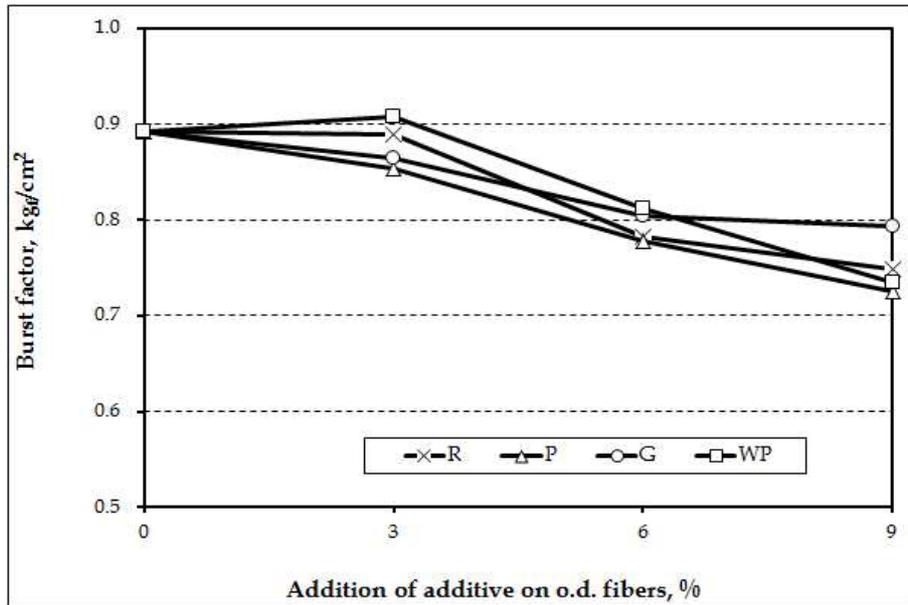


Fig. 3.54. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.

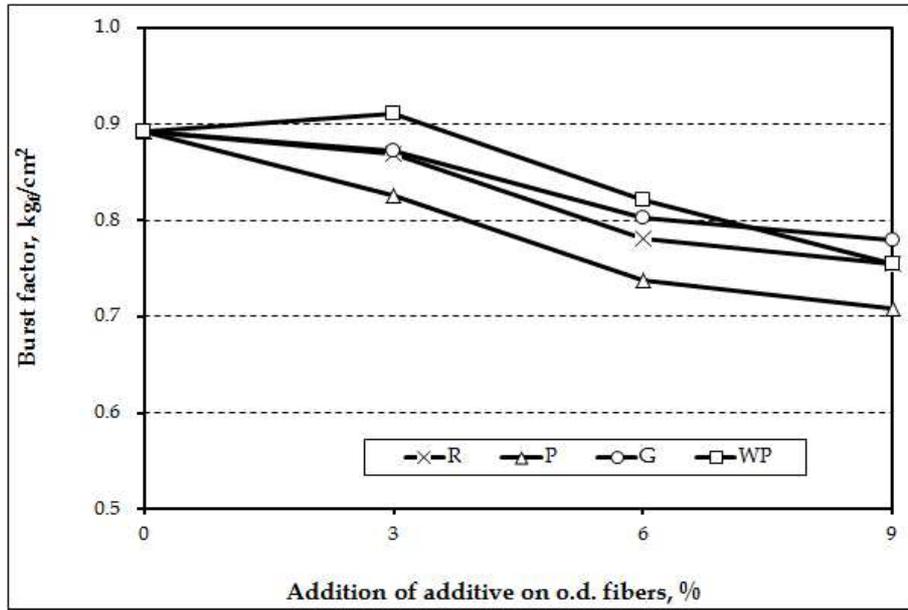


Fig. 3.55. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.

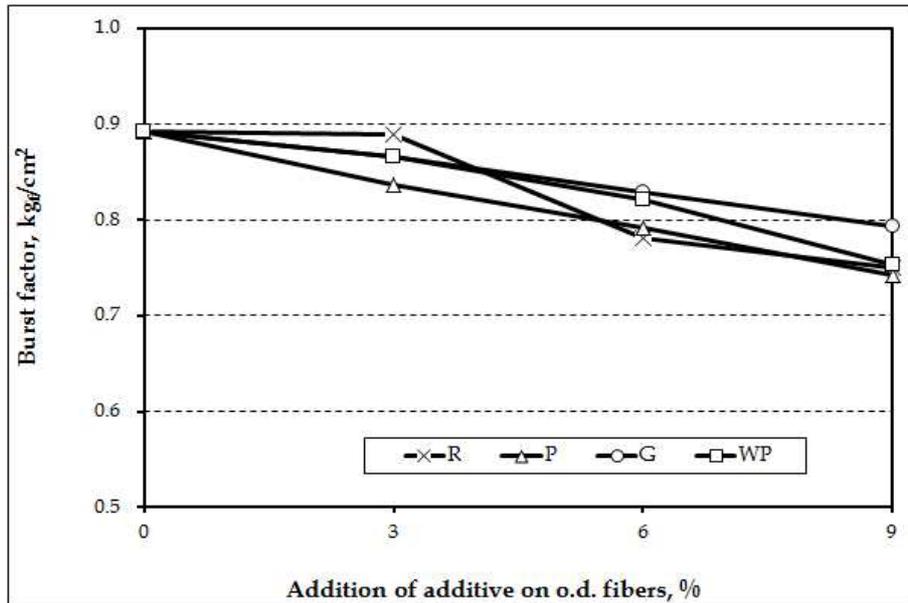


Fig. 3.56. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.

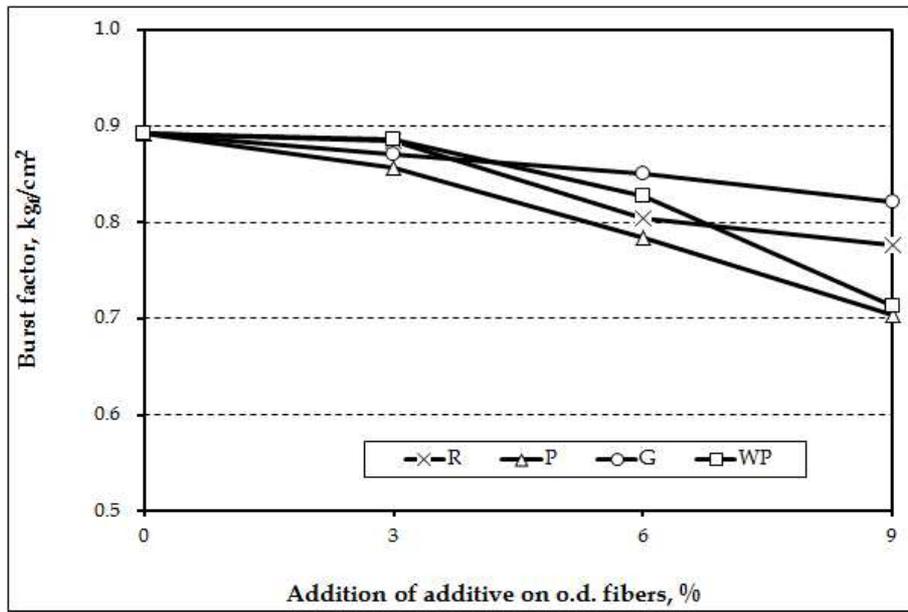


Fig. 3.57. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the burst factor of handsheets.

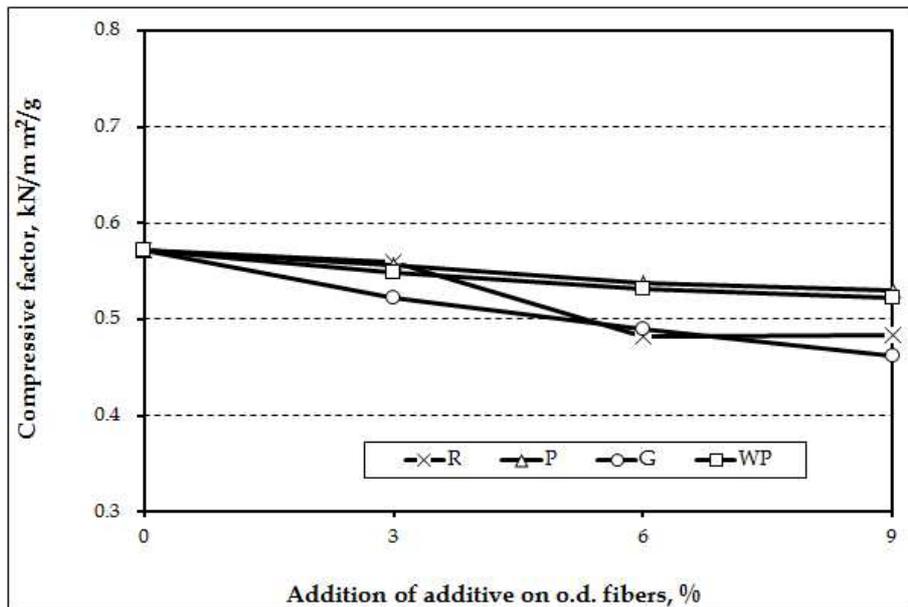


Fig. 3.58. Effect of agricultural byproduct organic fillers (all grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.

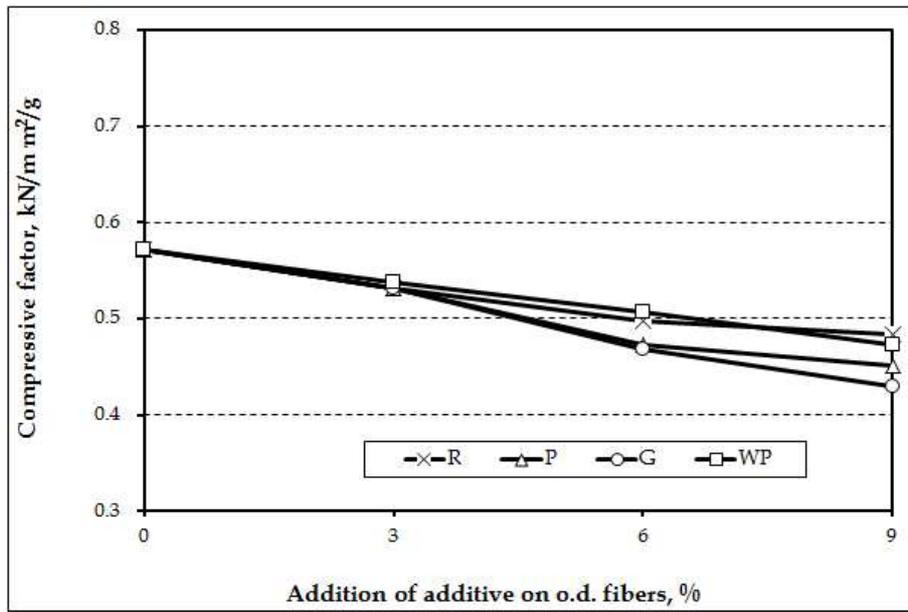


Fig. 3.59. Effect of agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.

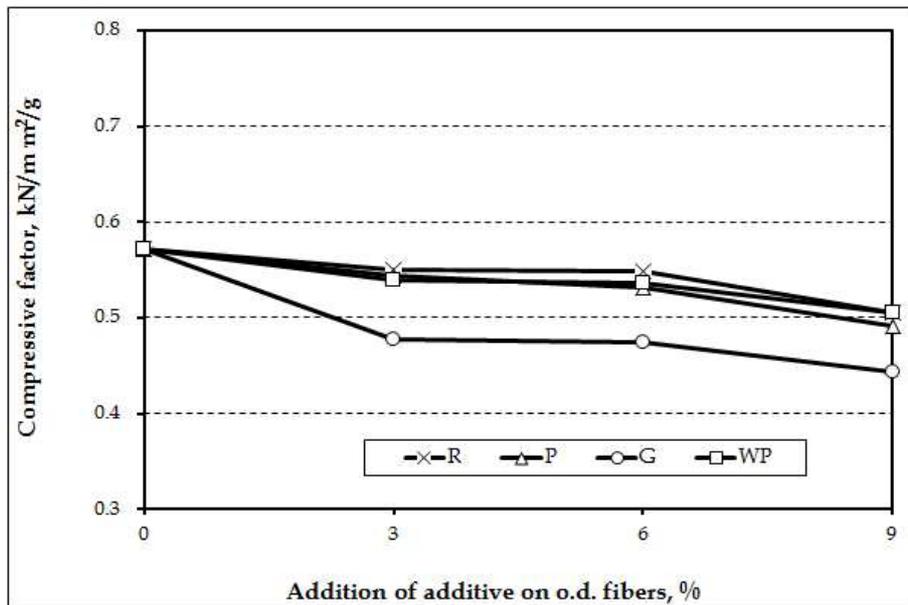


Fig. 3.60. Effect of agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.

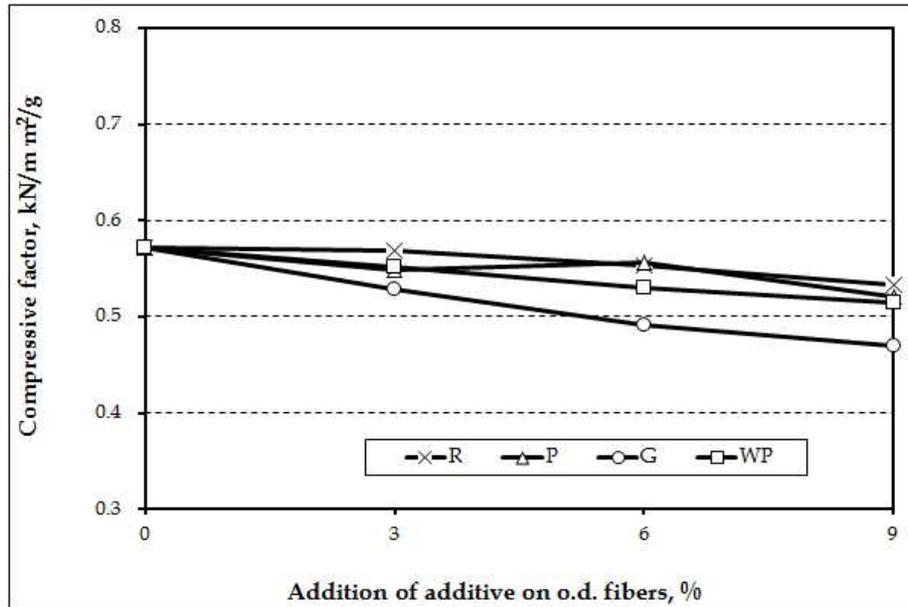


Fig. 3.61. Effect of agricultural byproduct organic fillers (200 grade) and wood powder on the compressive factor of handsheets.

(2) 농업부산물 유기충전제 적용에 따른 판지의 건조에너지 평가

분말상 유기충전제 투입에 따른 건조에너지 요구량을 Fig. 3.62와 같이 평가하였다. 수초지 제조방법과 동일하게 제조된 습지필을 함수율 측정기에서 110°C의 일정한 열을 가하면서 증발하는 수분의 비율을 측정하여 그래프를 작성하였다. 습지필에 열을 가하게 되면 초기에는 표면에 존재하는 물 분자가 열을 받아 급격하게 증발하게 되고 이후 섬유와 결합되어 있는 물 분자가 열에너지를 받아 증발하기 되기 때문에 건조초기에는 증발되는 수분함량이 급속히 증가하게 되고 이후에는 증가폭이 대폭 감소하게 되는 것이다. 따라서 건조에너지는 증발하게 되는 수분함량이 거의 일정해지는 지점의 높이로 비교가 가능하게 되는데 이 부분이 낮을수록 건조에너지는 감소하게 된다. 그리고 건조에너지가 감소하는 비율을 구하였는데 그림 2-62에 도시되어 있는 식과 같이 유기충전제가 투입되지 않은 습지필의 최종 증발 수분함량 비율과 유기충전제가 투입된 습지필의 최종 증발 수분 비율을 이용하여 계산하였다.

본 연구에서 도입한 건조에너지 평가 실험의 유의성을 평가하기 위해 건조에너지 절감에 효과가 있다고 알려진 목분 all의 건조에너지 변화를 Figs. 3.63-3.64에 도시하였다. 목분이 투입됨에 따라 습지필에 잔류하는 수분의 증발비율을 살펴보면 분말상 목분이 투입되지 않은 습지필의 수분 증발비율보다 더 낮은 결과를 나타냈다. 상업용 목분의 투입량별로 살펴보면 미투입, 3% 투입 수준 간에는 차이가 크지 않았으나 6, 9%가 투입됨에 따라 수분 증발비율이 다소 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이는 건조에너지 요구량 감소비율 결과에서도 확인할 수 있는데 미투입, 3% 투입수준에서는 큰 차이가 없었으나 투입수준이 6, 9%로 증가하면서 감소비율이 다소 높게 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 진행한 실험방법을 통해 건

조에너지를 측정할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

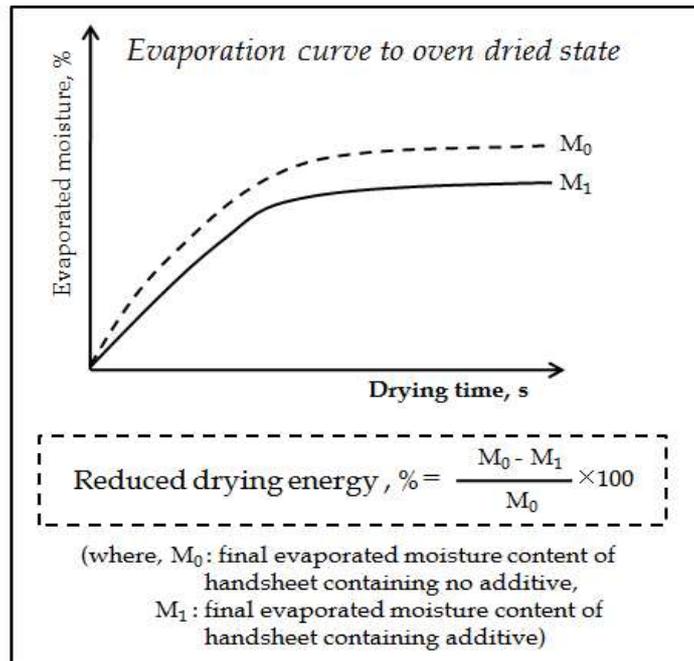


Fig. 3.62. Evaluation of the reduced drying energy requirement of paperboard.

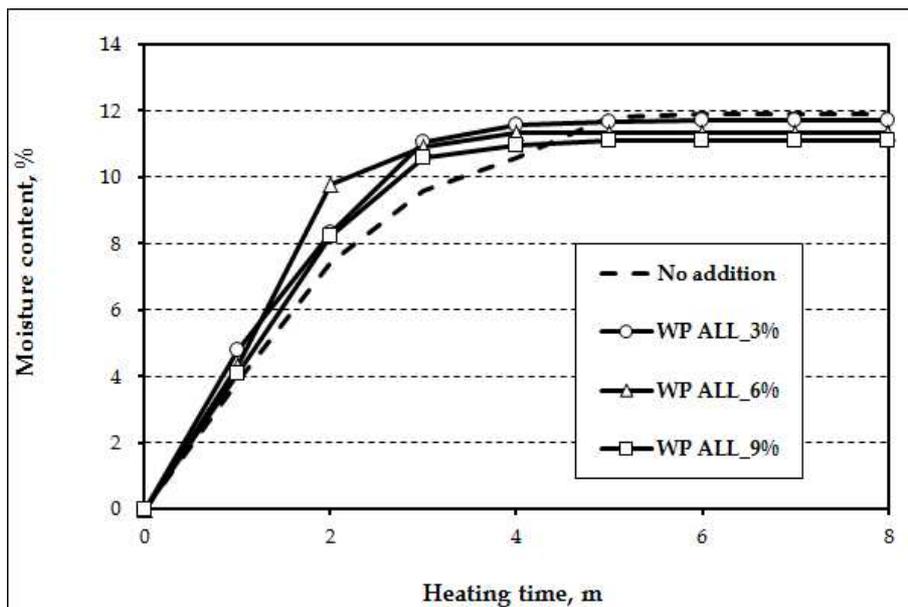


Fig. 3.63. Effect of wood powder (all grade) on evaporated moisture content.

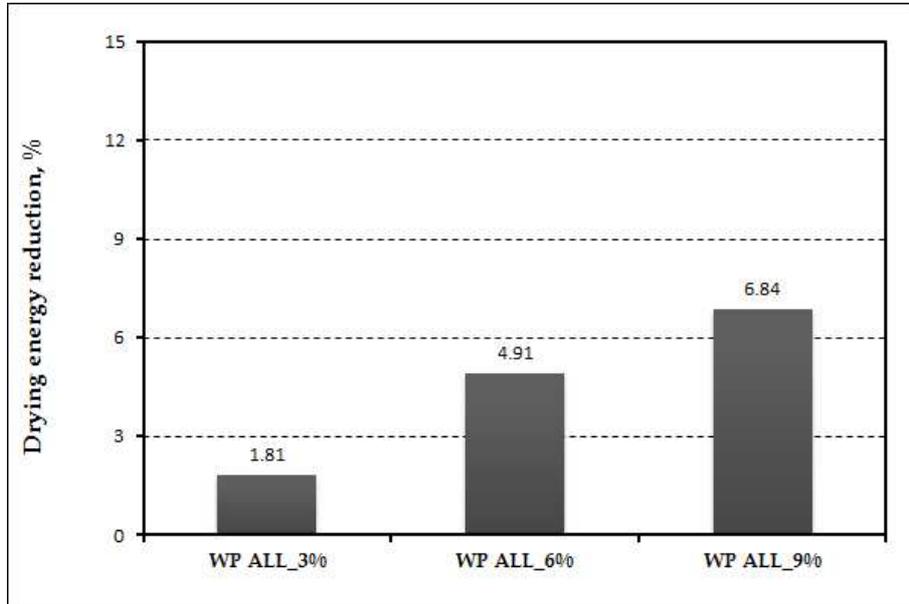


Fig. 3.64. Effect of wood powder (all grade) on drying energy reduction.

목분과 농업부산물 유기충전제의 크기 등급별, 투입별로 측정된 건조에너지 변화를 Figs. 3.65-3.88에 도시하였다. All에서 왕겨, 땅콩박, 마늘대, 목분의 투입량이 3% 수준에서는 분말이 투입되지 않은 습지필의 수분 증발비율과 차이가 그리 크지 않았으나 투입량이 6% 수준으로 증가하면서 왕겨, 땅콩박, 마늘대 목분이 수분 증발비율이 크게 감소하고 있는 것을 볼 수 있었고 9% 수준에서는 왕겨, 땅콩박, 목분에서 증발 비율이 감소하였으나, 마늘대는 효율이 증가하지 않았다. 60-100에서는 더 큰 차이를 나타냈다. 3%에서는 목분이 건조에너지 감소율이 높았으며, 6, 9% 에서는 땅콩박이 가장 높았으며 왕겨와 목분은 비슷하였다. 그에 반해 마늘대는 3% 투입때와 큰 차이를 보이지 않았다. 100-200에서는 all와 비슷한 정도의 에너지 요구량 감소율을 나타냈는데 땅콩박, 왕겨, 목분, 마늘대 순으로 감소율이 높은 것으로 나타났다. 200에서는 미투입, 3% 투입했을 때 에너지 요구량 감소율이 낮았으며 6, 9% 투입시에도 다른 분급별에 비해 3%투입 정도의 감소율로서 큰 차이를 보이지 않았다.

분급 종류별로 살펴보면 60-100이 수분 증발율이 가장 높았으며 100-200, all, 200 순으로 수분 증발율이 높았다. 이중 100-200과 all은 중 100-200에서는 땅콩박이 all에서는 왕겨가 수분 증발율이 높았다. 이를 바탕으로 건조에너지 감소율을 살펴보면 60-100이 가장 높은 감소율을 보여주었고 100-200과 all이 두 번째로 높음을 나타냈다. 투입량이 9%로 증가하게 되면 6%에 비해 습지필의 수분 증발율이 더 낮고 건조에너지 요구량 감소율을 보여주었다. 이러한 결과들을 바탕으로 판단해 보면 판지의 건조에너지 절감에 있어 60-100 등급의 유기충전제가 가장 유리하다고 사료된다. 분말 제조상 특정 사이즈를 분급해서 최종제품을 제조한다는 것은 원가가 높아지고 기술적으로도 쉽지 않기 때문에 all의 분말 중 벌크와 건조에너지 절감차원에서는 분말상 유기충전제를 제조할 때 60 mesh와 100 mesh 사이의 입자분포가 높고 200 mesh 이하

의 입자분포가 낮은 분말로 제조하는 것이 가장 효율적이라고 판단된다.

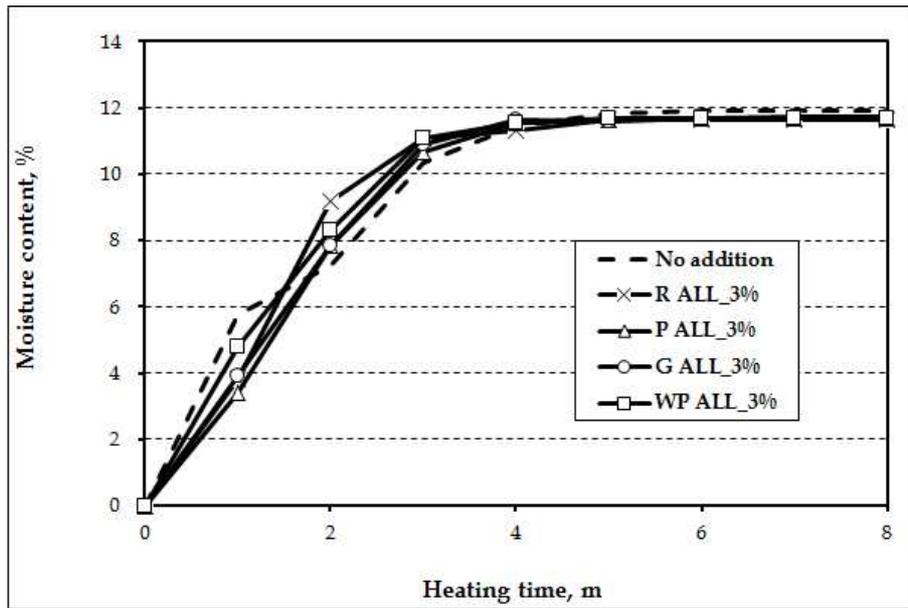


Fig. 3.65. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.

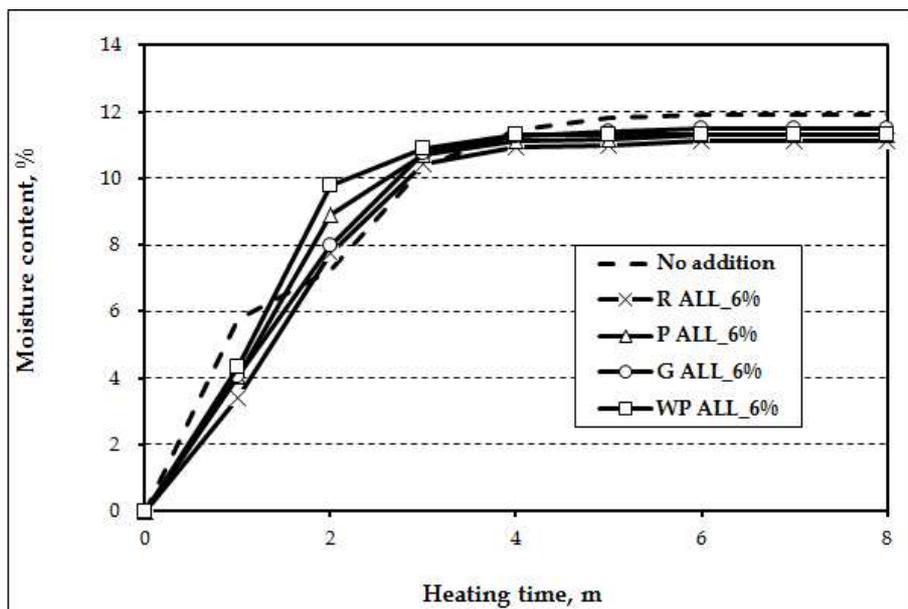


Fig. 3.66. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.

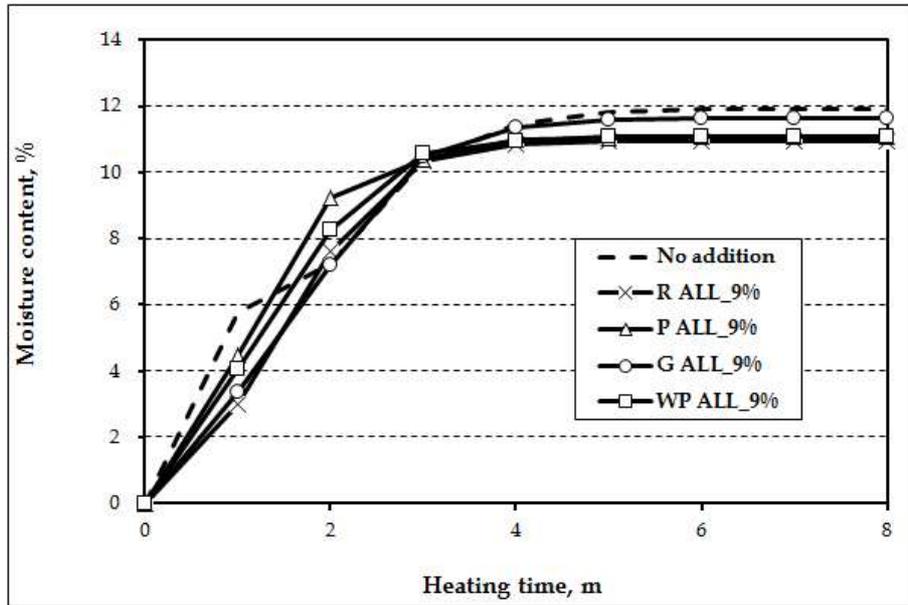


Fig. 3.67. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on evaporated moisture content.

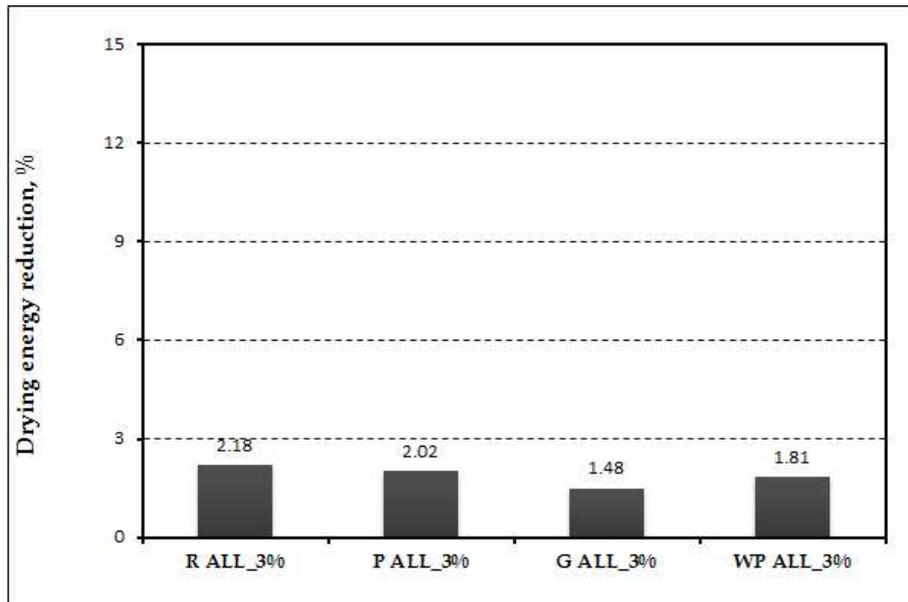


Fig. 3.68. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy reduction.

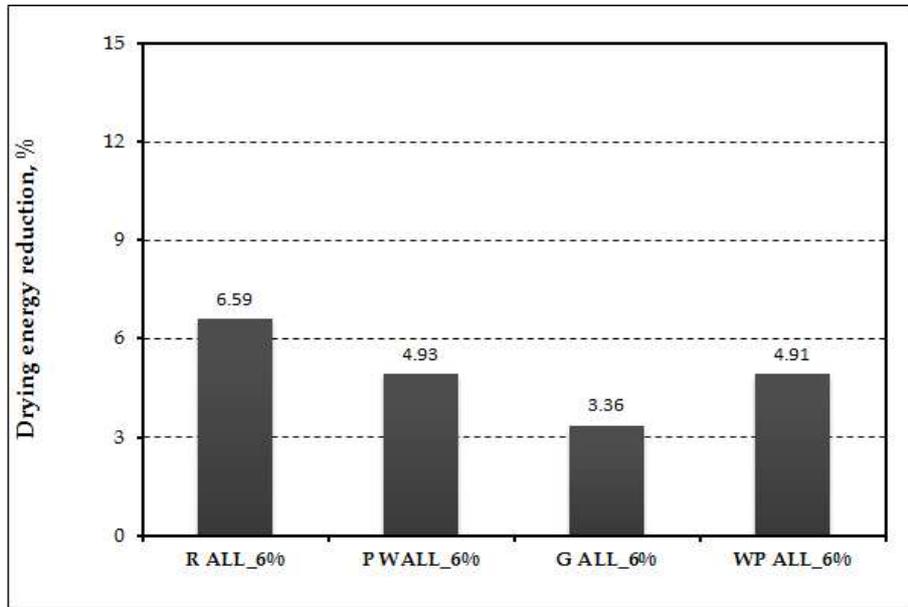


Fig. 3.69. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy reduction.

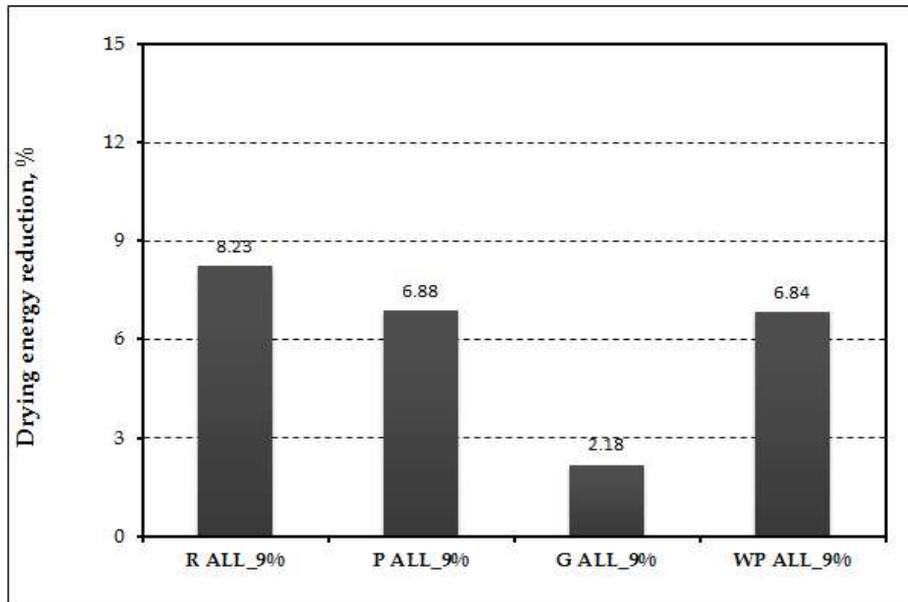


Fig. 3.70. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (all grade) on drying energy reduction.

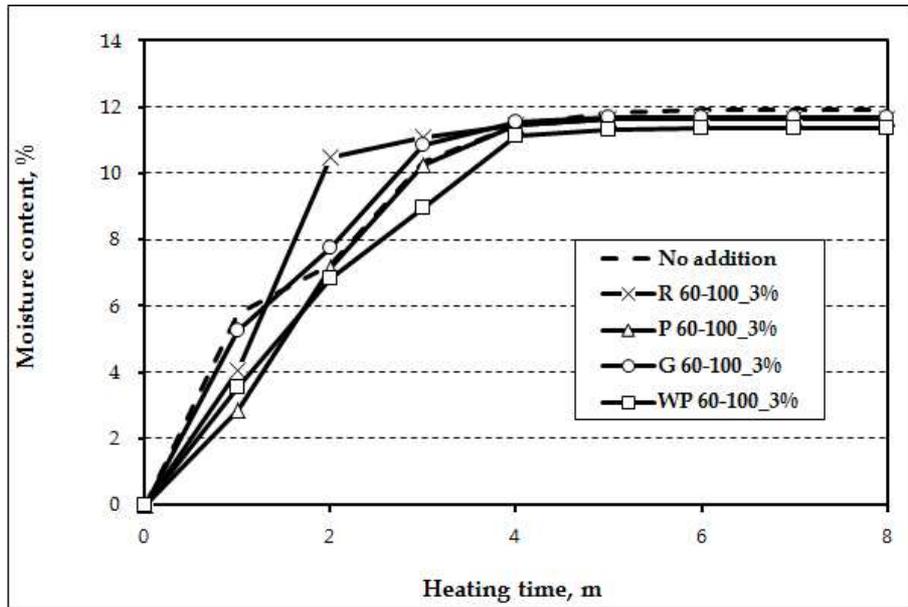


Fig. 3.71. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.

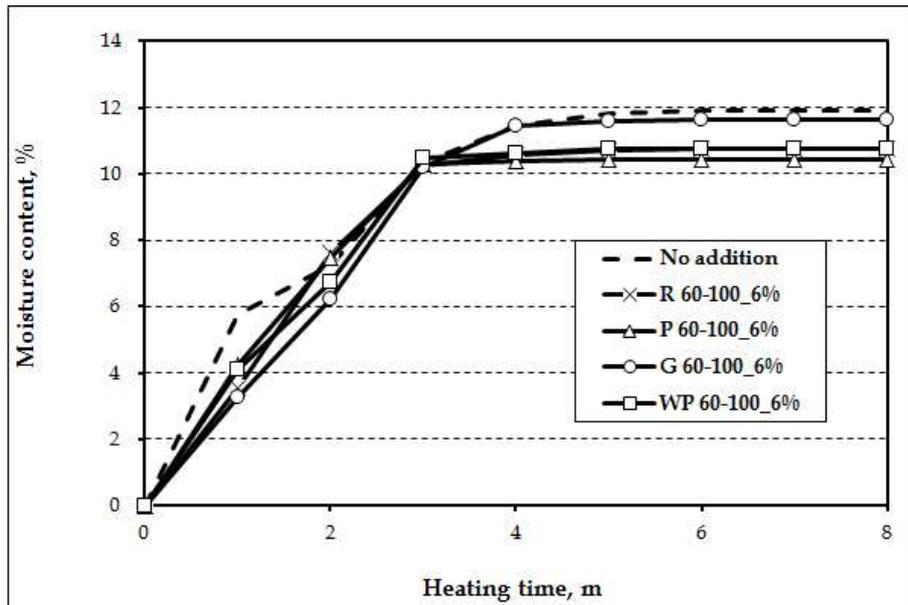


Fig. 3.72. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.

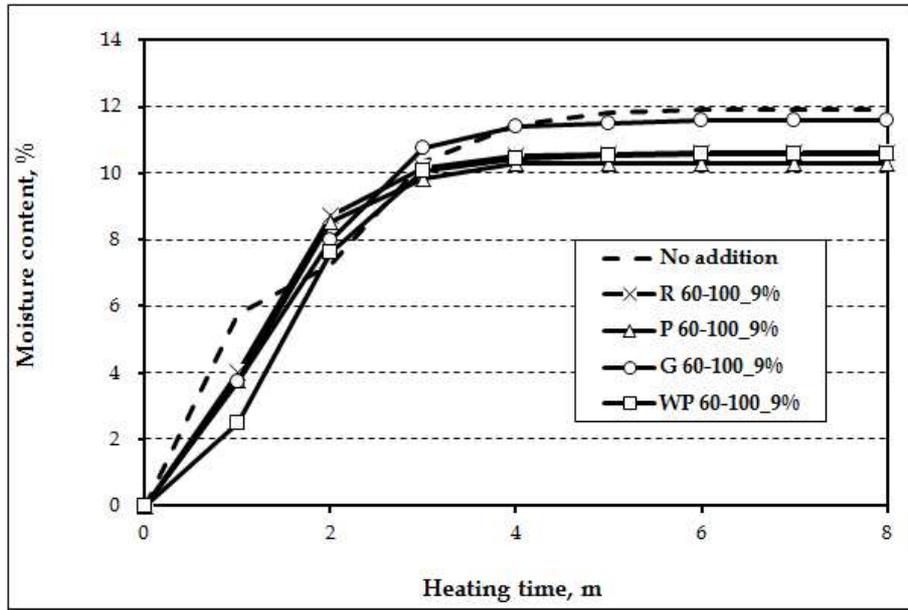


Fig. 3.73. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on evaporated moisture content.

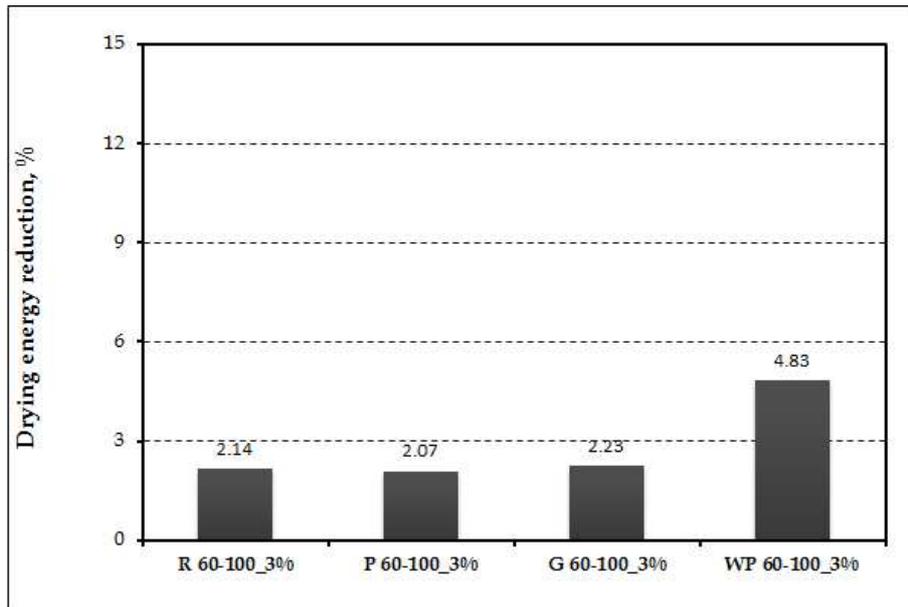


Fig. 3.74. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.

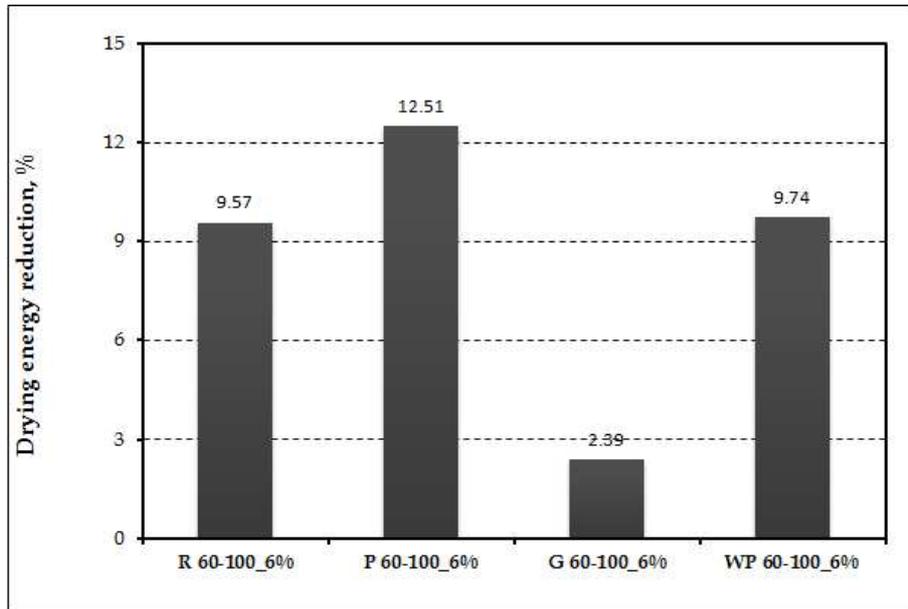


Fig. 3.75. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.

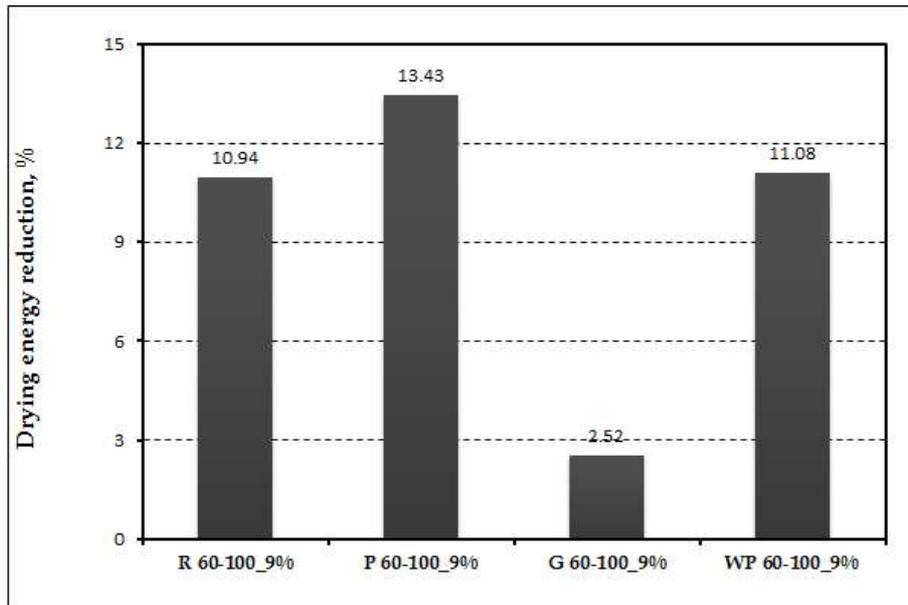


Fig. 3.76. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (60-100 grade) on drying energy reduction.

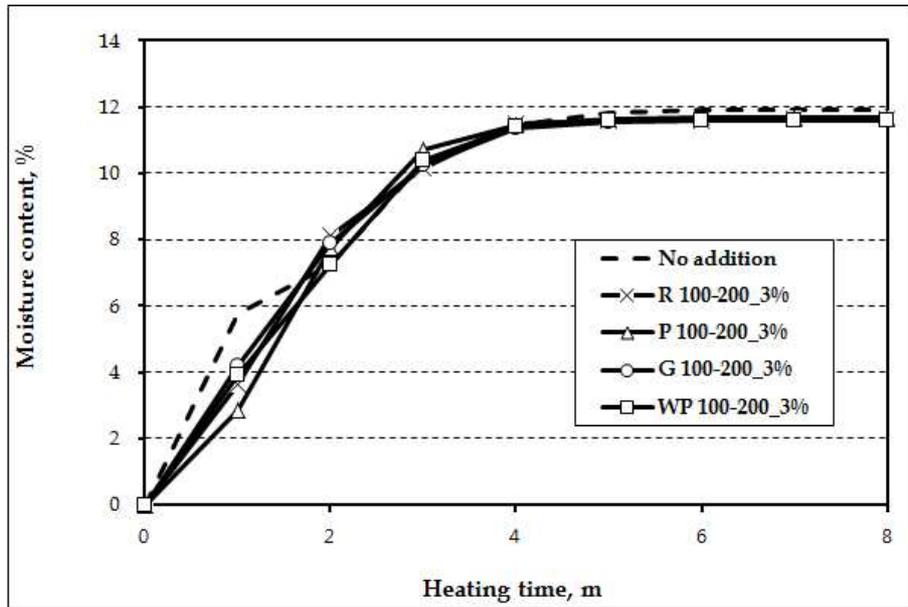


Fig. 3.77. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.

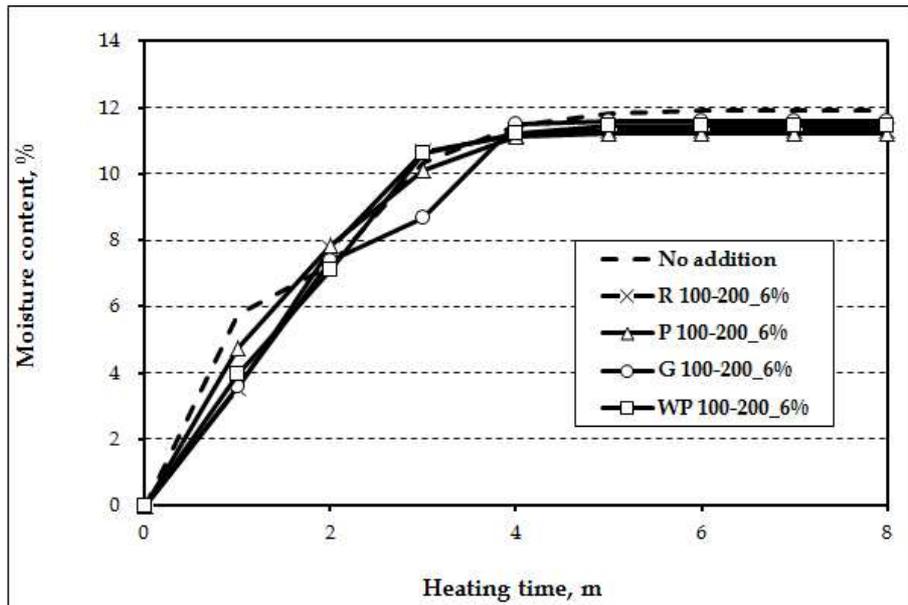


Fig. 3.78. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.

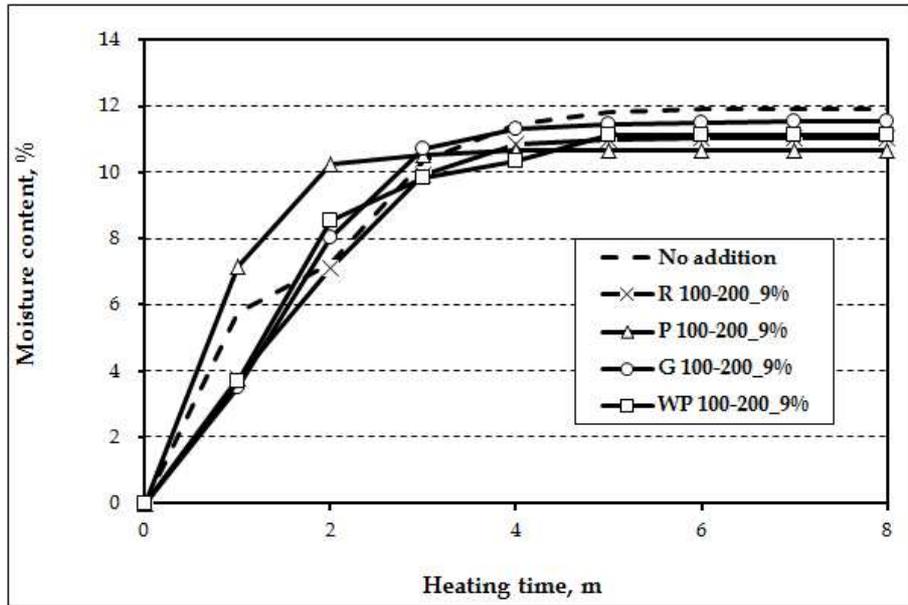


Fig. 3.79. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on evaporated moisture content.

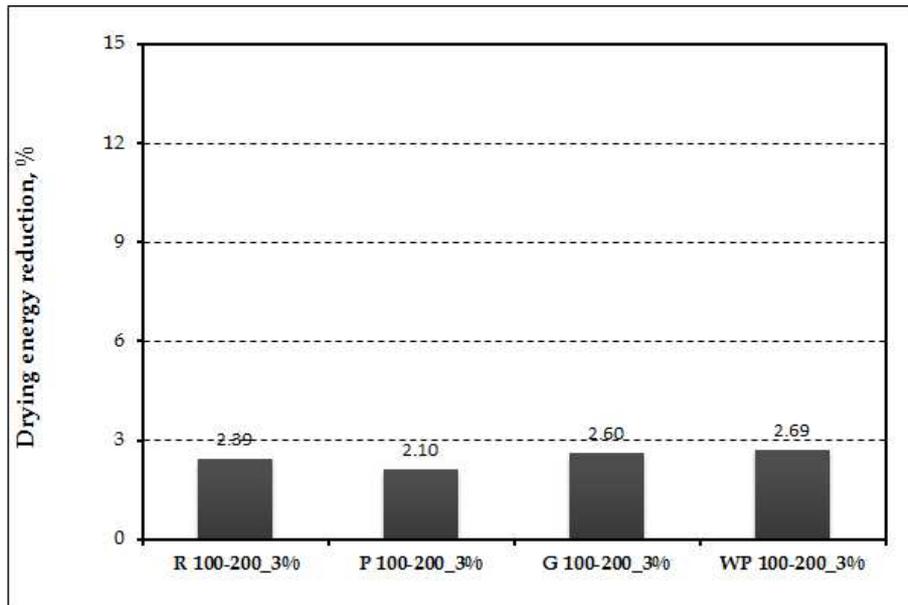


Fig. 3.80. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction.

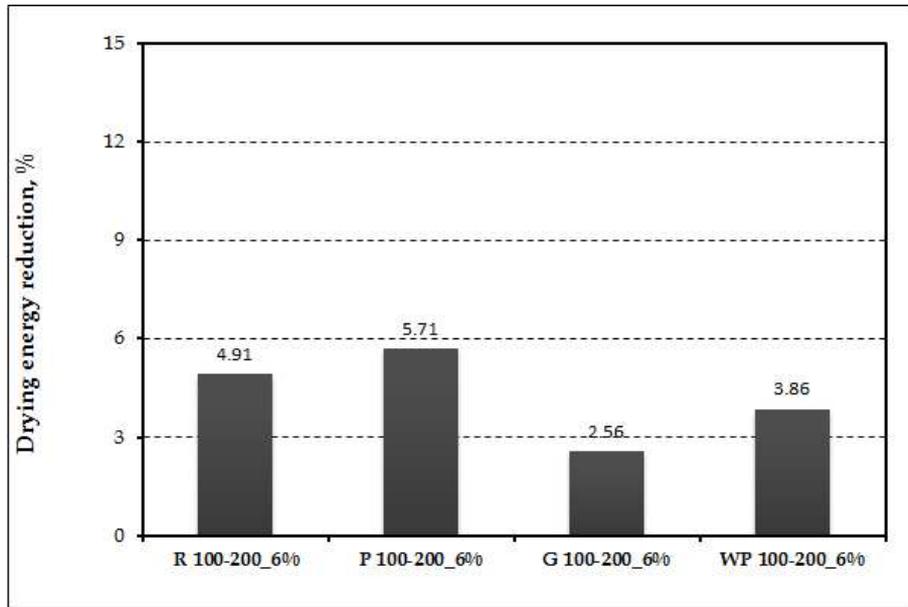


Fig. 3.81. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction.

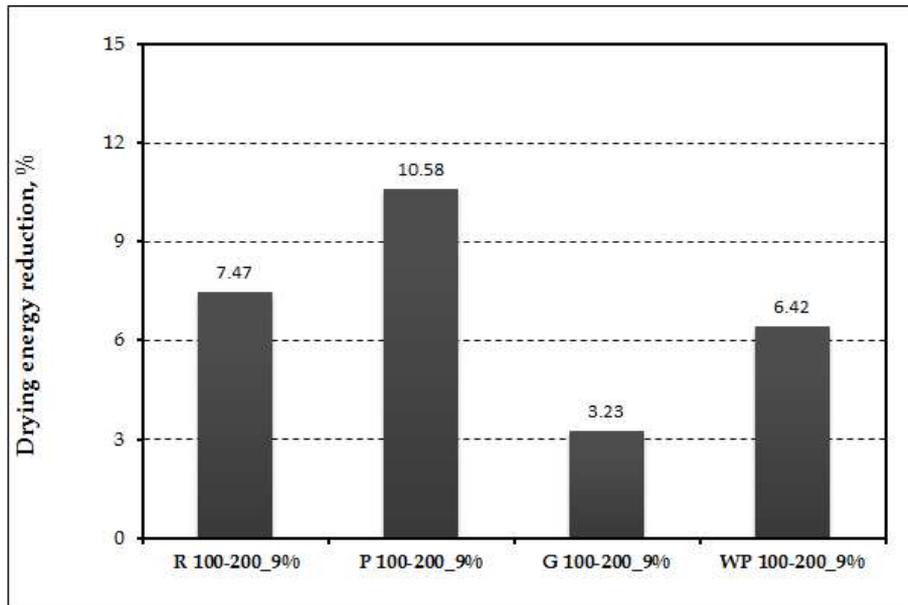


Fig. 3.82. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (100-200 grade) on drying energy reduction

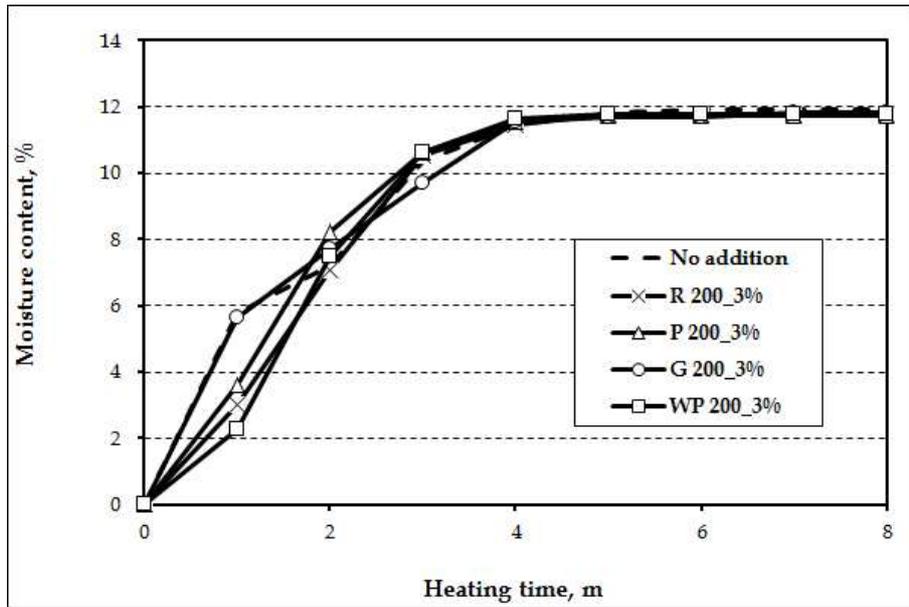


Fig. 3.83. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.

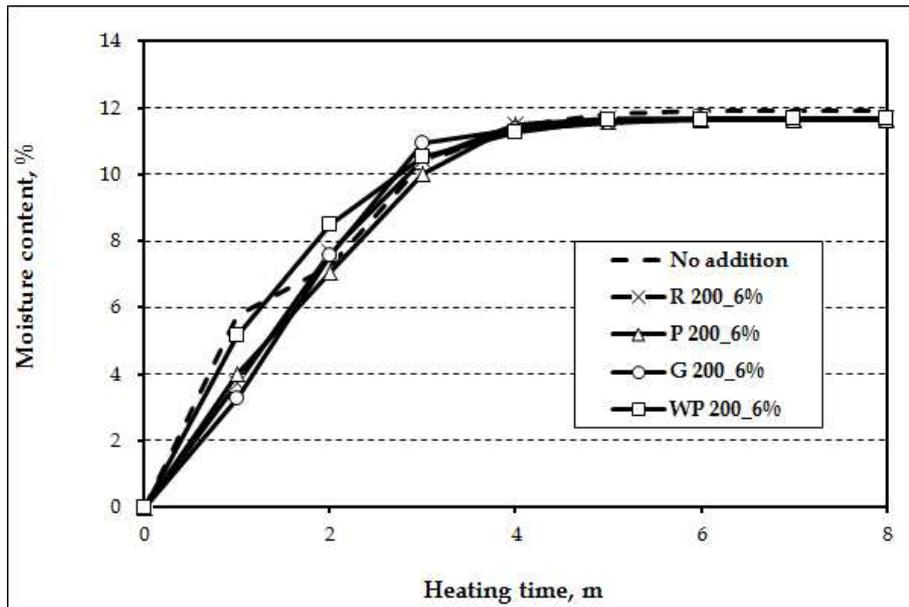


Fig. 3.84. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.

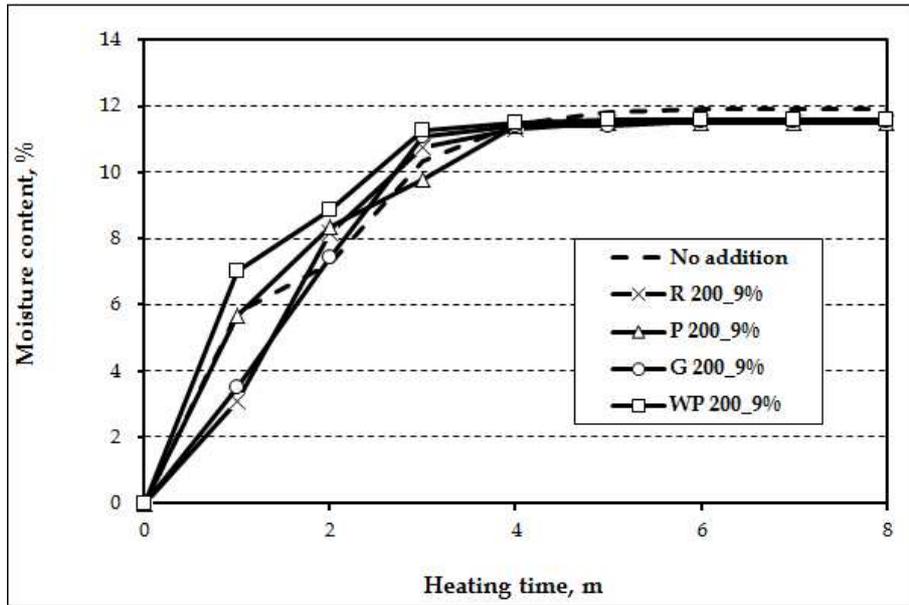


Fig. 3.85. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on evaporated moisture content.

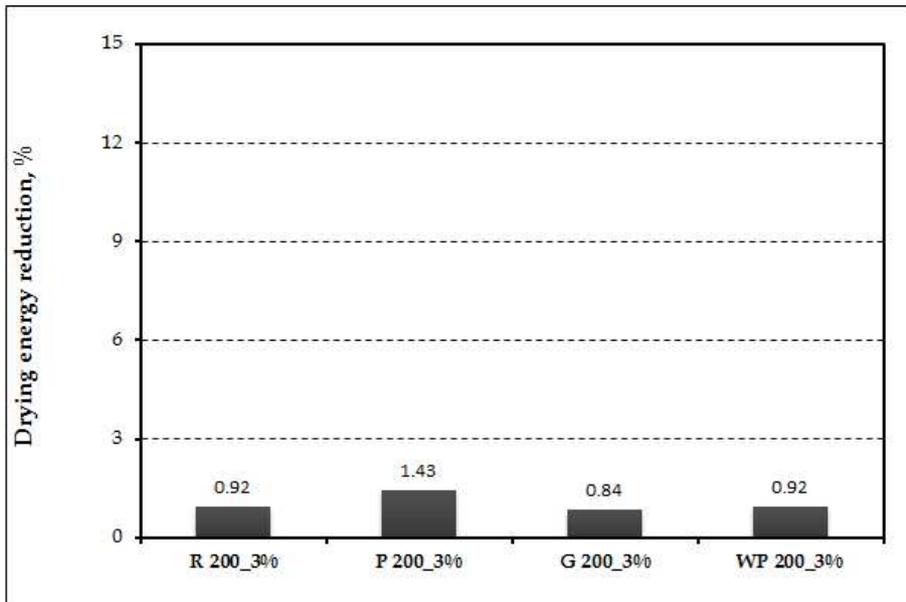


Fig. 3.86. Effect of 3% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction

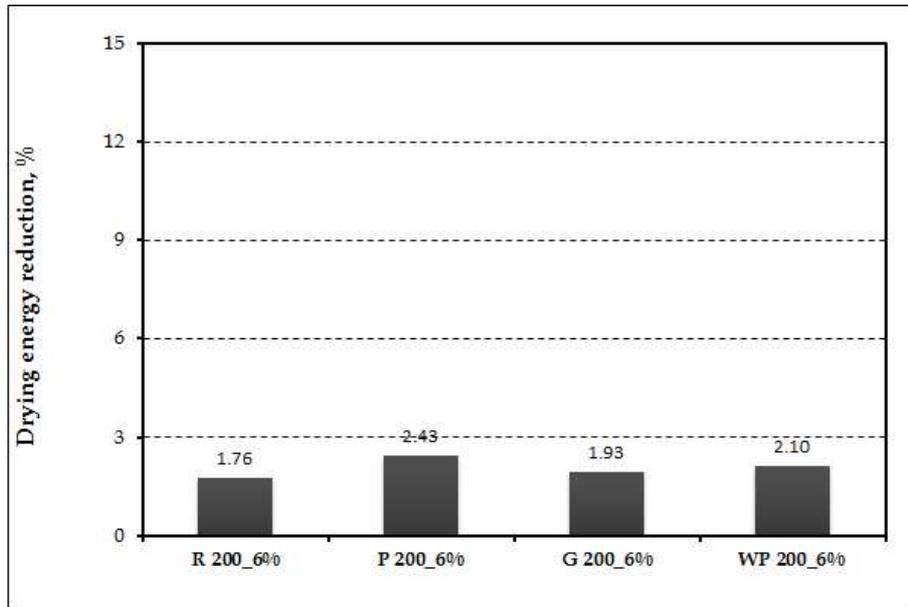


Fig. 3.87. Effect of 6% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction

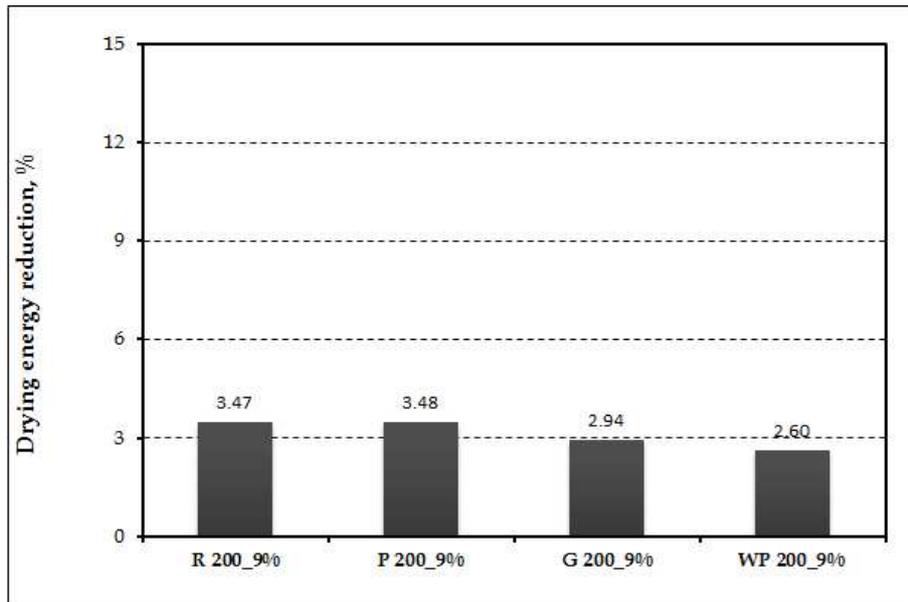


Fig. 3.88. Effect of 9% agricultural byproduct organic fillers (200 grade) on drying energy reduction

라. 결 론

(1) 농업부산물 유기충전제를 투입한 수초지 물리적 특성 측정 진행

- ① 수초지의 벌크 : $P > R > WP > G$
 - ①-1 all 투입 벌크 : $R > WP \geq P > G$
 - ①-2 60-100 투입 벌크 : $P > WP > R > G$
 - ①-3 100-200 투입 벌크 : $P > R > WP > G$
 - ①-4 200 투입 벌크 : $P \geq R \geq WP \geq G$

- ② 수초지의 열단장 : $G > R > WP > P$
 - ②-1 all 투입 열단장 : $G > R \geq WP \geq P$
 - ②-2 60-100 투입 열단장 : $G > R > WP > P$
 - ②-3 100-200 투입 열단장 : $G > R > WP > P$
 - ②-4 200 투입 열단장 : $G > WP > R > P$

- ③ 수초지의 파열지수 : $G > WP > R > P$
 - ③-1 all 투입 파열지수 : $G > R \geq WP \geq P$
 - ③-2 60-100 투입 파열지수 : $G > WP > R > P$
 - ③-3 100-200 투입 파열지수 : $G > WP > R \geq P$
 - ③-4 200 투입 파열지수 : $G > R > WP > P$

- ④ 수초지의 압축지수 : $R \geq WP > P > G$
 - ④-1 all 투입 압축지수 : $P \geq WP > R > G$
 - ④-2 60-100 투입 압축지수 : $R \geq WP > P \geq G$
 - ④-3 100-200 투입 압축지수 : $WP \geq R > P > G$
 - ④-4 200 투입 압축지수 : $R \geq P \geq WP > G$

(2) 농업부산물 유기충전제를 투입한 수초지 건조에너지 측정 진행

- ① 농업부산물 투입에 따른 건조에너지 감소율 : $P > R \geq WP > G$
 - ①-1 all 투입 벌크 : $R > P \geq WP > G$
 - ①-2 60-100 투입 벌크 : $P > WP \geq R > G$
 - ①-3 100-200 투입 벌크 : $P > R \geq WP > G$
 - ①-4 200 투입 벌크 : $P \geq R \geq G \geq WP$

4. 농업부산물 펄프의 물리적 특성 평가

가. 연구목적

국내 제지산업은 어려운 여건 속에서도 지속적으로 발전해 왔다. 통계자료에 따르면 국내 제지산업은 2011년도 지류생산량 기준 세계 6위를 차지하고 있다. 그러나 국내 펄프생산량은 지류생산량에 비해 턱없이 부족한 세계 27위를 차지하고 있기 때문에 국내 제지산업은 해외 환경변화에 따라 펄프의 공급량과 가격이 매우 유동적인 문제점을 안고 있다. 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 많은 연구자들이 목재자원을 대체할 수 있는 비목질계 바이오매스 자원을 발굴하고자 많은 노력을 경주하여 왔다. 대표적인 비목질계 자원으로는 홍조류, 칩줄기, 옥수수대, 갈대 등이 있는데 이들이 실제 제지산업에 사용되고 있는 예는 극히 일부이다. 그러나 비목질계 바이오매스 자원은 목재자원에 비해 가격이 저렴하고 대부분이 단순 폐기되고 있기 때문에 이들을 제지산업에서 유용하게 활용할 수 있다면 생산원가 절감 및 원료공급의 안정성을 확보할 수 있는 방안으로 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 국내 환경보전에도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 비목질계 바이오매스 자원의 펄프화 연구는 지속적으로 수행해야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 주요 농업부산물 자원화의 새로운 방향으로 천연 펄프 혹은 재생펄프의 대체자원으로 활용가능성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 활성알칼리, 황화도, 온도, 시간, 액비를 조정하여 크라프트펄프를 제조하였고 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 물리적 특성을 수율, 여수도, 평균 섬유장 및 평균 섬유폭과 거시적 평가를 실시하였다.

나. 실험방법

(1) 유기충전제의 조건별 크라프트 펄핑 방법

농업부산물의 펄프화는 다이제스터(digester, JIST, Korea)를 사용하여 Table 3.8 조건으로 진행하였다. 크라프트펄프화공정은 증해 공정에 영향을 미치는 요인들인 활성알칼리도(active alkali), 황화도(sulfidity), 액비, 반응시간을 조정하여 5가지 조건 하에서 실시하였다. 5가지 조건 중 활성알칼리도와 반응시간이 작고 액비가 높은 조건을 A, 활성알칼리도와 반응시간이 높고 액비가 낮은 조건을 B로 그룹화하였다. 실험실에서 제조된 비목질계 펄프와 비교를 위해 K사의 생산공정에서 사용되고 있는 국산폐골판고지(OCC), 표백화학열기계펄프(BCTMP), 활엽수 표백크라프트펄프(Hw-BKP)를 머신체스트에서 지료상태로 채취하여 사용하였다.

Table 3.8. Kraft pulping conditions of various agricultural byproduct experiments

	Active alkali (%)	Sulfidity (%)	Temperature (°C)	Weight (o.d.) (g)	Time (hour)	Liquor-to-agricultural byproduct ratio (liquor ratio)
A	20	25	170	200	2	1:6
	20	35	170	200	2	1:6
B	25	35	170	200	3	1:4
	30	20	170	200	3	1:4
	30	30	170	200	3	1:4

(2) 유기충전제 펄프의 수율, 여수도, 섬유특성 평가 방법

펄프화 조건별로 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프를 제조하여 전건무게를 측정하여 수율을 계산하였다. 펄프의 분급은 섬유분급기(Somerville screen, Daeill Machinery, Korea)를 이용하여 세로 45 mm, 가로 0.15 mm이상의 flake는 분급을 하였으며 그에 따른 섬유 수율을 측정하였다.

펄프의 탈수성과 관련이 있는 초기 여수도(initial freeness)는 TAPPI T 227에 의거하여 캐나다 여수도측정기(Canadian freeness tester)를 이용하여 측정하였고 섬유장 측정기(Kajaani Fiber Lab, Metso, Finland)를 이용하여 길이 평균 섬유장(length weighted average fiber length)과 평균 섬유폭(average fiber width)을 측정하였다.

(3) 유기충전제 펄프의 거시적 평가 방법

조건별로 펄프화된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프와 천연펄프, 재생펄프를 광학현미경(BX51, OLYMPUS, Japan)과 주사전자현미경(JSM-6380LV, JEOL, Japan)을 이용하여 거시적으로 확인하여 제지용 원료의 적합성을 평가하였다

다. 실험결과

(1) 펄프화 조건에 따른 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 수율 및 여수도 측정 결과

농업부산물 펄프 종류별, 펄프화 조건별 수율과 분급 리젝트 함량 변화를 Tables 3.9-3.11에 나타냈다. 왕겨 펄프 제조에 있어 A 조건이 B 조건에 비해 총 수율은 높지만, 분급과정에서 리젝트 함량이 높은 결과를 나타냈다. 이는 A 조건이 활성알카리도와 액비가 B 조건보다 높아 약액의 희석이 많이 되어 활성 약품의 농도를 감소시키고 반응속도를 저하시킨 것으로 판단된다. 더욱이 B 조건에서는 반응시간이 1시간 정도 작아 총 수율은 높지만 제지용 원료로 사용 가능한 수준인 펄프섬유의 수율은 낮게 나타났다. 땅콩박 펄프는 왕겨 펄프와 같이 B조건에 비해서 A조건에서 총 수율을 높지만, 리젝트 함량 또한 높게 나타났다. B 조건에서 총 수율은 A 조건에 비해 25% 가량 감소하였지만 분급된 섬유수율은 A조건과 비슷한 수준을 나타냈다.

마늘대 펄프는 앞선 두 종류의 펄프와는 달리 활성알카리도 20%, 황화도 25% 조건에서 총 수율과 섬유수율이 가장 높게 나타났으나 다른 조건에서는 섬유수율과 리젝트 함량이 비슷한 수준을 나타냈다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 수율이 낮은 이유는 이들의 알파셀룰로오스 함량이 일반 목재에 비해 낮은 것이 가장 큰 원인이며 펄핑 조건이 강해질수록 알파셀룰로오스의 손실이 발생하기 때문이라고 판단된다.

섬유 자체 탈수성을 직접적으로 판단할 수 있는 펄프의 특성이 초기 여수도인데 다양한 조건에서 제조된 농업부산물 펄프와 현장 지료의 여수도를 Table 3.12에 도시하였다. 농업부산물 종류별 초기 여수도를 비교해 보면 왕겨 펄프가 모든 펄프화 조건에서 가장 높은 여수도를 나타냈고 마늘대 펄프가 가장 낮은 초기 여수도를 보여주었다. 왕겨 펄프는 펄프화 조건에 따른 여수도 변화가 다른 농업부산물에 비해 크지 않았으나 땅콩박과 마늘대 펄프는 펄프화 조건별로 초기 여수도가 다르게 나타났다. 특히 마늘대 펄프는 펄프화 조건에 따른 초기 여수도 변화가 매우 높은 것을 볼 수 있었다. 일반 펄프의 여수도와 비교해 보면 왕겨와 땅콩박 펄프는 활엽수 BKP보다 높은 여수도를 나타내는 것으로 볼 때 이들 펄프에 의한 생산현장 탈수성 저하는 우려하지 않아도 될 것으로 판단된다.

Table 3.9. Yield and reject of rice husk pulp as a function of pulping conditions

	Active alkali (%)	Sulfidity (%)	Time (hour)	Liquor ratio	Total yield (%)	Screen yield (%)	Reject (%)	Loss (%)
A	20	25	2	1:6	50.49	25.83	24.41	0.16
	20	35	2	1:6	33.02	8.11	24.73	0.18
B	25	35	3	1:4	32.59	28.50	4.01	0.08
	30	20	3	1:4	22.45	12.96	9.25	0.36
	30	30	3	1:4	14.48	11.87	2.32	0.66

Table 3.10. Yield and reject of peanut husk pulp as a function of pulping conditions

	Activity alkali (%)	Sulfidity (%)	Time (hour)	Liquor ratio	Total yield (%)	Screen yield (%)	Reject (%)	Loss (%)
A	20	25	2	1:6	44.20	11.18	32.87	0.17
	20	35	2	1:6	40.18	11.79	27.91	0.60
B	25	35	3	1:4	15.73	12.20	3.26	0.83
	30	20	3	1:4	16.69	12.74	3.74	0.64
	30	30	3	1:4	13.23	9.69	3.24	1.12

Table 3.11. Yield and reject of garlic stem pulp as a function of pulping conditions

	Activity alkali (%)	Sulfidity (%)	Time (hour)	Liquor ratio	Total yield (%)	Screen yield (%)	Rejects (%)	Loss (%)
A	20	25	2	1:6	55.27	40.90	14.12	0.23
	20	35	2	1:6	40.17	18.99	20.92	0.33
B	25	35	3	1:4	33.50	18.32	14.92	0.29
	30	20	3	1:4	32.23	15.93	15.98	0.50
	30	30	3	1:4	33.28	16.85	16.17	0.38

Table 3.12. Initial freeness of agriculture byproduct pulps and commercial pulp as a function of pulping conditions (mLCSF)

	Active alkali (%)	Sulfidity (%)	Time (hour)	Liquor ratio	Rice husk	Peanut husk	Gallic stem	OCC	BCTMP	Hw-BKP
A	20	25	2	1:6	752	550	400	360	440	510
	20	35	2	1:6	724	673	364			
B	25	35	3	1:4	749	672	501			
	30	20	3	1:4	706	679	537			
	30	30	3	1:4	749	775	567			

(2) 펄프화 조건에 따른 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 섬유 특성 측정 결과

농업부산물 펄프 종류별, 펄프화 조건별 펄프섬유의 기본 특성인 평균 섬유장과 평균 섬유폭을 측정하였고 결과를 Figs. 3.89-3.94에 도시하였다. 왕겨 펄프의 평균 섬유장은 0.47 mm로 조건을 달리한 왕겨펄프 관련연구에서 나타난 왕겨펄프의 평균 섬유장인 0.45 mm와 비슷한 수준을 보여주었다. 활성알칼리도 30%, 황화도 30%에서는 0.39 mm로 상대적으로 짧은 평균 섬유장을 나타냈다. 땅콩박 펄프는 활성알칼리도 20%, 황화도 25% 조건에서 0.74 mm로 긴 평균 섬유장을 나타냈고 이는 완전히 해섬되지 않은 섬유다발의 영향인 것으로 사료된다. 다른 조건은 왕겨 펄프와 비슷한 정도의 평균 섬유장을 나타냈다. 마늘대 펄프의 조건별 평균 섬유장은 0.78-0.92 mm의 범위로 왕겨와 땅콩박 펄프보다 약 2배 정도 긴 평균 섬유장을 나타냈다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 섬유폭은 마늘대, 땅콩박, 왕겨 순으로 넓었으며 마늘대는

19.50-24.00 μm , 땅콩박은 19.50-35.80 μm , 왕겨는 16.60-19.60 μm 의 평균 폭을 나타냈다. 일반펄프와 비교해 보면 농업부산물 펄프 섬유 평균 섬유길이 전반적으로 짧은 것을 볼 수 있었다. 그러나 마늘대 펄프의 경우 펄프화 조건에 따라 일반 펄프 수준의 평균 섬유길이를 가짐을 알 수 있었다. 평균 섬유폭은 일반 펄프와 거의 유사한 수준을 나타냈는데 마늘대 펄프의 경우 일반 펄프에 비해 전반적으로 더 높은 평균 섬유폭을 나타냈다. 이로 볼 때 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프는 전반적으로 종횡비(aspect ratio)가 목재펄프에 비해 낮은 것으로 판단된다.

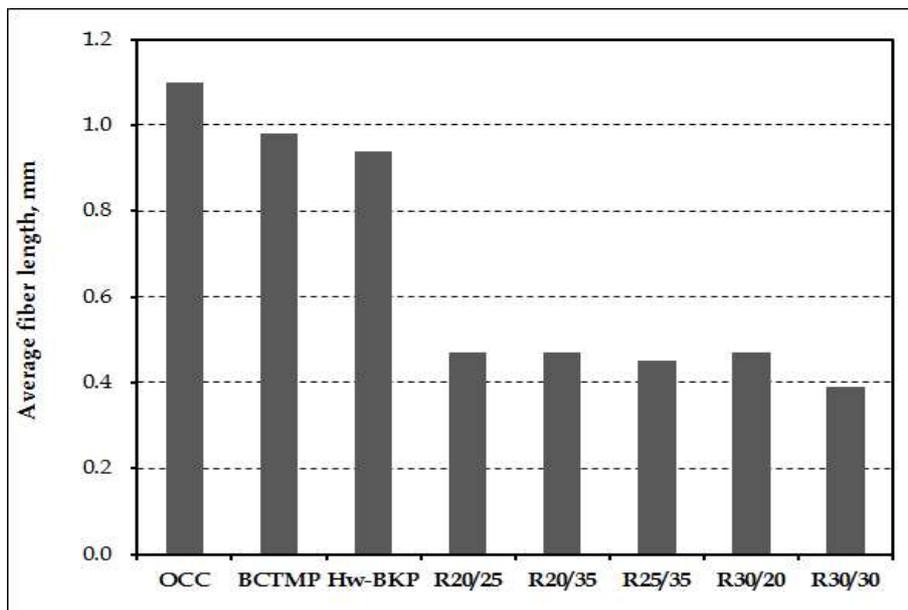


Fig. 3.89. Fiber length of rice husk pulp as a function of pulping conditions.

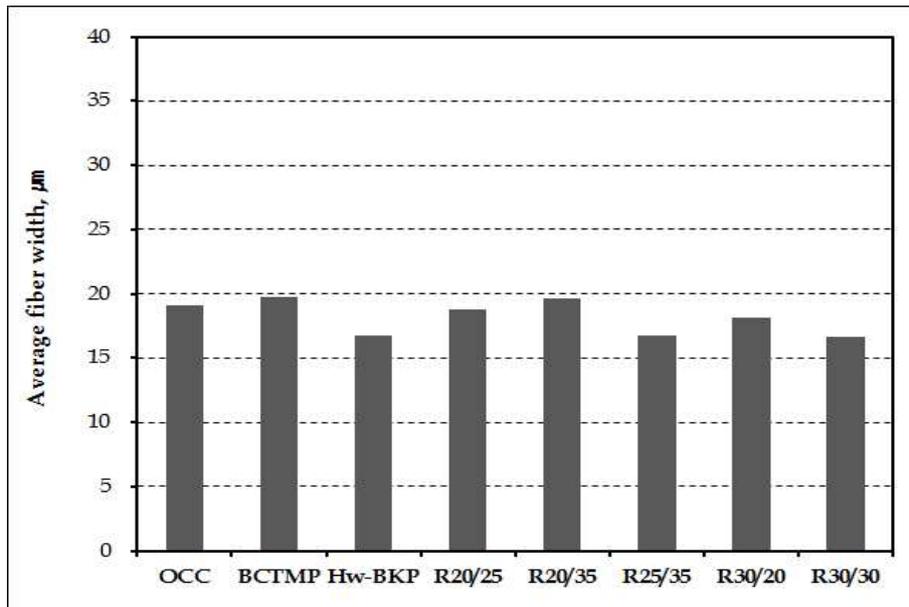


Fig. 3.90. Fiber width of rice husk pulp as a function of pulping conditions.

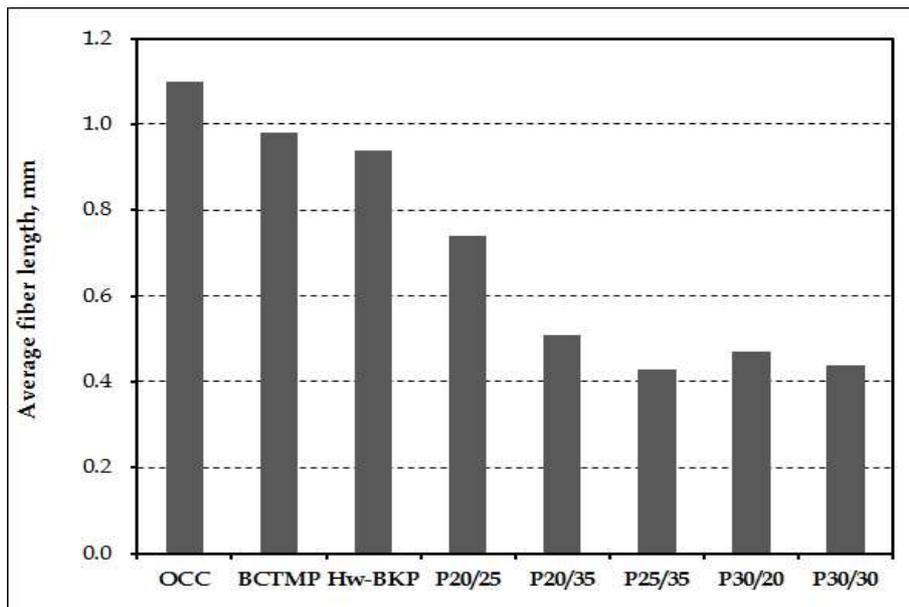


Fig. 3.91. Fiber length of peanut husk pulp as a function of pulping conditions.

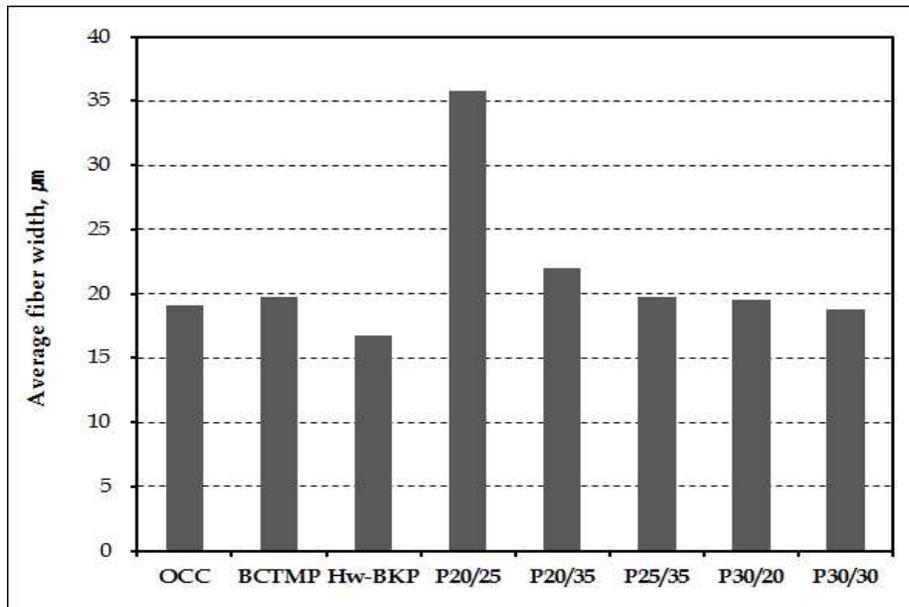


Fig. 3.92. Fiber length of peanut husk pulp as a function of pulping conditions.

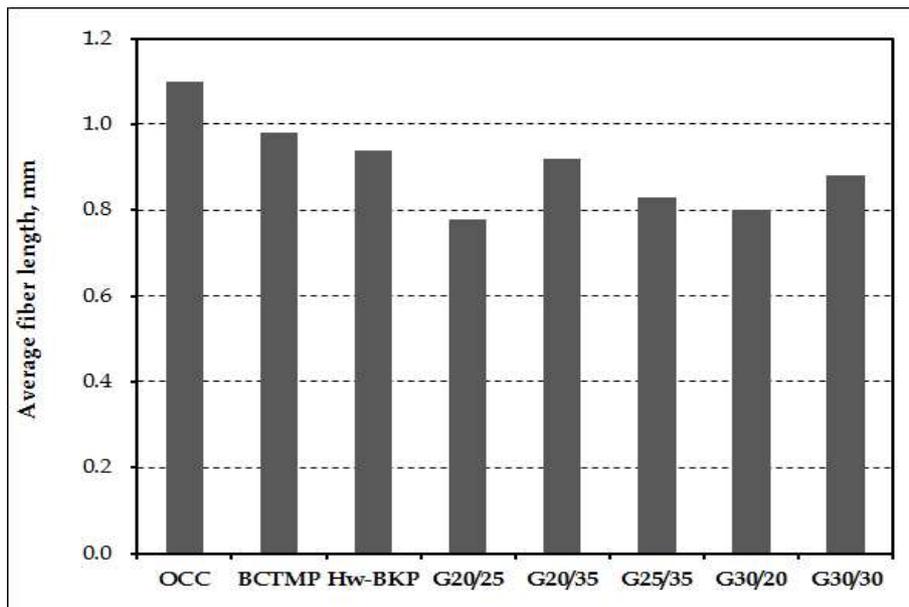


Fig. 3.93. Fiber length of garlic stem pulp as a function of pulping conditions.

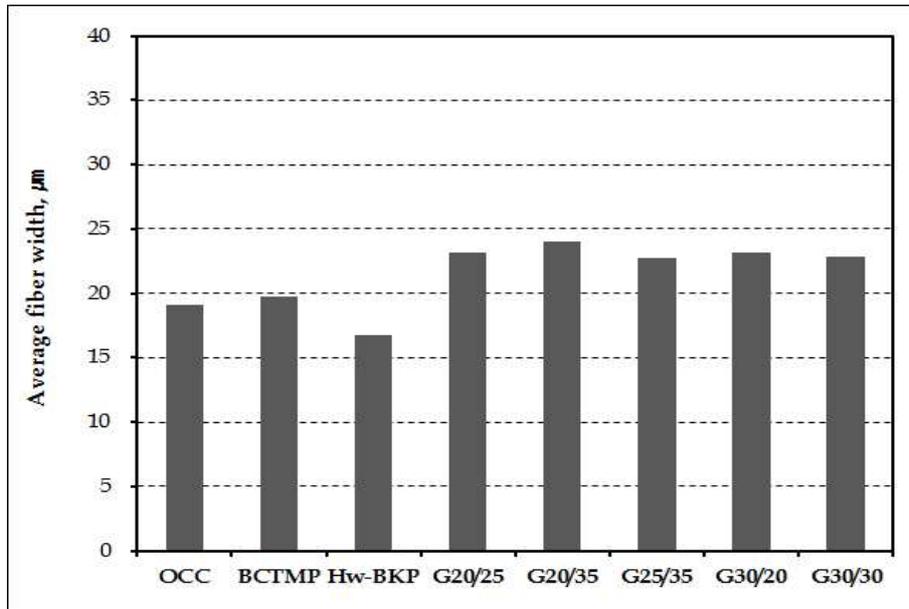


Fig. 3.94. Fiber width of garlic stem pulp as a function of pulping conditions.

(3) 펄프화 조건에 따른 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 거시적 평가 결과

섬유의 형태를 거시적으로 판단하기 위하여 활성알칼리도 20%, 황화도 25%, 활성알칼리도 30%, 황화도 30% 조건의 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프를 주사전자현미경과 광학현미경을 이용하여 나타냈다(Figs. 4-6). A 조건에 속하는 활성알칼리도 20%, 황화도 25%의 조건으로 펄프화된 사진은 a, b로 B 조건에 속하는 활성알칼리도 30%, 황화도 30%의 조건으로 펄프화된 사진을 c, d로 선정하였다. a, b는 c, d에 비해서 완전히 해리된 섬유가 비교적 더 작았으며 덩어리진 형태가 많았고 어느 부분에서 결합이 해체되어서 섬유 가닥으로 분리되는지 관찰할 수 있었다. 왕겨와 땅콩박은 활성알칼리도 30%, 황화도 30%의 c, d 사진에서는 가닥으로 잘 해리가 되지만 굵은 형태의 섬유가 많았다. 반면 마늘대 펄프는 섬유 가닥으로 해체는 되지만 해체된 섬유끼리 엉킴이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 평균 섬유장이 왕겨와 땅콩박 펄프 보다 길어서 발생하는 것으로 사료된다. 또한 Fig. 7에서 볼 수 있듯이 일반 펄프와 비교해 보면 섬유길이는 상대적으로 짧은 것을 볼 수 있으나 형태학적으로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

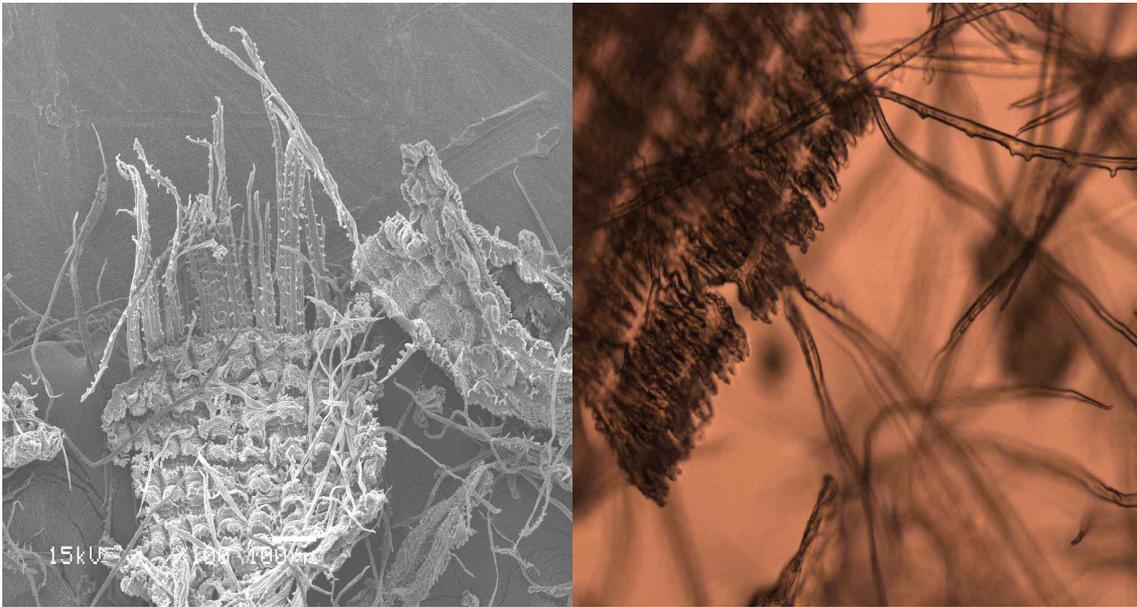


Fig. 3.95. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of rice husk pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

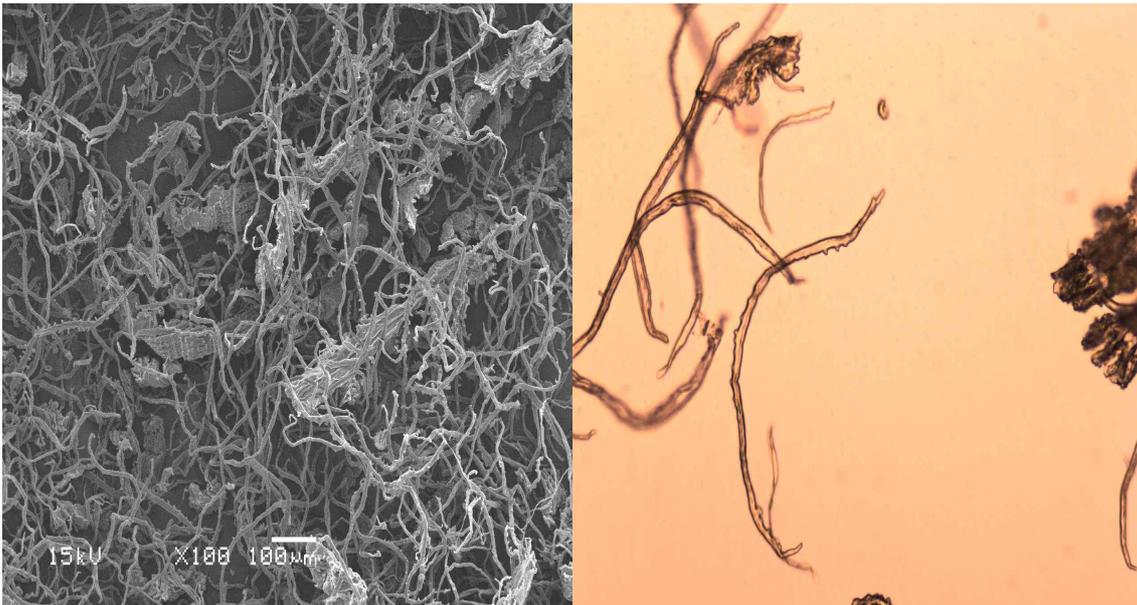


Fig. 3.96. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of rice husk pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

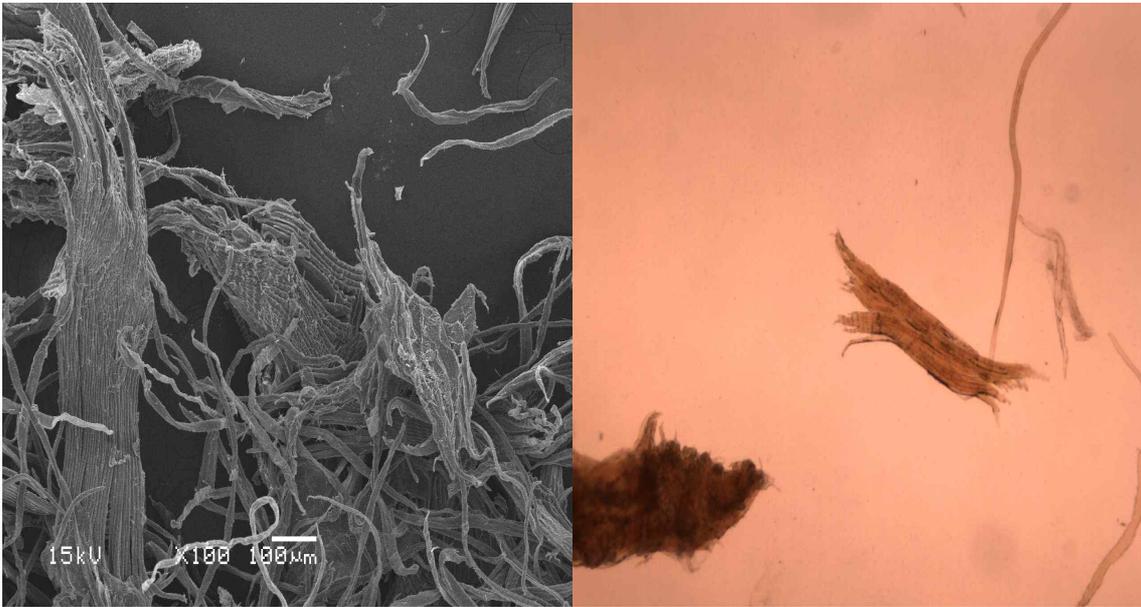


Fig. 3.97. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of peanut husk pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

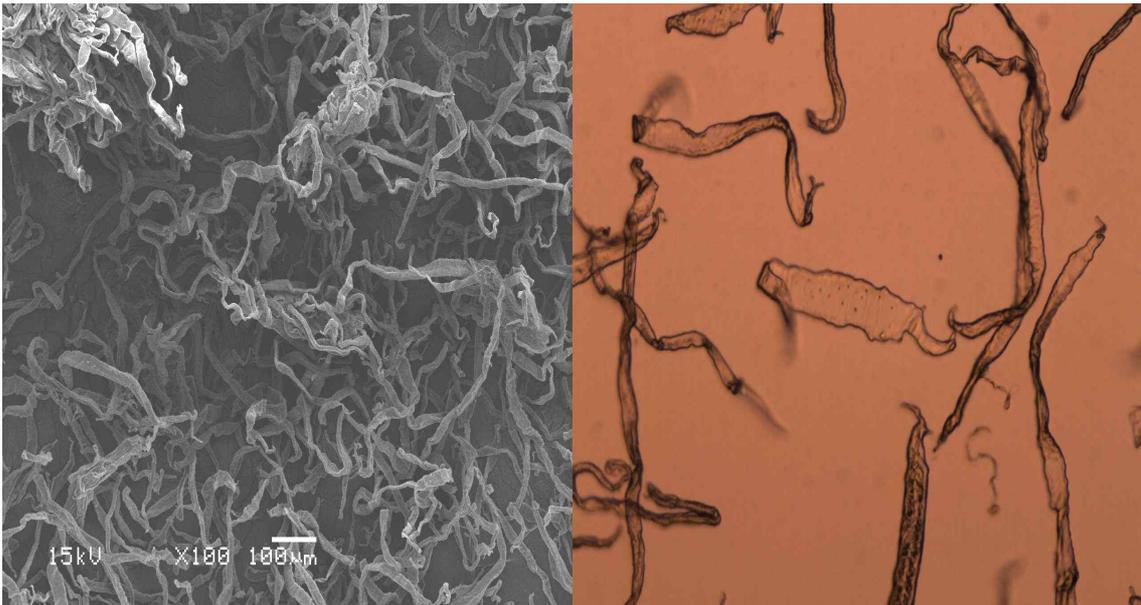


Fig. 3.98. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of peanut husk pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

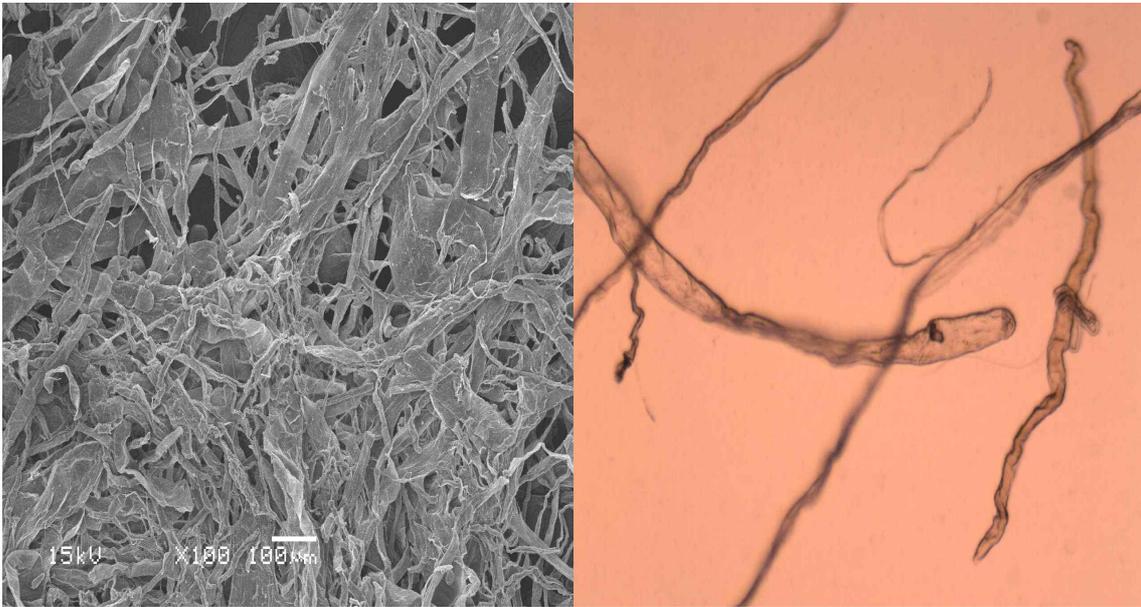


Fig. 3.99. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of garlic stem pulp at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

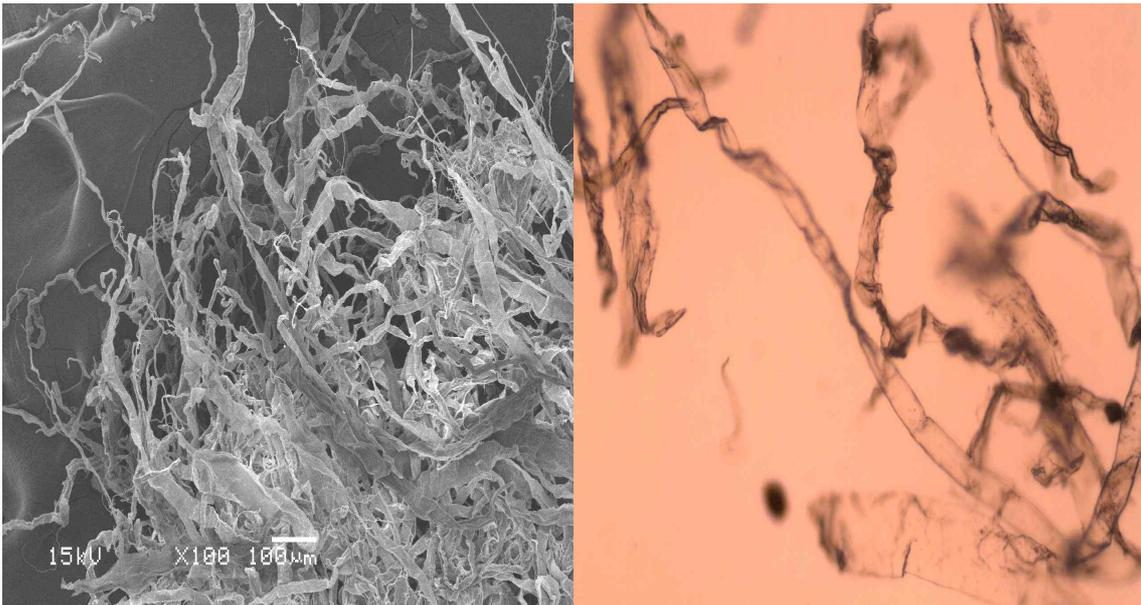


Fig. 3.100. Scanning electron micrograph (left) and optical micrograph (right) of garlic stem pulp at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.



Fig. 3.101. Micrograph of BCTMP.

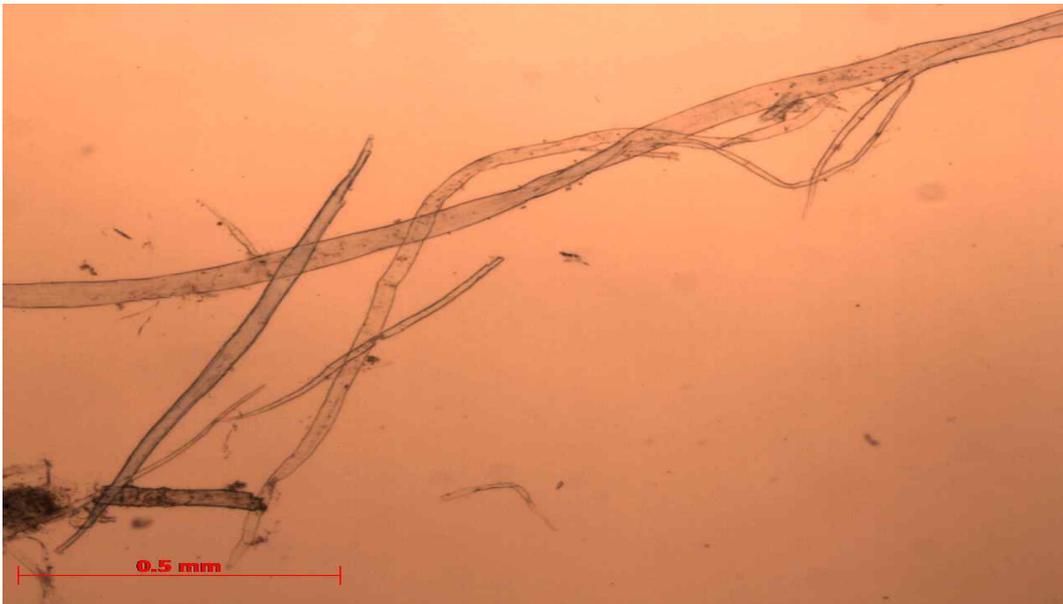


Fig. 3.102. Micrograph of OCC.

라. 결론

- (1) 높은 활성알카리도와 상대적으로 긴 반응시간과 낮은 액비에서는 분급기의 리젝트를 감소시키고 섬유수율을 증가시키는 결과를 가져왔지만 총 수율은 감소하는 부정적인 영향도 확인할 수 있었음.

- (2) 초기 여수도의 경우 왕겨펄프가 가장 높았고 마늘대 펄프가 가장 낮은 결과를 나타냄.
- (3) 평균섬유장은 마늘대 펄프가 가장 높았고 섬유폭 또한 마늘대, 땅콩박, 왕겨 순을 나타냄.
- (4) 천연펄프와 재생펄프인 활엽수 BKP, BCTMP, OCC와 농업부산물 펄프 특성을 비교해 보면 농업부산물 펄프는 일반 펄프보다 높은 초기 여수도, 낮은 평균 섬유장, 유사한 섬유폭을 나타냄.
- (5) 농업부산물로 제조된 펄프섬유를 거시적 분석을 실시하였을 때 일반 펄프에 비해 섬유길이는 짧으나 형태학적으로 큰 차이를 보이지 않음.

5. 농업부산물 펄프의 혼합에 따른 판지의 물성 변화

가. 연구목적

본 연구에서는 왕겨, 땅콩박, 마늘대의 활성알칼리, 황화도, 온도, 시간, 액비를 조정한 크라프트 펄핑 조건에 따라 섬유의 물성이 다르기 때문에 조건별로 펄핑된 섬유가 기존의 국산 폐골판지(KOCC)를 비율적으로 대체했을 때 발생하는 물리적·강도적 특성을 평가하였다. 물리적 특성은 벨크, 회분함량을 측정하였으며 강도적 특성으로는 열단장, 압축지수, 파열지수를 평가하여 최적의 조건을 도출하고자 하였다.

나. 실험방법

(1) 농업부산물 펄프의 조건별 크라프트 펄프화 방법

농업부산물의 펄프화는 다이제스트(digester, JIST, Korea)를 사용하여 진행하였다. 크라프트 펄프화공정은 활성알칼리도(active alkali), 황화도(sulfidity), 액비, 반응시간을 조절하여 5가지 조건을 설정하였다. 여기서 반응시간은 목표온도 유지시간을 의미한다. 5가지 조건 중 활성알칼리도와 반응시간이 짧고 액비가 높은 조건을 A, B로 명명하였고 알칼리도와 반응시간이 길고 액비가 상대적으로 낮은 조건을 C, D, E로 설정하였다. 펄프화 조건의 상세내용은 Table 3.13과 같다.

Table 3.13. Kraft pulping conditions of various agricultural byproduct pulps

	Active alkali (%)	Sulfidity (%)	Temperature (°C)	Material (O.D.)	Time (hr)	Liquor-to-agricultural byproduct ratio (liquor ratio)
A	20	25	170	200	2	1:6
B	20	35	170	200	2	1:6
C	25	35	170	200	3	1:4
D	30	20	170	200	3	1:4
E	30	30	170	200	3	1:4

(2) 유기충전제 펄프의 형태 분석

조건별로 펄프화 된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프와 수초지의 원료로 사용된 KOCC를 주사전 사현미경(JSM-6380LV, JEOL, Japan)을 이용하여 섬유 형태를 확인하여 제지용 원료의 적합성을 평가하였다.

(3) 지료조성 및 수초지 제작 방법

KOCC를 24시간 동안 물에 침전시켜 충분히 팽윤시킨 후 2% 농도로 실험실용 고속해리기를 이용하여 5,000 rpm으로 해리시킨 후 섬유가 완전히 분산된 지료를 사용하였다. 해리된 지료는 청수를 첨가하여 0.5%로 희석을 실시하였다.

본 연구에서는 평량 $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 수초지를 제작하였다. 크라프트 펄프화를 조건별로 실시한 농업부산물 펄프와 KOCC를 1:9, 3:7, 5:5 비율로 혼합하여 수초하였다. KOCC 지료를 30초간 교반시킨 후 조건별로 크라프트 펄핑된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프를 각각 투입하여 600 rpm 조건으로 1분 30초간 교반 후 수초지를 제조하였다. 제조된 수초지는 3.5 kg/cm^2 의 압력 조건에서 5분간 압착한 후 실험실용 실린더 건조기로 건조시켰다. 대조군으로 농업부산물 펄프를 첨가하지 않은 KOCC로 제조된 수초지를 선정하였다.

(4) 수초지의 물리적·강도적 특성 측정 방법

제조된 수초지를 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 로 조습처리한 후 TAPPI Test Methods에 의거하여 벌크(TAPPI T 411), 회분(TAPPI T 244), 열단장(인장강도, TAPPI T 494), 압축강도(TAPPI T 818), 파열강도(TAPPI T 403)를 각각 측정하였다.

다. 실험결과

(1) 유기충전제의 조건별 크라프트 펄프의 형태 분석 결과

섬유의 형태를 거시적으로 판단하기 위하여 A조건과 E조건의 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프와 KOCC를 주사전자현미경 이용하여 나타냈다 (Figs. 3.103-3.110). 활성알칼리도, 황화도, 액비, 시간을 조정하여 상대적으로 약한 조건인 A와 강한 조건인 E를 비교해 보았을 때 왕겨, 땅콩박 펄프에서는 A조건에서는 펄프에 돌기와 굴곡이 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 E조건에서는 섬유의 표면에 매끄러워지고 보다 얇아지는 것을 확인할 수 있었다. 마늘대 펄프는 A, E조건 모두 표면이 매끄러운 것을 알 수 있었으며 섬유의 굵기는 왕겨, 땅콩박과 같이 A조건에 비해 상대적으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 섬유 표면의 굴곡과 돌기는 벌크 상승에 긍정적인 영향을 강도적 측면에서는 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 선행연구에서 확인한 바로 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프의 섬유길이는 마늘대, 땅콩박, 왕겨 순으로 길었으며 이는 보다 많은 섬유결합을 할 수 있어 길고 얇은 섬유길이는 강도에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

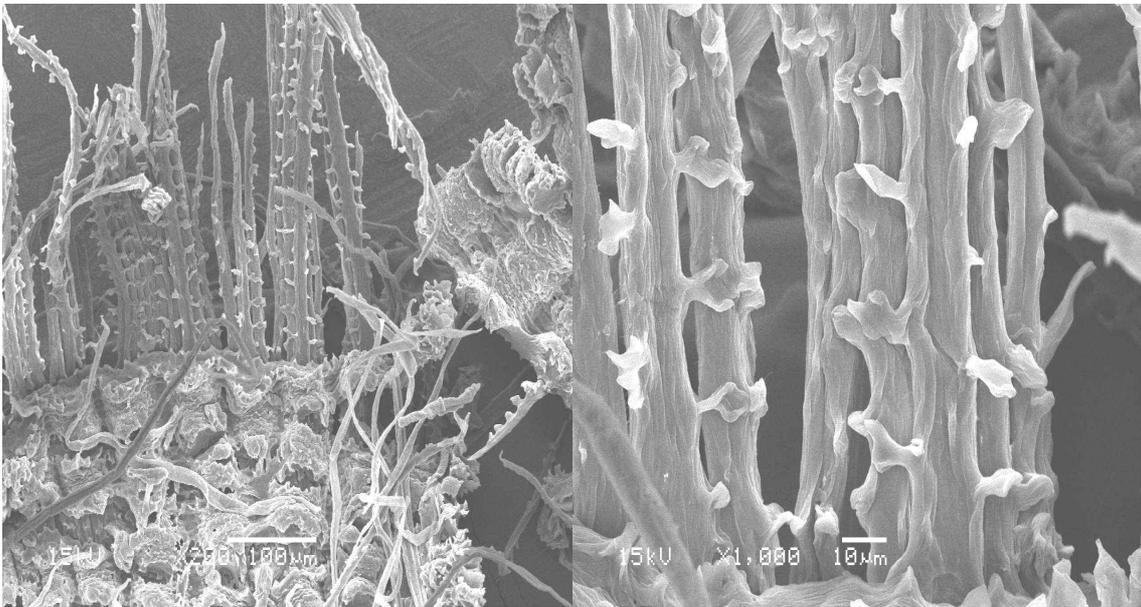


Fig. 3.103. Scanning electron micrographs of rice husk pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

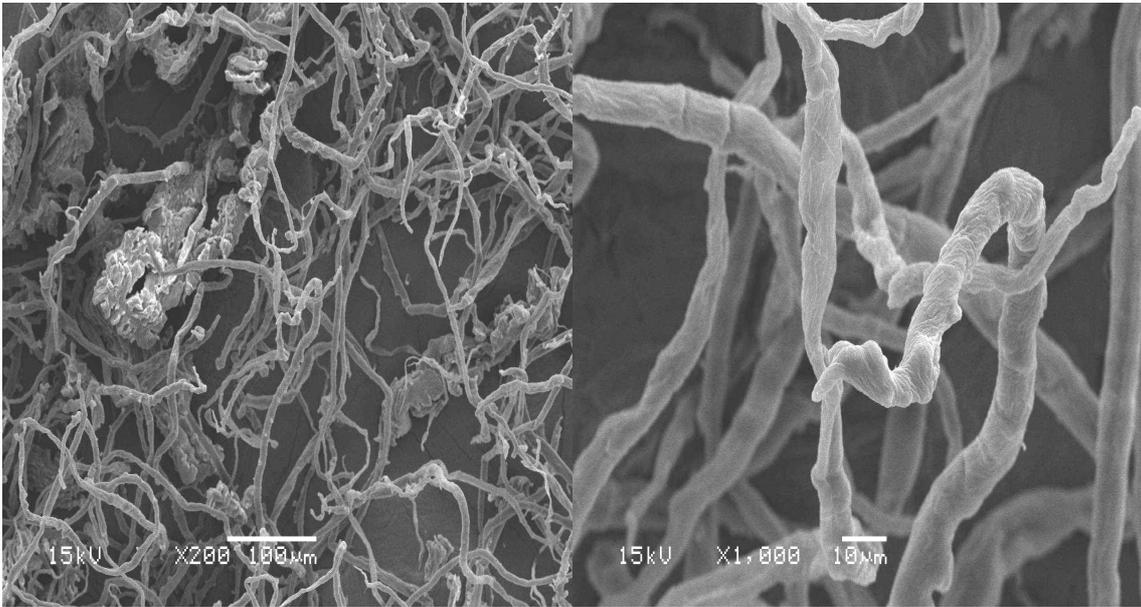


Fig. 3.104. Scanning electron micrographs of rice husk pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

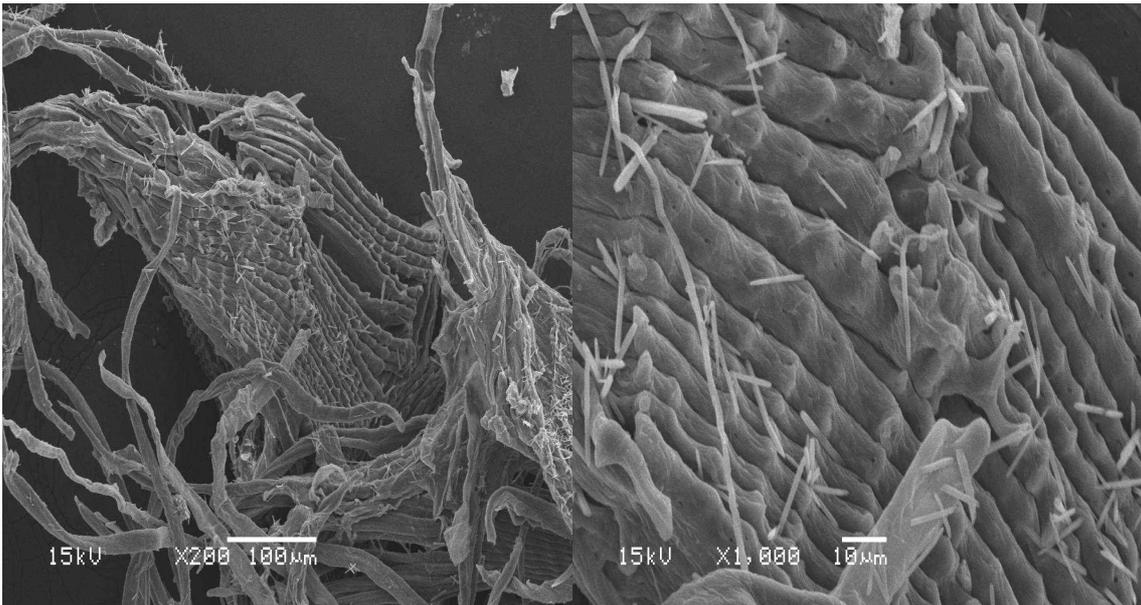


Fig. 3.105. Scanning electron micrographs of peanut husk pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

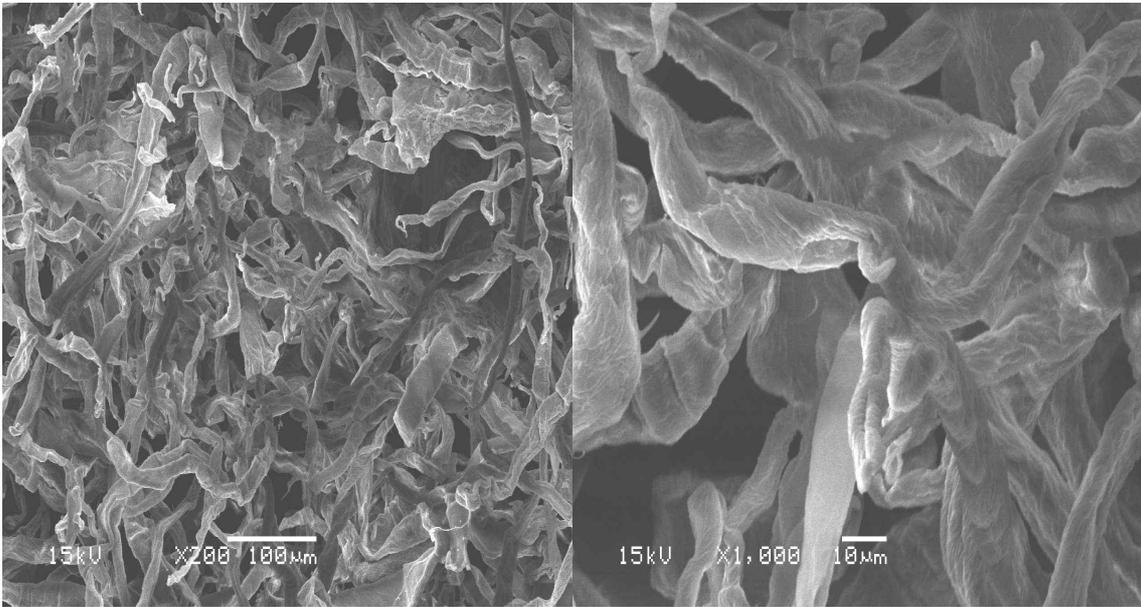


Fig. 3.106. Scanning electron micrographs of peanut husk pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

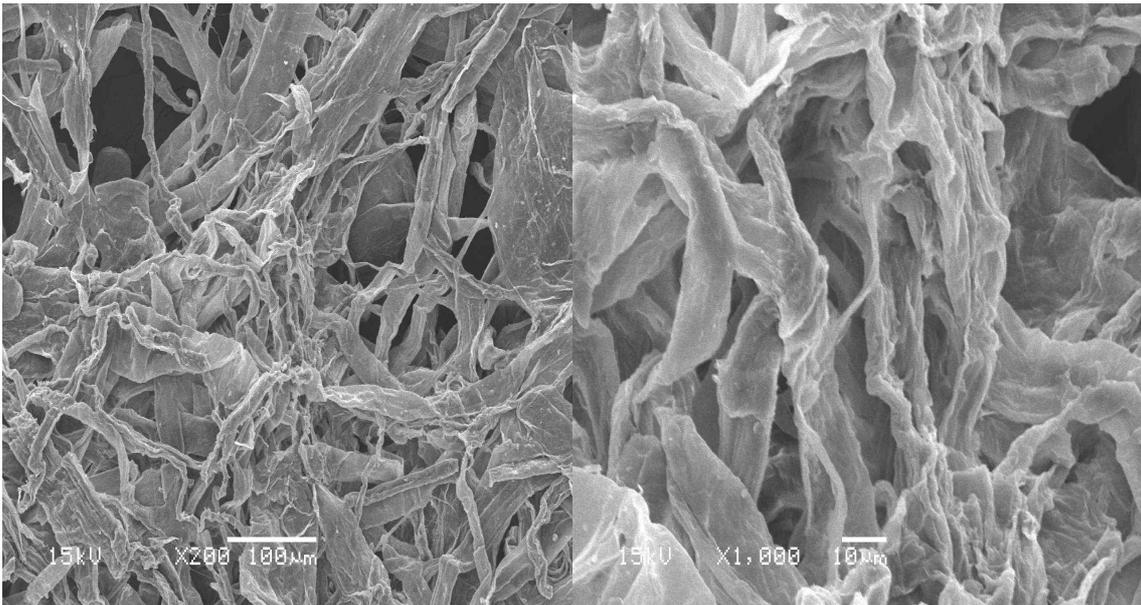


Fig. 3.107. Scanning electron micrographs of garlic stem pulp fibers at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

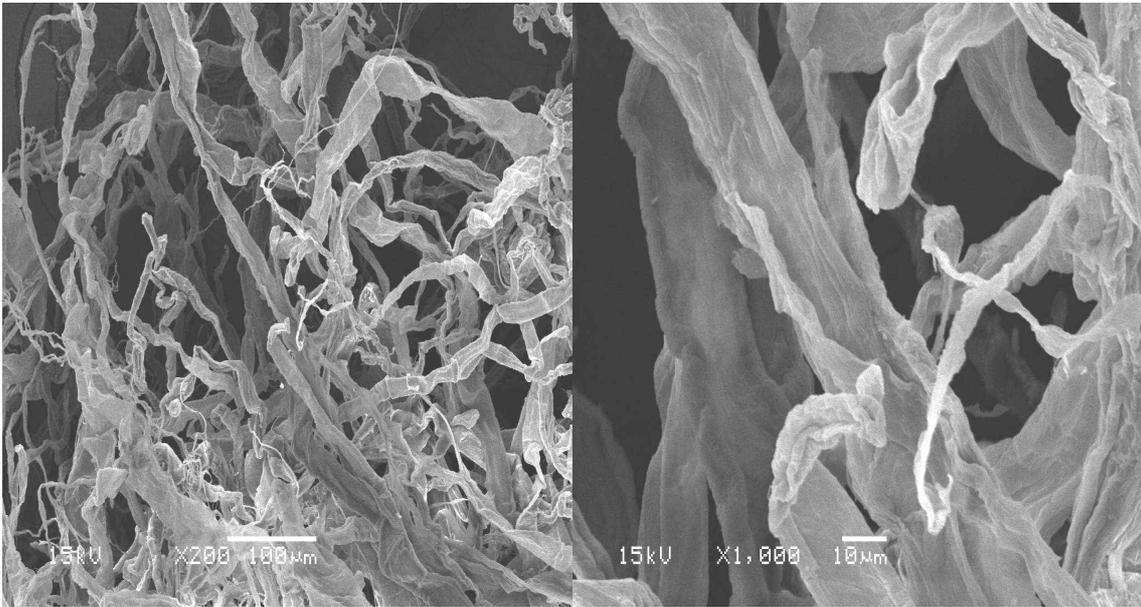


Fig. 3.108. Scanning electron micrographs of garlic stem pulp fibers at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

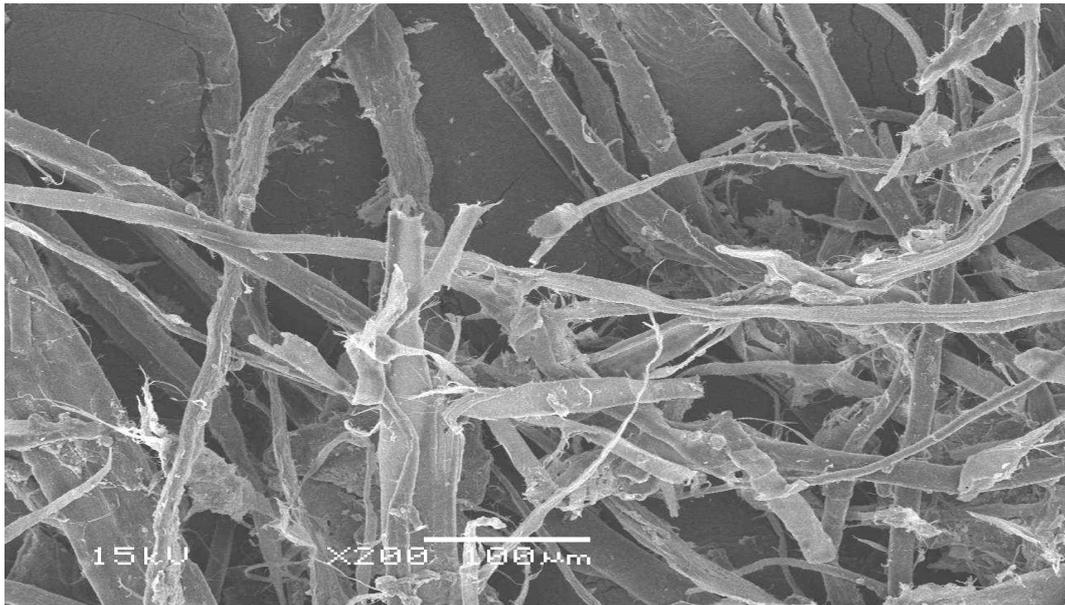


Fig. 3.109. Scanning electron micrograph of KOCC fibers ($\times 200$).

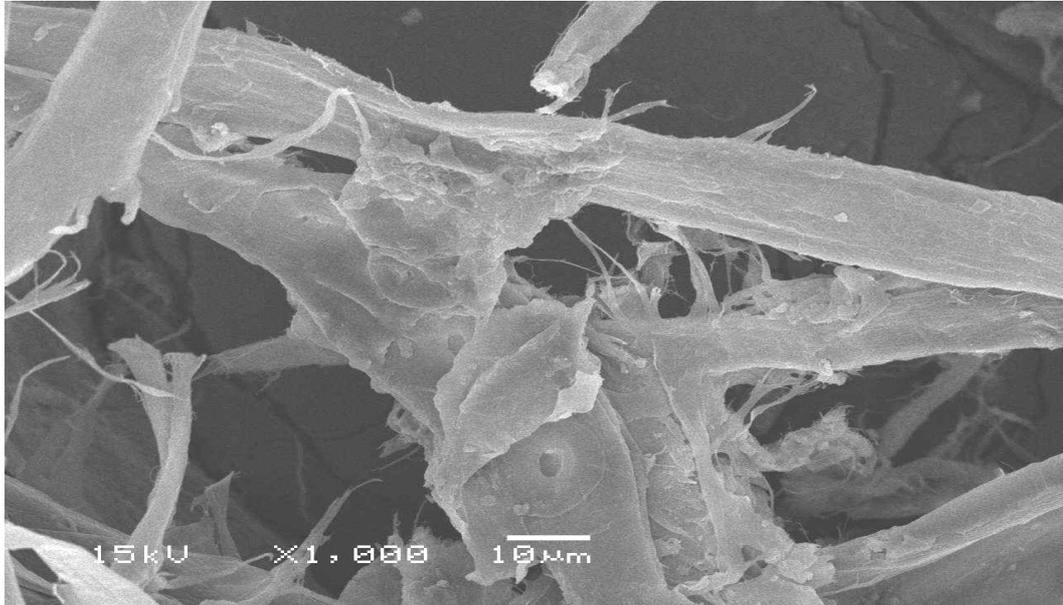


Fig. 3.110. Scanning electron micrograph of KOCC fibers ($\times 1000$).

(2) 농업부산물 펄프첨가 수초지의 물리적 특성 평가 결과

산업용지의 원료인 KOCC를 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 A-E조건별로 펄핑한 원료로 10, 30, 50%의 비율로 대체하면서 발생하는 수초지의 벌크변화와 회분함량을 Figs. 3.111-3.120에 도시하였다. 대조군인 KOCC로 수초된 종이의 벌크는 $2.02 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이며 농업부산물 펄프 대체에 따른 벌크변화는 왕겨 펄프가 첨가된 수초지의 벌크는 A-E조건 모두에서 향상되는 효과를 나타냈다. B조건에서 가장 작은 폭으로 상승하였으며, C조건에서 가장 큰 폭으로 상승하였다. 1:9 비율에서는 최소 2.7% 최대 5.0% 상승하였으며, 3:7 비율에서는 최소 5.5% 최대 14.1%, 5:5 비율에서는 최소 10.7% 최대 19.2% 상승하였다. 땅콩박 펄프가 첨가된 수초지의 벌크는 A-E조건 모두에서 향상되는 효과를 나타냈다. B조건에서 가장 작은 폭으로 상승하였으며, D조건에서 가장 큰 폭으로 상승하였다. 1:9 비율에서는 최소 1.4% 최대 4.0%, 3:7 비율에서는 최소 3.7% 최대 6.2%, 5:5 비율에서는 최소 4.5% 최대 14.6% 상승하였다. 마늘대 펄프가 첨가된 수초지의 벌크는 A-E 모든 조건에서 1.7% 소폭 감소하거나 유지되는 경향을 나타냈다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프 중 왕겨, 땅콩박은 벌크 향상되었으며 마늘대 펄프는 유지되는 경향을 나타냈다. 벌크 상승의 영향은 왕겨, 땅콩박 섬유표면의 돌기와 굴곡진 형태가 영향을 미치는 것으로 판단된다.

KOCC 수초지의 회분함량은 13.1%로써 재활용원료로써 천연펄프에 비해 높은 수치의 회분함량을 나타낸다. 농업부산물 펄프가 첨가된 수초지의 회분 변화는 왕겨, 땅콩박, 마늘대 펄프 모두 대체 비율이 높아질수록 수초지의 회분 함량이 감소하였으며, 왕겨 펄프가 첨가된 수초지의 회분 함량은 1:9 비율에서는 최소 0.9% 최대 1.6%, 3:7 비율에서는 최소 2.8% 최대 3.7%, 5:5 비율에서는 최소 4.1% 최대 5.1% 감소하였다. 땅콩박 펄프가 첨가된 수초지의 회분함량은

1:9 비율에서는 최소 1.1% 최대 2.9%, 3:7 비율에서는 최소 2.2% 최대 4.4%, 5:5 비율에서는 최소 2.2% 최대 4.8% 감소하였다. 마늘대 펄프가 첨가된 수초지의 회분함량은 1:9 비율에서는 0.02% 상승하였고 최대 0.4% 감소하였다. 3:7 비율에서는 최소 0.2% 최대 0.7%, 5:5 비율에서는 최소 0.2% 최대 1.3% 감소하였다. 왕겨, 땅콩박, 마늘대 순으로 벌크 상승 및 회분 함량 감소 효과를 나타냈다. 왕겨와 땅콩박 펄프의 돌기와 굴곡은 벌크 상승에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료되며 마늘대 펄프의 매끄러운 표면은 벌크 상승에 증감이 없었다. 세척과 펄프화 과정을 거치면서 왕겨, 땅콩박의 불순물이 많이 제거된 것으로 사료되며 이러한 과정을 거친 펄프가 KOCC에 대체되는 비율이 증가할수록 회분함량은 낮아지는 것으로 판단된다.

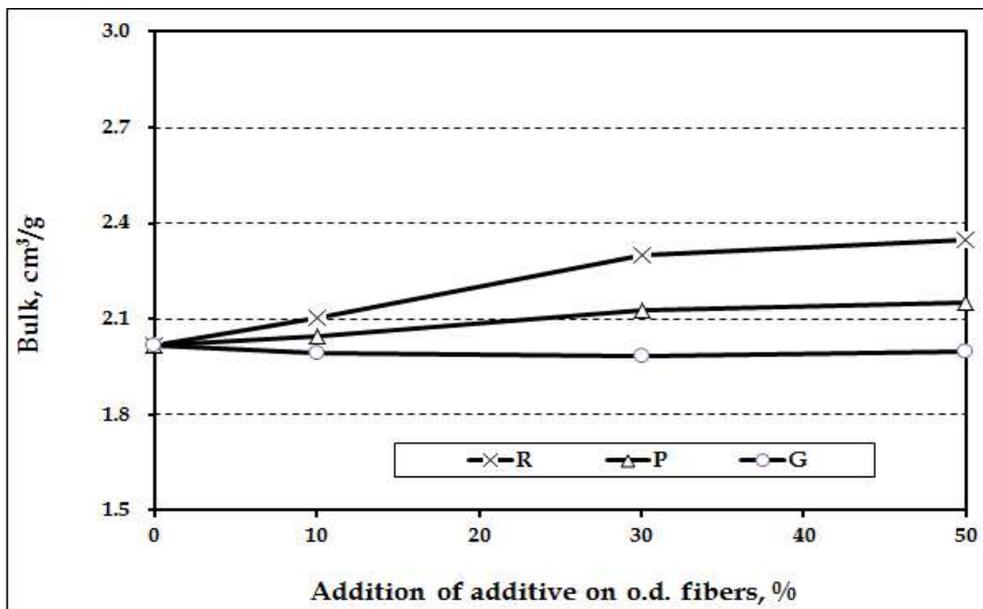


Fig. 3.111. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).

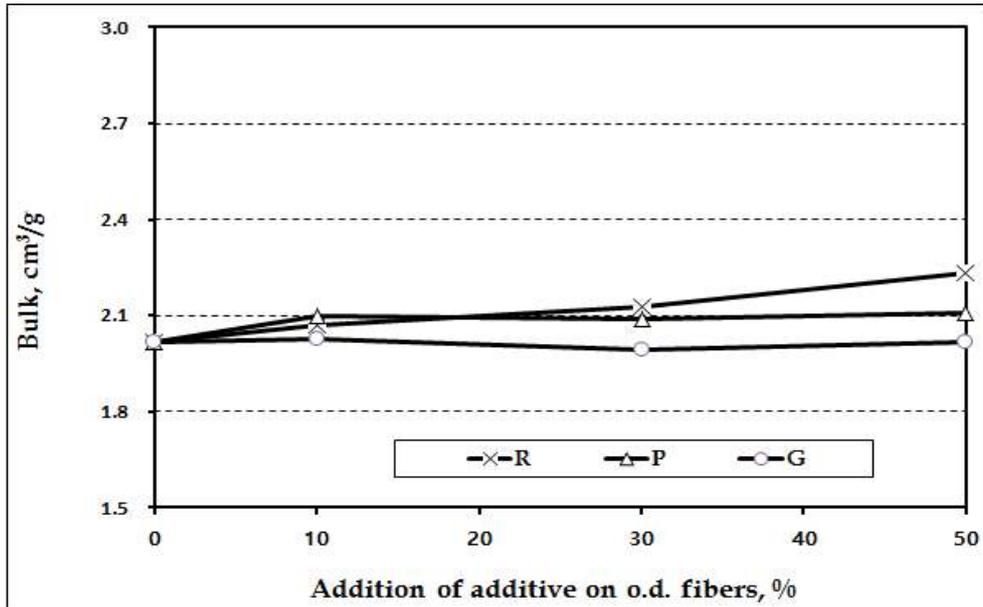


Fig. 3.112. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).

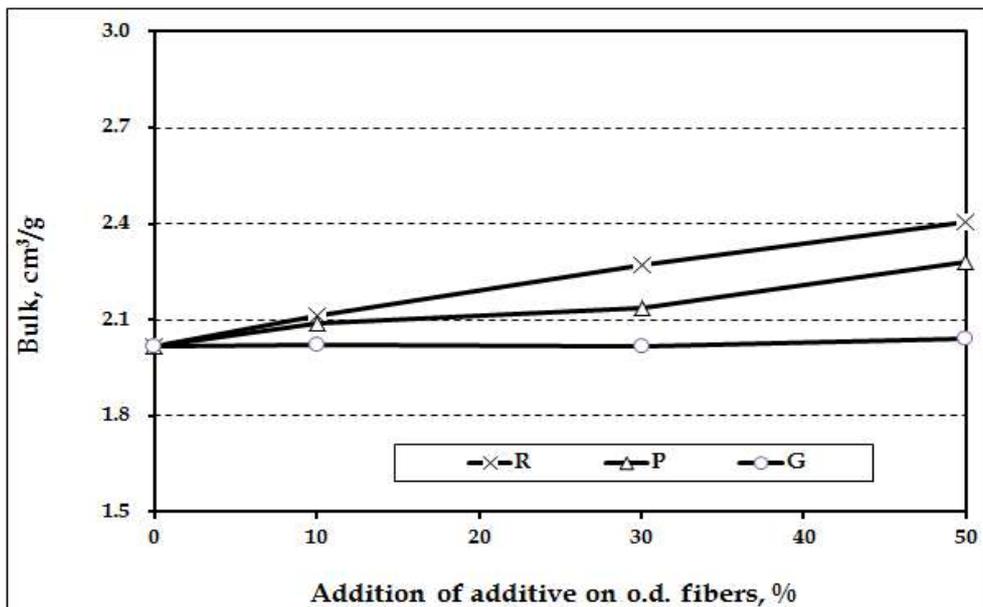


Fig. 3.113. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).

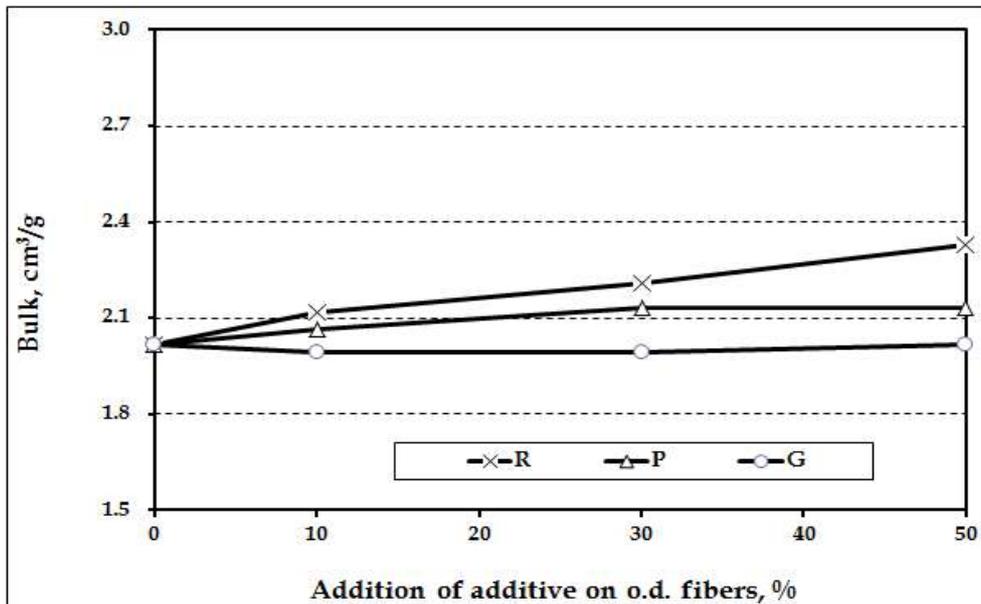


Fig. 3.114. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).

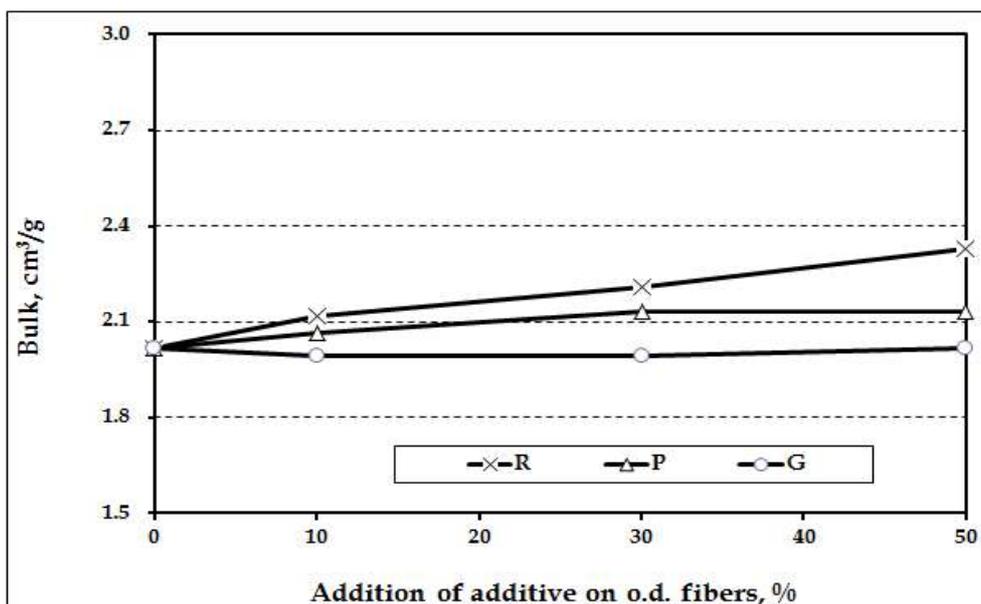


Fig. 3.115. Bulk of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).

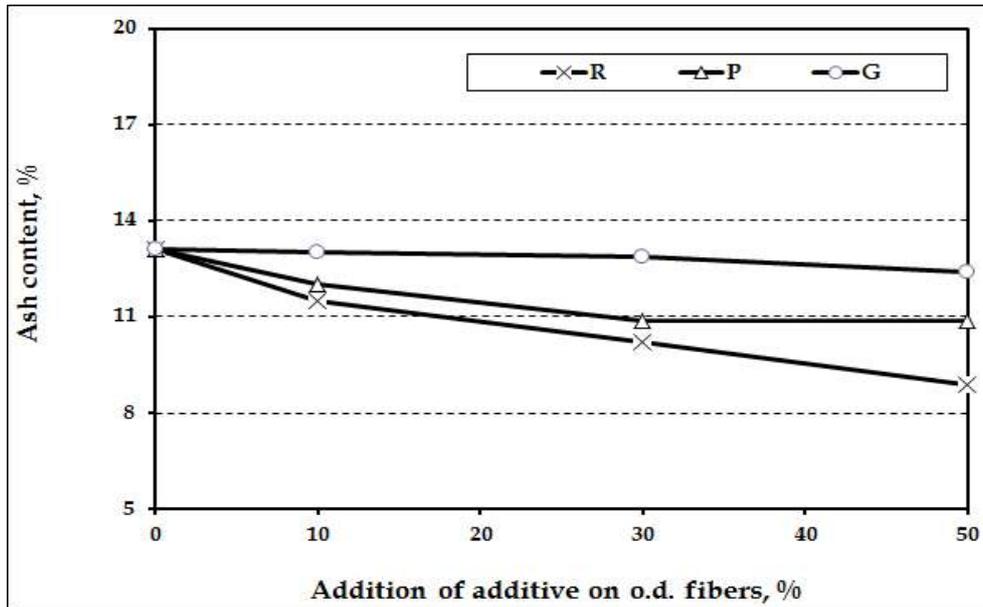


Fig. 3.116. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).

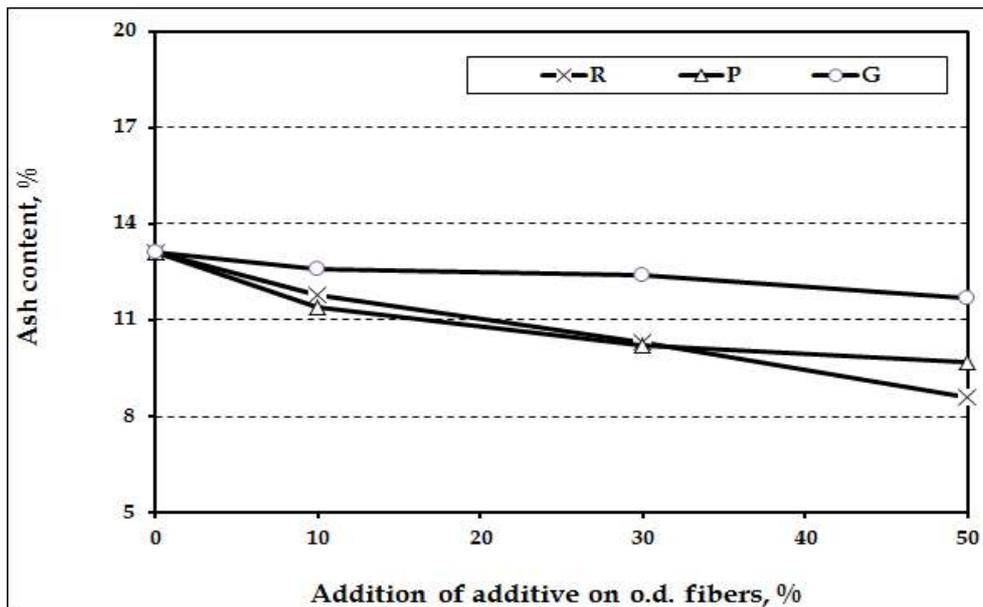


Fig. 3.117. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).

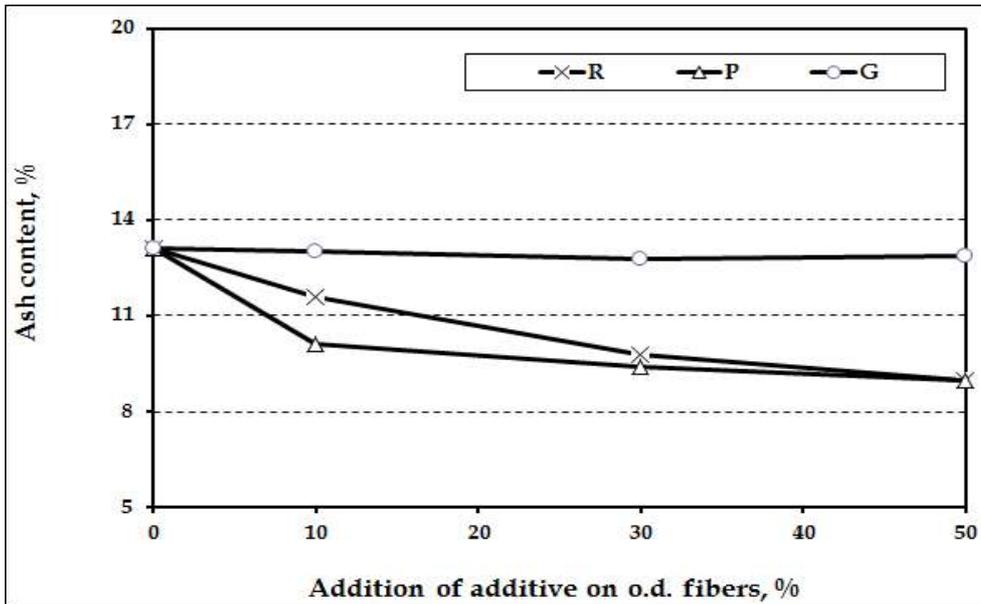


Fig. 3.118. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).

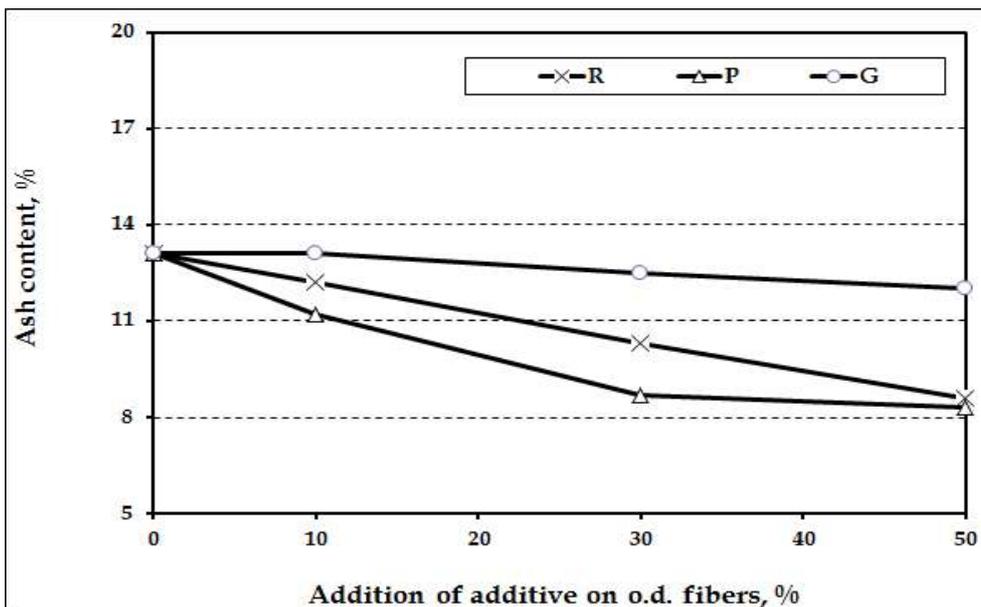


Fig. 3.119. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).

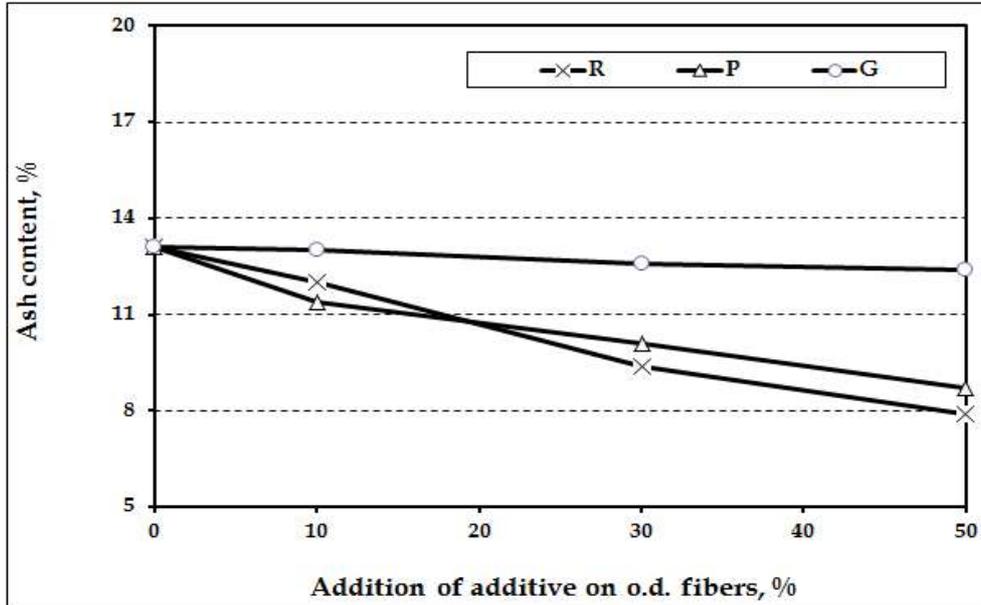


Fig. 3.120. Ash content of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).

(3) 농업부산물 펄프첨가 수초지의 강도적 특성 평가 결과

산업용지의 원료인 KOCC를 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 A-E조건별로 펄핑한 원료로 10, 30, 50%의 비율로 대체하면서 발생하는 수초지의 열단장, 압축지수, 파열지수를 Figs. 3.121-3.135에 도시하였다.

농업부산물 펄프 대체에 따른 열단장 변화는 왕겨 펄프가 첨가된 수초지는 A-E조건 모두에서 감소하는 경향을 나타냈다. B조건에서 가장 작은 폭으로 감소하였으며, D조건에서 가장 큰 폭으로 감소하였다. 1:9 비율에서는 최소 5.7% 최대 14.4%, 3:7 비율에서는 최소 6.0% 최대 27.9%, 5:5 비율에서는 최소 19.0% 최대 41.2% 감소하였다. 땅콩박 펄프가 첨가된 수초지의 열단장은 A, B 조건에서는 향상되는 효과를 C, D, E 조건에서는 감소하는 경향을 나타냈다. 향상된 A, B 조건 중에서 A조건이 가장 큰 폭으로 향상하였으며, 감소된 C, D, E조건 중에서 D조건이 가장 큰 폭으로 감소하였다. 향상된 A 조건의 1:9 비율에서는 10.8%, 3:7 비율은 10.8%, 5:5 비율은 14.6% 상승하였다. 감소된 C, D, E 조건의 1:9 비율에서는 최소 3.1% 최대 16.4%, 3:7 비율에서는 최소 19.7% 최대 29.1%, 5:5 비율에서는 최소 26.9% 최대 42.7% 감소하였다. 마늘대 펄프가 첨가된 수초지는 땅콩박 조건과 비슷한 경향을 보이지만 땅콩박 조건에 비해 A, B 조건은 더 많이 향상되는 경향을 나타냈고 C, D, E조건에서는 더 작게 감소하는 경향을 나타냈다. 마늘대 A조건의 5:5 비율이 33.8%으로 강도 향상됨으로써 모든 조건 중 가장 많이 향상되었다. 감소된 C, D, E조건 중에서 D조건의 5:5 비율이 16.2%로 감소하였지만 왕겨, 땅콩박 펄프의 감소한 조건들에 비해 상대적으로 가장 작게 감소한 것을 알 수 있었다.

농업부산물 펄프 대체에 따른 압축지수의 변화는 왕겨 펄프가 첨가된 수초지는 A-E조건 모두에서 감소하는 경향을 나타냈다. 1:9 비율에서는 최소 0.6% 최대 9.3%, 3:7 비율에서는 최소

5.1% 최대 17.9%, 5:5 비율에서는 최소 9.3% 최대 28.4% 감소하였다. 땅콩박 펄프가 첨가된 수초지의 압축지수는 A, B 조건에서는 향상되는 효과를 C조건은 유지 D, E조건에서는 감소하는 경향을 나타냈다. 향상된 A, B 조건 중에서 A조건이 가장 큰 폭으로 향상하였으며, 감소된 D, E조건 중에서 D조건이 가장 많이 감소하였다. 향상된 A조건의 1:9 비율에서는 0.8%의 감소, 3:7 비율은 20.8% 증가, 5:5 비율은 20.5% 상승하였다. 감소된 D, E조건 1:9 비율에서는 최소 5.3% 최대 7.8%, 3:7 비율에서는 최소 10.6% 최대 13.2%, 5:5 비율에서는 최소 17.8% 최대 21.4% 감소하였다. 마늘대 펄프가 첨가된 수초지는 D조건에서는 강도가 유지되는 경향을 나타냈으며 다른 A, B, C, E 조건에서는 강도가 향상되는 경향을 나타냈다. 이 중 A, B, C 조건이 다른 농업부산물에 비해 강도가 많이 향상되었다. 1:9 비율에서 최소 10.4% 최대 18.5%, 3:7 비율에서 최소 16.1% 최대 29.3%, 5:5 비율에서 최소 17.7% 최대 29.3% 향상되었다. 왕겨 펄프는 모든 조건에서 강도가 감소하였지만 땅콩박, 마늘대 펄프의 강도가 향상되는 조건이 A, B 조건임을 알 수 있었다.

농업부산물 펄프 대체에 따른 파열지수의 변화는 왕겨 펄프가 첨가된 수초지는 열단장 그래프와 비슷하게 B조건이 다른 조건들에 비해 완만하고 나머지조건 모두 큰 폭으로 감소하는 경향을 나타냈다. 1:9 비율에서는 최소 2.3% 최대 10.0%, 3:7 비율에서는 최소 9.2% 최대 28.3%, 5:5 비율에서는 최소 17.7% 최대 43.5% 감소하였다. 땅콩박 펄프가 첨가된 수초지의 파열지수는 A, B 조건에서는 향상되는 효과를 C, D, E조건에서는 왕겨 펄프와 유사한 감소 경향을 나타냈다. 향상된 A, B조건 1:9 비율에서는 최소 7.8% 최대 9.2%, 3:7 비율은 최소 6.3% 최대 13.6%, 5:5 비율은 최소 15.1% 최대 21.0% 상승하였다. 감소된 C, D, E조건 1:9 비율에서는 최소 8.2% 최대 11.4%, 3:7 비율에서는 최소 23.3% 최대 28.4%, 5:5 비율에서는 최소 24.1% 최대 43.3% 감소하였다. 마늘대 펄프가 첨가된 수초지는 A, B조건에서는 큰 폭으로 상승하였고 C, D, E 조건에서 소폭 감소하는 경향을 나타내었다. A, B 조건에서 1:9 비율에서 최소 22.7% 최대 25.4%, 3:7 비율에서 최소 33.7% 최대 45.0%, 5:5 비율에서 최소 52.1% 최대 63.1% 향상되었다.

왕겨, 땅콩박, 마늘대의 조건별 대체비율별로 열단장, 압축지수, 파열지수를 비교해 보았다. 열단장은 대체로 감소하는 경향을 나타내었지만 왕겨 펄프에서는 B 조건이 적게 감소하였고, 땅콩박 펄프에서는 A 조건은 증가, B조건은 유지, 마늘대 펄프에서는 A, B 두 조건이 증가하는 경향을 나타내었다. 압축지수는 왕겨 펄프는 모두 비슷한 수준으로 감소하였고, 땅콩박 펄프는 A, B 조건이 상승, C 조건 유지하였으며, 마늘대 펄프는 A, B, C 조건은 증가하였고 D, E 조건은 유지하는 수준이었다. 파열지수는 압축지수와 같이 왕겨 펄프는 모든 조건에서 강도가 감소하였지만 A조건이 감소가 완만하였고, 땅콩박 펄프는 A, B조건에서 소폭 상승하거나 유지하는 긍정적인 결과를 보였으며, 마늘대 펄프의 A, B조건이 강도 향상에 우수한 효과를 나타냈다. 땅콩박 펄프의 C, D, E조건은 왕겨펄프와 비슷한 수준의 감소폭을 나타내었으며 마늘대 펄프의 C, D, E조건은 KOCC에 비해 소폭의 증감을 나타냈다.

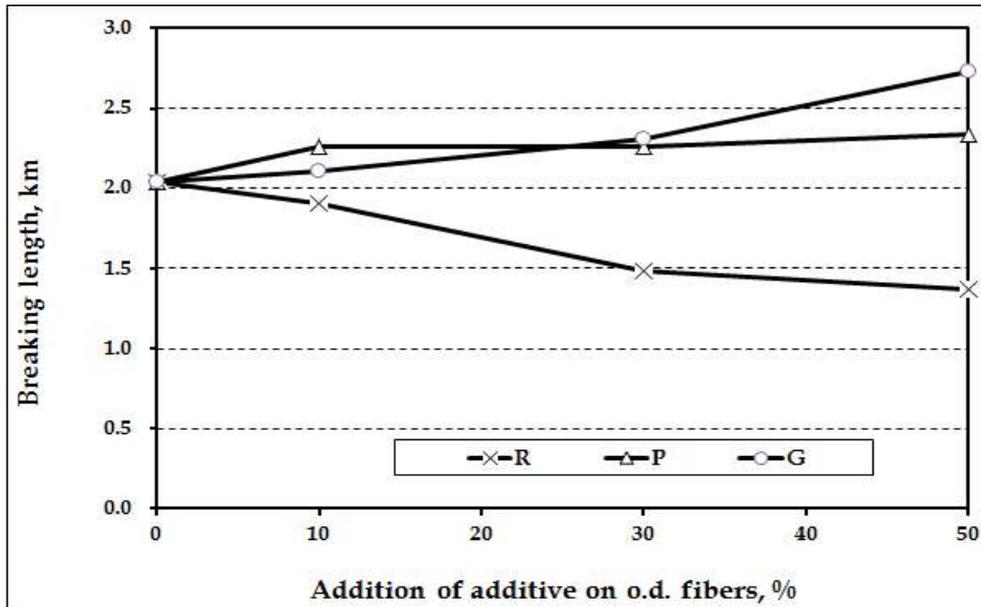


Fig. 3.121. Tensile strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).

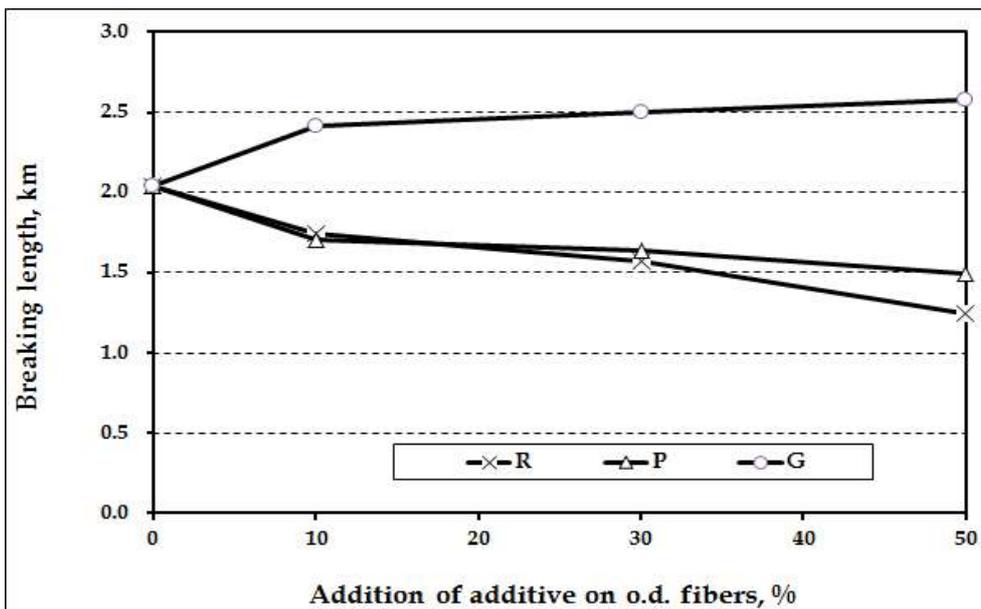


Fig. 3.122. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).

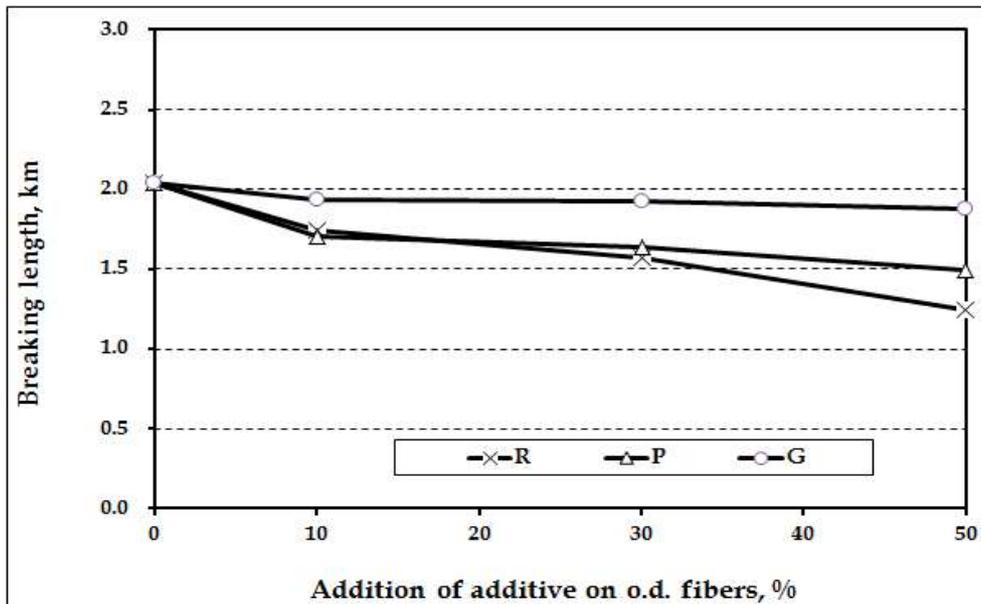


Fig. 3.123. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions (C).

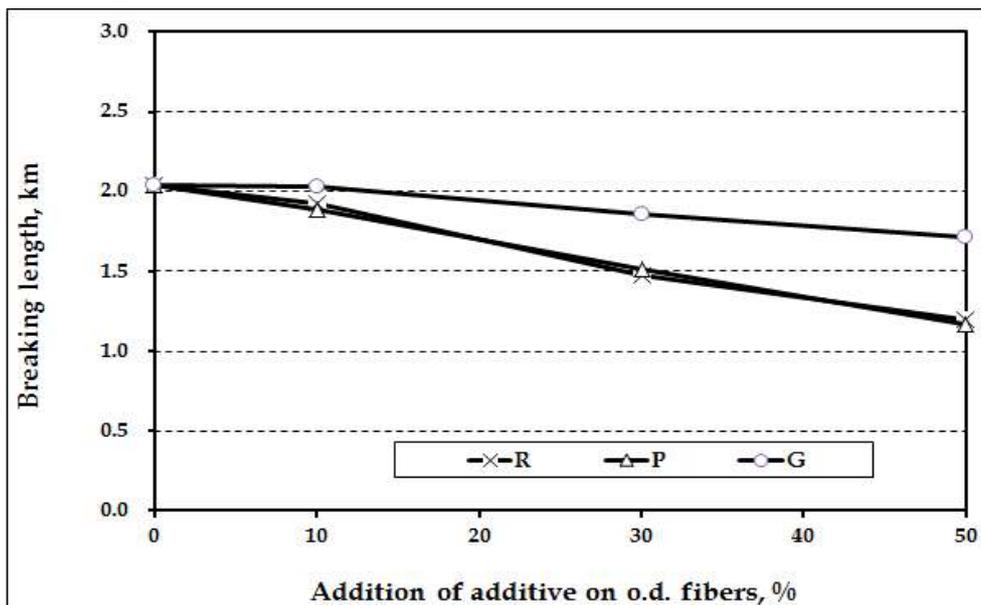


Fig. 3.124. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions (D).

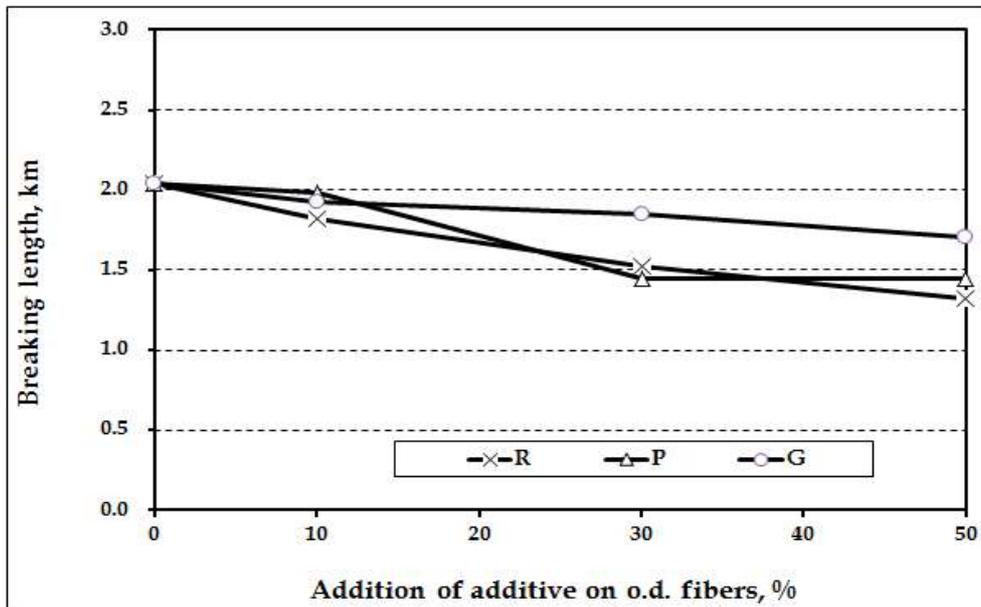


Fig. 3.125. Breaking length of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions (E).

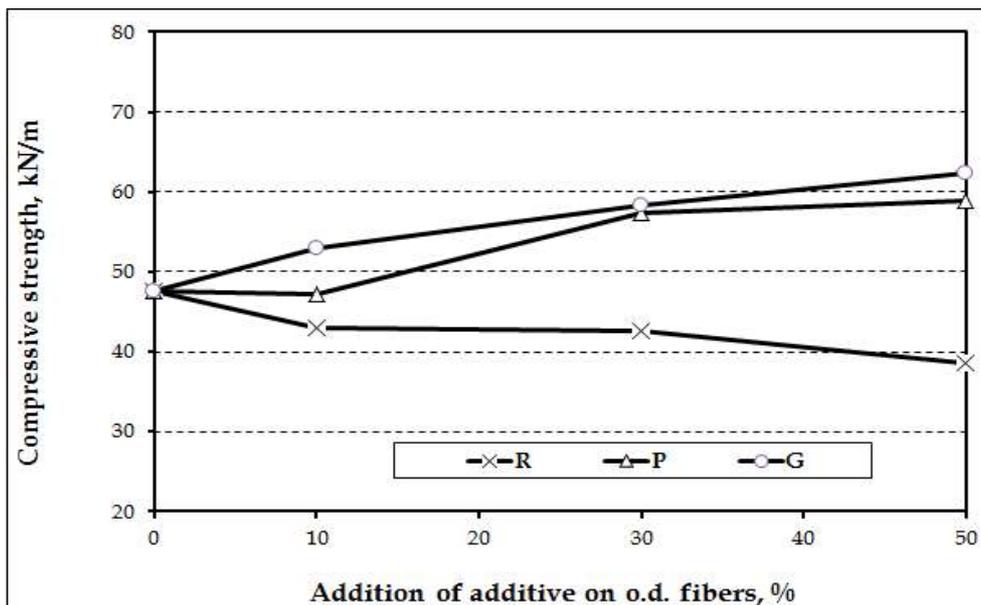


Fig. 3.126. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions (A).

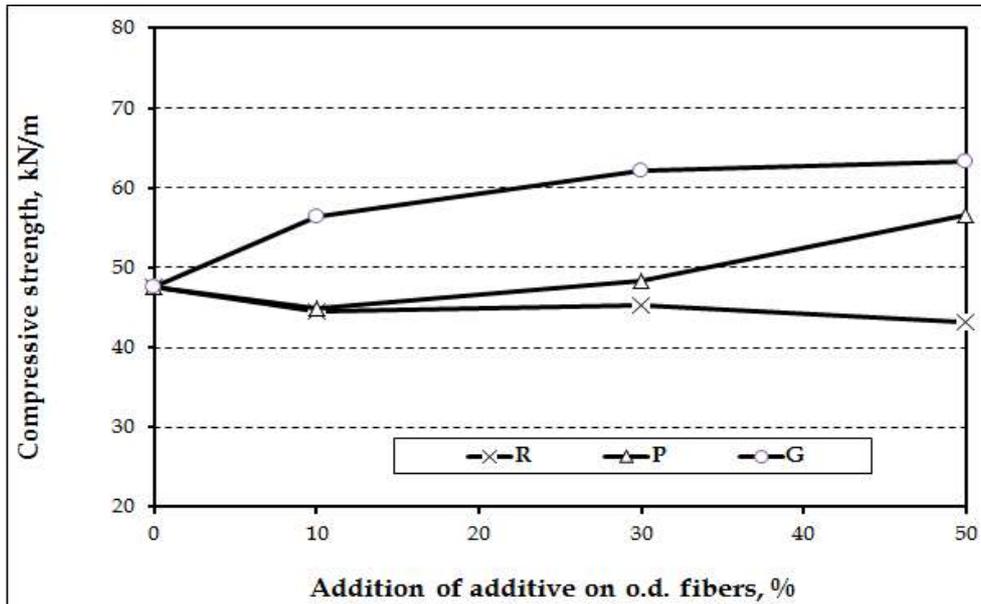


Fig. 3.127. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions (B).

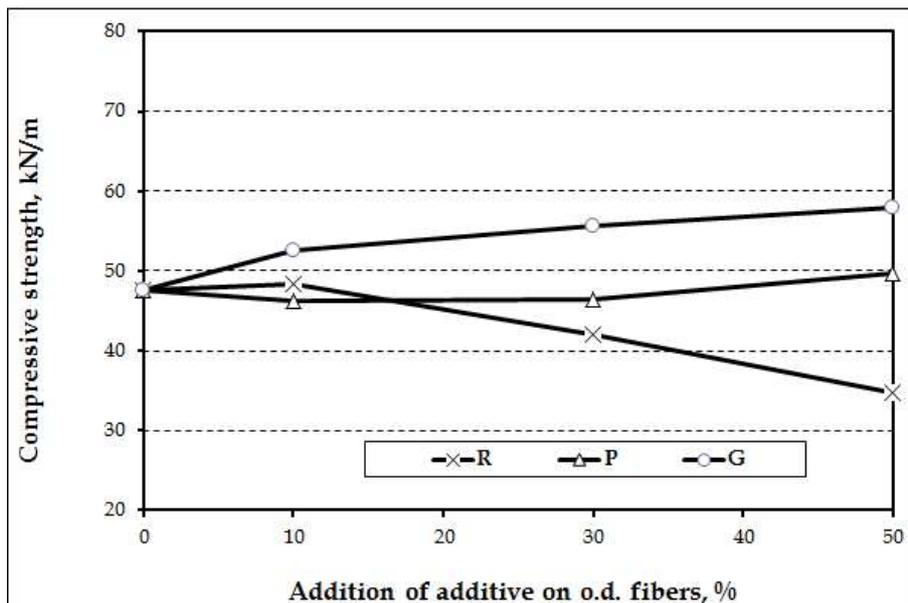


Fig. 3.128. Compressive factor of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions.

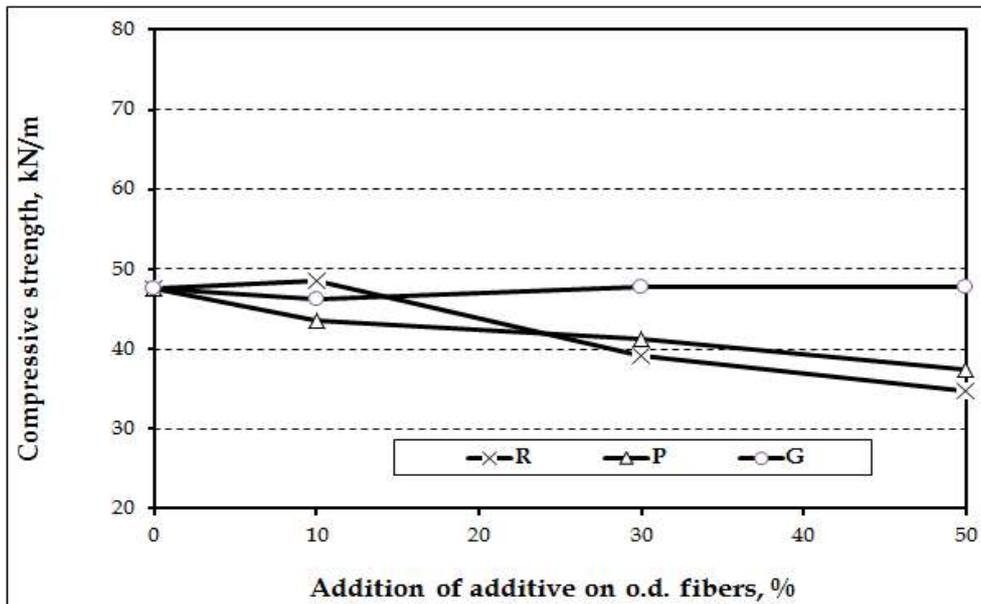


Fig. 3.129. Compressive strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions.

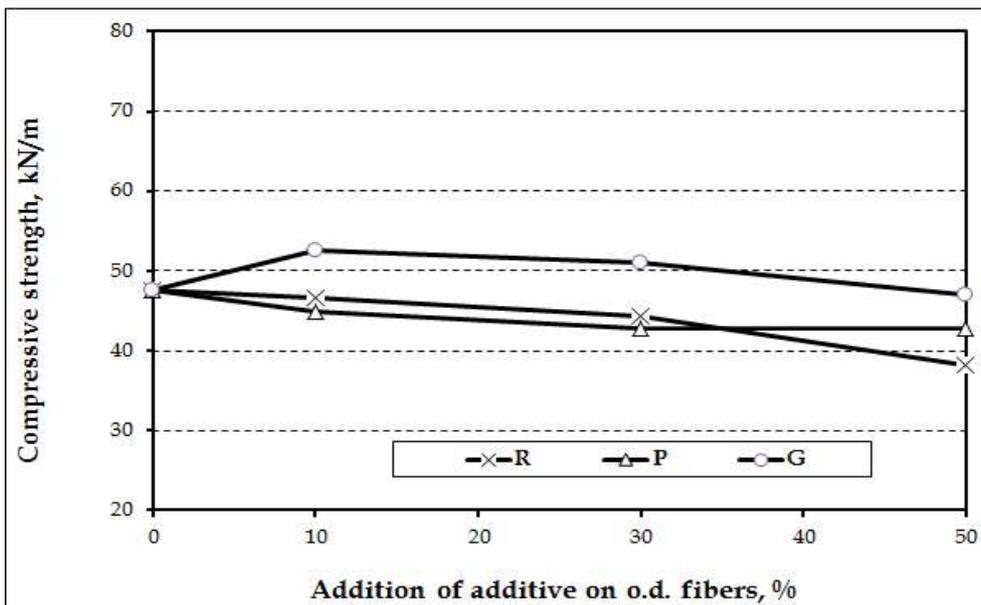


Fig. 3.130. Compressive factor of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

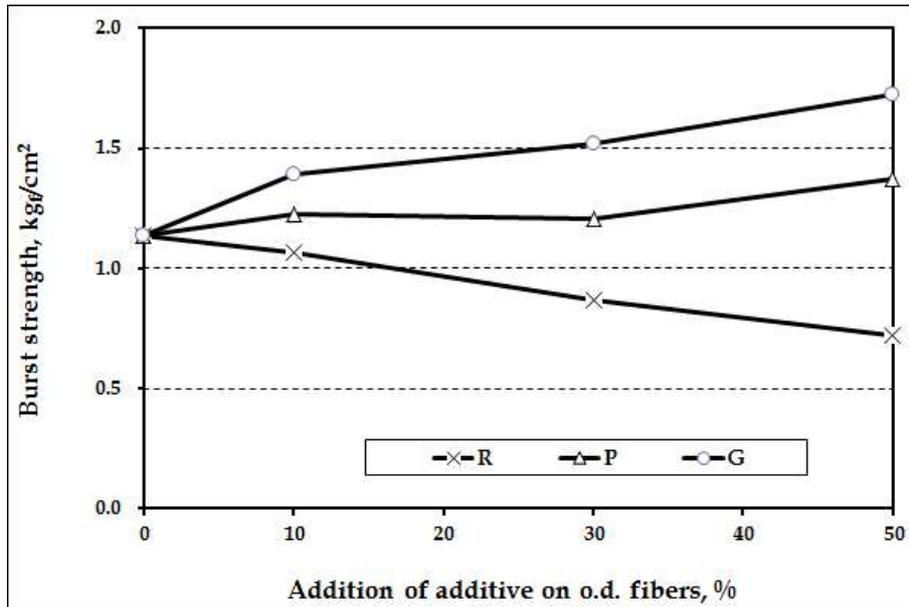


Fig. 3.131. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 25% conditions.

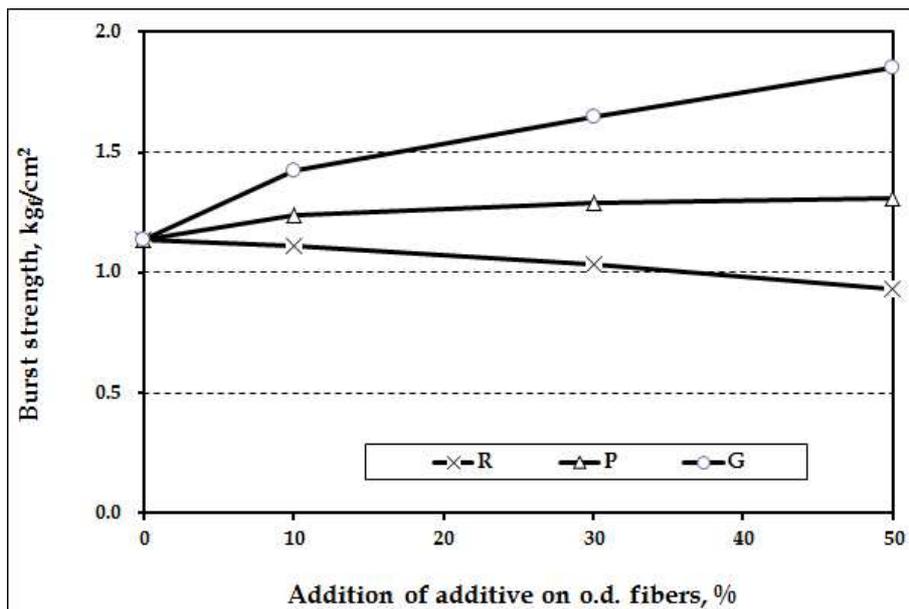


Fig. 3.132. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 20% and sulfidity 35% conditions.

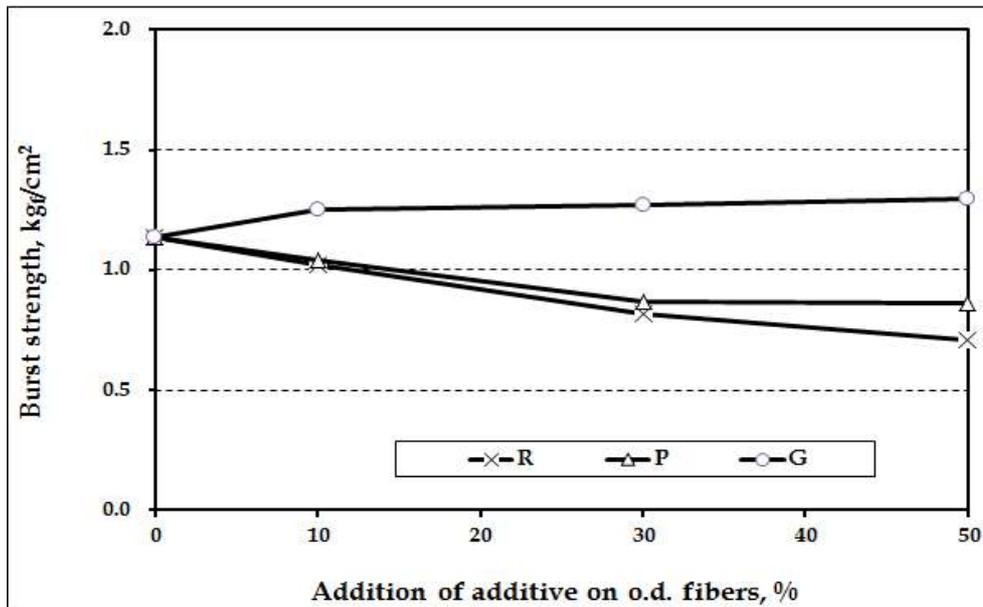


Fig. 3.133. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 25% and sulfidity 35% conditions.

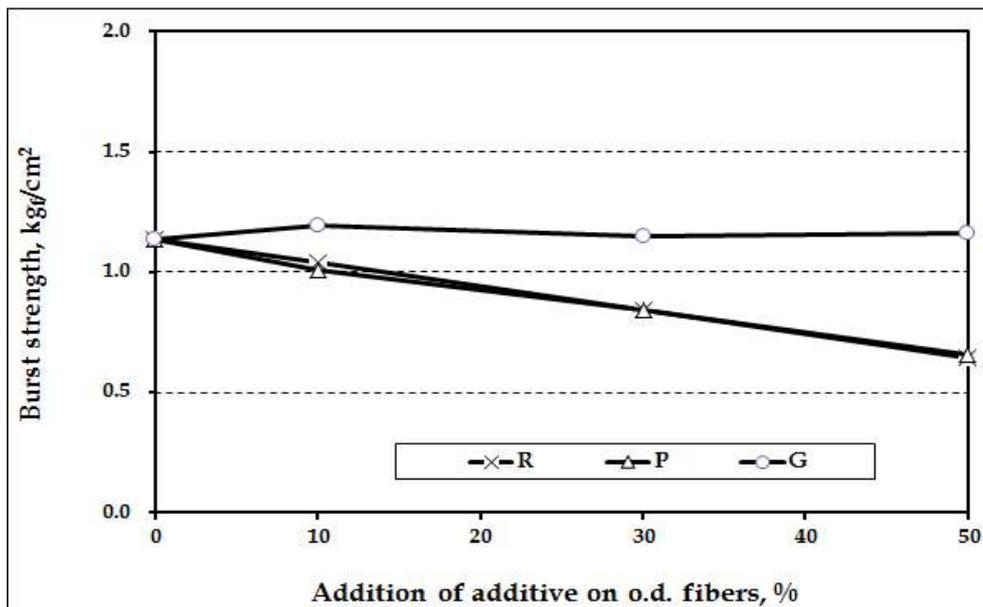


Fig. 3.134. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 20% conditions.

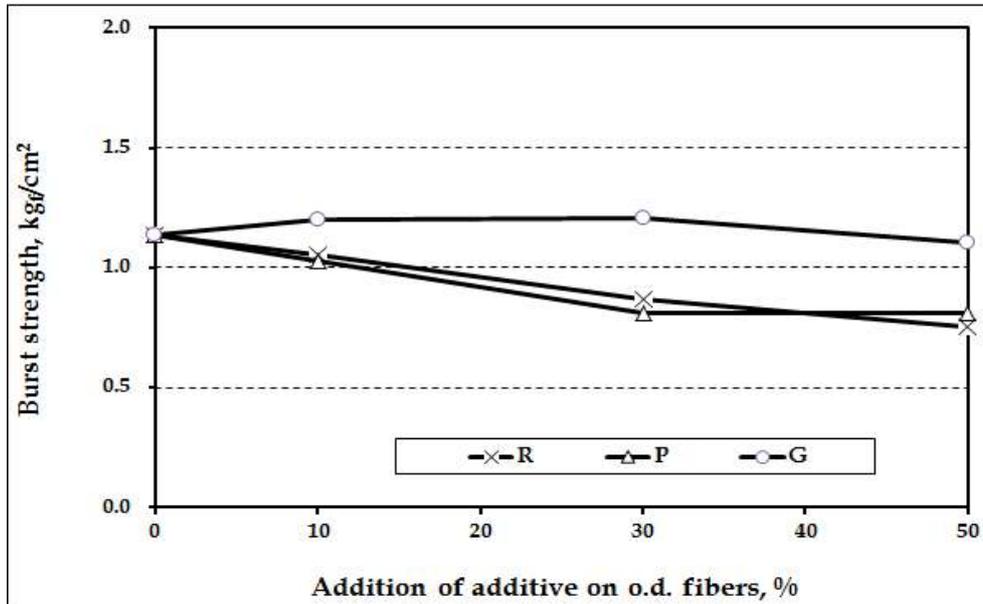


Fig. 3.135. Burst strength of handsheet containing KOCC and agricultural byproduct pulps manufactured at active alkali 30% and sulfidity 30% conditions.

라. 결론

- (1) 벌크 향상은 왕겨 펄프와 땅콩박 펄프가 마늘대 펄프에 비해 좋았으며 펄핑 조건이 C, D, E조건보다는 약한 A, B조건에서 표면의 돌기와 굴곡이 벌크향상에 영향을 미침.
- (2) 회분함량은 농업부산물 펄프가 KOCC를 대체하는 비율이 커질수록 회분 함량은 감소하였으며 그 감소폭은 왕겨, 땅콩박, 마늘대 순으로 나타남.
- (3) 열단장, 압축지수, 파열지수는 왕겨 펄프는 모든 조건에서 감소하였으며 땅콩박 펄프의 A, B조건에서는 소폭 증가를 C, D, E조건에서는 왕겨 펄프와 비슷한 수준으로 감소하였음.
- (4) 왕겨 펄프는 벌크 향상과 회분 감소효과가 높았지만 강도의 감소가 큼.
- (5) 땅콩박 펄프는 A, B 조건이 벌크, 회분 함량, 강도적 특성에 긍정적인 효과를 나타냄.
- (6) 마늘대 펄프는 벌크향상과 회분함량에는 큰 효과는 나타나지 않았지만 강도적 특성이 다른 펄프에 비해서 높은 효과를 나타냄.
- (7) 결론적으로 벌크에는 왕겨 펄프가 가장 유리하고 강도에는 마늘대 펄프가 가장 유리함.

2절 농업부산물로 제조된 신규 원료 적용을 위한 백판지 생산현장의 최적화 기술 개발

1. 농산물용 백판지 생산에 사용되는 천연펄프와 재생펄프의 특성 분석

가. 연구목적

농산물 포장에 사용되는 제품인 백판지는 원료 사용의 효율화와 원가절감을 위해 천연펄프와 재생펄프로 제조된 여러 장의 종이를 합지한 형태로 생산된다. 천연펄프로는 주로 화학펄프와 기계펄프가 사용되고 재생펄프로는 여러 종류의 폐지가 각기 다른 층에 사용된다. 따라서 다양한 펄프원료로 제조되는 백판지에 신규 원료인 유기충전제를 적용하기 위해서는 다양한 백판지 원료의 기본 특성을 우선적으로 파악하여야 한다. 본 연구에서는 깨끗한나라(주) 청주 공장에서 5종류의 천연펄프와 재생펄프를 채취하여 지료의 기본물성을 측정하고 실험실적으로 각 지료의 수초지를 제조한 후 물리적·강도적 특성을 파악하였다.

나. 실험방법

(1) 펄프 원료의 기본 물성 측정방법

천연펄프로는 BKP(bleached kraft pulp), BCTMP(bleached chemi-thermo mechanical pulp)를 재생펄프로는 화이트레저(W/L), OCC(old corrugated container), ONP(old newsprint)를 채취하였다. 샘플 채취 원료 공정상에서 충분히 해리와 정선이 진행되고 첨가제가 투입되기 이전인 mixing chest에서 진행되었다. 채취된 펄프지료를 이용하여 펄프의 탈수성과 관련이 있는 여수도(freeness)를 TAPPI T 227에 의거하여 캐나다 여수도 측정기(canadian freeness tester)를 이용하여 측정하였고 섬유장(Kajaani fiber lab, Metso, Finland)를 이용하여 평균 섬유장과 섬유장 분포를 측정하였다. 미세분 함량과 회분함량은 각각 TAPPI T 261, 211에 의거하여 측정하였고 섬유의 형태를 분석하기 위해 광학현미경을 사용하였다.

(2) 펄프 원료로 제조된 수초지의 물리적·강도적 물성 측정방법

5종류의 펄프지료를 0.5% 농도로 희석을 실시한 후 사용하였다. 희석된 펄프지료로 TAPPI T 205에 의거하여 평량 $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 습지필을 제조하였고 습지필은 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 실험실용 실린더 건조기로 건조시켰다. 수초지를 조습처리한 후 랩 캘린더에서 소프트 롤, $0.15 \times 100 \text{ kN}$ 압력으로 캘린더링 처리 후 평량(TAPPI T 410), 두께(TAPPI T 411), 인장강도(TAPPI T 494), 압축강도(TAPPI T 826), 파열강도(TAPPI T 807), 회분함량(TAPPI T 244)을 각각 측정하였다.

Table 3.14. Pulp types and lists of measurement

	천연펄프	재생펄프
분석 지종	BKP, BCTMP	화이트레저(W/L), ONP, OCC
펄프 원료의 물성	여수도(CSF), 평균 섬유장, 섬유장 분포, 미세분함량, 회분함량, 섬유형태	
수초지의 물성	평량, 두께, 인장강도, 압축강도, 파열강도, 회분 함량	

다. 실험결과

(1) 펄프 원료의 기본 물성 측정 결과

깨끗한나라(주) 청원공장에서 사용하고 있는 BKP, BCTMP, W/L, ONP, OCC 펄프의 여수도 측정결과를 Fig. 3.136에 도시하였다. 천연펄프인 BKP와 BCTMP의 여수도가 높았고 재생펄프들은 상대적으로 낮은 여수도를 나타냈다. 평균 섬유장을 Fig. 3.137에 나타냈는데 W/L가 가장 낮은 평균 섬유장을 나타냈고 ONP와 OCC가 상대적으로 높은 평균 섬유장을 보여주었다. 평균 섬유장 결과에서 천연펄프가 ONP와 OCC보다 상대적으로 낮은 평균 섬유장 결과를 나타냈는데 Figs. 3.138-3.142에 도시한 섬유장 분포를 살펴보면 BKP와 BCTMP는 상대적으로 분포가 좁고 균일하게 나타냈으나 재생펄프인 W/L, ONP, OCC는 평균 섬유장보다 높은 섬유장을 가지는 섬유들이 혼합됨에 따라 평균 섬유장이 상대적으로 높은 값을 나타낸 것으로 판단되고 이는 펄프가 재생되는 과정에서 다른 섬유가 혼합됨에 기인하는 것으로 생각된다. 또한 일반적으로 200 mesh를 통과하는 75-76 μ m보다 작은 섬유를 의미하는 미세분 함량을 Fig. 3.143에 도시하였는데 BCTMP, W/L가 가장 높은 미세분 함량을 나타냈고 BKP가 가장 낮은 미세분 함량을 나타냈다. 회분함량을 살펴보면 Fig. 3.144에서 볼 수 있듯이 OCC가 가장 높은 회분함량을 나타내고 재생펄프, 천연펄프 순서로 회분함량을 나타냈다. 특히 OCC가 다른 재생펄프에 비해 4배 이상의 회분함량을 나타내는 것으로 볼 수 있는데 OCC가 다른 재생펄프에 비해 재활용 횟수가 높고 재활용 과정에서 충전제, 안료, 무기 이물질 등이 혼입되어 있기 때문으로 판단된다.

5종류의 섬유 형태를 Figs. 3.145-3.149에 도시하였는데 BCTMP는 기계펄프이기 때문에 표면에 미세피브릴이 많이 형성되어 있는 것을 볼 수 있었고, W/L, ONP, OCC는 재생펄프이기 때문에 재활용 공정에서 여러 섬유가 혼합되어 있는 것을 볼 수 있었다.

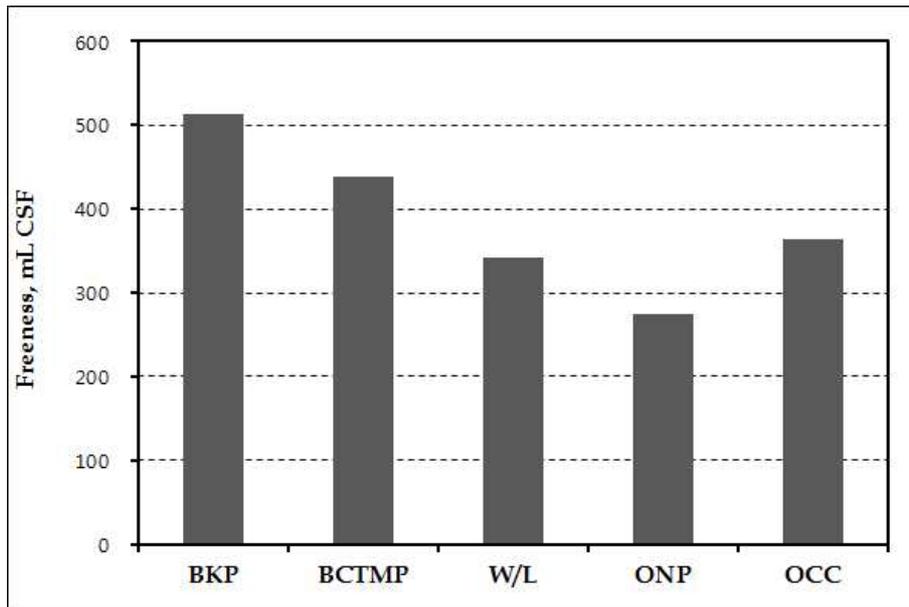


Fig. 3.136. Freeness of commercial pulps.

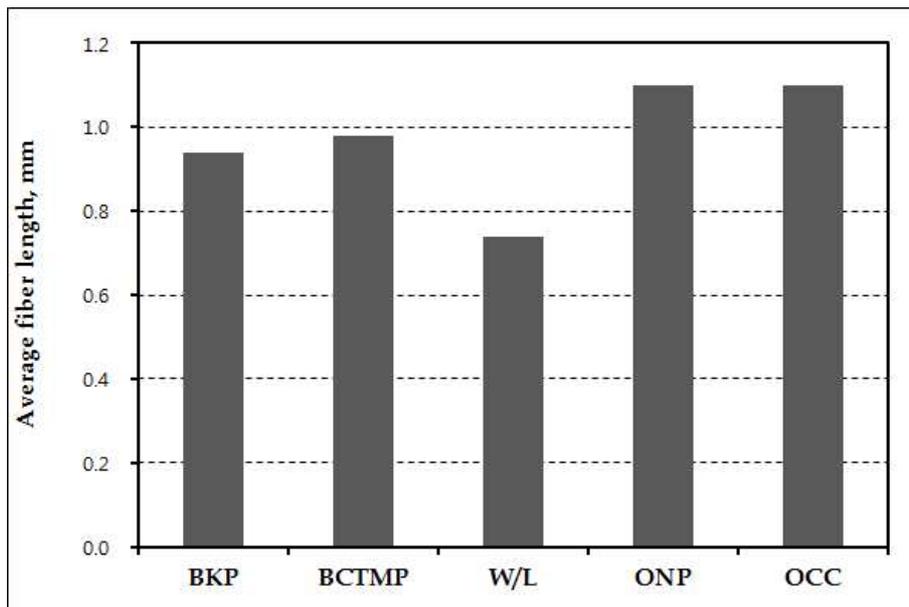


Fig. 3.137. Average fiber length of commercial pulps

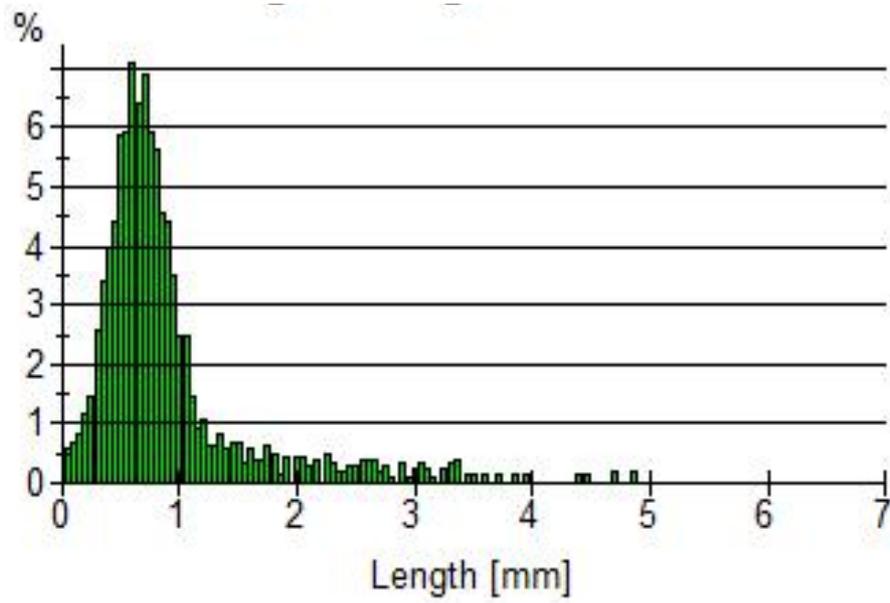


Fig. 3.138. Fiber length distribution of BKP.

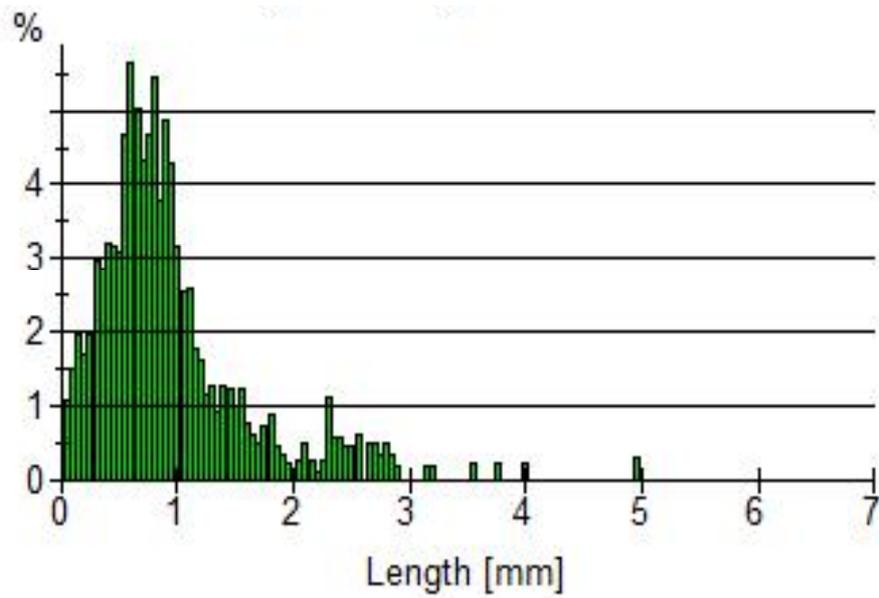


Fig. 3.139. Fiber length distribution of BCTMP.

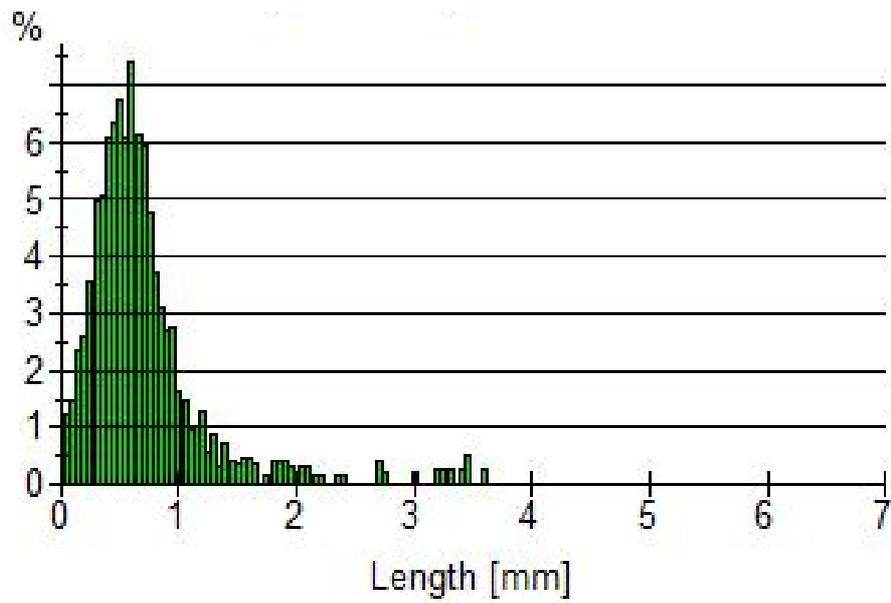


Fig. 3.140. Fiber length distribution of white ledger.

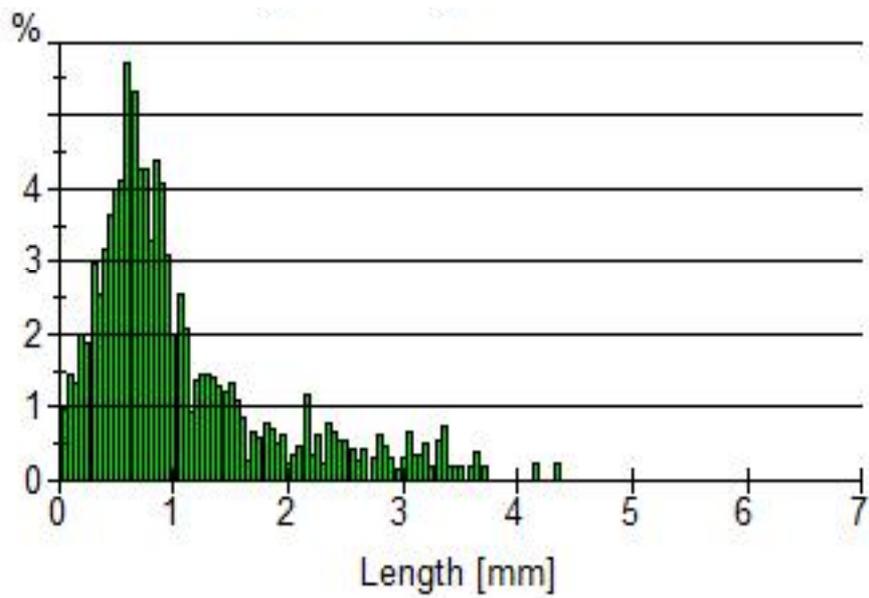


Fig. 3.141. Fiber length distribution of ONP.

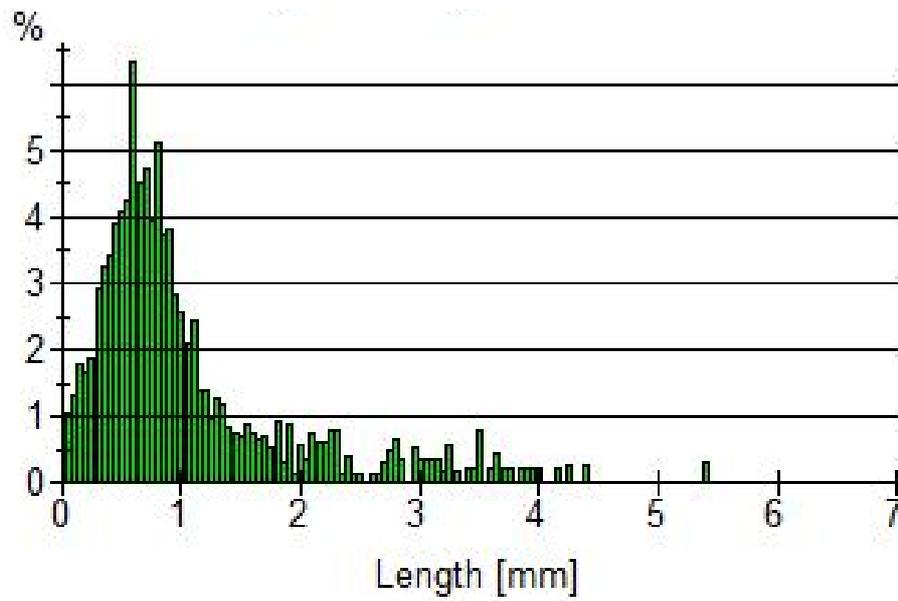


Fig. 3.142. Fiber length distribution of OCC,

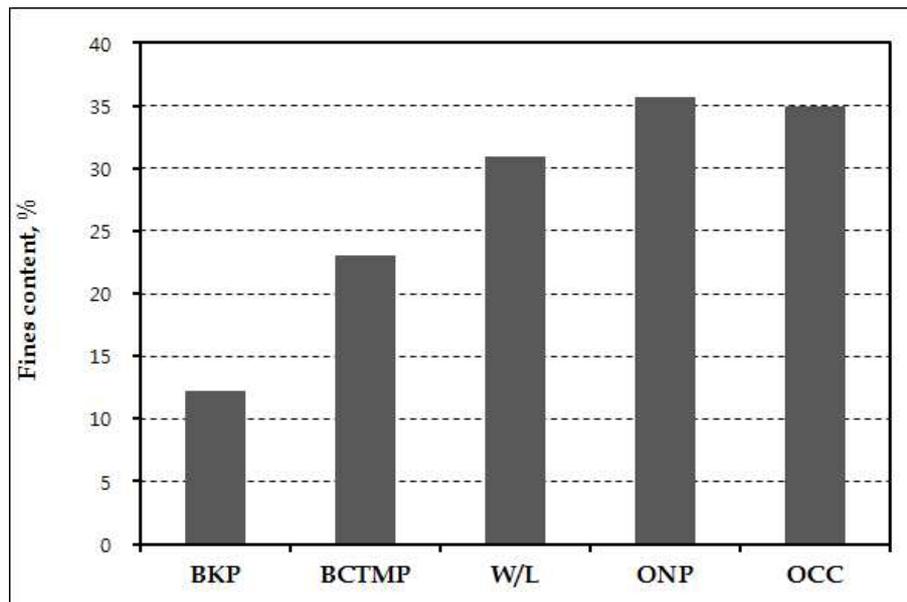


Fig. 3.143. Fines content of commercial pulps.

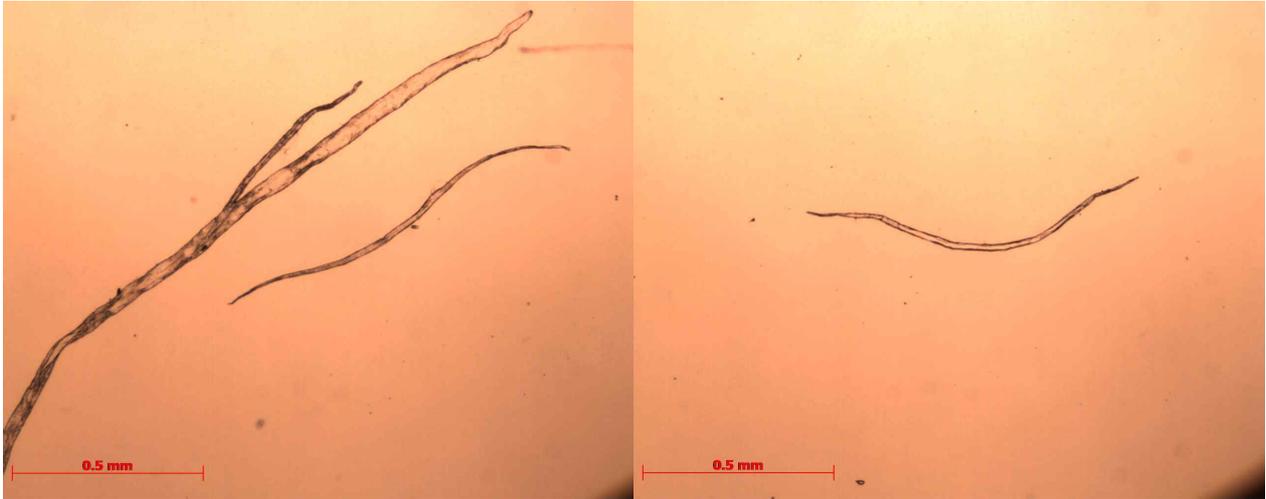


Fig. 3.144. Micrographs of BKP.

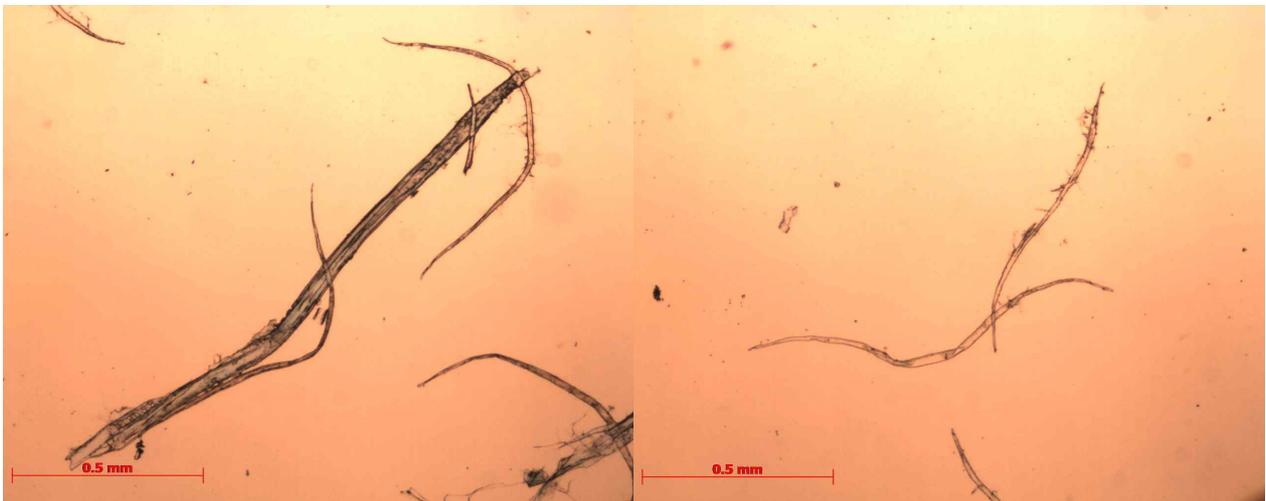


Fig. 3.145. Micrographs of BCTMP.



Fig. 3.146. Micrographs of white ledger.

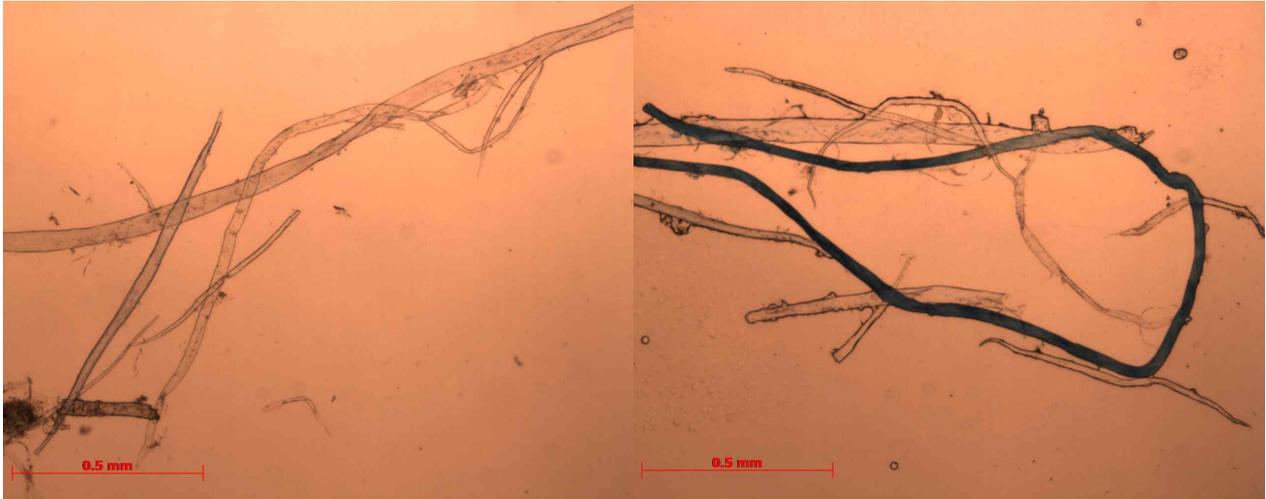


Fig. 3.147. Micrographs of ONP.

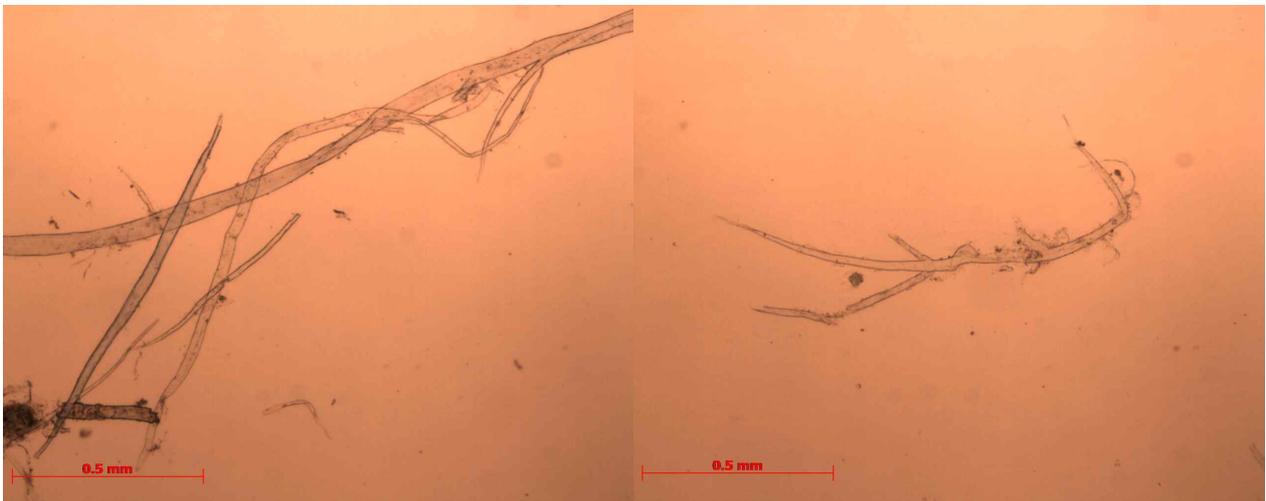


Fig. 3.148. Micrographs of OCC.

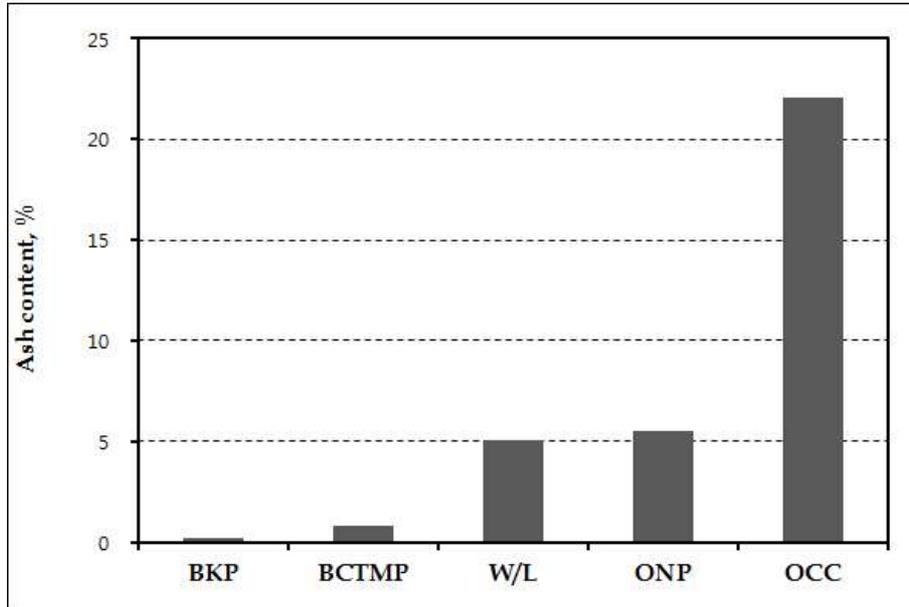


Fig. 3.149. Ash content of commercial pulps.

(2) 펄프 원료로 제조된 수초지의 물리적·강도적 특성 측정 결과

천연펄프와 재생펄프 5종을 이용하여 평량 100 g/m²의 수초지를 제조하였고 수초지의 벌크와 강도를 측정하였다. Fig. 3.150에서는 수초지의 벌크를 나타냈는데 BCTMP가 가장 높은 벌크를 나타냈고 BKP가 두 번째로 높은 벌크를 보여주었다. 재생펄프는 천연펄프에 비해 낮은 벌크를 나타냈는데 각 종류별로는 큰 차이를 보여주지 않았다. Fig. 3.151에 도시한 인장강도를 살펴보면 BCTMP와 W/L가 상대적으로 높은 인장강도를 나타냈고 OCC가 가장 낮은 인장강도를 보여주었고 Fig. 3.152에 나타난 압축강도는 인장강도와 유사한 경향을 나타냈다. Fig. 3.153에서 볼 수 있듯이 파열강도는 BKP가 가장 높은 측정값을 나타냈고 ONP, W/L, BCTMP, OCC 순서로 파열강도가 감소함을 확인할 수 있었다. OCC가 가장 낮은 벌크와 강도적 특성을 나타내는 것은 앞선 펄프원료의 물성 중 회분함량이 OCC가 다른 펄프원료에 월등히 높기 때문이라고 판단된다.

수초지의 물성 측정결과 OCC가 가장 낮은 벌크와 강도적 특성을 나타내는 것으로 볼 때 백판지의 벌크와 강도를 향상시키기 위해서는 신규 원료가 OCC를 대체하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

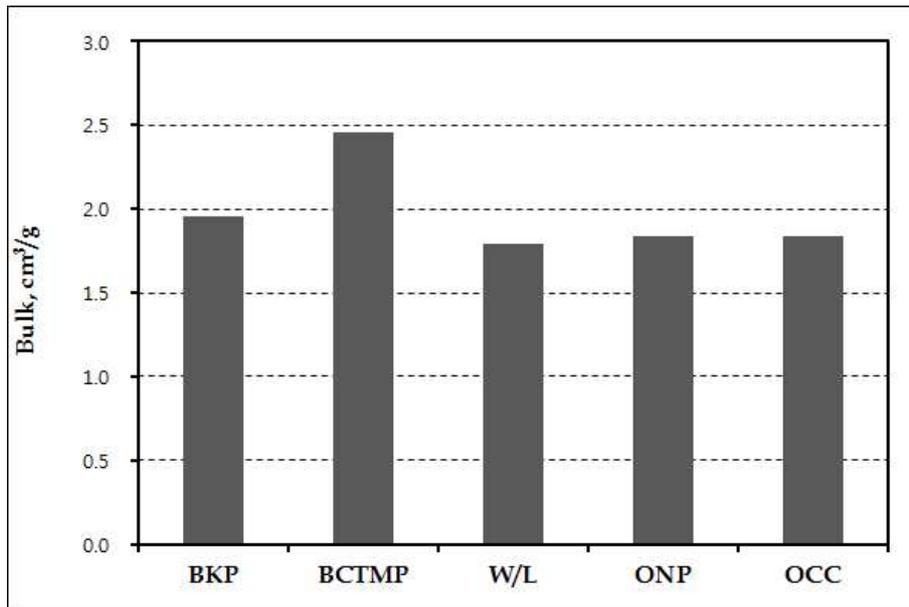


Fig. 3.150. Bulk of handsheets made of commercial pulps.

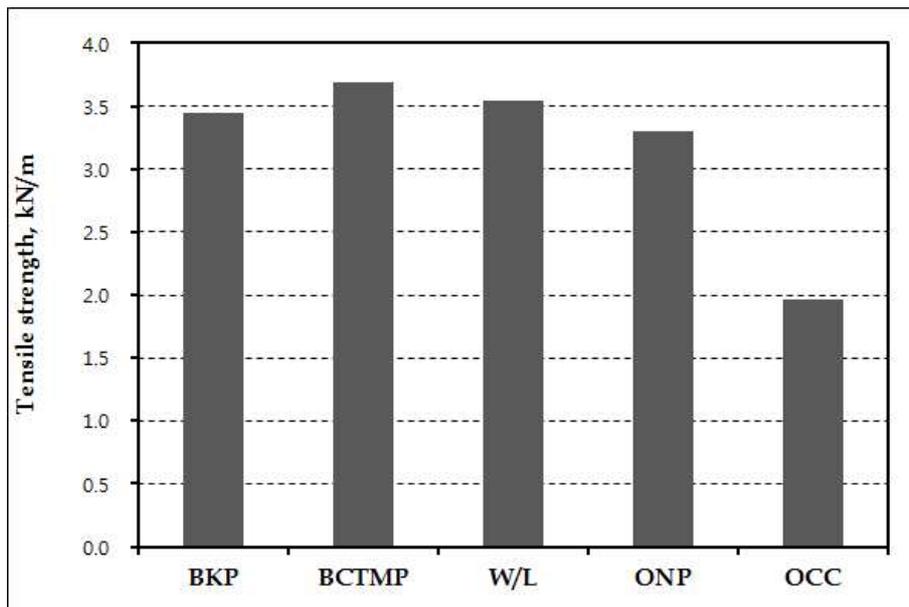


Fig. 3.151. Tensile strength of handsheets made of commercial pulps.

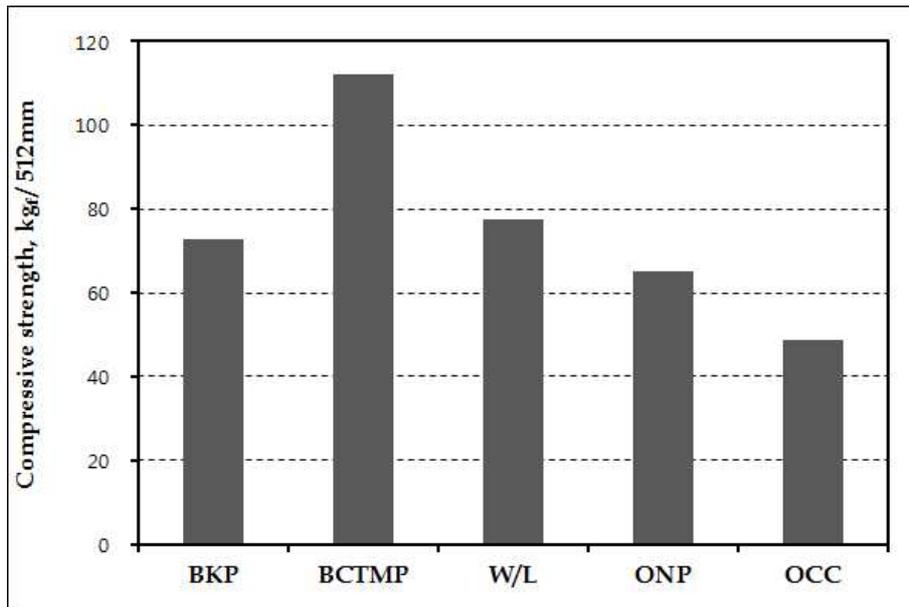


Fig. 3.152. Compressive strength of handsheets made of commercial pulps.

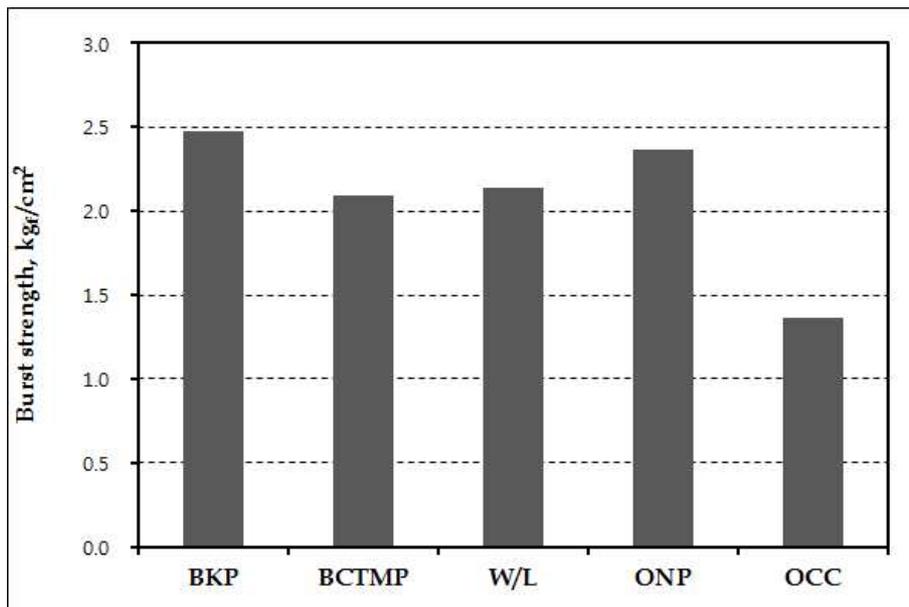


Fig. 3.153. Burst strength of handsheets made of commercial pulps.

라. 결 론

- (1) 깨끗한나라(주) 청원공장에서 BKP, BCTMP, W/L, ONP, OCC 수집 후 펄프원료의 기본 물성과 수초지의 물리적·강도적 측정 진행
- (2) 펄프원료의 여수도 : BKP > BCTMP > OCC > W/L > ONP
- (3) 펄프원료의 평균 섬유장 : ONP = OCC > BCTMP > BKP > W/L
- (4) 펄프원료의 미세분 함량 : BCTMP > W/L > OCC > ONP > BKP
- (5) 펄프원료의 회분함량 : ONP > OCC > W/L > BCTMP > BKP
- (6) 수초지의 벌크 : BCTMP > BKP > OCC ≥ ONP ≥ W/L
- (7) 수초지의 인장강도 : BCTMP > W/L > BKP > ONP > OCC
- (8) 수초지의 압축강도 : BCTMP > W/L > BKP > ONP > OCC
- (9) 수초지의 파열강도 : BKP > ONP > W/L > BCTMP > OCC
- (10) OCC는 회분함량과 미세분 함량이 높기 때문에 백판지의 벌크와 강도적 특성에 가장 악영향을 많이 주기 때문에 신규 원료(유기충전제)가 OCC를 대체하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단됨.

2. 부착량 변화에 따른 백판지의 주요 물성변화 파악

가. 연구목적

깨끗한나라(주) 청원공장에서 생산되는 백판지는 코팅층 포함해서 표면, 표이면, 심면, 후면으로 구성된다. 표면에는 천연펄프가 사용되고 나머지 층에는 재생펄프가 사용된다. 백판지 공정에서 신규 원료인 유기충전제가 효과적으로 활용되기 위해서는 유기충전제가 투입되었을 때 백판지의 품질과 생산공정의 효율성을 극대화할 수 있는 조건에서 사용되어야 하기 때문에 어떤 층의 지료에 유기충전제를 활용해야 할지를 결정하여야 한다. 이를 위해 유기충전제의 투입 위치를 결정하는 기준을 마련했고 다음과 같다.

- 1) 유기충전제가 투입되었을 때 백판지의 외관에 영향이 없어야 함.
- 2) 유기충전제가 투입되는 최종제품의 물성은 기존 제품 물성과 동등수준이상이어야 함.
- 3) 유기충전제가 투입되어야 할 층은 부착량을 조절할 수 있는 범위가 충분히 넓고 부착량의 변화에 따른 최종제품 물성변화가 크지 않아야 함.

본 연구에서는 이러한 기준을 충족시키는 백판지 층을 선정하기 위해 깨끗한나라(주) 청원공장에서 현장테스트를 통해 백판지 각 층의 부착량을 변화시키면서 최종 제품의 주요 물성변화를 관찰하였다. 이를 통해 스펙이 충족되는 백판지 제품의 부착량과 주요 물성 변화를 파악하여 신규 원료 적용에 가장 효과적이면서 부착량을 절감할 수 있는 백판지 층을 선정하고자 하였다.

나. 실험방법

(1) 현장테스트 지종 선정

일반적으로 백판지는 평량과 사용되는 원료의 종류에 따라 여러 등급으로 구별된다. 본 연구에서는 우선적으로 깨끗한나라(주)에서 생산하는 대표 지종인 SC 350 g/m²을 선정하였다. 그리고 350 g/m²을 기준으로 저평량 지종의 모델로 ACB 220 g/m², 고평량 지종의 모델로 SC 450 g/m²을 선정하였다.

(2) 부착량과 주요 물성 데이터 수집 및 분석 방법

일반적으로 제지공장에서는 거의 모든 지종을 한 달에 한 번씩 생산하게 된다. 본 연구에서 사용되는 모델 지종의 경우에도 매달 주문량만큼 생산하기 때문에 1차년도에서는 3달 (2013년 3, 5, 9월) 동안 동일 지종의 제품이 생산될 때 현장테스트를 진행하였고 생산된 제품의 부착량과 주요 물성은 깨끗한나라(주) 청원공장의 품질관리실에서 측정하였다. 부착량 조절은 생산되는 제품의 품질이 스펙이 충분히 포함될 수 있는 수준으로 진행하였다. 수집된 주요 물성은 벌크, 백색도, 거칠음도, 내절도, 스티프니스로 하였고 이들 변화에 따른 부착량 변화 범위를 파악하고자 하였다.

깨끗한나라(주)에서 생산되는 백판지는 여러 층으로 구성되어 있지만 유기충전제의 색상이 갈색에 가깝기 때문에 백판지의 표면과 후면에는 사용이 불가능하다. 또한 앞선 펄프 종류별 물성 측정결과 OCC, 화이트레저가 가장 낮은 벌크와 강도적 특성을 나타냈다. 따라서 데이터 분석에서는 OCC가 사용되는 심면과 화이트레저가 사용되는 이면의 데이터를 분석하였다.

Table. 3.15. Paper grades for the analysis of physical properties

	저평량	중평량	고평량
분석 지종	ACB 220 g/m ²	SC 350 g/m ²	SC 450 g/m ²
주요 물성	벌크, 백색도, 거칠음도, 내절도(MD, CD방향), 스티프니스(MD, CD방향)		

다. 실험결과

(1) SC 350 g/m² 지종의 부착량 및 주요 물성 변화 측정결과

깨끗한나라(주) 청원공장의 대표지종인 SC 350 g/m²의 부착량과 주요 물성의 상관관계 결과를 Figs. 3.154-3.160에 도시하였다. 벌크와 심면, 이면의 부착량의 상관관계를 살펴보면 벌크가 1.00-1.31 cm³/g로 변화할 때 심면의 부착량은 207.9-299.1 g/m²으로 이면 65.0-74.9 g/m²에 비해 더 넓은 범위를 나타냈다. 심면과 이면의 동일한 부착량 변화의 범위 내에서 백색도는 75.5-82.1% 수준을 나타냈으며 표면 PPS 1.0-3.5 μm, MD방향 내절도 3-45회, CD 방향 내절도 3-18회, MD방향 스티프니스 160-280 mN, CD방향 스티프니스 55-110 mN을 나타냈다.

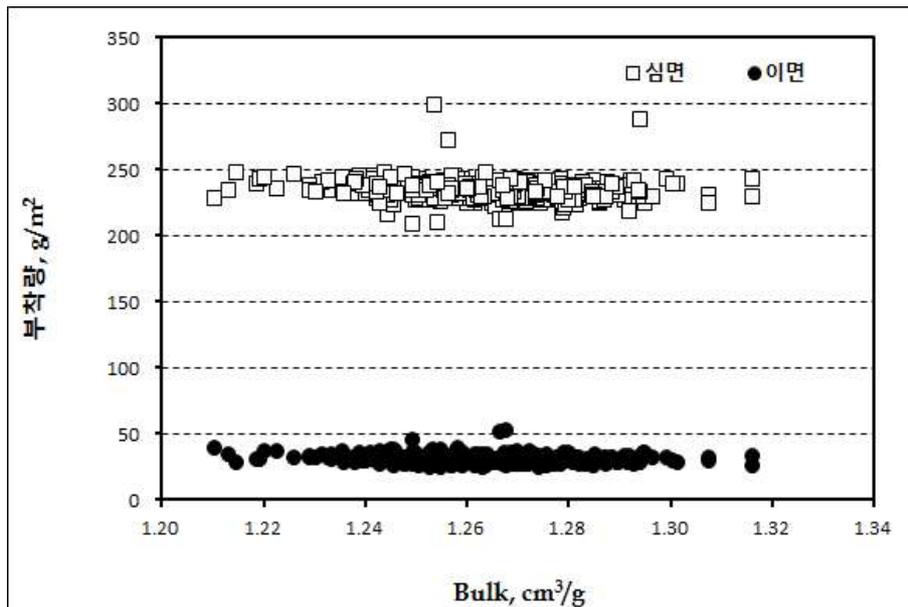


Fig. 3.154. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of SC 350 g/m².

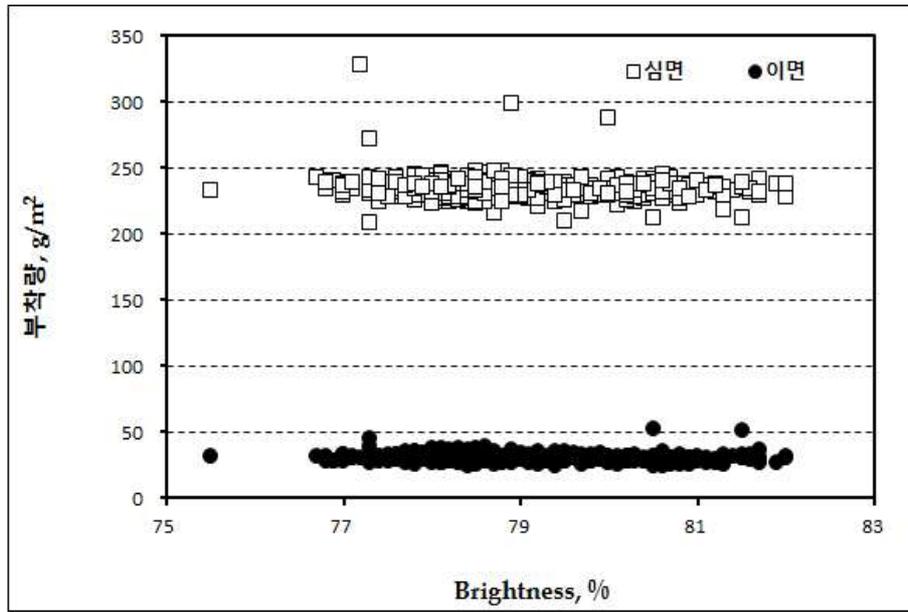


Fig. 3.155. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of SC 350 g/m^2 .

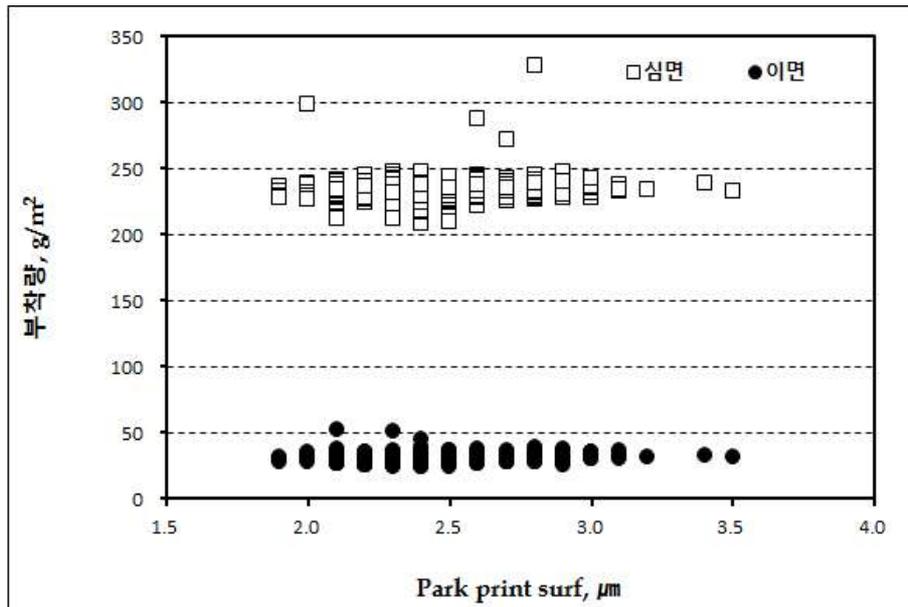


Fig. 3.156. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of SC 350 g/m^2 .

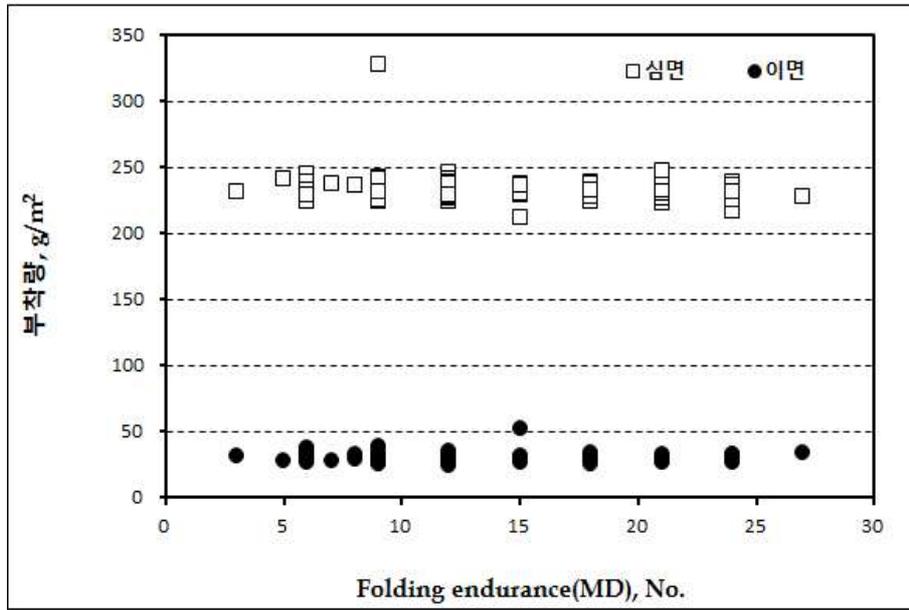


Fig. 3.157. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of SC 350 g/m².

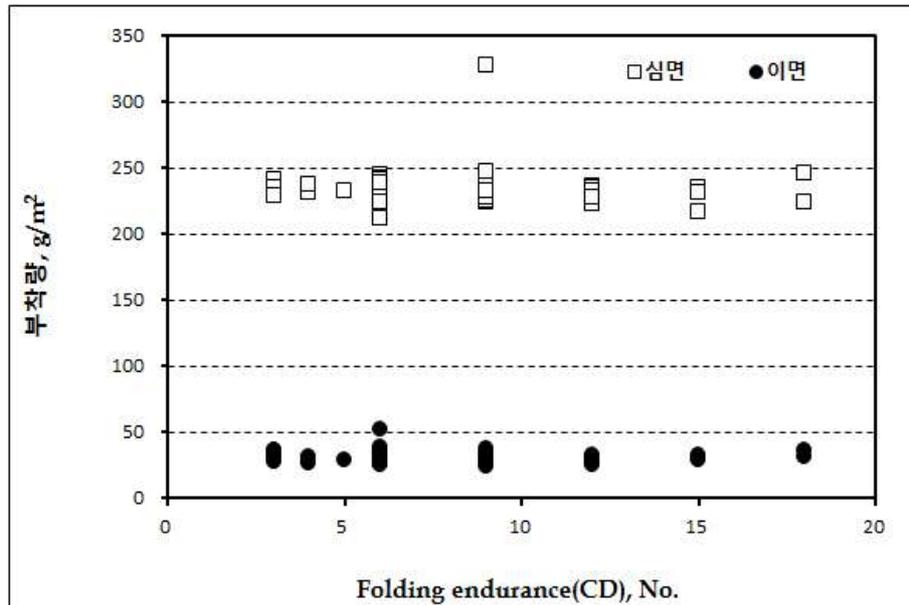


Fig. 3.158. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of SC 350 g/m².

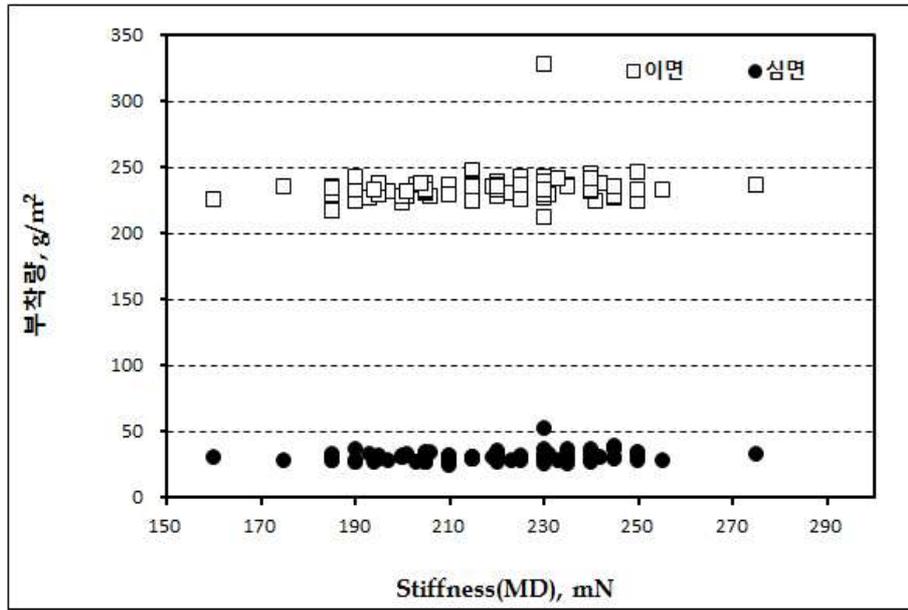


Fig. 3.159. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of SC 350 g/m².

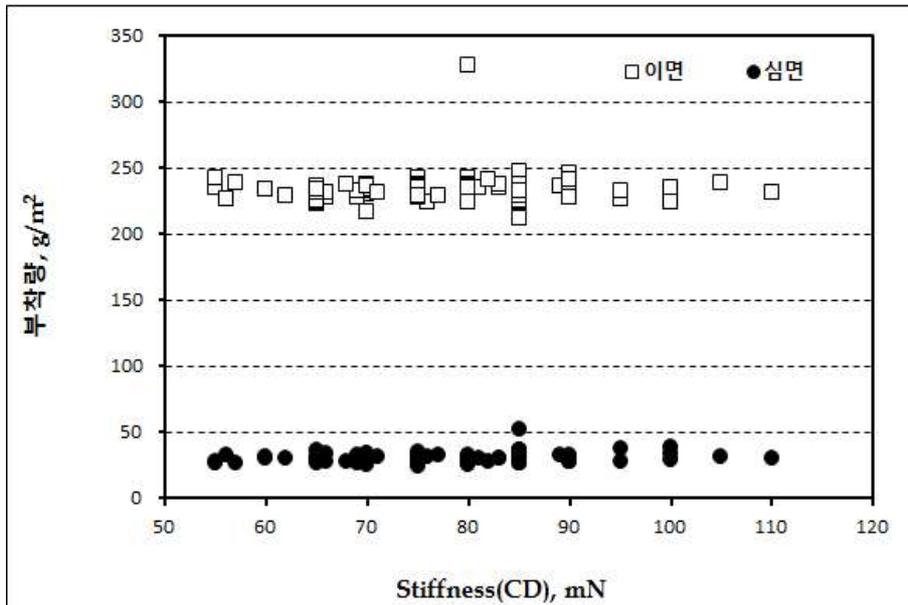


Fig. 3.160. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (CD) of SC 350 g/m².

(2) 저평량과 고평량 지종의 부착량 및 주요 물성 변화 측정결과

저평량 지종인 ACB 220 g/m^2 의 부착량을 변화하였을 때 주요 물성변화를 Figs. 3.161-3.167에 도시하였다. 심면 부착량을 106.7-159.0 g/m^2 , 이면 부착량을 27.0-35.5 g/m^2 으로 조절함에 따라 벌크는 1.12-1.21 cm^3/g , 백색도는 76.0-80.8%, 표면 PPS는 1.5-2.5 μm , MD방향 내절도 12-72회, CD 방향 내절도 15-45회, MD방향 스티프니스 25-56 mN, CD방향 스티프니스 12-36 mN을 나타냈다.

고평량 지종인 SC 450 g/m^2 의 부착량을 변화시켰을 때 주요 물성변화를 Figs. 3.168-3.174에 나타냈다. 벌크와 심면, 이면의 부착량의 상관관계를 살펴보면 벌크가 1.03-1.30 cm^3/g 로 변화할 때 심면의 부착량은 273.5-396.4 g/m^2 으로 이면 28.1-44.4 g/m^2 에 비해 더 넓은 범위를 나타냈다. 심면과 이면의 동일한 부착량 변화의 범위 내에서 백색도는 75.2-82.3% 수준을 나타냈으며 표면 PPS 1.8-3.5 μm , MD방향 내절도 4-30회, CD 방향 내절도 3-18회, MD방향 스티프니스 335-500 mN, CD방향 스티프니스 110-170 mN을 나타냈다.

전반적으로 심면과 이면을 비교했을 때 심면의 부착량 변화가 이면의 부착량에 비해 더 높게 나타났고 최종 제품인 백판지의 물성에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 백판지의 평량이 증가할수록 심면의 부착량이 증가하고 그 변화폭도 넓어지는 경향을 보여주었는데 이는 백판지의 평량이 높을수록 신규 원료에 의해 부착량을 절감할 수 있는 폭이 넓어짐을 나타내는 것으로 판단된다.

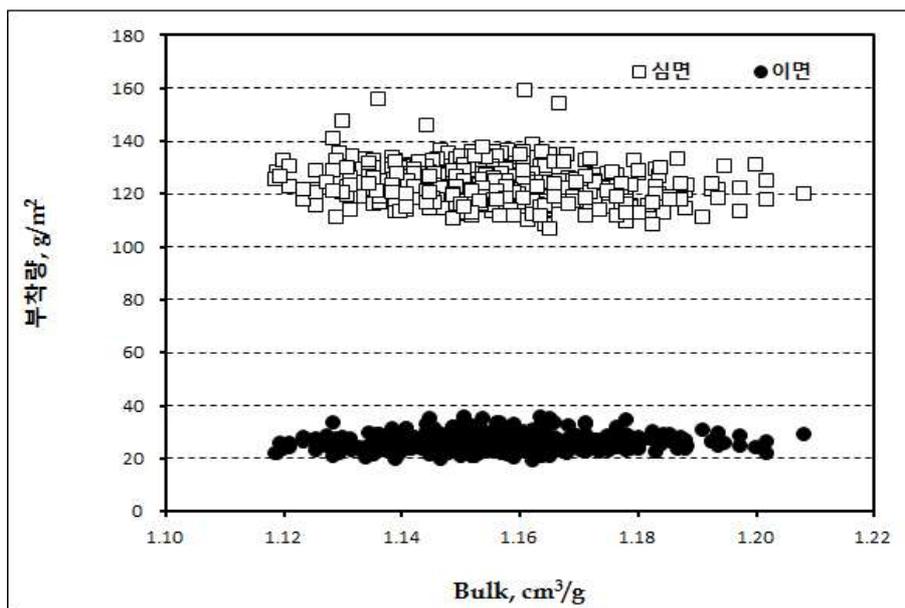


Fig. 3.161. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of ACB 220 g/m^2 .

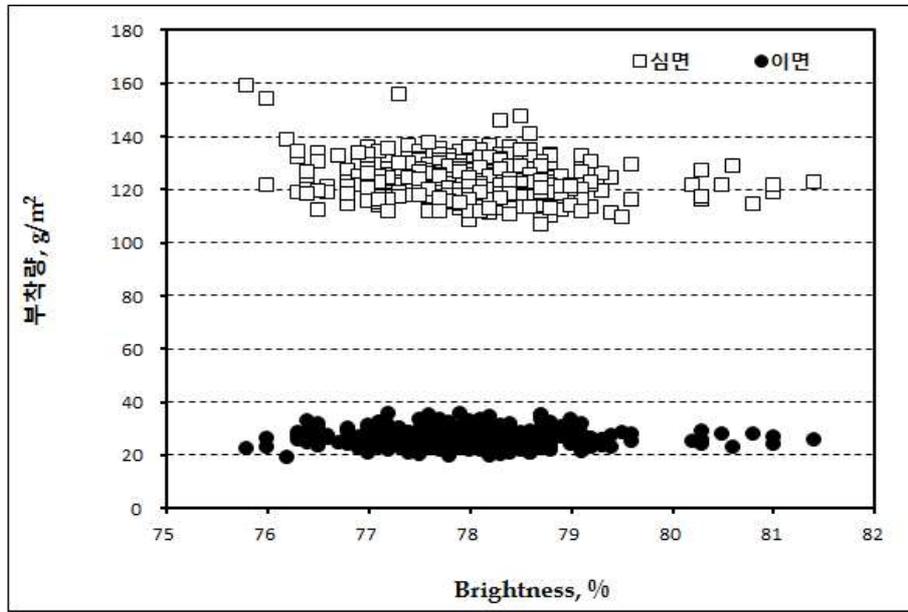


Fig. 3.162. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of ACB 220 g/m².

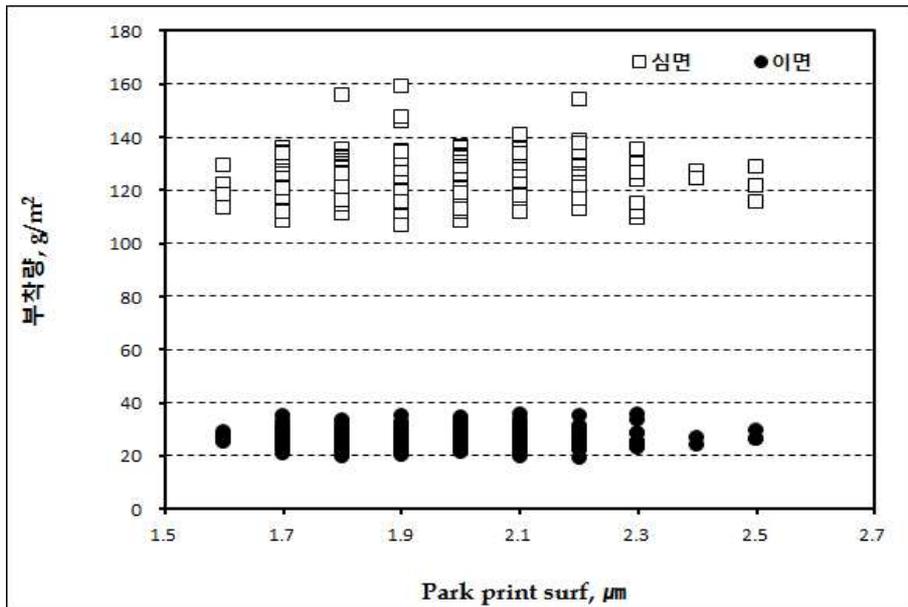


Fig. 3.163. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of ACB 220 g/m².

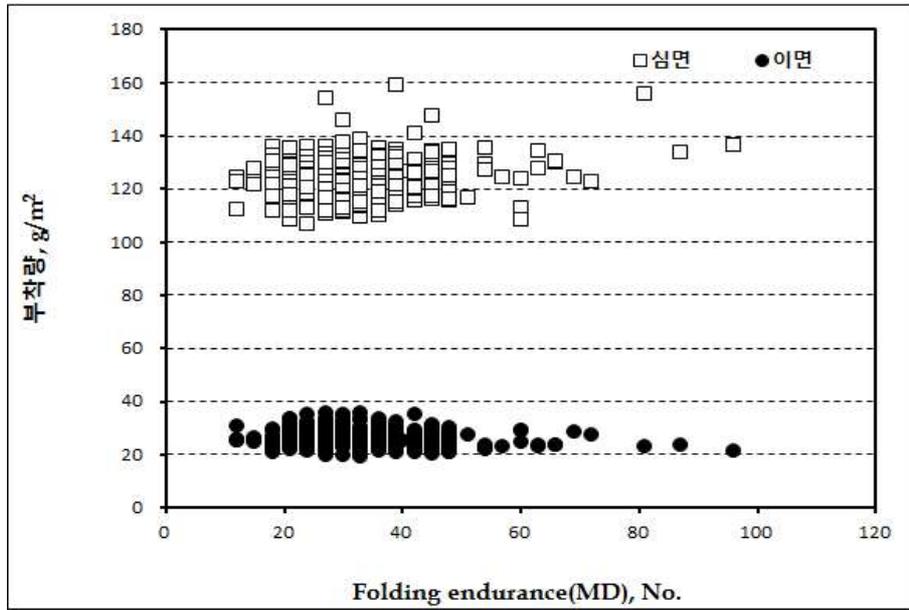


Fig. 3.164. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of ACB 220 g/m².

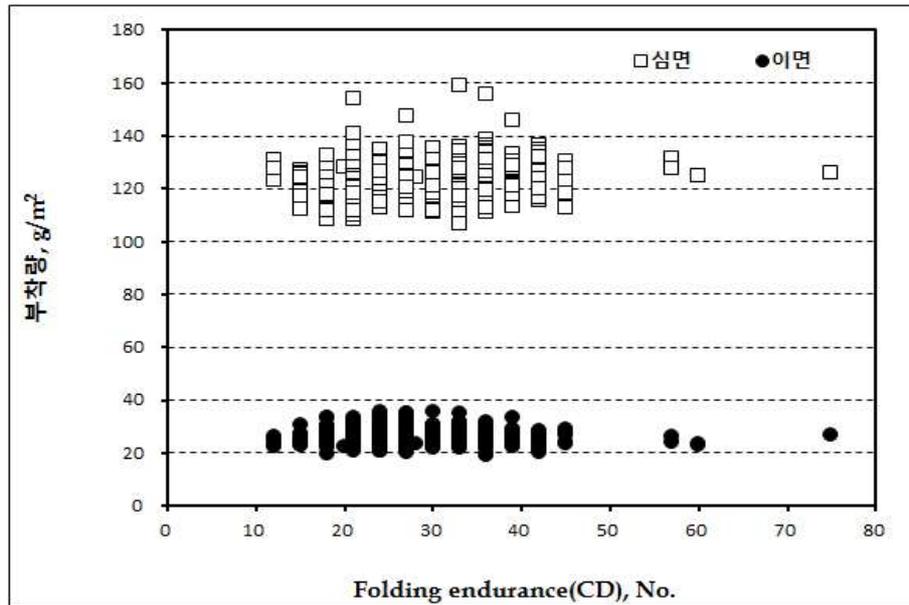


Fig. 3.165. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of ACB 220 g/m².

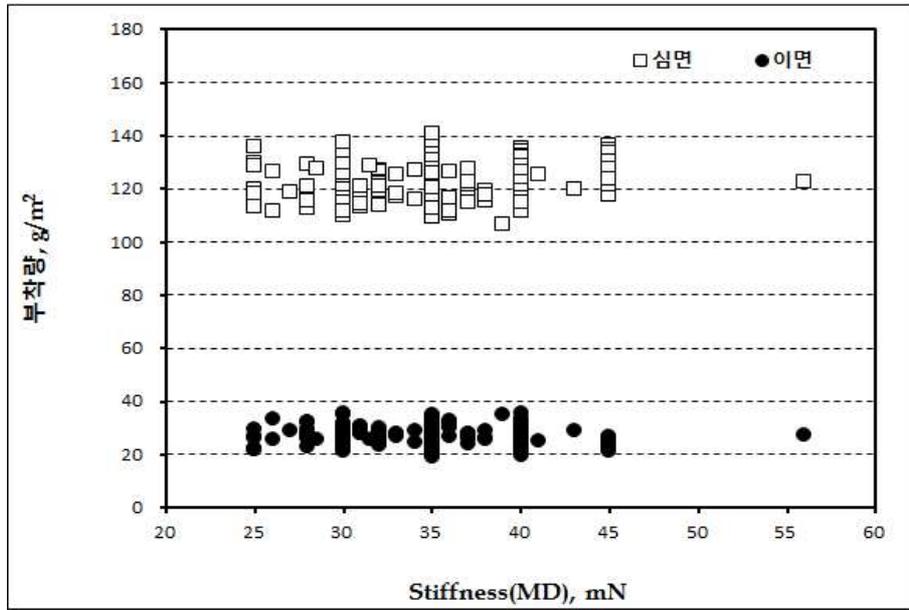


Fig. 3.166. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of ACB 220 g/m².

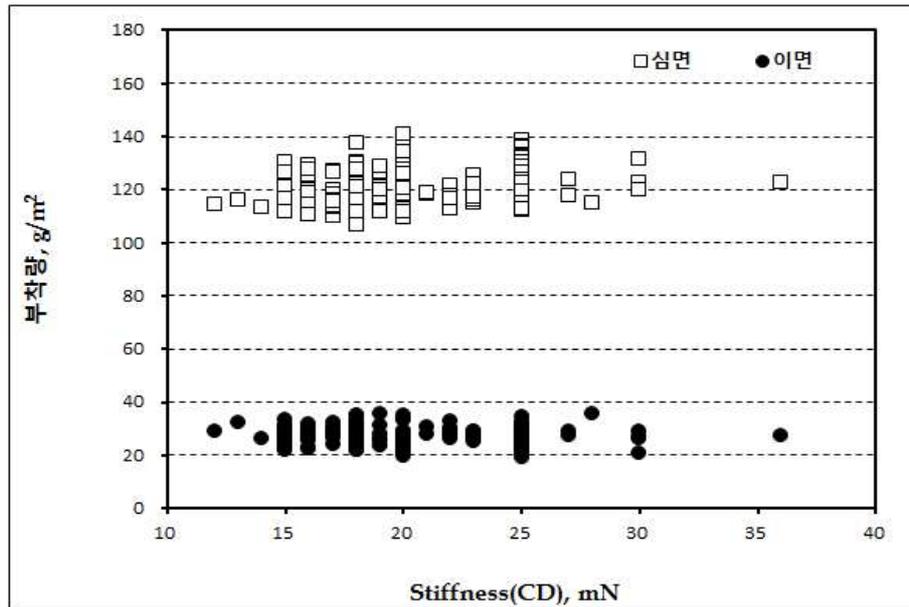


Fig. 3.167. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of ACB 220 g/m².

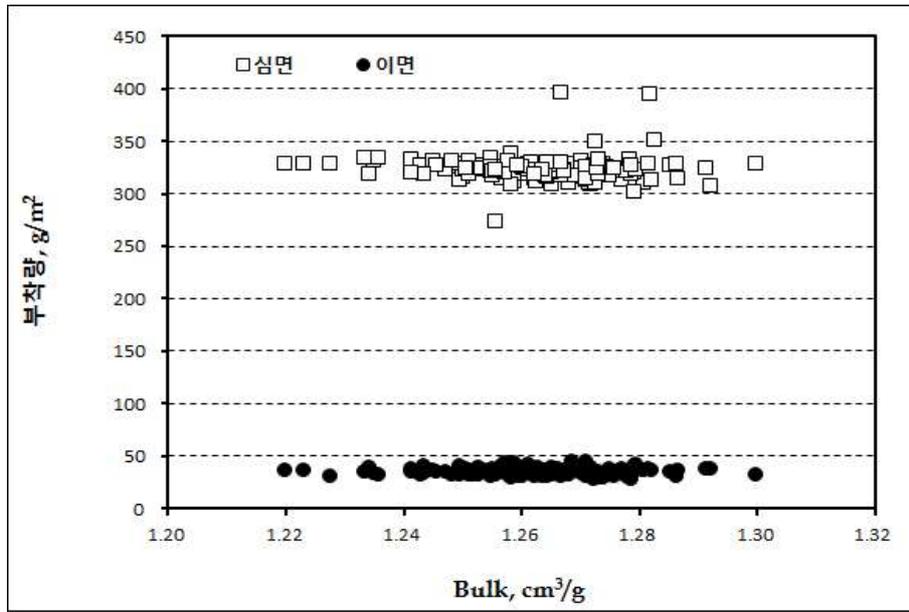


Fig. 3.168. Basis weights of top and bottom layers as a function of the bulk of SC 450 g/m².

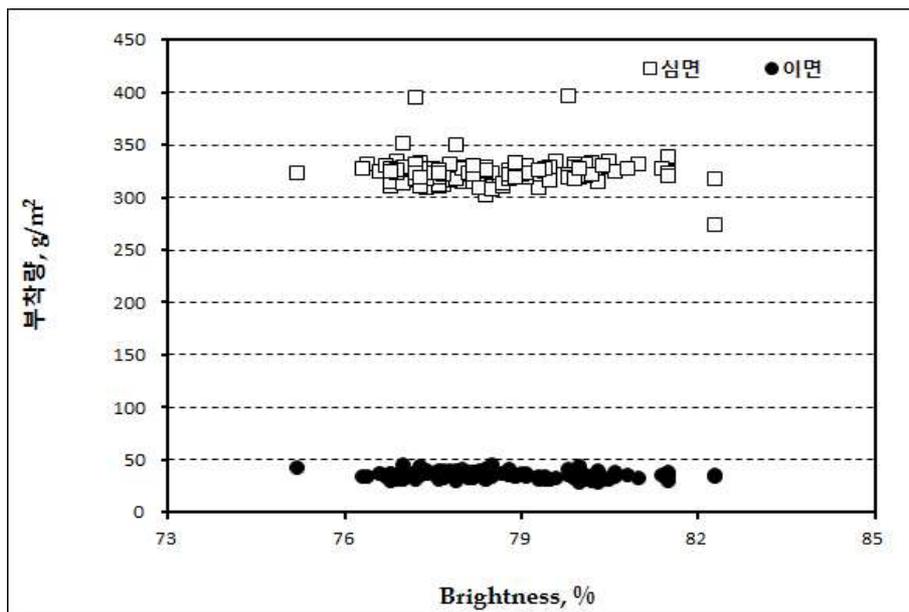


Fig. 3.169. Basis weights of top and bottom layers as a function of the brightness of SC 450 g/m².

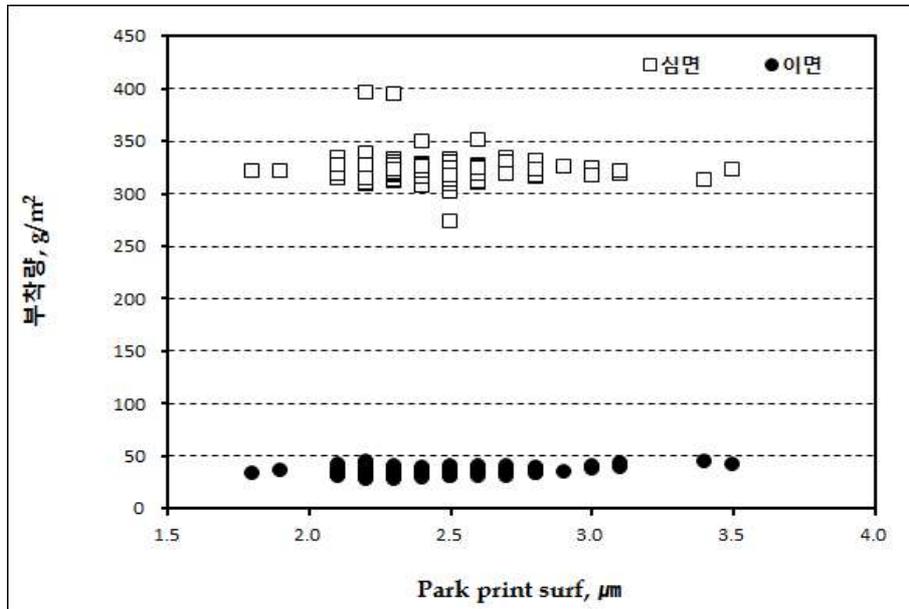


Fig. 3.170. Basis weights of top and bottom layers as a function of the Park print surf of SC 450 g/m².

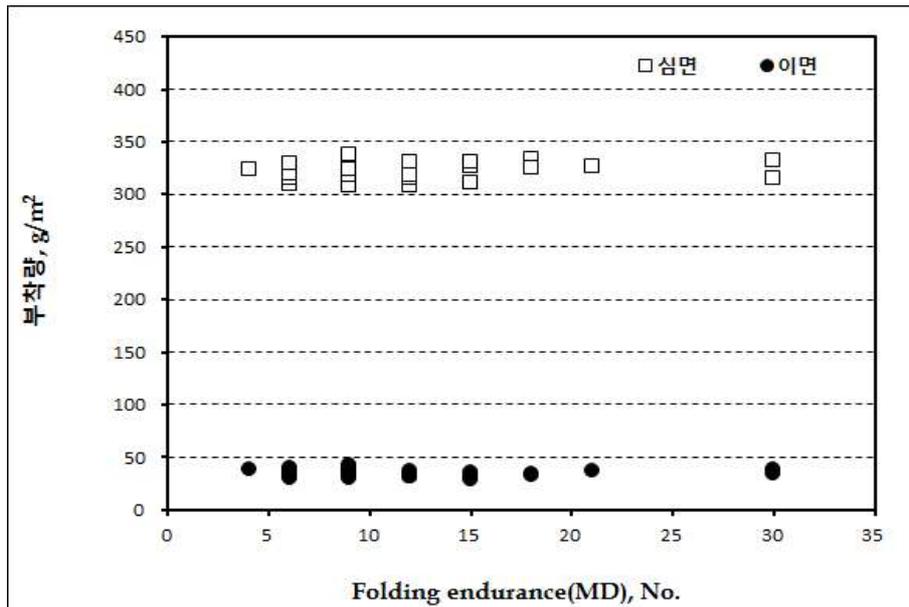


Fig. 3.171. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (MD) of SC 450 g/m².

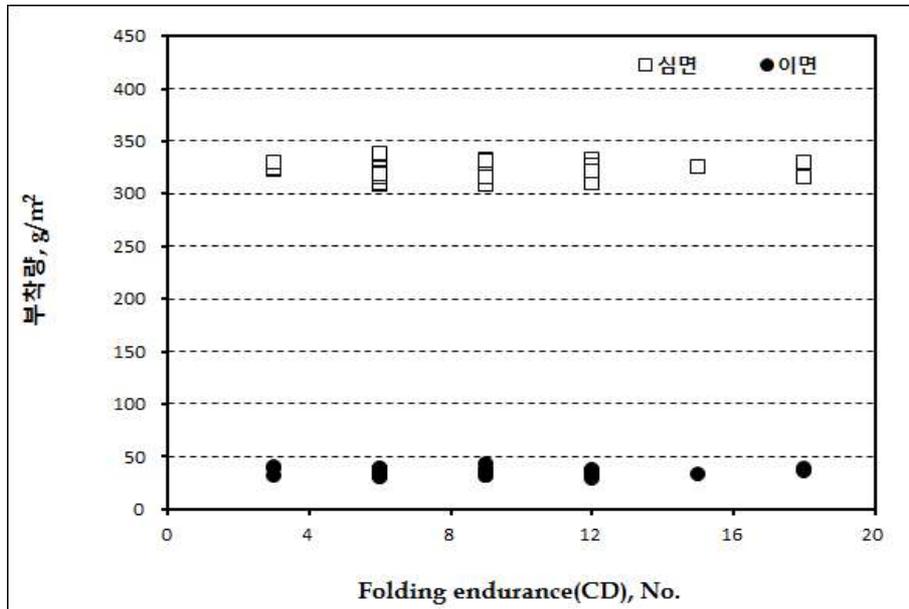


Fig. 3.172. Basis weights of top and bottom layers as a function of the folding endurance (CD) of SC 450 g/m².

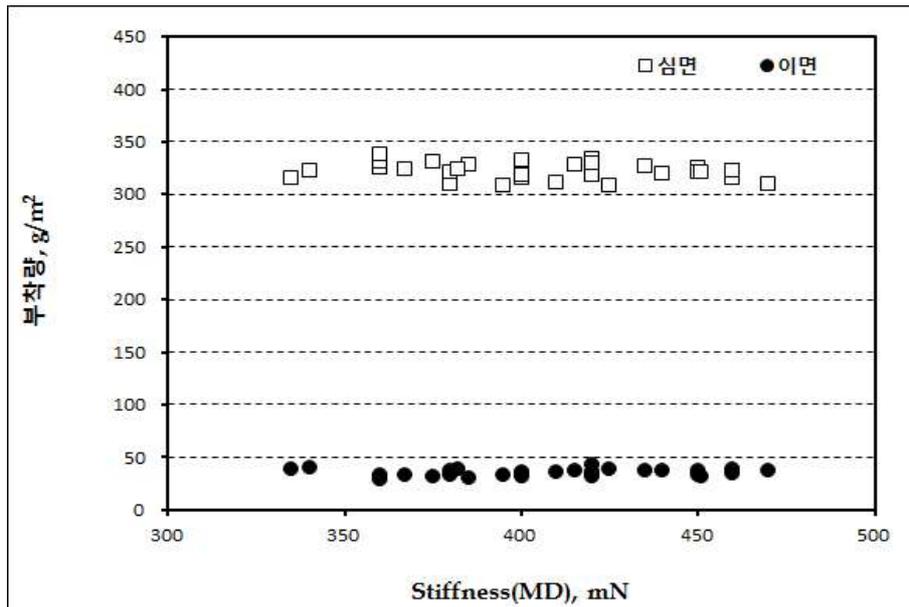


Fig. 3.173. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (MD) of SC 450 g/m².

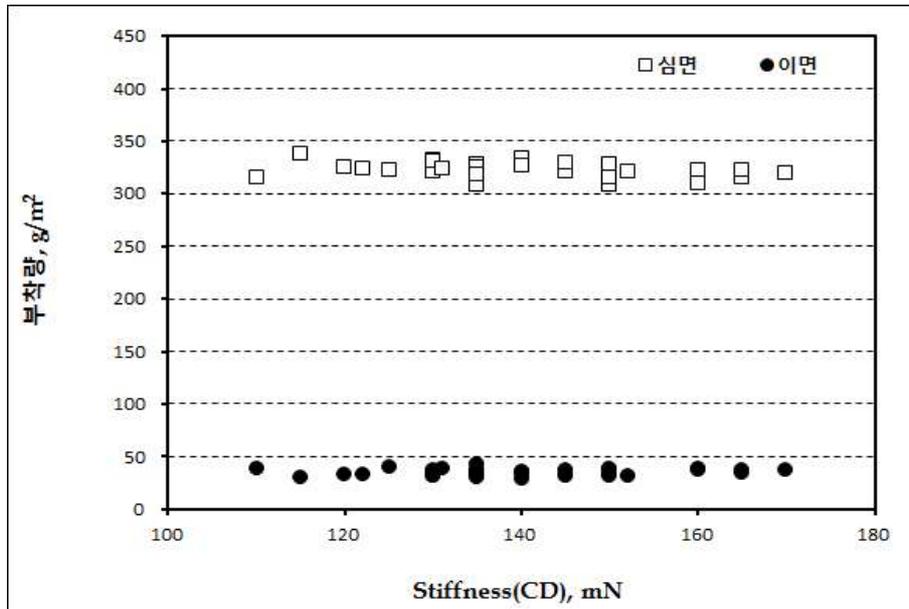


Fig. 3.174. Basis weights of top and bottom layers as a function of the stiffness (CD) of SC 450 g/m².

라. 결론

(1) 신규 원료 적용 위치 선정 기준

- 유기충전제가 투입되었을 때 백판지의 외관에 영향이 없어야 함.
- 유기충전제가 투입되는 최종제품의 물성은 기존 제품 물성과 동등수준이상이어야 함.
- 유기충전제가 투입되어야 할 층은 부착량을 조절할 수 있는 범위가 충분히 넓고 부착량의 변화에 따른 최종제품 물성변화가 크지 않아야 함.

(2) 전반적으로 심면과 이면을 비교했을 때 심면의 부착량 변화가 이면의 부착량에 비해 더 높게 나뉘기 때문에 신규 원료 적용시 부착량을 더 많이 줄일 수 있는 것과 동시에 최종 제품의 품질에는 큰 영향을 미치지 않음. 따라서 OCC가 주원료인 심면층에 신규 원료 적용이 가장 적합한 것으로 판단됨.

(3) 부착량과 주요 물성변화

주요 물성		ACB 220 g/m ²		SC 350 g/m ²		SC 450 g/m ²	
		심면	이면	심면	이면	심면	이면
부착량 (g/m ²)	최소-최대	65.4 - 79.0	27.0 - 35.5	207.9 - 299.1	65.0 - 74.9	273.5 - 396.4	28.1 - 44.4
	△	13.4	8.5	91.2	9.9	122.9	16.3
벌크 (cm ³ /g)	최소-최대	1.12 - 1.21		1.00 - 1.31		1.03 - 1.30	
백색도 (%)	최소-최대	76.0 - 80.8		75.5 - 82.1		75.2 - 82.3	
Park Print Surf (μm)	최소-최대	1.5 - 2.5		1.0 - 3.5		1.8 - 3.5	
MD 내절도 (회)	최소-최대	12 - 72		3 - 45		4 - 30	
CD 내절도 (회)	최소-최대	15 - 45		3 - 18		3 - 18	
MD 스티프니스 (mN)	최소-최대	25 - 56		160 - 280		335 - 500	
CD 스티프니스 (mN)	최소-최대	12 - 36		55 - 110		110 - 170	

2. 농업부산물을 이용한 백판지용 원료 선정 및 시제품 생산

가. 연구목적

1절에서는 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 이용하여 백판지용 유기충전제와 비목질계 크라프트 화학펄프를 제조하였고 물리적·화학적 특성을 분석하였으며 이들의 적용 효과를 실험실적으로 평가하였다. 농업부산물을 이용하여 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조할 수 있고 그 기능성에 대한 가능성을 확인하였다. 그러나 본 과제에서 발굴한 모든 농업부산물을 이용하여 유기충전제와 크라프트 펄프를 모두 제조하고 현장에 바로 적용하기는 불가능하다. 따라서 실험실에서 평가된 기능성과 실제 적용 가능성 분석을 실시하여 참여기업인 깨끗한나라에 현장 적용이 가능한 농업부산물로 제조된 백판지용 원료를 선정하고자 하였다. 또한 선정된 백판지용 원료를 생산할 수 있는 생산업체를 발굴하고 시제품을 생산하고자 하였다.

나. 연구방법

(1) 기능성 백판지 원료로 적합한 농업부산물 선정 방법

본 연구에서는 과제를 통해 도출한 왕겨, 땅콩박, 마늘대 중에서 어떤 농업부산물이 제지용 원료로 적합한지를 기능성을 기준으로 평가·선정하였다. 평가항목으로는 농업부산물의 발생량과 수집용이성, 유기충전제에 의한 벌크 상승, 강도, 건조에너지 절감, 크라프트 화학펄프에 의한 벌크 상승, 강도로 선정하였다. 발생량과 수집용이성은 통계자료와 여러 문헌을 통해 평가하였고 유기충전제와 크라프트 화학펄프의 기능성은 앞선 실험결과를 토대로 평가하였다. 평가 방법은 평가항목별로 3종류의 농업부산물의 순위를 매긴 후 그 총합을 구하여 총합이 가장 낮은 것을 백판지용 원료로 선정하는 방식으로 진행하였다.

(2) 현장 적용 가능한 백판지용 원료 형태 선정 방법

평가항목으로는 현재 생산 가능한 국내업체 수 단기간 생산설비 설치 가능성, 생산원가, 백판지 현장 적용 용이성으로 설정하였고 각 항목별로 유기충전제와 크라프트 화학펄프 간의 상대평가를 통해 1, 2위를 선정하였다. 이 후 총합을 계산하여 총합이 낮은 원료를 최적 백판지용 원료 형태로 선정하였다. 상세 분석방법과 세부 평가항목은 Fig. 3.175와 Table 3.16 에 도시하였다.



Fig. 3.175. Flow diagram of the evaluation of agricultural byproducts.

Table 3.16. Evaluation items for the evaluation of agricultural byproducts

평가분야	평가항목
원료의 기능성	발생량, 수집용이성, 벌크상승, 강도, 건조에너지 절감
현장적용 가능한 원료 형태	제조업체 수, 단기간 생산설비 설치 가능성, 생산원가, 개발 후 현장 적용 용이성

(3) 농업부산물을 이용한 백판지용 원료 제조업체 발굴 및 시제품 물성 측정 방법

기능성 백판지 원료로 적합한 농업부산물 종류 및 현장 적용 가능한 원료 형태를 선정한 다음 국내 생산설비를 갖춘 업체를 중심으로 현장조사를 통해 국내 업체를 발굴하였다. 이후 실험을 통해 확보된 농업부산물로 제조된 백판지용 원료의 스펙을 이용하여 백판지용 원료 시제품을 생산하였다.

제조된 시제품의 물성을 평가하기 위해 섬유장분석기(Fiberlab, L&W, Sweden)를 이용하여 평균섬유장, 평균섬유폭을 측정하였고 주사전자현미경(JSM- 5600LV, JEOL, Japan)을 이용하여 형태를 분석하였다. 물성 분석시 기존 원료와 비교하기 위해 상업용 원료를 동일하게 분석하여 시제품의 물성을 비교하였다.

다. 연구결과

(1) 기능성 백판지 원료로 적합한 농업부산물 선정

기능성 백판지 원료로 적합한 농업부산물의 종류에 대한 선정결과는 Table 3.17에 도시하였다. 농업부산물의 발생량에 있어서 왕겨는 연간 100 만톤 발생하고 있으나 땅콩박과 마늘대의 발생량을 파악하기에는 어려움이 있었다. 왕겨는 미곡과정에서 발생하는 쌀의 부산물로서 국내 360개소 미곡종합처리장(rice processing complex)에서 대부분 처리되기 때문에 그 발생량이 집계되지만 땅콩박이나 마늘대의 경우 재배지 뿐만 아니라 일반 가정에서도 발생되기 때문에 정확한 발생량을 집계하기 쉽지 않다. 따라서 땅콩박과 마늘대의 발생량은 그 우위를 파악하기 힘든 것으로 평가하였고 왕겨의 발생량과 수집 용이성은 가장 우수한 것으로 평가하였다. 실험 데이터를 근거로 하여 유기충전제로서의 기능성인 벌크 상승, 강도, 건조에너지 절감은 각 부산물별로 순위를 객관적으로 매길 수 있었고 크라프트 화학펄프의 기능성 또한 객관적으로 평가할 수 있었다. 이러한 평가로 볼 때 왕겨, 땅콩박, 마늘대 중에서 왕겨가 백판지용 원료로 활용가능성이 가장 높은 것으로 평가되었다.

Table 3.17. Evaluation of agricultural byproducts based on functionalities
(평가방법 : 각 항목에 대해 우수한 순서로 1, 2, 3점으로 총점으로 순위 설정)

평가 항목		왕겨	땅콩박	마늘대
발생량		1	2	2
수집 용이성		1	2	2
유기충전제	벌크 상승	2	1	3
	강도	2	3	1
	건조에너지 절감	2	1	3
크라프트 화학펄프	벌크 상승	1	2	3
	강도	3	2	1
총점		12	13	15
종합 순위		왕겨 > 땅콩박 > 마늘대		

(2) 현장 적용 가능한 백판지용 원료 형태 선정

(1)에서는 발생량, 수집 용이성, 기능성을 기준으로 하여 왕겨를 최적의 농업부산물로 평가하였다. 앞선 실험실 실험을 통해 왕겨를 이용하여 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조할 수 있는 것으로 평가되었다. 그러나 백판지 생산공정에서 적용성과 기능성이 높은 백판지용 원료 형태를 선정하기 위해 Table 3.18과 같이 선정 평가를 실시하였다.

유기충전제를 제조할 수 있는 국내 업체는 크게 충청북도 2곳, 전라북도 1곳으로 총 3개 업체가 조사되었고 크라프트 화학펄프는 울산광역시 1곳에서 제조 가능하였다. 유기충전제의 제조공정은 건조기, 그라인더, 분급기로 구성되어 있기 때문에 유기충전제 생산설비 투자비는 다이제스터(digester)를 주장치로 하는 화학펄프 제조공정보다 낮다. 생산원가는 유기충전제가 크라프트 화학펄프보다 낮은 것으로 평가되었고 2014년 현재 백판지 공정에서 사용되고 있는 목분의 원가는 250-270 원/kg, 크라프트 화학펄프의 원가는 600-700 원/kg으로 형성되어 있다. 또한 대부분의 백판지 생산공정에서는 유기충전제가 사용되고 있기 때문에 유기충전제 투입라인이 설치되어 있으나 크라프트 화학펄프의 사용량은 백판지 생산량 대비 높지 않기 때문에 크라프트 화학펄프 투입라인이 활성화되어 있지 않다. 따라서 현장 적용 용이성은 유기충전제가 크라프트 화학펄프에 비해 높은 것으로 평가된다.

이러한 결과들로 볼 때 왕겨를 이용하여 백판지용 원료를 제조할 경우 현장 적용 가능성이 가장 높은 원료 형태는 유기충전제인 것으로 판단된다.

Table 3.18. Evaluation of the raw material type for duplexboard production
(평가방법 : 각 항목에 대해 우수한 순서로 1, 2점으로 총점으로 순위 설정)

평가항목	유기충전제	크라프트 화학펄프
제조업체 수 (실제 업체 수)	1 (3)	2 (1)
단기간 생산설비 설치 가능성	1	2
생산원가(낮을수록 유리)	1	2
개발 후 현장 적용 용이성 (생산설비, 적용 경험 등)	1	2
총점	4	8
종합 순위	유기충전제 > 크라프트 화학펄프	

(3) 농업부산물을 이용한 백판지용 원료 제조업체 발굴 및 시제품 물성 측정 결과

주관기관인 경상대학교와 협동기관인 깨끗한나라의 연구진은 왕겨 유기충전제 제조업체를 발굴하였다. 충청북도 보은에 위치하고 있는 대영과우텍은 국내 주요 미곡종합처리장에서 왕겨를 공급받고 있었고 이를 이용하여 다양한 원료를 여러 공급처에 납품하고 있었다. 본 연구진은 대영과우텍 임직원과 면담을 실시하였고 현장 조사를 통해 충분히 왕겨 유기충전제를 제조할 수 있는 환경이 확보된 것으로 판단하였다. Figs. 3.175-3.177에서는 대영과우텍의 분체 제조 설비를 도시하였는데 건조기에서부터 그라인더, 분급기가 갖춰져 있어서 조금의 설비 조정만 시행하여 왕겨 유기충전제를 제조할 수 있었다. 왕겨 유기충전제를 제조하기 위해 실험실 결과를 통해 최대 입자크기가 60 mesh보다 작고 60-100 mesh 크기의 유기충전제 비율을 최대화 할 수 있는 조건을 제시하였고 Fig. 3.178에 도시된 왕겨를 이용하여 Fig. 3.179와 같이 시제품을 생산하였다.

제조된 시제품과 2종류의 상업용 목분의 평균 섬유장과 섬유폭의 상관관계를 Table Figs. 3.180-3.183에 나타냈다. 왕겨 유기충전제 시제품의 섬유장과 섬유폭은 일반 상업용 목분에 비해 다소 낮은 결과를 보여주었다. 유기충전제의 형태를 Figs. 3.184-3.185에 도시하였는데 왕겨 유기충전제의 형태는 상업용 목분과 큰 차이를 나타내지 않았다. 이러한 물성은 백판지의 표면결합 중에 하나인 표면 돌출을 피함과 동시에 일반 상업용 목분에 비해 입자크기나 형태의 균일성이 높아 유기충전제의 기능성을 높일 수 있는 조건을 갖춘 것으로 판단된다.



Fig. 3.176. Dryer for the production of organic filler.



Fig. 3.177. Grinder for the production of organic filler.



Fig. 3.178. Screens for the production of organic filler.



Fig. 3.179. Rice husk for the production of organic filler.



Fig. 3.180. Rice husk organic filler.

Table 3.19. Average fiber length of organic fillers

측정항목	왕겨 유기충전제	목분 유기충전제(WP1)	목분 유기충전제(WP2)
평균 섬유장	0.274 mm	0.313 mm	0.295 mm

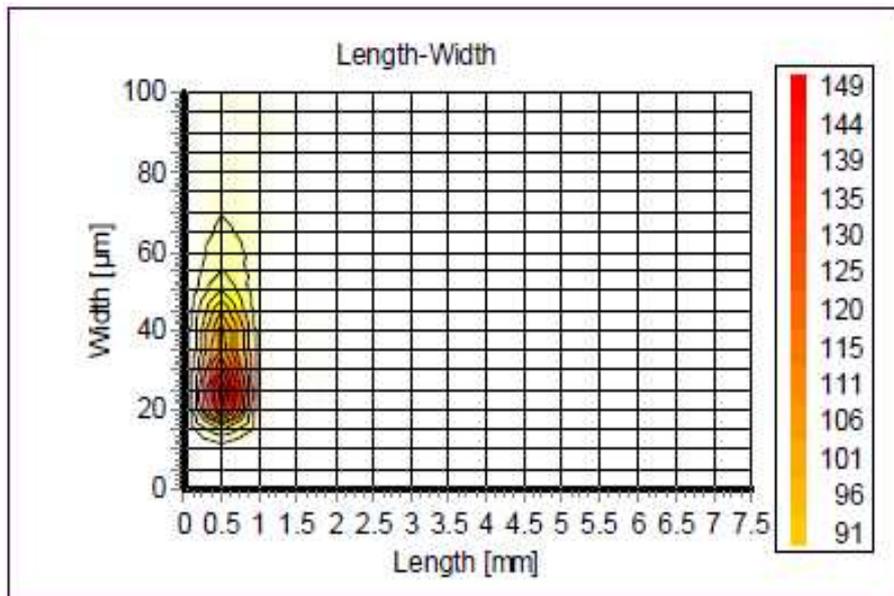


Fig. 3.181. Relationship between fiber length and width of rice husk organic filler.

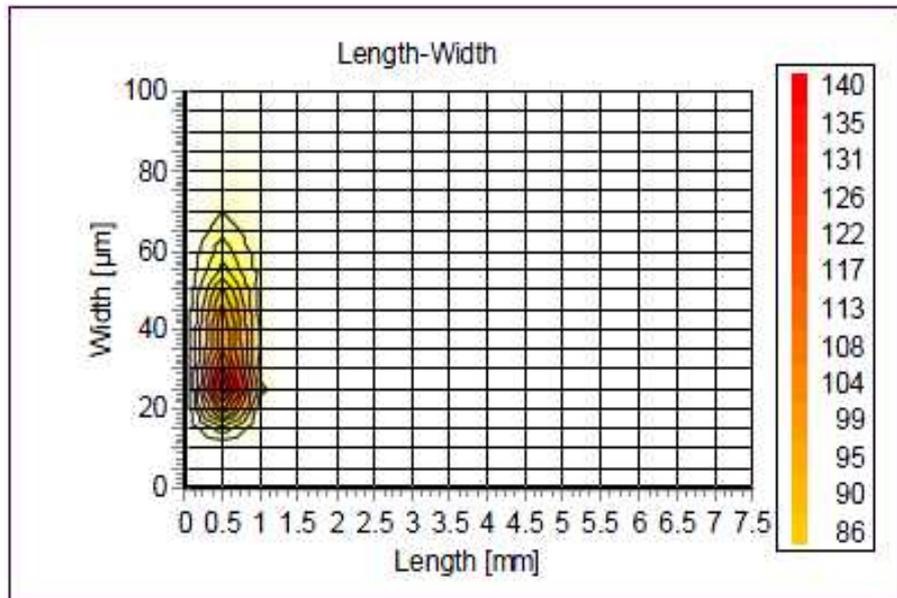


Fig. 3.182. Relationship between fiber length and width of WP1 organic filler.

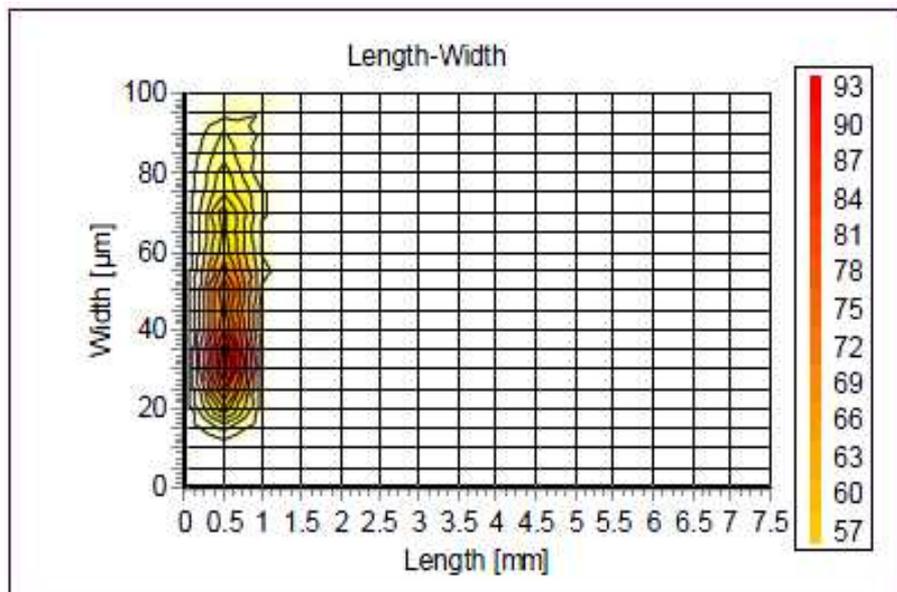


Fig. 3.183. Relationship between fiber length and width of WP2 organic filler.

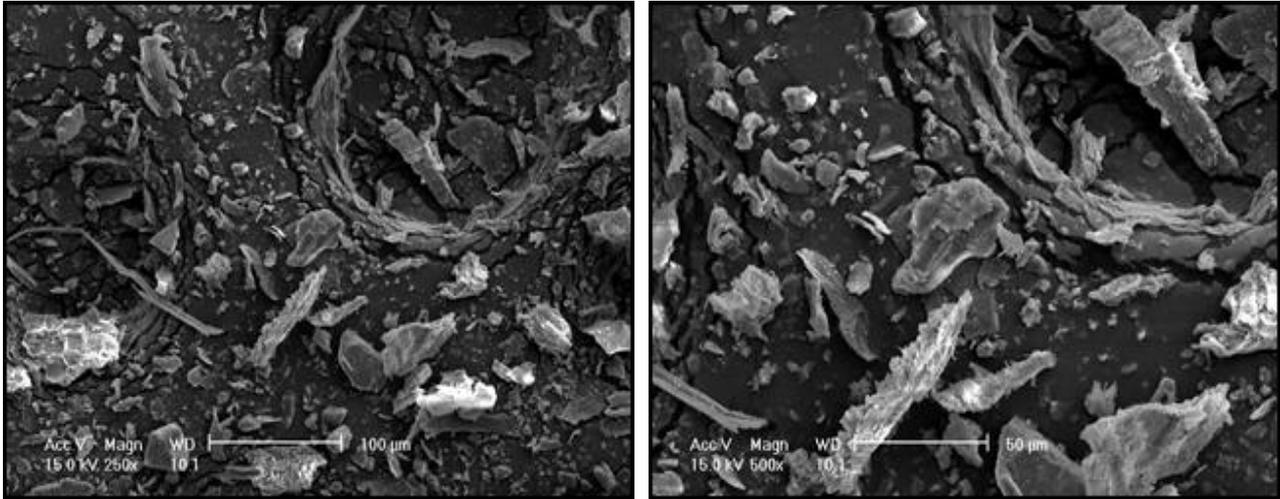


Fig. 3.184. Scanning electron micrographs of rice husk organic filler.

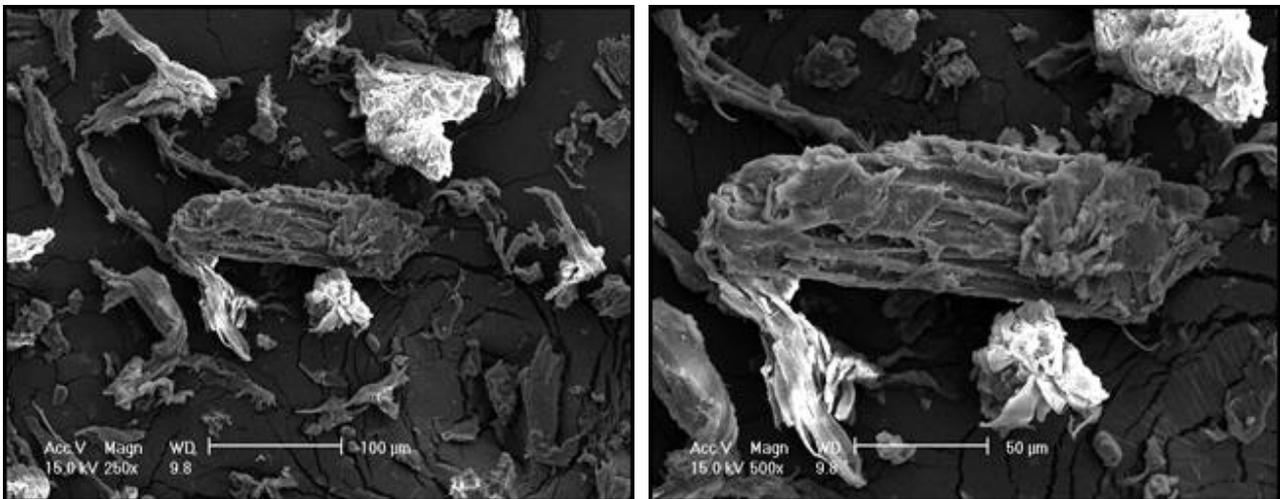


Fig. 3.185. Scanning electron micrographs of WP2 organic filler.

라. 결론

- (1) 기능성 백판지 원료로 적합한 농업부산물 : 왕겨
- (2) 현장 적용 가능한 백판지용 원료 형태 : 유기충전제
- (3) 왕겨 유기충전제 제조업체 발굴 : 충청북도 보은에 위치한 대영파우텍 선정
- (4) 왕겨 유기충전제 시제품 제조

3. 현장지료 조건에서 왕겨 유기충전제 기능성 평가

가. 연구목적

주요 농업부산물인 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 이용하여 실험실적으로 다양한 조건의 유기충전제와 크라프트 화학펄프를 제조하여 그 효과를 분석한 결과 왕겨 유기충전제가 가장 효과적이고 효율적인 백판지용 원료로 선정되었고 새로 발굴한 제조업체를 통해 왕겨 유기충전제 시제품을 생산하였다. 생산된 시제품의 품질을 분석한 결과 유기충전제로 적용 가능성이 높은 것으로 판단되었다. 그러나 현장 테스트를 실시하기 이전에 신규 유기충전제의 기능성을 파악하는 것이 급선무이기 때문에 현장지료 조건에서 왕겨 유기충전제의 기능성을 평가하였다.

나. 연구방법

(1) 현장 지료 채취 및 유기충전제

본 연구과제의 참여기업인 깨끗한나라(주) 청주공장에서는 천연펄프와 재생펄프가 사용된다. 재생펄프는 백상고지(W/L), 신문고지(ONP), 고책지, 하판지(OCC)로 사용된다. 앞선 연구결과에서 유기충전제를 심면층에 투입하기로 하였기 때문에 OCC 지료를 채취하였다. OCC 지료가 충분히 해리된 상태에서 사용하기 위해 OCC 라인의 machine chest에서 지료를 채취했다. 본 실험에서 사용된 유기충전제는 대영과우텍에서 제조한 왕겨 유기충전제(RH) 시제품과 두 종류의 상업용 목분 유기충전제(WP1, WP2)를 사용하였다.

(2) 농업부산물 분말 적용에 따른 판지의 벌크와 강도적 특성 측정 실험방법

생산라인에서 채취한 OCC 지료는 3-4% 농도이므로 실험실적으로 수초지를 제조하기에 농도가 높았다. 청수를 이용하여 machine chest에서 채취한 OCC 지료를 0.5% 농도로 희석을 실시한 후 사용하였다. 벌크 측정을 위해 $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 수초지를 제작하였다. 왕겨 유기충전제, 목분 유기충전제를 전건섬유 대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을 실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유 대비 0.1% 투입하였다. 보류제를 투입하고 600 rpm 조건으로 2분간 교반을 실시한 후 수초지를 제조하였다. 제조된 습지필은 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 실험실용 실린더 건조기로 건조시켰다. 수초지를 조습처리한 후 TAPPI Test Methods에 의거하여 평량, 두께, 열단장, 파열지수, 압축강도를 각각 측정하였다.

(3) 건조에너지 요구량 평가를 위한 습지필의 수분함량 측정방법

0.5% 농도로 희석된 OCC 지료를 이용하여 평량 $100 \pm 4 \text{ g/m}^2$ 의 수초지를 제작하였다. 분급된 왕겨, 땅콩박, 마늘대 유기충전제와 상업용 목분을 전건섬유 대비 3, 6, 9%로 펄프슬러리에 투입한 후 600 rpm 조건으로 교반을 실시하면서 보류제로 양이온성 PAM을 전건섬유 대비 0.1% 투입하였다. 보류제를 투입하고 600 rpm 조건으로 2분간 교반을 실시한 후 수초지를 제

조하였다. 제조된 습지필은 345 kPa의 압력조건에서 5분간 압착한 후 함수율 측정용 습지필을 제조하였다. 제조된 습지필의 중앙부위를 4×4 cm로 절단한 후 내열성 양면테이프(VHB, 3M, USA)를 이용하여 알루미늄 dish에 붙여 측정시료를 준비하였다. 습지필의 함수율 변화를 측정하기 위해 수분측정기(CXM-50, CAS, Korea)를 사용하여 110°C 조건으로 가열하여 0.6초 간격으로 습지필 수분함량을 측정하였다. 측정된 습지필 수분함량을 이용하여 Eq. 3.1과 같이 건조에너지 감소율을 계산하였다.

$$\text{Reduced drying energy requirement(\%)} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100$$

(where, M_0 : final evaporated moisture content of paperboard containing no organic filler
 M_1 : final evaporated moisture content of paperboard containing organic filler)

Eq. 3.1. Equation for the estimation of reduced drying energy requirement.

다. 연구결과

(1) 유기충전제 적용에 따른 판지의 벌크와 강도적 특성 평가

유기충전제의 투입에 따른 수초지의 벌크변화를 Fig. 3.184에 도시하였다. 왕겨 유기충전제가 두 종류의 목분 유기충전제보다 더 높은 벌크를 나타냈다. 앞선 왕겨 유기충전제 시제품의 평균 섬유장이 두 종류의 목분 유기충전제보다 낮았으나 입자의 균일성이 더 높았기 때문에 수초지의 벌크가 더 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 목분 유기충전제 중에서 WP2가 더 높은 평균 섬유장을 나타냈기 때문에 더 높은 벌크를 나타낸 것으로 판단된다.

Figs. 3.185-3.187에서는 유기충전제의 투입에 따른 수초지의 인장강도, 파열강도, 압축강도를 나타냈다. 전체적으로 유기충전제가 투입됨에 따라 인장강도, 파열강도, 압축강도가 감소하였는데 이는 수초지의 벌크 상승에 따른 섬유간 결합이 낮아지기 때문이라고 판단된다. 인장강도는 투입량에 따라 다소 차이를 보이나 왕겨 유기충전제가 두 종류의 목분 유기충전제에 비해 더 높은 인장강도를 나타냈다. 파열강도는 3% 투입수준에서는 왕겨 유기충전제가 두 종류의 목분 유기충전제 중간 수준을 나타내나 투입량이 증가함에 따라 모든 종류의 유기충전제가 거의 유사한 강도를 보여주었다. 파열강도는 인장강도와 동일한 경향을 보여주었다.

전체적으로 살펴보면 왕겨 유기충전제가 목분 유기충전제에 비해 더 높은 벌크를 나타냈고 강도는 목분 유기충전제에 비해 열세를 보여주지 않았다. 이로 볼 때 왕겨 유기충전제는 현장 지료 조건에서 목분 유기충전제 이상의 기능성을 나타내는 것으로 판단된다.

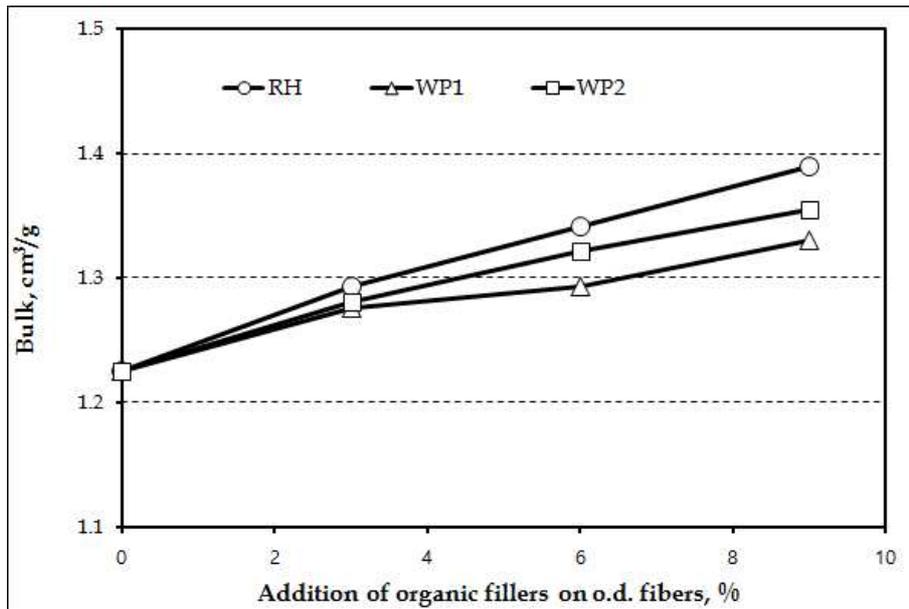


Fig. 3.186. Effect of organic fillers on the bulk of handsheets.

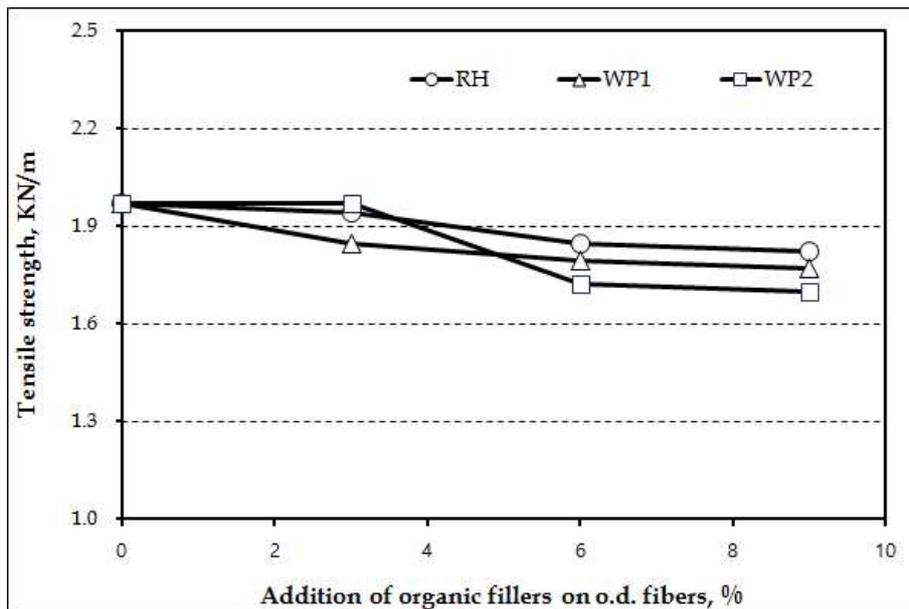


Fig. 3.187. Effect of organic fillers on the tensile strength of handsheets.

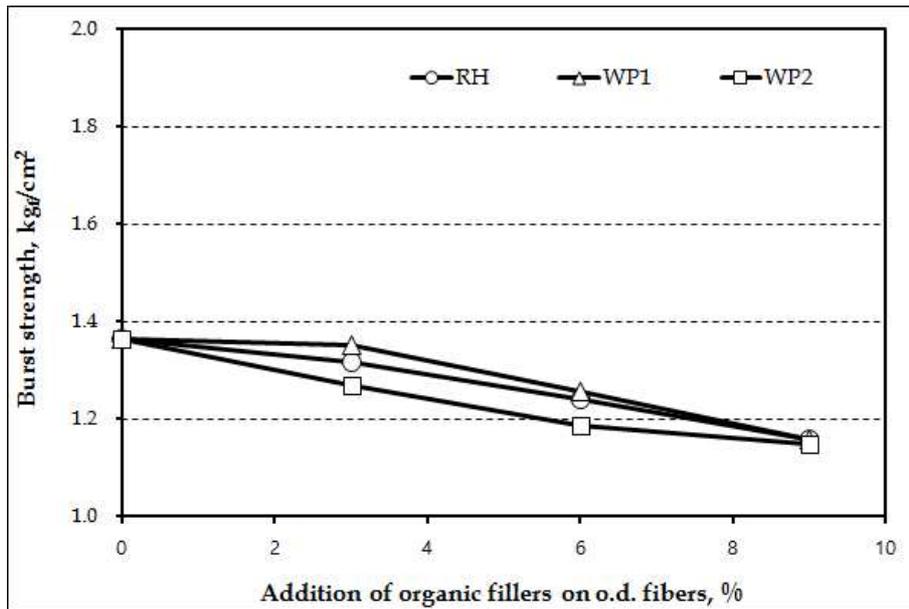


Fig. 3.188. Effect of organic fillers on the burst strength of handsheets.

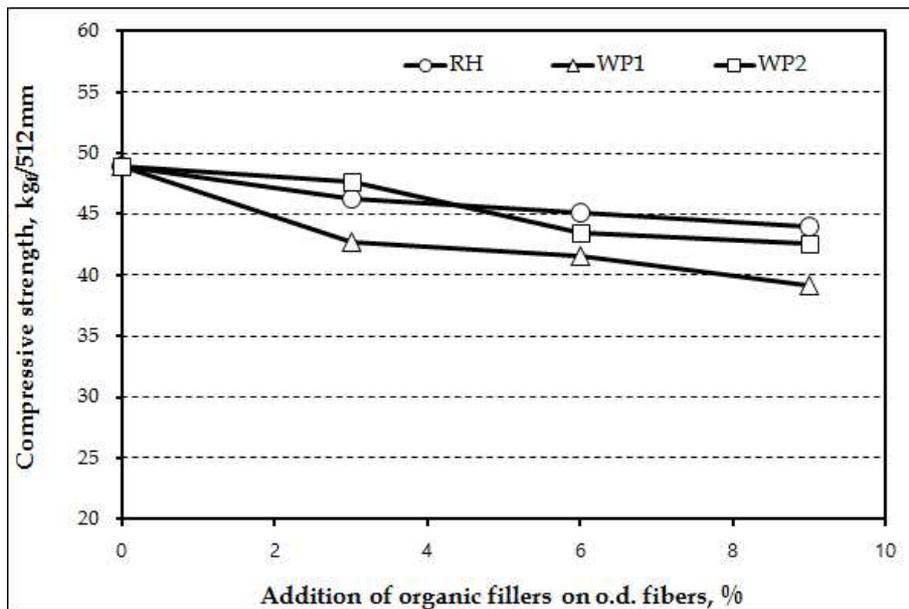


Fig. 3.189. Effect of organic fillers on the compressive strength of handsheets.

(2) 유기충전제 적용에 따른 판지의 건조에너지 평가

왕겨 유기충전제와 목분 유기충전제의 투입에 따른 습지필의 수분 증발율을 Figs. 3.188-3.190에 도시하였다. 왕겨 유기충전제의 투입량이 증가함에 따라 습지필의 수분 증발비율은 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 또한 두 종류의 목분 유기충전제 투입됨에 따라 습지필의 수분 증발비율도 감소함을 확인할 수 있었다. 이를 토대로 건조에너지 감소율을 계산하였고 Fig. 3.191에 도시하였다. 낮은 투입량에서는 평균 섬유장이 가장 높은 WP2가 가장 높은 건조에너지 감소를 나타냈고 왕겨 유기충전제는 중간 수준을 나타냈다. 투입량이 증가함에 따라 왕겨 유기충전제와 평균 섬유장이 더 높은 목분 유기충전제와 거의 동등한 수준의 건조에너지 감소율을 보여주었다. 이로 볼 때 왕겨 유기충전제 시제품은 일반적인 유기충전제 투입 수준에서는 목분 유기충전제 이상의 건조에너지 감소율을 나타내는 것으로 판단된다.

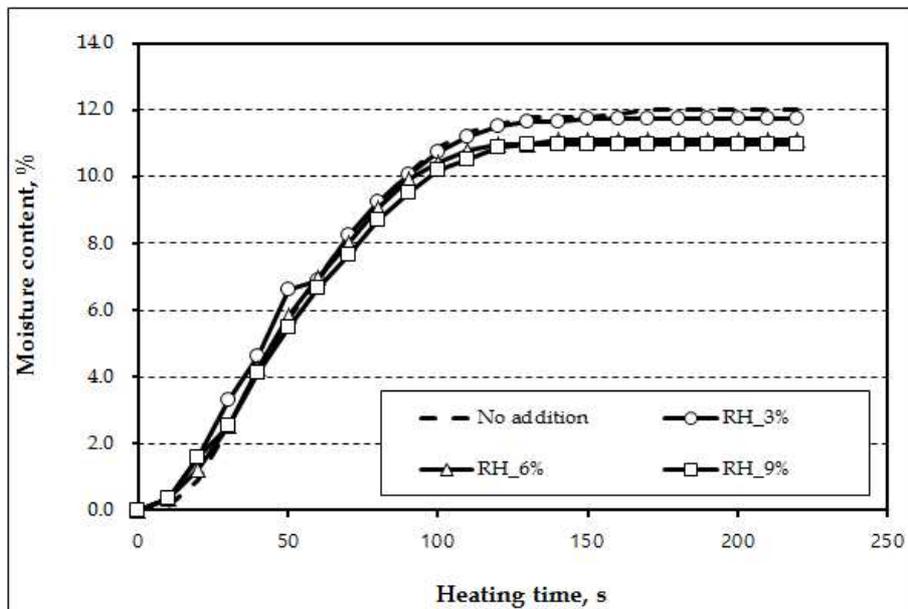


Fig. 3.190. Effect of rice husk organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.

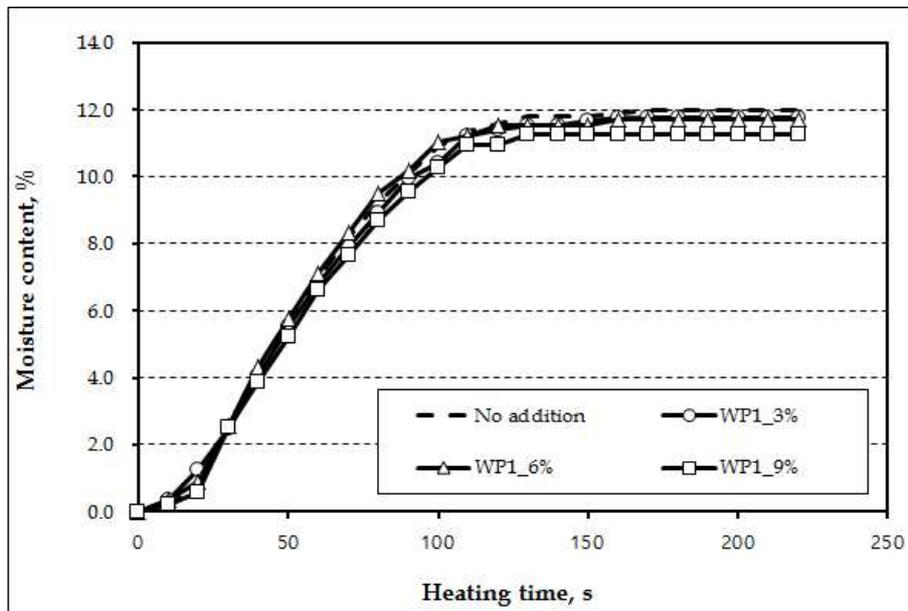


Fig. 3.191. Effect of wood powder 1 organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.

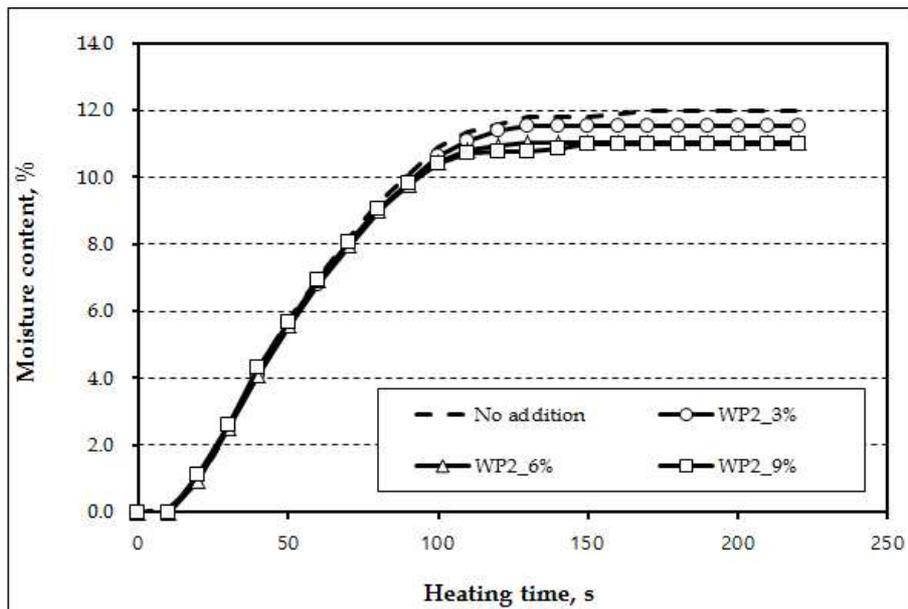


Fig. 3.192. Effect of wood powder 2 organic fillers on the evaporated moisture content of handsheets.

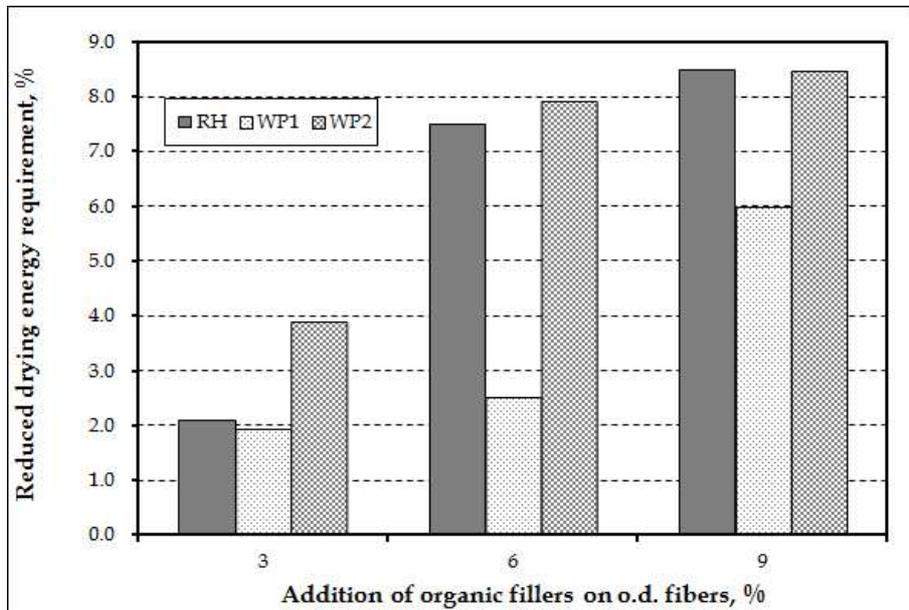


Fig. 3.193. Effect of organic fillers on the reduced drying energy requirement of handsheets.

라. 결론

- (1) 왕겨 유기충전제 시제품 제조 및 현장지료 조건에서 기능성 평가
- (2) 판지의 벌크 상승 효과 : 왕겨 유기충전제 > 목분 유기충전제
- (3) 판지의 강도 : 목분 유기충전제 \geq 왕겨 유기충전제
- (4) 판지의 건조에너지 감소율 : 목분 유기충전제 > 왕겨 유기충전제 (낮은 투입량)
 목분 유기충전제 = 왕겨 유기충전제 (높은 투입량 혹은 일반적인 유기충전제 투입량)
- (5) 현장지료 조건에서 왕겨 유기충전제는 목분 유기충전제 수준 이상의 기능성 나타냄.

3절 왕겨 유기충전제의 적용 가능성 평가를 위한 현장테스트 및 최적 스펙 선정

1. 왕겨 유기충전제 적용을 위한 현장테스트

가. 연구목적

1, 2절을 통해 개발된 왕겨 유기충전제의 적용성과 기능성을 확인하고 최적화하기 위해 현장테스트를 실시하였다. 현장테스트는 본 연구과제의 협동기관인 깨끗한나라(주)에서 실시하였다. 현장테스트는 청주공장 3호기에서 실시하였고 농산물용 백판지 지종 중 생산량이 가장 많은 SC 지종을 대상으로 실시하였다. 현장테스트를 통해 왕겨 유기충전제 시제품의 문제점을 확인하고 그 효과를 파악함으로써 백판지용 원료로서 기능성을 극대화할 수 있는 왕겨 유기충전제의 조건을 도출하고자 하였다.

나. 현장테스트 방법 및 결과

(1) 왕겨 유기충전제 공급 및 현장 투입방법

왕겨 유기충전제는 대영과우텍에서 제조한 시제품을 사용하였다. 제조된 왕겨 유기충전제는 분말상태로 공급되었는데 비중이 낮아 단위무게당 부피가 크기 때문에 탱크로리로 공급하였다. 공급된 왕겨 유기충전제는 Figs. 3.191-3.192와 같다. 공급된 왕겨 유기충전제는 샘플링을 실시하여 60 mesh 보다 큰 입자의 존재 유무를 검사하였다. 60 mesh보다 큰 입자가 없는 것을 확인한 후 Figs. 3.193- 3.194와 같이 유기충전제 저장조(chest)로 이송하였는데 이 때 블로워(blower)에 공급라인을 연결한 후 분말을 저장조로 공급하였다. 저장된 왕겨 유기충전제는 백수를 이용하여 10%로 희석을 실시한 후 Figs. 3.195-3.196과 같이 심면 원료인 OCC 라인의 machine chest에 투입되었다. 왕겨 유기충전제의 투입량은 900-1,000 cc/min로 조절하였다.

현장테스트는 포장용지 대표 지종인 SC 350 g/m²으로 선정하였고 공정조건과 제품품질을 측정하였다. 공정조건으로는 생산원가에 직결되는 생산속도, 보류도, 스팀사용량을 측정하였고 제품품질로는 평량, 두께, 벌크, 파열강도, 표면 평활도를 TAPPI 표준법에 의거하여 측정하였다. 또한 왕겨 유기충전제의 물성 중 가장 중요한 평균 입도와 입도분포를 입도분석기(1090 LD, CILAS, France)를 이용하여 측정하였다. 측정항목은 Table 3.20에 상세하게 정리하였다.

Table 3.20. List of measurement in mill trial

공정조건	제품품질	유기충전제 물성
생산속도, 보류도, 스팀사용량	평량, 두께, 벌크, 파열강도, 표면 평활도	평균 입도, 입도 분포



Fig. 3.194. Rice husk organic filler for mill test.



Fig. 3.195. Sampling of rice husk organic filler.



Fig. 3.196. Air blower and pipe lines to rice husk organic filler chest.



Fig. 3.197. Rice husk organic filler chest



Fig. 3.198. Structure of duplexboard.

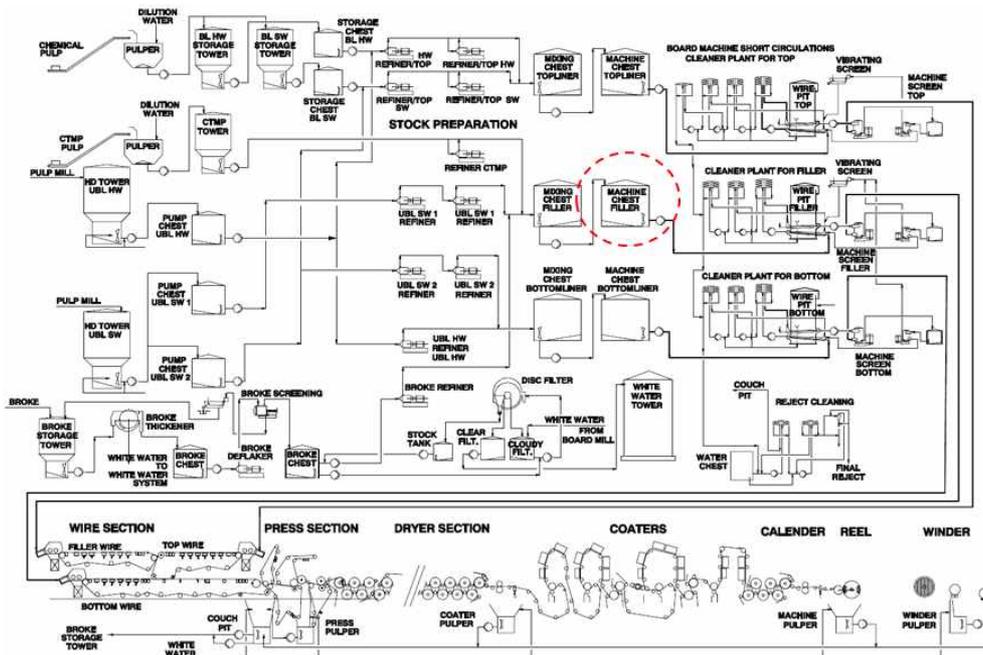


Fig. 3.199. Papermaking process of duplexboard.

(참여기업의 공정도는 기업 기밀사항이기 때문에 동일한 지종에 대한 문헌에서 인용한 공정도를 사용하였음.)

(2) 1차 현장테스트 개요 및 결과

항목	내용	비고
테스트 일자	2014년 6월 23일	
테스트 호기	제지 3호기	
대상 지종	SC 350 g/m ²	
왕겨 유기충전제 사용량	15 톤	
테스트 결과	<ul style="list-style-type: none"> - 왕겨 유기충전제가 투입됨에 따라 백판지의 표면 평활도가 상승하였음. - 표면 평활도는 인쇄품질에 영향력이 크기 때문에 현장테스트를 중지하였음. - 표면 품질 저하로 인해 공정조건과 제품의 품질은 의미가 없었기 때문에 측정하지 않음. - 현장테스트 이전 60 mesh 테스트에서는 입자가 발견되지 않았으나 현장테스트 이후 샘플에서는 60 mesh 이상의 입자가 발견되었음. - 60, 100, 200 mesh 체를 이용하여 분급을 실시한 결과 60 mesh 이상의 입자가 전체 중량에 14% 수준을 나타냄. 평균입도는 약 130 μm 수준을 나타냄. 	<p>Fig. 3.196 Fig. 3.197 Table 3.21 참조</p>
해결 방향	<ul style="list-style-type: none"> - 왕겨 유기충전제는 폭 방향으로 넓은 특징이 있어 심면에 투입하더라도 표면적성에 영향을 미침. - 사용된 왕겨 유기충전제의 평균 입도는 0.3 mm 이었기 때문에 0.29 mm로 평균 입도를 낮추기로 함. 	

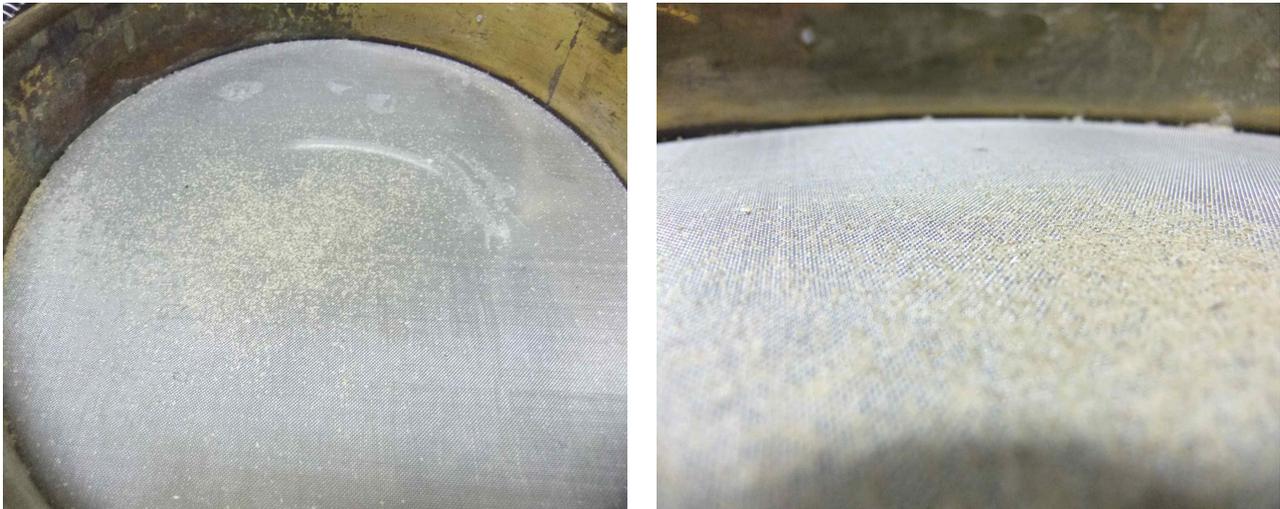


Fig. 3.200. Rice husk particles remaining on 60 mesh sieve.

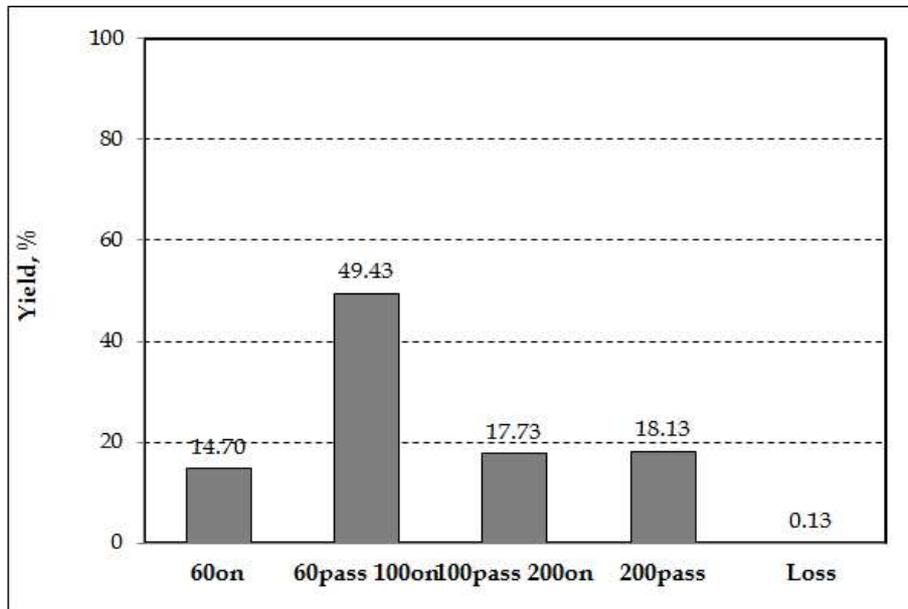


Fig. 3.201. Yield of rice husk organic fillers fractionated by 60, 100, 200 mesh sieves.

Table 3.21. Diameters of rice husk organic filler used in first mill trial

Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	mean diameter
11.83 μm	95.01 μm	350.86 μm	155.31 μm

(3) 2차 현장테스트 결과

항목	내용	비고
테스트 일자	2014년 7월 15일	
테스트 호기	제지 3호기	
대상 지종	SC 350 g/m ²	
왕겨 유기충전제 사용량	15 톤	
유기충전제 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> - 입도분포 및 크기 개선 ① 60 mesh 이상의 입자 완전 제거 ② 입자분포 및 평균입도 하향 0.3 mm → 0.29 mm 	Table 3.22
테스트 결과	<ul style="list-style-type: none"> - 보류도 향상하였음. - 입도분포 및 크기 조정으로 표면 평활도 상승 - 향후 에너지 사용량 및 스팀사용량 모니터링 필요 - 벌크와 건조에너지의 유의한 변화는 없음. 	Table 3.23
해결 방향	<ul style="list-style-type: none"> - 벌크와 건조에너지 변화가 큰 차이를 보이지 않는 것은 입자크기가 너무 떨어진 것으로 판단됨. - 3차 현장테스트 진행하기로 결정함. - 60-100 mesh 사이의 입자비율을 높이기로 함. 	

Table 3.22. Diameters of rice husk organic filler used in second mill trial

Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
9.5 μm	86.48 μm	305.80 μm	110.04 μm

Table 3.23. Results of second mill test

샘플	초지속도	보류율	평량	두께	벌크	표면 평활도	파열강도	스팀 사용량
기존	500 m/min	35.4%	359 g/m ²	450 μm	1.253 cm ³ /g	2.6 μm	5.3 kg _f /cm ²	46.3 톤/hr
테스트	500 m/min	37.7%	355 g/m ²	440 μm	1.239 cm ³ /g	2.5 μm	5.2 kg _f /cm ²	46.3 톤/hr

(4) 3차 현장테스트 결과

항목	내용	비고
테스트 일자	2014년 8월 7일	
테스트 호기	제지 3호기	
대상 지종	SC 350 g/m ²	
왕겨 유기충전제 사용량	30 톤	
유기충전제 개선사항	- 입도분포 및 크기 개선 ① 60 mesh 이상의 입자 완전 제거 ② 입자분포 및 평균입도 상향 0.3 mm → 0.29 mm	Table 3.22
테스트 결과	- 생산속도, 보류율, 표면 평활도 유지 - 두께 상승과 평량 하락에 따른 벌크 상승 - 건조 스팀 사용량 하락 - 과제 목표 달성	Table 3.23 Fig. 3.198 참조

Table 3.24. Diameters of rice husk organic filler used in third mill trial

Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
10.40 μm	96.58 μm	328.82 μm	139.05 μm

Table 3.25. Results of third mill test

샘플	초지속도	보류율	평량	두께	벌크	표면 평활도	파열강도	스팀 사용량
기준	500 m/min	45.3%	370 g/m ²	442 μm	1.195 cm ³ /g	2.3 μm	5.2 kg _f /cm ²	48.6 톤/hr
테스트	500 m/min	45.2%	365 g/m ²	453 μm	1.241 cm ³ /g	2.2 μm	5.3 kg _f /cm ²	46.4 톤/hr

현장테스트 결과 확인서

1. 테스트 제목 및 내용 : 왕겨 유기충전제 현장 적용성 평가
2. 시행날짜 : 2014년 8월 7일 목요일, 15:00~22:00
3. 현장테스트 조건
 - 백판지 지중 SC 350 g/m² 생산시 현장테스트 진행
 - 대영파우텍에서 제조·공급한 왕겨 유기충전제 30톤 사용
 - 유기충전제 투입 후 평량, 두께, 품질 안정화 이후 유기충전제 소진까지 생산공정과 품질의 평균값으로 달성여부 파악
4. 테스트 결과

평가 항목	평가 조건	목표치	달성	비 고
벌크 상승률	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기준 대비 2% 상승	기준 : 1.195 테스트 : 1.241 달성 : 3.85%	깨끗한나라 측정결과 (TAPPI 표준법)
건조 스팀 절감	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기준 대비 2 톤/hr 절감	기준 : 48.6 톤/hr 테스트 : 46.4 톤/hr 달성 : 2.2 톤/hr	깨끗한나라 측정결과 (공정 데이터)
파열강도	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	5.0 kg _f /cm ² 이상	달성: 5.3 kg_f/cm²	깨끗한나라 측정결과 (TAPPI 표준법)

* 목표치에서 기준은 왕겨 유기충전제가 적용되기 이전 동일한 지중과 평량의 벌크, 스팀, 파열강도를 나타냄.

위 현장테스트 결과가 사실임을 확인합니다.

소속 : 깨끗한나라(주)

직위 : 팀장

이름 : 이홍빈 

다. 결론

- (1) 3차 현장테스트에서 공정조건과 파열강도는 깨끗한나라(주) 생산팀에서 충분히 확인하였으나 파열강도 측정과 관련해서 국내 공인기관이 있기 때문에 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 파열강도를 측정하였음. 공인기관 측정결과 과제 목표를 달성한 것으로 나타남.

전자문서 서비스

7455-9699-4271-5283

시험성적서

1. 성적서 번호 : CT14-128568

2. 의뢰자

- 업체명 : 경상대학교
- 주소 : 경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
- 의뢰일자 : 2014년 12월 18일
- 시험기간 : 2014년 12월 18일 ~ 2014년 12월 26일

3. 시험성적서의 용도 : 품질관리

4. 시료명 : 백판지(테스트제품)

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2758:2004

6. 시험결과

1) 백판지(테스트제품)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
파열강도	kPa	(1)	669	(23 ± 1) °C, (50 ± 2) % R.H.

— 이 하 여 백 —

확인	작성자 성명	정미라		기술책임자 성명	배상복	
----	-----------	-----	---	-------------	-----	---

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료번호로 시험한 결과로서 견제 정품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 총포, 난정, 광고 및 소수용으로 사용될 수 있으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2014년 12월 26일
한국건설생활환경시험연구원



가산시험연구동 : 153-803 서울특별시 금천구 가산동 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
 결과문의 : 설유고분자팀 ☎ (02)2102-2669

총 1페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(3)

(1 kPa = 0.010197 kg_f/cm² 이므로 569 kPa = 5.80 kg_f/cm²)

(2) 왕겨 유기충전제 적용 현장테스트 결과 정리

- 모든 평가항목에서 목표치를 달성하였음(과열강도는 공인기관 측정결과로 기재함.)

평가 항목	평가 조건	목표치	달성치	비 고
별크 상승률	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기존 대비 2% 상승	기존 : 1.195 테스트 : 1.241	깨끗한나라 측정결과 (TAPPI 표준법)
건조 스팀 절감	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기존 대비 2 톤/hr 절감	기존 : 48.6 톤/hr 테스트 : 46.4 톤/hr	깨끗한나라 측정결과 (공정 데이터)
과열강도	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	5.0 kg _f /cm ² 이상	달성: 5.80 kg _f /cm ²	공인기관 (KS M ISO 2758:2004)

2. 왕겨 유기충전제의 저장 특성 평가 및 최종 스펙 선정

가. 연구목적

현장테스트를 통해 왕겨 유기충전제의 기능성과 현장 적용성을 파악하였고 본 과제의 목표를 달성하였다. 그러나 농업부산물의 특성상 발생하는 시점이 제한적이고 백판지는 계절에 관계없이 생산되는 제품이기 때문에 왕겨 유기충전제가 백판지 공정에서 활발하게 적용되기 위해서 백판지용 원료의 저장특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 왕겨 유기충전제 시제품의 저장 특성을 파악하기 위해 높은 온도와 습도 조건에서 습식 인공열화를 진행하였고 부패여부를 육안과 무게 변화를 측정하였다. 또한 저장특성을 확인한 후 백판지용 왕겨 유기충전제의 최종 스펙을 선정하고자 하였다.

나. 부패테스트 실험방법 및 실험결과

(1) 습식 인공열화 실험방법

부패테스트를 위해 왕겨 유기충전제 제조 원료로 사용된 왕겨, 왕겨 유기충전제 시제품을 사용하였고 이들의 대조군으로 상업용 목분을 사용하였다. 부패테스트는 일정한 온도와 습도를 유지할 수 있는 항온항습기(TEMI 300, JEIO TECH, Korea)에서 습식 인공열화를 통해 실시하였다(Fig. 202). 부패테스트와 관련하여 온도와 습도 설정이 가장 중요한 본 실험과 관련된 표준

법이 없는 것으로 조사되었다. 따라서 종이의 인공열화(aging) 테스트 표준법인 ISO 5630-3(1996)에 의거하여 80°C, 65% RH 조건에서 습식 인공 열화를 20일 동안 실시하였다. 왕겨, 왕겨 유기충전제, 상업용 목분을 전건무게 5 g 씩 채취하여 패트리디쉬에 고르게 분포시킨 후 습식 인공열화를 실시하였다. 부패 여부는 20일간 매일 육안분석, 후각분석, 중량변화 평가를 실시하여 파악하였다.



Fig. 3.202. Thermo-hygrostat and aging conditions.

(2) 습식 인공열화 결과

습식 인공열화 조건은 80°C, 65% RH 조건에서 진행하였고 20일간 매일 1회씩 육안과 후각을 이용하여 부패여부를 파악하였다. 인공 열화 이전 왕겨, 왕겨 유기충전제, 상업용 목분 이미지부터 습식 인공열화 20일 동안 모든 이미지를 촬영하였고 이를 간격으로 습식 인공열화된 이미지를 Figs. 3.203-3.213에 도시하였다. 열화 시간이 증가하면서 육안으로 파악했을 때 상업용 목분과 왕겨 유기충전제는 큰 변화를 보이지 않았다. 특히 인공열화를 10, 20일 실시한 후 내부까지 관찰해 본 결과 부패를 확인하지 못하였다. 그러나 왕겨의 경우에는 인공열화가 진행될수록 색상이 변화하게 되고 입자 표면도 주름이 발생하기 시작하였다. 특히 Fig. 3.214에서 확인할 수 있는 바와 같이 인공열화 20일 이후 부패가 된 왕겨를 발견할 수 있었다. 인공 열화를 진행하면서 각 시료의 중량변화를 Fig. 3.215에 도시하였는데 미세한 변화이지만 왕겨의 경우 중량이 상대적으로 가장 많이 낮아짐을 확인할 수 있었다.

따라서 왕겨는 가을에 많이 발생하지만 유기충전제로 제조될 경우 저장성에는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. 최근 계절에 관계없이 미곡종합처리장에서 쌀을 도정하기 때문에 예전과 같이 왕겨 발생이 가을로 치우치는 현상이 낮기 때문에 계절에 의한 왕겨 유기충전제의 활용 저하는 큰 우려가 없는 것으로 판단된다.



Fig. 3.203. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) before humid heating aging.



Fig. 3.204. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 2 days of humid heating aging.

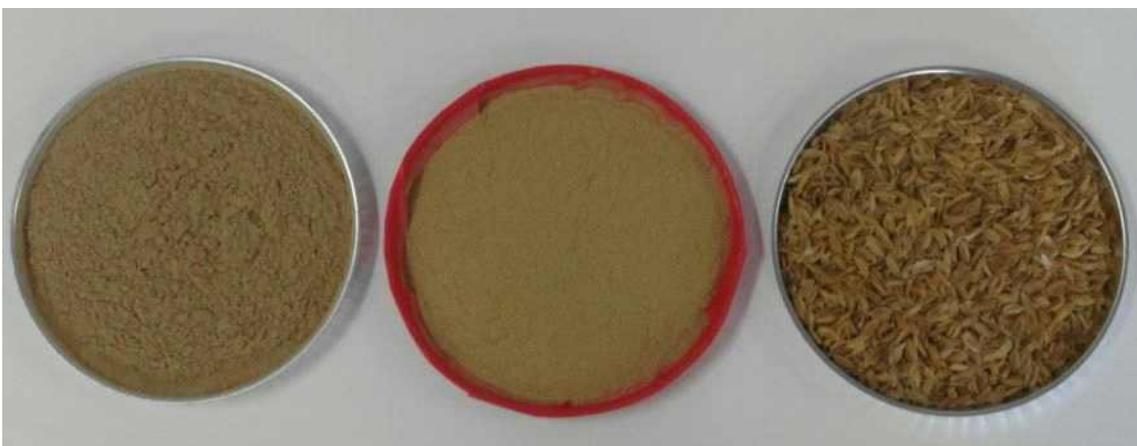


Fig. 3.205. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 4 days of humid heating aging.



Fig. 3.206. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 6 days of humid heating aging.



Fig. 3.207. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 8 days of humid heating aging.



Fig. 3.208. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 10 days of humid heating aging.



Fig. 3.209. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 12 days of humid heating aging.



Fig. 3.210. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 14 days of humid heating aging.



Fig. 3.211. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler (middle), rice husk(right) after 16 days of humid heating aging.



Fig. 3.212. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler(middle), rice husk(right) after 18 days of humid heating aging.

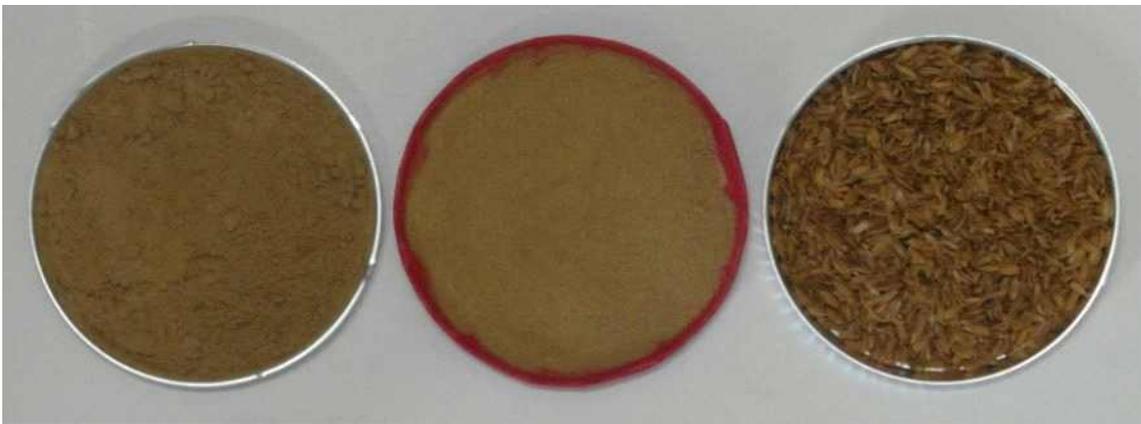


Fig. 3.213. Appearance and color of commercial wood powder(left), rice husk organic filler(middle), rice husk(right) after 20 days of humid heating aging.



Fig. 3.214. Magnified images of rice husk after 20 days of humid heating aging.

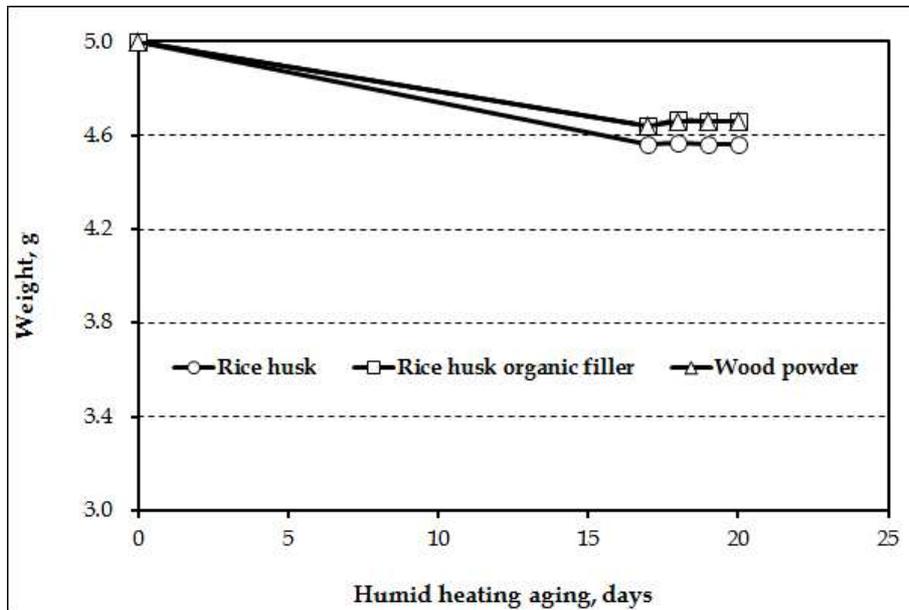


Fig. 3.215. Weight change of commercial wood powder, rice husk organic filler, rice husk during 20 days of humid heating aging.

다. 왕겨 유기충전제의 최적 스펙 선정

(1) 왕겨 수집

- 미곡종합처리장에서 왕겨 수집 혹은 구매 가능
- 유기충전제 제조업체를 중심으로 왕겨 수집이 가장 바람직
- 국내 왕겨가 부족할 시 수입 왕겨도 사용 가능(왕겨 유기충전제 가격과 공급에 따라 조정 필요, 백판지용 목분 대비 90-100% 수준의 가격 유지 필요)

(2) 왕겨 유기충전제 제조

- 수집된 왕겨를 전건상태까지 건조를 가장 우선으로 진행
- 그라인더를 이용하여 왕겨 분말을 제조
- 분급기를 이용하여 0.3 mm(60 mesh) 이상의 입자를 완전 제거
- 생산원가를 고려할 때 0.3 mm 이상의 입자와 200 mesh 이하의 입자 발생을 최소화할 수 있는 수준으로 그라인딩 실시
- 벌크 상승과 건조에너지 절감을 최대화하기 위해서는 60-100 mesh 사이의 입자비율을 최대화 하는 것이 중요
- 그라인딩보다는 분급을 중심으로 왕겨 유기충전제 제조 필요

(3) 왕겨 유기충전제 현장 적용

- 왕겨 유기충전제는 분말상으로 공급받아 유기충전제 저장조에 12% 이하 농도로 희석 실시
- 희석된 유기충전제는 Fig. 3.215와 같이 펄러층 원료인 폐골판지의 정선과 고해가 진행된 이후 폐골판지 지료에 투입 필요

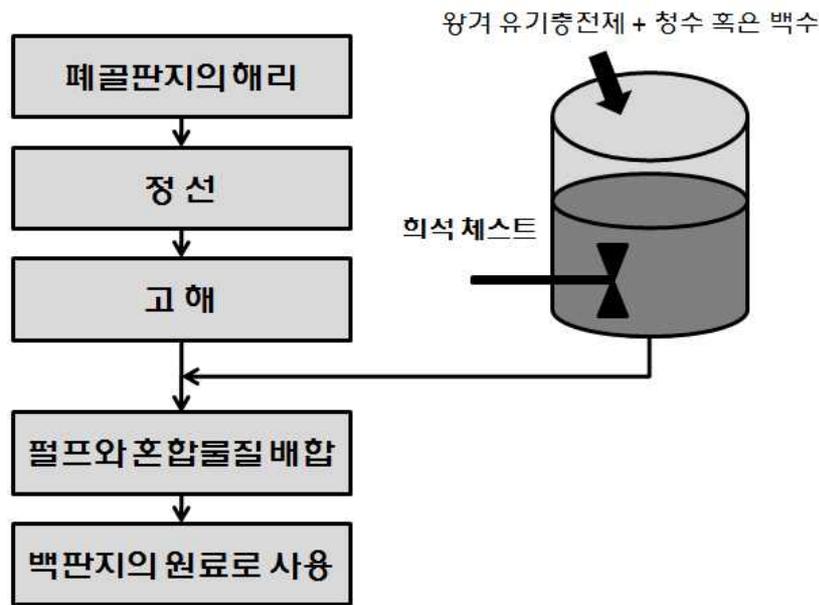


Fig. 3.216. Addition of rice husk organic filler in paperboard mill.

(4) 왕겨 유기충전제 최적 스펙

항 목	품질 범위	설정 근거	
최대 입도	300 μm 이하	▶ 표면 평활도 유지 조건	
평균 입도	130 - 140 μm	▶ 벌크 상승과 건조에너지 절감 극대화	
입도 범위	누적분포 90% 입도	300 μm 이하	▶ 벌크 상승과 건조에너지 절감 극대화
	누적분포 50% 입도	120 μm 이상	▶ 벌크 상승과 건조에너지 절감 극대화 ▶ 유기충전제 원가하락 유도
	누적분포 10% 입도	10 μm 이상	▶ 벌크 상승과 건조에너지 절감 극대화 ▶ 유기충전제 원가하락 유도
수분 함량	10% 이하	▶ 유기충전제 원가하락 유도	
회분 함량	10 % 이하	▶ 유기충전제 원가하락 유도 ▶ 종이 강도하락 최소화	

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절 최종 목표

가. 농업부산물을 이용한 신규 원료 개발

주요 농업부산물로 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 선정하였고 이들을 이용하여 분쇄와 분급과정을 통해 백판지용 기능성 유기충전제를 개발하였다. 또한 다양한 유효알카리도, 황화도, 액비, 온도, 시간 조건에서 크라프트 화학펄프를 제조하여 그 물성을 평가하여 농업부산물 종류별로 최적의 크라프트 화학펄프 제조 조건을 도출하였다.

나. 농업부산물을 이용한 신규 원료의 기능성 평가

주요 농업부산물인 왕겨, 땅콩박, 마늘대를 이용하여 제조된 다양한 종류의 유기충전제를 제조한 후 실험실적으로 수초지를 제조한 후 수초지의 물리적·강도적 특성을 측정하였고 수초지의 건조 수분함량을 측정하여 건조에너지 감소율을 평가하였다. 또한 이들 부산물을 이용하여 다양한 조건으로 제조된 크라프트 화학펄프와 폐골판지를 이용하여 실험실적으로 수초지를 제조한 후 수초지의 물리적·강도적 특성을 평가하였다. 기능성을 포함한 다양한 조건들을 고려할 때 왕겨 유기충전제가 백판지용 원료로 가장 적합한 것으로 판단된다.

다. 농업부산물로 제조된 신규 원료 적용을 위한 생산현장 최적화

깨끗한나라(주) 청주공장에서 백판지 생산에 사용되는 펄프인 표백크라프트펄프(BKP), 표백 열화학기계펄프(BCTMP), 백상지고지(W/L), 신문고지(ONP), 폐골판지(OCC)의 기본 특성을 분석하였고 이들 원료 변화에 따른 백판지의 물성 변화를 분석하여 농업부산물로 제조된 판지용 신규원료의 적용에 적합한 원료층을 파악한 결과 폐골판지가 사용되는 심면층이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

라. 농업부산물로 제조된 유기충전제의 현장테스트를 통한 기능성 평가 및 스펙 선정

본 과제를 통해 발굴한 대영파우텍에서 제조된 왕겨 유기충전제를 참여기업 깨끗한나라(주) 청주공장에서 현장테스트를 진행하였고 기능성이 가장 우수한 왕겨 유기충전제 조건을 도출하

였다. 또한 왕겨 유기충전제의 부패테스트를 통해 계절에 따른 현장 적용 가능성을 타진하였다.

2절 목표 달성도

세부 연구목표치와 달성도는 다음과 같다.

평가 항목	평가 조건	목표치	달성치	비 고
벌크 상승률	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기준 대비 2% 상승	기준 : 1.195 테스트 : 1.241 달성 : 3.85%	깨끗한나라 측정결과 (TAPPI 표준법)
건조 스팀 절감	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	기준 대비 2 톤/hr 절감	기준 : 48.6 톤/hr 테스트 : 46.4 톤/hr 달성 : 2.2 톤/hr	깨끗한나라 측정결과 (공정 데이터)
과열강도	- 백판지 350 g/m ² 기준 현장데이터	5.0 kg _f /cm ² 이상	달성: 5.80 kg_f/cm²	공인기관 (KS M ISO 2758:2004)

3절 관련분야에의 기여도

- ① 농업 생산에서 기본 생산물 이외에 부수적으로 얻는 생산물인 농업부산물을 이용하여 농산물 포장용지인 백판지의 기능성 원료를 개발하고 백판지 생산공정에 적용할 수 있는 기술을 확립하였다.
- ② 향후 중요성이 증대되고 있는 폐기성 농업부산물의 활용처 발굴에 발맞춰 신규 백판지용 원료를 개발함으로써 농산물 분야와 제지산업 분야의 새로운 모델을 제시하였다.
- ③ 농산물 생산자에게는 새로운 수입원이 창출되고 백판지의 생산원가 절감으로 인해 백판지 생산업체의 이익을 증대될 수 있을 뿐만 아니라 포장용지의 단가하락으로 인해 일반 소비자들은 낮은 가격으로 농산물을 구입할 수 있다. 또한 폐기자원의 재활용과 저탄소 녹색성장의 개념을 충족하여 사회 환경적으로 긍정적인 효과를 주는 친환경 재활용 기술이다.

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 목표 및 성과

(단위 : 건수)

구분	특허		신품종				유전자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품종명칭 등록	품종수입 생산 신고	품종보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
1차 년도	목표							1		
	달성							1		수상 1회
2차 년도	목표	1						1		
	달성	1						2		수상 1회
3차 년도	목표									
	달성									
4차 년도	목표									
	달성									
5차 년도	목표									
	달성									
계	목표									
	달성									

2. 특허 출원 및 등록

특허 제목	출원인	특허 형태 및 번호
마늘대를 이용한 판지용 크라프트 펄프 제조 방법	경상대학교 산학협력단	출원, 1011999730000

※ 특허 출원증

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2015.01.13
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2015-0006436 (접수번호 1-1-2015-0035583-15)
출원인명칭 경상대학교산학협력단(2-2004-010719-4)
대리인성명 한운호(9-2007-000728-3)
발명자성명 이지영 임기백
발명의명칭 마늘대를 이용한 판지용 크라프트 펄프 제조 방법

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 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(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>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기조로 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. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

<http://www.patent.go.kr/jsp/kiponet/ir/receipt/online/appNoOffcAct.so>

3. 논문 게재 및 학회 발표

(1) 논문 게재 실적

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2013	농업부산물로 제조된 유기층전체의 물리적 특성 평가	이지영	김철환	임기백, 김영훈, 이세란, 김만영, 김선영, 김준식	Journal of Korea TAPPI	45(4)	국내	SCIE급 (Scopus)
2014	주요 농업부산물로 제조한 크라프트 펄프의 물리적 특성 평가	이지영	김철환	임기백, 김선영, 박종혜, 허영준, 김영훈, 김연오, 이세란	Journal of Korea TAPPI	46(3)	국내	SCIE급 (Scopus)
2014	농업부산물 크라프트펄프의 혼합에 따른 판지의 물성변화	이지영	성용주	임기백, 김선영, 박종혜, 김은혜, 허영준, 김영훈, 김연오, 이세란	Journal of Korea TAPPI	46(5)	국내	SCIE급 (Scopus)

농업부산물 크라프트펄프의 혼합에 따른 판지의 물성변화

이지영 · 임기백 · 김선영 · 박종혜 · 김은혜 · 성용주¹ · 허영준² ·
김영훈² · 김연오² · 이세란²

필수일(2014년 10월 8일), 수정일(2014년 10월 15일), 채택일(2014년 10월 16일)

Application Evaluation of Physical and Strength Properties of Paperboard by Kraft Pulp Mixing Made from Agricultural Byproducts

Ji-Young Lee, Gi-Baek Lim, Sun-Young Kim, Jong-Hye Park, Eun-Hea Kim,
Yong Joo Sung¹, Young-Jun Heo², Young-Hun Kim², Youn-Ho Kim² and Se-Ran Lee²
Received October 6, 2014; Received in revised form October 15, 2014; Accepted October 16, 2014

ABSTRACT

The cultivation of agricultural crops results in the generation of agricultural byproducts. Researchers have reported that these materials can be useful in a variety of applications. However, over 50% of them are currently discarded because of the lack of specific technologies in industrial applications. Therefore, effective and specific applications must be developed in order to manufacture high-quality materials using discarded lignocellulosic resources.

In this study, we determined the possibility of using kraft pulp from major agricultural byproducts as a raw material for the manufacture of paperboard. Rice husks, peanut husks, and garlic stems were obtained and used to prepare many kinds of kraft pulps by controlling the active alkali, sulfidity, reaction time, and liquor ratio. After the production of these kraft pulps, handsheets were manufactured by mixing them with KOCC. After preconditioning, the physical properties and strengths of the handsheets were measured according to the TAPPI test methods. The shapes, lengths, and widths of the pulp fibers varied according to the type of agricultural byproduct and the kraft pulping conditions. Rice husk and garlic stem pulps manufactured under mild pulping conditions resulted in handsheets of higher bulk than other pulps.

* 경상대학교 환경재료과학의/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National Univ., Jinju, 660-701, Republic of Korea)

¹ 숭실대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)

² 계원한나리(주)(Gwanmyra, Shinmyung B/D 49-17, Cheongmoo-2gi, Joong-gu, Seoul, Republic of Korea)

† 교신저자 (Corresponding Author): E-mail: yyoung@wpa.nu.kr

63.1% 향상되었다.

황제, 망종박, 마늘대의 조건별 대체비율별로 열단장, 압축지수, 퍼일지수를 비교해 보았다. 열단장은 대체로 감소하는 경향을 나타내었지만 황제 펄프에서는 B 조건이 크게 감소하였고, 망종박 펄프에서는 A 조건은 증가, B 조건은 유지, 마늘대 펄프에서는 A, B 두 조건이 증가하는 경향을 나타내었다. 압축지수는 황제 펄프는 모두 비슷한 수준으로 감소하였고, 망종박 펄프는 A, B 조건이 상승, C 조건 유지하였으며, 마늘대 펄프는 A, B, C 조건은 증가하였고 D, E 조건은 유지하는 수준이었다. 퍼일지수는 압축지수와 같이 황제 펄프는 모든 조건에서 강도가 감소하였지만 A 조건이 감소가 완화되었고, 망종박 펄프는 A, B 조건에서 소폭 상승하거나 유지하는 긍정적인 결과를 보였으며, 마늘대 펄프의 A, B 조건이 강도 향상에 우수한 효과를 나타냈다. 망종박 펄프의 C, D, E 조건은 황제 펄프와 비슷한 수준의 감소 폭을 나타내었으며 마늘대 펄프의 C, D, E 조건은 KOCC에 비해 소폭의 증감을 나타냈다.

4. 결론

농업부산물을 이용하여 섬유자원화 가능성을 파악하기 위해 농업부산물 중 황제, 망종박, 마늘대를 선정하여 A-E의 각각 다른 조건으로 크라프트 펄프 후 국산 폐국산물과 고지(KOCC, Korean Old Corrugated Container)를 대체하는데 적합한 조건을 찾고자 하였다. 펄프 향상은 황제 펄프와 망종박 펄프가 마늘대 펄프에 비해 좋았으며 펄프 조건이 C, D, E 조건보다는 약한 A, B 조건에서 표면의 돌기와 굴곡이 펄프향상에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 최분함량은 농업부산물 펄프가 KOCC를 대체하는 비율이 커질수록 최분함량은 감소하였으며 그 감소폭은 황제, 망종박, 마늘대 순으로 컸다. 열단장, 압축지수, 퍼일지수는 황제 펄프는 모든 조건에서 감소하였으나 망종박 펄프의 A, B 조건에서는 소폭 증가를 C, D, E 조건에서는 황제 펄프와 비슷한 수준으로 감소하였다. 마늘대 펄프는 A, B 조건은 모든 강도에서 증가하는 경향을 나타내었으며, C, D, E 조건은 소폭 감소 또는 유지되는 결과를 얻을 수 있었다. 황제 펄프는 펄프향상과 최분 감소 효과가 높았지만 강도의 감소가 컸다. 망종박 펄프는 A, B 조건이 별

크, 최분함량, 강도적 특성에 긍정적인 효과를 나타냈다. 마늘대 펄프는 펄프향상과 최분함량에는 큰 효과는 나타나지 않았지만 강도적 특성이 다른 펄프에 비해 서 높은 효과를 나타냈다. 따라서 KOCC가 사용되는 판지류에 원료로 사용가능한 것으로 판단되나 펄프, 최분, 강도 등을 고려하여 농업부산물 종류와 펄프 조건을 선정하여 한다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 생명산업기술개발사업에 의해 이루어진 것이다.

Literature Cited

1. Sung, Y. J. and Ok, M. T., Evaluation of the properties of fibers originated from rice straw, 2010 Proceeding of Spring Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 361-367.
2. Jo, W. G., About non-woody pulp, Journal of Korea TAPPI 3(1):25-31 (1971).
3. Lee, J. Y., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim, D. M., Development of new powdered additive and its application for improving the paperboard bulk and reducing drying energy (I) - Analysis of chemical and physical properties of brewers grain -, Journal of Korea TAPPI 44(2):58-66 (2012).
4. Lee, J. Y., Lee, E. K., Sung, Y. J., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim, D. M., Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem, Journal of Korea TAPPI 43(4):40-48 (2011).
5. Lee, J. Y., Lim, G. B., Kim, Y. H., Lee, S. R., Kim, M. Y., Kim, C. H., Kim, S. Y., and Kim, J. S., Evaluation of the physical properties of organic fillers made from agricultural byproducts, Journal of Korea TAPPI 45(4):34-41 (2013).
6. Lee, J. Y., Lim, K. B., Kim, S. Y., Park, J. H., Kim, C. H., Huh, Y. J., Kim, Y. H., Kim, Y. O., and Lee, S. R., Evaluation of the physical properties of kraft pulps made from major agricultural byproducts, Journal of Korea TAPPI 46(3):50-57 (2014).

(2) 학회 발표 실적

계재연도	논문명	저자			학술지명	발표지	국내외 구분
		주저자	교신저자	공동저자			
2013	농업부산물로 제조된 유기충전제 적용에 따른 판지의 물리적 특성 및 건조에너지 평가	임기백	이지영	김철환, 김병호, 김선영, 김준식, 김영훈, 이세란, 김만영	한국펄프·종이공학회 2013년 추계학술 발표논문집	춘천, 강원대학교	국내 학회 발표
2013	농업 폐기물로부터 제조된 분말상 부원료의 기본 특성 분석	임기백	이지영	김선영, 김준식, 김철환	한국 공업화학회 2013년 추계학술 발표논문집	대전, 대전컨벤션센터	국내 학회 발표
2014	농업부산물의 펄프화에 대한 기초연구	임기백	이지영	김철환, 허영준, 김영훈, 이세란, 김선영, 박종혜	한국펄프·종이공학회 2014년 춘계학술 발표논문집	서울, 서울대학교	국내 학회 발표
2014	신규 유기충전제 적용에 따른 판지의 물성 및 건조에너지 변화	이지영	김철환	박종혜, 김선영, 임기백	한국 공업화학회 2014년 춘계학술 발표논문집	제주도, 국제컨벤션센터	
2014	주요 농업부산물 크라프트펄프의 KOCC 대체 가능성 평가	김은혜	이지영	김철환, 허영준, 김영훈, 김연오, 이세란, 임기백, 김선영, 박종혜	한국펄프·종이공학회 2014년 추계학술 발표논문집	전주, 전주페이퍼	국내 학회 발표
2014	폐기성 농업부산물로부터 제조된 분말상 첨가제의 주요 물성 평가	박종혜	이지영	김철환, 임기백, 김선영, 김은혜, 허영준, 김영훈, 김연오, 이세란	한국 공업화학회 2014년 추계학술 발표논문집	대구, 엑스코	국내 학회 발표

4. 성과활용 계획

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	0	1		1	
	달성	1	1		1	

본 연구과제의 주관기관인 경상대학교와 참여기업인 깨끗한나라(주)은 기술이전 계약을 체결하였다. 따라서 깨끗한나라(주) 청주공장에 “왕겨 유기충전제를 포함한 농업부산물 유기충전제를 이용한 백판지 제조 기술”을 적용하고자 한다. 우선적으로 왕겨 유기충전제의 적용에 따라 발생될 수 있는 문제점을 해결하고 그 효과를 극대화할 수 있는 방안을 도출할 예정이다. 이를 통해 농업부산물이 적용된 새로운 SC 지종의 농산물용 백판지를 생산할 예정이다.

※ 기술이전 계약서 표지

기술료 지급 계약서

계약명 : 농업부산물 유기충전제를 이용한 백판지 제조 기술

2014년 12월 15일

<p>甲</p> <p>주소: 경남 진주시 진주대로 501</p> <p>기관: 국립경상대학교 산학협력단</p> <p>대표: 단장 남 태 현 (인)</p> <p>연구책임자</p> <p>소속: 국립경상대학교 농업생명과학대학</p> <p>성명: 이 지 영 교수</p>	<p>乙</p> <p>주소: 서울특별시 중구 충무로 2가 49-17 신조양빌딩</p> <p>상호: 깨끗한나라(주)</p> <p>대표: 이 기 주 (인)</p>
<p>담당자</p> <p>부서: 산학협력단 기술사업팀</p> <p>성명: 이 철 우 (인)</p> <p>연락처: 055)772-0231</p>	<p>담당자</p> <p>부서: 제지개발팀</p> <p>성명: 김 연 호</p> <p>연락처: 02)2270-9398</p>

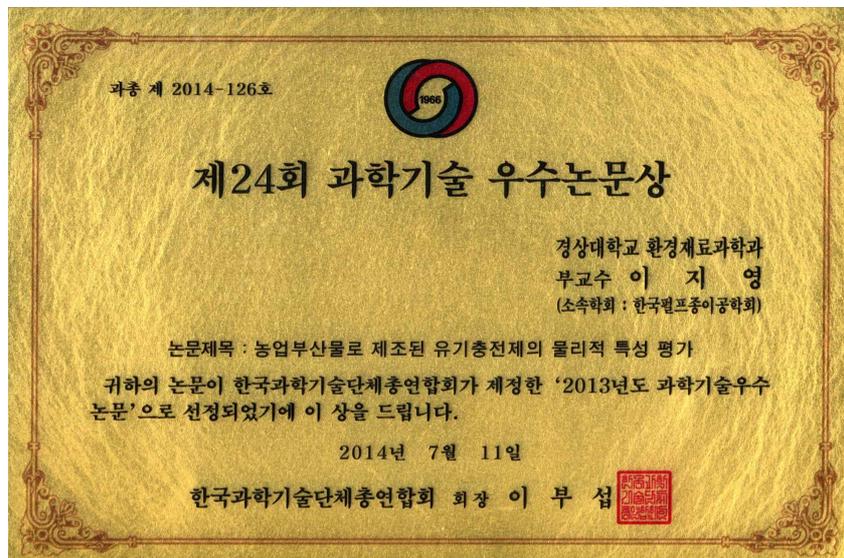
농업부산물 유기충전제를 적용할 경우 농산물용 포장에 사용되는 일반 백판지 뿐만 아니라 식품용지, 일반 공산품 포장에 사용되는 백판지류에도 적용가능하다. 농산물용 백판지류에 적용하여 품질이 안정화되면 다양한 종류의 백판지류에 왕겨 유기충전제를 확대할 예정이다.

한국 펄프·종이공학회가 주체하는 36차 제지기술자 정기교육(2013년 3월 20일-22일)인 “제지기술인을 위한 핵심역량강화 과정” 에서 본 연구과제의 총괄책임자가 2013년 3월 22일 건조 공정 교육에서 “농업부산물로부터 제조된 유기충전제” 에 대한 교육을 실시하였음.



5. 수상 실적

- (1) 본 연구과제를 통해 발표한 “농업부산물로 제조된 유기충전제의 물리적 특성 평가” 논문으로 주관연구기관 연구책임자가 한국과학기술단체총연합회에서 주관하는 제24회 과학기술 우수논문상을 수상하였음.



- (2) 본 연구과제를 통해 발표한 “폐기성 농업부산물로부터 제조된 분말상 첨가제의 주요 물성 평가” 포스터로 본 주관연구기관의 참여연구원인 박종혜 학생이 한국공업화학회에서 주관하는 2014년 추계학술논문발표회에서 우수 포스터상을 수상하였음.



제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

국내·외를 비롯한 제지산업이 점차 위축되고 정체되어 있는 것이 현 실정이지만 특수지 시장은 생산성과 원가절감 면에서 경쟁력이 있기에 일반용지의 치열한 시장보다 향후 가능성이 제기되어왔으며 실제로 전 세계적으로 특수지 산업의 성장이 이루어지고 있는 바이다. 그 중 중국의 특수지 산업도 비약적인 발전을 하고 있는데, 2005년부터 2011년까지 연평균 생산량이 꾸준히 증가되었고 특히 2011년 생산량은 전년 대비 약 16%의 고도성장을 하였으며 소비량도 연평균 8% 수준으로 성장하였다. 점차 특수지의 비중이 계속적인 증가가 이루어질 것으로 보이며 특수지 자체의 각기 다른 용도의 다양성과 전문성으로 인해 다양한 분야에서 지속적인 시장 창출 또한 가능할 것으로 판단된다.

본 장에서는 중국 현지 시장의 포장제품에 대해 수집한 내용을 요약하였고 포장 박람회 참관 및 중국 내 특수지 공장을 직접 방문하여 수집한 특수지에 대한 자료를 요약하여 소개하고자 한다.

1. 중국 특수지 공장(전 국일제지) 방문

중국의 장가항 공장(Fig. 1)은 2013년 한국제지가 인수해 특수지 사업을 확대해 나가고 있으며 공장의 지난 1분기 순익은 1 억 9400 만원으로 한국제지 전체 1분기 순익의 9% 정도를 차지할 정도로 중국 특수지 시장을 공략하여 사업영역을 확장하고 있는 실정이다. 해당 공장의 주요 생산품으로는 LCD간지, 박리지, 메모원지, 벽지원지, 특수포장지, 이형원지, 팁지 등 비도공 특수지를 다루며 생산량 및 매출규모는 58,631 톤/년, 702 억원/년 (2013년 기준), 중국 내 M/S 17위이고 총 생산량의 75% 내수(중국), 25% 수출 정도이다.

한국제지 장가항 특수지 공장의 특수지 현황은 크게 산업용, 문구용 등으로 나뉠 수 있다. 산업용으로는 기존의 유리간지를 LCD 전용 간지로 기존의 간지를 스테인리스 스틸용 간지, PS 판(인쇄판) 간지, 크라프트 간지(기름흡수용)로 개발하였다. 또한 무진원지, 멸균원지, 방수동판원지(맥주 표면에 부착하는 원지) 등과 PCD 인쇄 회로기판에 멸균, 방수기능의 특수기능을 추가하였다. 문구용에는 메모원지(포스트잇), 벽지, CCK원지(표면에 라텍스 코팅이 되어 있어 별도의 사이징 처리 필요없음) 등 고급 시장의 확대를 하였고 무형광, 백색, 황색 이형원지(3M 등)와 위생용 이형원지(기저귀, 생리대 등)인 이형지(스티커제품 후면에 붙이는 접착성분 보호원지)류(월 2,500톤, M/S 10~30%)를 개발하였다. 이외 보안용 원지(복사불가 인쇄지), 형광펄프 혼합 원지(상품권 등) 등 보안을 위한 보안원지와 담배 팁지, 특수(식품)포장지 등을 개발하였다.



Fig. 6.1. Pictures of KOOKIL PAPER (国一制纸(张家港)有限公司)

2. 포장 박람회(PROPAK CHINA 2014) 참관

포장 산업 전문 박람회인 상해포장박람회(Fig. 2)가 세계적으로 유명한 전시장인 상해신국제 전람중심에서 “상해 국제 음료 및 액체기술, 원료박람회”와 함께 개최되었다. 예년보다 많은 나라와 업체의 참가로 규모 및 질적인 면에서 한층 성숙되었으며 또한 상해 도시 내의 업체들 뿐만 아니라 전체 참가 업체의 반 이상에 해당되는 업체들이 전 세계 및 다른 중국 도시에서 참가하는 박람회로 포장 처리 및 유제품, 의약품, 화장품, 식품, 맥주를 포함한 모든 생산 제품의 포장에 대한 최신 기술을 출품하는 규모가 큰 포장 박람회이다.

상해 포장 박람회는 21개국으로부터 500여개 회사가 참여하여 크게 유제품, 의약품, 화장품, 식품, 음료제 및 포장 가공 기계가 전시된바가 있는데 총 13,880여명 관람객 중 14% 1,948명이 해외에서 참관하여 국제적으로 자리 잡고 있는 전시회중 하나이다. 상세한 전시품목으로는 음료포장, 병에 담은 공정, 양조, 음료가공처리, 통조림 제조기술, 화장품 포장, 화장품처리기계,

유제품 처리기계, 유연성 있는 포장, 식품재료/첨가물/맛, 식품처리기계, 유리포장장료, 음료포장장비, 액체류 포장, 액체류처리, 제조 서비스, 측정시스템, 금속포장, 포장기계(식품, 비식품), 포장재료(비식품) 종이 & 널빤지 포장, 의약품포장기계, 의약품처리, 플라스틱 포장, 플라스틱 포장기계, 인쇄 및 라벨링 재료, 프린팅 & 라벨링 기술, 프린팅기술, 퀄리티 컨트롤 & 테스트 등이 있다.



Fig. 6.2. Pictures of PROPAK CHINA 2014

가. Acepack (Packaging Machinery)

상하이 Acepack 기계유한공사(상하이 Oushuo 포장 기계 유한 공사)는 수평 완전 자동 포장 기계 및 완전 자동 충전 기계를 설계 및 유통하는 비정부 주식 기업이다. 제품 포장의 다양성 및 포장 서비스의 범위에 대한 시장의 요구를 충족시키고자 유럽의 고급 디자인 기술을 사용하고 있다. 식품, 화학 물질, 농약, 석유화학, 의학을 포함한 다양한 분야의 패키징에 적용되고 있다.

■ Carton Filing Machine

AC series asepsis carton brick box filling machine starts from premade paper aluminum plastic composite sheet material. Adopting horizontal chain conveying structure, the machine forms the box, fills the product, seals the box, and welds the box corner. Sterilize the package material on packaging line. Having cleaning cabinet, the machine fill the product inside the cabinet. So that to achieve asepsis filling process. It is suitable to fill many kinds of products in Tetra type carton box. For example, liquids like dairy, tea, juice, alcohol, etc. and solids like cereal, corn, broad bean, etc. This machine is of simple structure, easy operation, stable running. The failure rate and repairing cost both low, as well as its performance is better than similar machines supplied by other producers.



■ Pillow Packing Machine(AFA450S)



나. Yuanxupack (Yuanxupack AutoMachine)

상하이 포장 기계 유한 Yuanxu 회사는 자동 포장 장비 생산 시스템 개발에 주력하고 있는 회사로 자동 카톤 포장 기계, 자동 포장 밀봉 기계, 자동 수축 포장 기계 등을 제조하고 있다. 전문 하이 엔드 자동 포장기계를 제작하는 첨단 하이테크 기업의 하나로서 R&D, 제조, 판매 및 서비스를 제공하고 있다. 주요 제품으로는 포장기계, 박스 제조 기계, 밀봉 기계, 스트래핑 및 팔레타이징 기계 등이 있다. 당사는 BOSCH, Coca-Cola, Pepsi, ABB Electric, Sony Electronics, LG Pudong Airport, DEBON 물류, Fleetguard 필터 등의 기업에서 인정받고 있다.

■ YK600F Carton Wrapping Machine



It is designed to wrap small carton on four faces or all; Its top-plate is used to fasten the carton tightly. Facilitate use with simple operation button or touch screen.

■ YK-L5545+YK-LS5030 Economic Side Sealing Shrinking Machine



It is medium-speed shrink wrapping machine and widely applied to shrink wrap the aluminum material, pipeline, printer, photo frame, electron and cosmetic staff, tec.

The special design according to the requirements from home and abroad fulfill the unmanned packaging.

다. NEWPACK(The Packaging Solution for Indian Ocean)

Newpack은 마다가스카르와 인도양 남서부의 섬에 골판지 상자 시장의 선두주자로 마다가스카르, 모리셔스, 레위니옹섬, 그리고 코모로 제도에 기반을 두고 연간 약 40,000,000 패키지를 생산해내고 있다. 포장제품의 상당부분은 유럽, 미국 및 기타 국가의 Newpack의 클라이언트에 의해 수출하고 있다.

■ The Tray



The tray made with corrugated cardboard is usually used to package fruit and vegetables and cans or pots. The tray serves as packaging for transport and storage as well as for presenting the goods in the shop.

We make standard types of trays, like trays to export Litchis of Madagascar, or personalised types according to the client's request.

We produce boxes with different **corrugation**: E-flute (micro-corrugation), B, C, or EB. The E flute gives excellent printability for this kind of product. In fact the tray with micro corrugation or « E-flute » has shown itself not only to resist crushing and deformation but also to allow good quality printing. According to the use needed and the sturdiness required, we can offer trays with different types of corrugation.

As these trays are specially made to export food products, we assure you that all our packaging is **suitable for food use**.

■ Boxes for pizza and cakes



We offer standard models (i.e. standard size and printing) of pizza boxes, cake boxes, and hamburger and panini boxes.

We can personalise the order to your wishes if you order over a certain quantity.

All our boxes are **suitable for use with food**. Your product can be in direct contact with the box without its composition being changed.

■ The single sided roll



The single sided roll is perfect to protect your products during transport. It absorbs shocks (for example, carpeting the interior of a container)

It can also be used for decoration.

It is about 1.5 to 3 mm thick. We can make the single sided roll with **flute E, B or C**.

■ The Box with a waterproof covering (waxed box)



A coating can be added to your box to protect your products even better

Waxing is especially useful for boxes which are to be refrigerated. The advantage of a waxed box is that products can be packaged and placed in a cold room, or transported in refrigerated vehicles and delivered directly to the final client. The box withstands these conditions because waxing the box gives great resistance to humidity, insuring that your product arrives at your client in the same state that it was in when it was originally packaged.

The waxed box is especially advised for packaging fruit (litchis) and vegetables, frozen meat and fish, seafood, and spices (vanilla, cloves).

The coating that we use, like all the materials in the production of our boxes, is **suitable for contact with food**. You have the choice, according to your needs and the use that you are going to make of the product. You can opt for only an interior coating, only an exterior coating, or a double coating (both interior and exterior).

라. Cangzhou yuhui food machinery

Cangzhou yuhui food machinery는 액체 포장 분야에서 전문적인 경험을 가진 국제 지향적인 회사로, 디자인, 수량의 전체 제조 공정을 확립하여 생산 및 품질관리, 제조, 기술 등 전반적인 제조 공정을 수행하고 있다. 제품의 70%가 아프가니스탄, 시리아, 인도, 미국, UAE, 베트남 등의 국가에 수출하고 있으며, Cangzhou yuhui food machinery 식품 기계의 대부분의 제품이 중국 인민 공화국 특허청의 특허를 받았다.

■ YHGZFJ-A-8 Bag filling sealing machine



우유, 두유, 요구르트, 젤리, 과일주스, 음료, 간장, 식초, 와인, 식용유, 세제, 액상 화학 약품, 반 유체와 같은 액체 포장 충전 및 밀봉 등 다양한 종류에 사용되고 있으며, 고객으로부터 높은 평가를 받고 있다.

■ YH-IB Automatic liquid packing machine



액체 포장용으로 다양한 종류에 사용되고 있는 자동 액체 포장 기계로 국가특허(ZL200420029268x) 등록이 되어있다. 우유, 두유, 과일주스, 음료, 간장, 식초, 와인, 세제 등을 포장할 수 있는 다양한 시스템 성능을 가지고 있다.

multi-layer complex film, black and white resistance oxygen wrap film, high-temperature cooking film, high-pressure polyethylene film 등의 필름이 포장에 사용되고 있다.

■ YH-D-2 Automatic aseptic pillow liquid packing machine



다양한 종류의 액체 포장에 사용되고 있으며 주로 우유, 두유, 음료, 간장, 식초, 와인, 세제 등의 포장에 적용되고 있다. 이것은 튜브 모양으로 밀봉되어 사용되고 있으며, 포장 필름 주름이나 모서리 라인의 결함을 방지한다. 별도의 조정 없이도 압력을 이용해 더욱 안정적이고 견고한 밀봉 포장이 가능하다.

마. Boevan (Shanghai Boevan Packaging Machinery Co.,Ltd)

상하이 Boevan 포장 기계 회사의 생산라인은 완전 자동 수평 포장 기계, 수직 포장 기계, 포장 기계, 보조 계량 및 장치 등을 다루고 있다. 식품, 음료, 제약, 가정용 및 개인용 케어 산업 등 다양한 산업분야에서 서비스를 제공하고 있다. 또한 적층 필름 및 파우치, 지퍼 등을 포함한 포장 재료를 제공하고 있으며 설치 지원, 유지 보수 및 원스톱 풀서비스, 예비부품 배달 등 각 단계별로 서비스를 제공하여 고객지향의 서비스 시장을 확대하고 있다.

■ Pre-made Pouch



분말, 과립, 또는 액체 등 뛰어난 포장 기술로 전문 기계설계에 의해 포장 되며, 엄격한 제조 공정을 거쳐 생산되고 있다.



■ Packaging Film

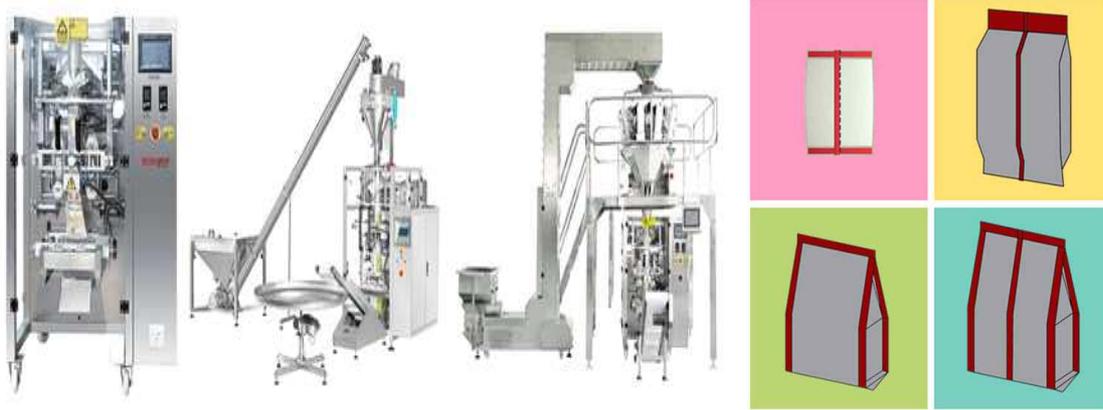


STRUCTURE	FEATURE	APPLICATION
BOPP/CPP or LDPE	Moisture proof, good heat seal, good air barrier and transparency	Dry food, expanded food, biscuit, cookies and bread packaging
BOPP/VMPET or VMCPP	Good light barrier, anti-puncture, good stiffness	Dry food, expanded food, medicine, cosmetic, milk powder and tea packaging
BOPP/PET/LDPE or CPP	Low temperature resistance and high temperature resistance	Food, meat, seafood outer packaging
BOPP/VMPET/LDPE or CPP	Good anti-puncture and stiffness, can protect from light, good look	Tea, juice, beverage and drink packaging
BOPP/AL/LDPE	Moisture proof, strong sealing strength	Coffee, glucose, egg powder and other powder packaging
BOPP/KRAFT/CPP	Easy to tear, good friction, prevent against oxygen	Meat outer packaging
PET/CPP or VMPET	Good rigidity, hardness, anti-oiliness	Dry food, corn, powder packaging

■ Packaging Machinery

1. Vertical Packager ; Large Bag Packager

- 많은 양의 수직 패키징에 적합한 기계로 내구성이 높아 경제성이 좋다.



2. Horizontal Packager (Doypack Packager)

- BHD-180S는 Doypack 파우치(스탠드 업 파우치) 또는 평면 파우치 등 다양한 파우치 타입을 생산하기 위해 설계된 기계로 BHD-180SZ : BHD-180S 시스템을 기반으로 지퍼 잠금 기능을 가지고 있어 안정적이며 외관이 좋다. 1000mL 충전 용량까지의 파우치를 만들어 50~60ppm의 높은 생산량을 달성 할 수 있다. 엄격한 위생 및 안전 기준을 충족하고 다른 보조 충전 장치에 따라 과립, 분말, 액체, 크림 등과 같은 제품의 포장이 가능하다.



3. 상하이 농산물 포장 동향에 대한 시장 조사

본 장에서는 중국 현지 대형 마트 관람을 통해 중국의 포장 제품을 조사하여 수집한 내용을 요약하였다. 중국은 포장산업에서 급속한 발전을 이루며 막대한 산업규모를 갖췄으며, 전체적인 중국의 지류생산 산업 중 포장산업이 차지하는 비중이 점차 커지고 있는 실정이다. 이의 제품포장수요가 앞으로도 급속도로 성장할 예정으로 포장산업의 높은 수준을 유지할 전망이다. 하지만 급진적인 발전을 이룸으로써 포장 관련 법률이 완전히 갖춰지지 않았고 법적구속성이 강하지 않았다. 또한 분리수거 체계가 정착되지 않아 포장폐기물에 따른 환경오염 문제가 심각한 상태이다. 이러한 문제점을 바탕으로 최근 중국의 포장산업에서 종이포장과 플라스틱 포장의 친환경화를 비롯한 친환경 포장시장이 각광받고 있다. 종이 포장재는 무게가 가볍고 환경적인 측면과 경제적인 측면에서 가장 적합하기 때문에 IT, 가전, 식품음료 등 다양한 분야에서 응용범위가 지속적으로 확대될 것으로 보고 있다.

현지의 시장에 고급 포장형태로는 백판지를 사용하고 있었으며 기존 비닐 백 및 플라스틱 포장에서 종이 곱을 이용한 고급포장으로 포장의 고급화를 지향하고 있는 추세이다. 그리고 냉동 보관 시 포장재의 곱 형태를 유지하기 위한 내수성 향상 기술 및 농산물의 신선도 유지를 위한 에틸렌 흡수 가능한 백판지로 주요 기술을 보여주고 있다. (Fig. 3)



Fig. 6.3. Packaging trend for agricultural products in Shanghai market.

중국의 포장시장은 대국이지만 아직 강국에는 이르지 못하고 있는 것으로 현재 중국의 친환경 포장산업이 구조가 불합리하고 제품의 품질등급이 높지 못하며 기술력이 많이 부족하다는 문제점이 있다. 중국은 고부가가치 포장산업으로 전환되는 과도기이기 때문에 초기에 발 빠르게 중국시장에 진출해 시장점유율을 선점한다면 차별화된 기술력과 고급 친환경 포장재로 중국시장을 공략하기에도 유리하다고 판단된다. 무엇보다 단순히 친환경만을 강조한 제품보다는 기능성을 더불어 갖춘 제품 출시에 주력을 해야 할 것이며 특히 지능형포장(Smart packaging)기술을 통해 중국시장에서의 큰 발전기회로 작용할 것으로 고려된다.

제7장 참고문헌

1. W.G., Jo, About Non-Woody Pulp, J. Korea TAPPI 3(1): 25-31 (1971).
2. Won, J.M., Shin, D.S., Studies on the Kraft Pulping of Reed (*Phragmites Communis Trin.*) Grown in Korea, Journal of Korea TAPPI 13(1): 4-19 (1981).
3. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만, 제지과학, Ch. 2, 광일문화사, p. 11-29 (1996).
4. Sohn, B.K., Hong, J.H., and Park, K.J., Comparative Studies on Static Windrow and Aerated Static Pile Composting of the Mixtures of Cattle Manure and Rice Hulls : I. Variation of Physico-chemical Parameters, J. Korean Soil Sci. Fert. 29(4) : 403-410 (1996).
5. Kiviranta, A., Paperboard grades, Papermaking Science and Technology, Vol. 18, Ch. 2, TAPPI PRESS, p. 54-71 (1997).
6. Lee, Y.S., Lee, B.S., Less, S.C., Lee, S.S., Lee, S.Y., Lee, D.Y., Ha, J.K., Effects of Rice Straw and Rice Hull Supplement on Rumination and Chewing Behavior in Hanwoo Steers, J. Animal Science and Technology 46(1): 49-54 (2004).
7. Bang, B.H., Seo, J.S., Jeong, E.J., Kim, K.P., Studies on the Manufacture of Peanut Yogurt, J. Korean Food & Nutr 17(1): 53-59 (2004).
8. Nam, K.Y., Chung, S.K., and Won, J.M., Effects of Raw Materials for Papermaking and Physical Treatment on the Pore Structure and Paper Properties, J. Korea TAPPI 39(4): 7-13 (2007).
9. 통계청 사회통계국 (2008).
10. KS표준, 폐지, KSM7610 (2009).
11. Won, J.M., and Kim, M.H., Pulping Characteristics of Bamboo(*Bambusa procera acher*) Grown in Vietnam, J. Korea TAPPI, 41(4): 52-57 (2009).
12. Sung, Y.J., Shin, S.J. and Oh, M.T., Chemical Composition of Rice Hull and Morphological Properties of Rice Hull Fibers, Journal of Korea TAPPI 41(3):23-27 (2009).
13. Lee, J.Y., Seo, D.J., Yoon, K.T., METHOD FOR WOOD POWDER FOR USE IN PAPERMAKING AND METHOD FOR BULKY PAPER HAVING THEREOF, Korean Pat. 10-0898383 (2009).
14. Sung, Y.J., Shin, S.J., Oh, M.T., Chemical composition of rice hull and morphological properties of rice hull fibers Journal of Korea TAPPI 41(3): 22-28 (2009).
15. Kim, C.H., Lee, J.Y., Gwak, H.Y., Lee, H.J., Back, K.K., Seo, J.M., Park, H.J, Study on the Properties of Kudzu Fibers as a Papermaking Material, Journal of Korea TAPPI 42(2): 53-60 (2010).
16. Sung, Y.J., Kim, W.J., Kim, D.S., Seo, Y.B., Shin, S.J, Evaluation of morphological

- properties and papermaking properties of corn biomass, Journal of Korea TAPPI 42(2): 61-66 (2010).
17. Mossello, A.A., Harun, J., Resalati, H., Ibrahim, R., Shmas, S.R.F. and Tahir, P.M., New approach to use of kenaf for paper and paperboard production, Bioresources 5(4): 2112-2122 (2010).
 18. 농업실용화재단, FACT매거진 12월호, p. 28-29 (2011).
 19. Lee, J.Y., Lee, E.K., Sung, Y.J., Kim, C.H., Choi, J.S., Kim, B.H., Lim, G.B., and Kim, D.M., Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem, J. Korea TAPPI 43(4): 40-48 (2011).
 20. RISI, Annual Review of Global Pulp and Paper Statistics (2011).
 21. Lee, M.W., Park, D.H. and Seo, Y.B., Effect of Alkyl Ketene Dimer(AKD) on Red Algae Reinforced Biocomposites, Journal of Korea TAPPI 43(2): 66-71 (2011).
 22. Jo, H.J., Yoon, S.L., Hwang, B.H., Sheet surface characteristics and pulping of Arrowroots, Journal of Korea TAPPI 43(2): 31-39 (2011).
 23. Lee, J.Y., Lee, E.k., Sung, Y.J., Kim, C.H., Choi, J.S., Kim, B.H., Lim, G.B., Kim, D.M., Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem, Journal of Korea TAPPI 43(4): 40-48 (2011).
 24. 농촌진흥청, 국립식량과학원 (2012).
 25. Lee, Y.J. and Sung, Y.J., Preparations Purified Cellulose from Rice Hull, Journal of Korea TAPPI 44(3):79-85 (2012).
 26. Oh, M.T. and Sung, Y.J., Study of Rice Husk Pulping for Utilization of Rice Husk Fiber, Journal of Korea TAPPI 44(3):63-69 (2012).
 27. Lee, J.Y., Kim, C.H., Choi, J.S., Kim, B.H., Lim, G.B., and Kim, D.M., Development of New Powdered Additive and Its Application for Improving the Paperboard Bulk and Reducing Drying Energy (I) -Analysis of Chemical and Physical Properties of Brewers Grain -, J. Korea TAPPI 44(2): 58-66 (2012).
 28. Sung, Y.J., Kim, C.H., Cho, H.S., Kim, S.H., Sim, S.W., Yim, S.J., Lee, J.Y., and Kim, S.B., Study of Oil Palm Biomass Resources (Part 2) - Manufacturing Characteristics of Pellets Using Oil Palm Biomass-, J. Korea TAPPI 45(1): 42-51 (2013).
 29. Lee, J.Y., Lim, G.B., Kim, Y.H., Lee, S.R., Kim, M.Y., Kim, C.H., Kim, S.Y., Kim, J.S., Evaluation of the physical properties of organic filler mand from agricultural byproducts, Journal of Korea TAPPI 45(4): 34-41 (2013).
 30. 한국제지공업연합회 홈페이지, <http://www.paper.or.kr>.
 31. 공개특허 10-2009-0087625, 제지용 원료 제조방법과 판지제조방법 및 이에 의해 제조된 판지.

32. 등록특허 10-0898383, 제지용 목분의 제조방법 및 이를 이용한 벌크가 증가된 제지의 제조방법.
33. 농촌 진흥청, 국립식량과학원.
34. 등록특허 10-1156665, 왕겨 섬유 및 이를 이용한 고벌크의 왕겨 섬유제지.
35. 공개출원 10-2000-0026767, 왕겨를 이용한 고강도 복합판재조성물과 이를 이용한 복합판재의 제조방법.
36. Seo, Y.B., Lee, C.H. and Lee, Y.W., Development of Substitute Fibers, 2005 Proceeding of Autumn Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 94-102.
37. Seo, S.S., Nam, K.Y., Yoon, D.H., Lee, K.H., Won, J.M., Jo, B.W., Kim H.J. and Lee, T.J., Dualization of Filler Addition and Application of High Loading by Mixing Engineered PCC, 2011 Proceeding of Technical Summit Meeting in Korea Pulp and Paper Industry, pp. 105-106.
38. Sung, Y.J. and Oh, M.T., Evaluation of the Properties of Fibers Originated from Rice Straw, 2010 Proceeding of Spring Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, pp. 361-367.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.