

생물학적 처리에 의한 OCC 스크린 리젝트 내 미해리분의 재활용

성용주[†] 류정용 송봉근
(2004년 10월 4일 접수: 2005년 1월 26일 채택)

Biological Treatment of OCC Flake in Fine Screen Rejects for Recovery of Fibrous Materials

Yong Joo Sung[†], Jeong-Yong Ryu, and Bong Keun Song
(Received on October 4, 2004: Accepted on January 26, 2005)

ABSTRACT

The increase of using low grade OCC, the unsorted mixed grade, as fibrous raw materials for the packaging paper results in the increment of fine screen reject owing to the strong tendency to reduce the slot width. Since the most of screen reject consists of undispersed fiber flake, the suitable treatment of the flake could increase the yield of OCC recycling and decrease the amount of solid waste.

In this work, the novel method combined the mild mechanical treatment by using Tumbling pulper with the biological treatment was developed and applied to the wet strength flake and the fine screen tail line reject originated from a packaging paper mill. The results showed the new method could provide much better efficiency for the disintegration of undispersed flake and for the recovery of fiber from the rejects. The application of the laboratory scaled-Pack pulper showed the possible separation technique for mill application by fractioning effectively the fiber from the treated solid waste.

Keywords : *biological treatment, mild mechanical treatment, packaging paper, OCC, screen reject, undispersed flake, pack pulper*

• 한국화학연구원 펄프제지연구센터 (Pulp and Paper Research Center (PPRC), Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT)), P.O. Box 107, Yusung, DaeJeon 305-606, Korea

† 주저자(Corresponding author): E-mail: yosung@kriect.re.kr

1. 서론

지류포장은 포장 및 관련산업에서 50%이상을 차지하고 있으며, 그 대표적인 포장소재로 라이너지 및 골심지 등을 들 수 있다. 이러한 포장원지 원료의 90% 이상은 국내, 외에서 재활용된 폐지(OCC: Old Corrugated Container)로 이루어져 있다. 재생섬유의 사용은 공정상 또는 품질상의 다양한 문제점들을 필연적으로 발생시키게 되며 이를 해결하기 위한 연구와 기술개발이 진행되고 있다.¹⁻⁴⁾

특히 최근 들어 재활용 폐지의 사용 횟수가 늘어나고 재활용 시 폐지의 부적절한 분류 및 수급 불균형 등으로 인해 폐지원료의 품질이 급격히 저하됨에 따라 고품질의 제품생산에 어려움이 가중되고 있는 실정이다. 저급 폐지의 사용 시 크게 관심이 집중되는 부분은 펄퍼 등의 공정에서 미처 해리되지 못한 미해리분의 증가와 이러한 미해리분이 기존의 정선과정을 통해 고형폐기물로 배출되는 것이라 하겠다. 특히 폐기물로 버려지는 미해리분이 해리되어 상대적으로 긴 섬유장을 지닌 양질의 섬유자원으로 공정 중으로 다시 회수된다면 섬유상 원료의 절감, 폐기물 감소 및 제품의 품질 개선 등에 크게 도움이 될 수 있기 때문이다.

국내 포장원지 생산공정 중 OCC 정선공정의 기본 목적은 폐지원료 속에 다양한 상태로 존재하는 이물질의 제거로서 이물질의 비중, 크기, 형태 등에 따라 선별하게 되는데 미해리된 섬유분은 그 크기가 상대적으로 크기 때문에 이물질로 분리된다. 최근 OCC의 품질 저하로 다양한 이물질이 포함됨에 따라 정선공정의 스크린 슬롯 폭은 점차 좁아지고 있는 추세로서 과거 250 μm 이상이었던 슬롯 폭은 현재 몇몇 공장의 경우 150 μm 까지의 미세한 스크린을 사용하여 운전하고 있는 실정이다. 또한 공정 트러블 감소 및 품질 향상을 위해 정선 리젝트율을 높이고 있는 상황에서 미해리분의 폐기물 배출로 인한 섬유상 원료의 손실은 더욱 증가될 실정이다.

정선 스크린 리젝트 중 미해리분의 대부분은 재활용 전 상태에서의 표면처리, 특히 습강처리 및 사이징 처리 등에 의한 것으로서 펄퍼에서의 해리속도가 지연됨으로써 정선 공정 전에 미처 해리가 이

루어지지 않은 섬유분이다. 이러한 미해리분은 부가적인 해섬처리를 통해 해리가 이루어질 수 있지만 정선 리젝트 중에 존재하는 다양한 성상의 이물질들도 추가로 미분화되어 정선 공정에 유입될 수 있는 단점이 존재한다. 따라서 정선 공정 리젝트 중 미해리 섬유분을 해섬하여 회수하기 위해서는 섬유소 이외의 이물질 미분화를 방지하는 적절한 해리처리가 고안되어야 한다.⁵⁾

본 연구에서는 기존의 기계적 전단력에 의존하는 해리방법을 대신하여 효소를 사용한 생물학적 처리와 기계적 처리를 적절히 병행함으로써 미세분의 발생 및 이물질의 미분화를 억제하면서 미해리분의 해섬을 촉진시킬 수 있는 새로운 리젝트 처리방법에 대해 살펴보았다. 지금까지 생물학적 처리는 OCC 섬유분의 품질 개선을 위해 적용하여 왔으나⁶⁻¹⁰⁾ 본 연구에서는 효소를 적용하여 미해리분의 섬유표면을 부분적으로 분해시킴으로써 해리를 촉진하고자 하는 용도로서 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에서는 미해리분의 주 원인원료로 고려되는 습강 처리된 OCC를 분리하여 실험실적으로 해리한 후 미해리된 flake를 처리하여 그 효과를 평가하였다. 또한 실제 OCC를 주원료로 포장원지를 생산하는 A사의 2차 정선스크린 리젝트를 채취하여 본 방법을 적용하였다. Fig. 1은 현장에서 채취되어 본 실험에 적용된 리젝트분의 성상을 보여주고 있다.

생물학적 처리를 위해 미해리분의 해리를 촉진시키는 생화학적 제제로서 Dyadic사의 Fibrezyme L를 적용하였으며, 목재 셀룰로오스 및 헤미셀룰로오스를 선택적으로 가수분해하는 기능을 가지고 있어 실제 재생섬유의 탈수성 개선, 리파이닝 효과 개선, 탈묵효과 개선, 펄프 표백 등의 다양한 용도로 사용되고 있는 효소이다. 본 효소는 pH 5.5~7.3의 중성조건에서, 온도는 30~60°C 범위에서 가장 효율적인 반응을 나타내는 것으로 알려져 있다.

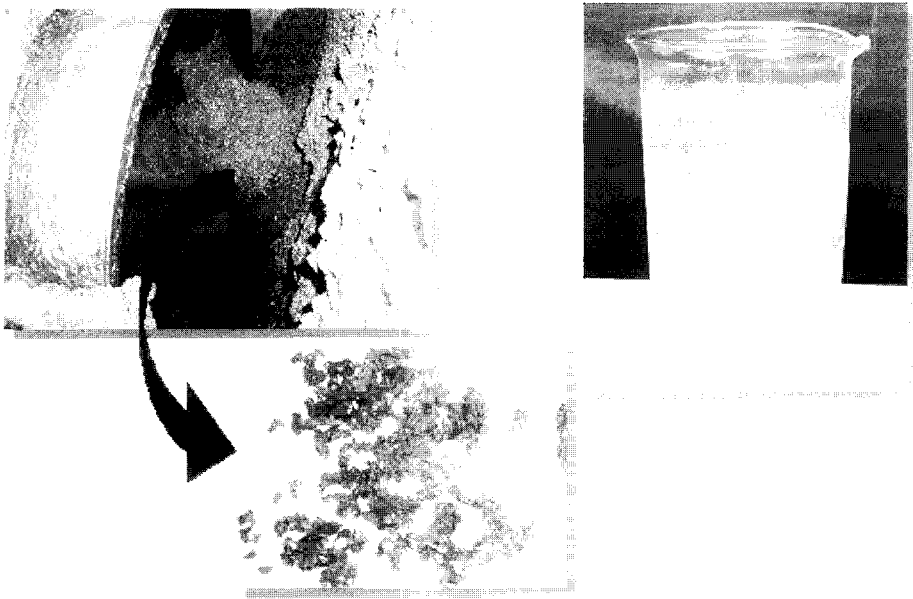


Fig. 1. Un-dispersed flake in rejects of secondary screen sampled from a packaging paper mill.

2.2 실험방법

2.2.1 Tumbling Pulper

본 연구를 위하여 Drum pulper의 원리를 응용한 Tumbling pulper (Fig. 2)를 자체 제작하여 실험에 활용하였다. Tumbling pulper에서는 지료가 자

체 하중에 의해 떨어질 때 받는 충격에 의해 미해리 Flake의 해리가 진행되며 이때 지료에 가해지는 전단력이 기존의 해리기에 비해 미약하기 때문에 섬유 자체의 손상이 적을 뿐만 아니라 상대적으로 에너지 소비도 적은 것으로 확인되었다.

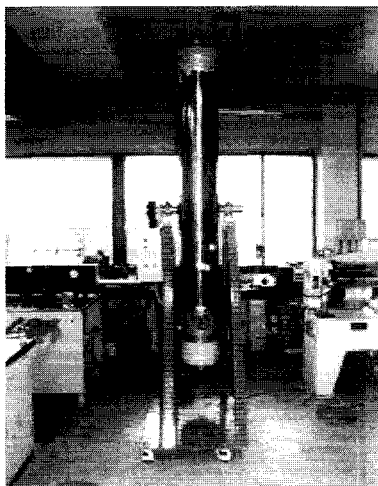


Fig. 2. Tumbling pulper made by PPRC in KRICT.

Tumbling pulper에서 지료에 전해지는 해리 에너지(E)를 계산하면 다음과 같다.

$$E = m \cdot g \cdot h \cdot Nr$$

where

m=Stock weight (kg)

g=Accelation of gravity (9.8 m/s²)

h=Length (2.7 m)

Nr=Number of drop.

따라서 본 실험에서는 일정량의 지료, 10 kg를 투입한 후 Drop 횟수를 조절함으로써 해리 에너지를 조절하여 그 영향을 평가하였다. 지료의 농도 역시 본 Tumbling pulper의 작업성에 영향을 미치는 데 실험실적으로 평가한 결과 고형분 8%에서 가장 원활한 운전효율을 나타내었다. 따라서 본 연구에서의 Tumbling pulping은 고형분 농도 8%를 표준으로 수행하였다.

2.2.2 미해리분 및 해리분 분석

미해리물의 주요 성분 변화를 측정하기 위하여 slot폭이 75 µm인 Somerville screen을 이용하여 1시간 동안 분급하여 미해리분(Flake)과 해리분(Fiber +Fines)의 함량을 각각 측정하였으며, 해리분은 200 mesh 망을 활용하여 다시 fiber와 fine으로 분리하였다. 상기한 분급처리는 희석된 농도에서 지료에 의한 cake가 형성되지 않도록 pulse를 가하며 섬유분 및 미세분을 세척해 내는 방식으로

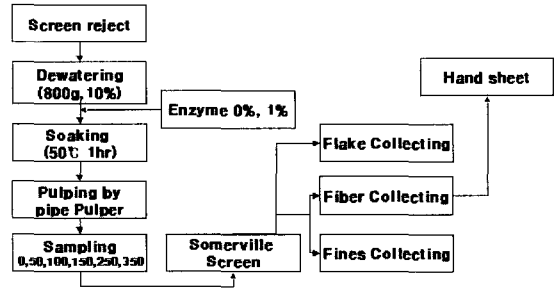


Fig. 3. Procedures for the biological treatment of screen reject.

수행되었으며 상대적으로 그 성분비를 정확히 측정할 수 있었으나 처리시간이 긴 단점이 있었다.

2.2.3 미해리분 처리

OCC를 재활용 하는 A사 정선공정 중 2차 screen의 reject를 전건 800 g이 되도록 채취하여 최종 농도가 10%가 되도록 농축시킨 후 전건 중량 대비 0.1%의 효소를 첨가하여 50°C의 중탕에서 1 시간동안 soaking시켰다. Soaking된 스크린 리젝트에 포함된 Fiber flake의 해리를 위하여 Tumbling pulper를 활용하여 자유낙하 처리를 하였으며 처리 시 온도는 45°C로 유지하였다. Fig. 3에 본 실험의 과정을 나타냈다.

2.2.4 Pack Pulper

새로운 생물학적 처리에 따라 스크린 리젝트로 부터 해리분을 분리해 내는 경우, 분급처리의 현장

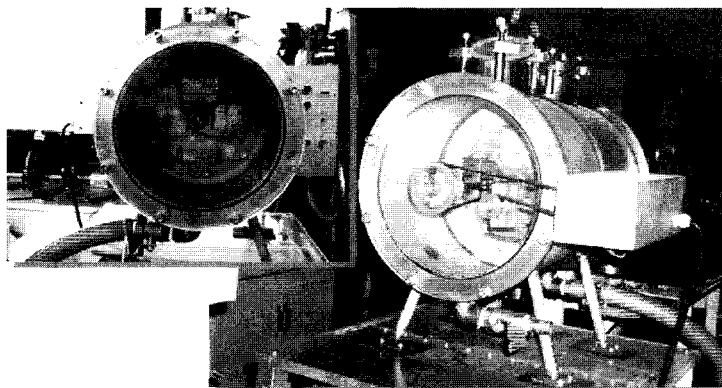


Fig. 4. Laboratory pack pulper.

적용 가능성을 평가하기 위하여 국내 골판지 원지 생산 업계에서 스크린 tail line의 마지막 정선설비로 흔히 사용하는 Pack pulper를 Fig. 4와 같이 실험실적으로 제작하였다. 본 연구에서 사용된 Pack pulper의 슬롯 폭은 0.3 mm였으며, 농도 1%의 지료가 6.25 L/min의 유량으로 처리되도록 로터 회전 속도 500 rpm, 스크린 차압 0.15 kgf/cm²의 조건으로 운전하였다.

3. 결론 및 고찰

3.1 습강처리된 OCC의 해리

생물학적 처리에 의한 미해리분의 해리 촉진 여부를 파악하기 위하여 강 습강 처리된 포장원지를 대상으로 전술한 해리방법을 적용하였다. 강 습강 처리된 포장원지의 경우 Fig. 4에서 확인된 바와 같이 펄퍼에서 해리되지 않은 미해리분이 상당히 많이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 유사하며 강 습강 처리된 폐지의 경우 실제 현장 조건에서도 동일하게 해리가 되지 않고 스크린 리젝트로 배출될 수 있음을 추측할 수 있었다.

Fig. 6, 7 및 8은 생물학적 처리를 행한 시료와 행하지 않은 시료를 Tumbling pulping한 후 섬유분, 미해리분 및 미세분의 분율을 나타낸 결과이다. 효소 처리만으로도 섬유분의 증가와 미해리분의 감

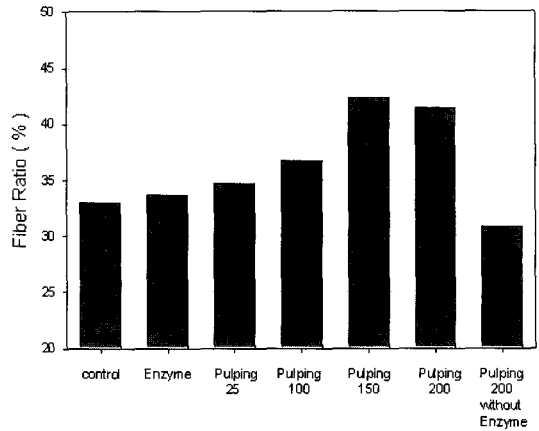
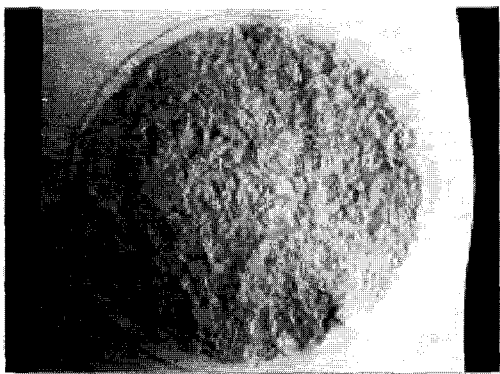
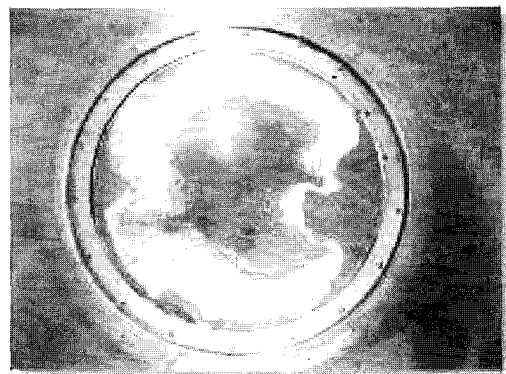


Fig. 6. The effects of biological and mechanical treatments on the fiber ratio of the wet strength flake reject.

소를 다소 확인할 수 있었지만 마일드한 기계적 처리에 의해 효소 처리 효과가 극대화 됨을 볼 수 있었다. 특히 Tumbling pulping을 200회 실시한 지료의 경우 효소처리 하지 않은 지료에서는 미해리분 뿐만 아니라 섬유분도 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 Fig. 7에 나타난 바와 같이 상대적으로 미세분 함량이 증가됨에 따른 결과로 생각된다. 생물학적인 처리를 실시한 경우, 미세분 함량이 증가하는 경향을 확인할 수 있었지만 상대적으로 미해리분의 감소와 섬유분의 증가가 크게 나타났다. 이러한 결과는 효소 전처리를 적용하지 않은 미



(a) Flake



(b) Fiber

Fig. 5. The flake portion and the fiber portion of the wet strength agent treated packaging paper stock.

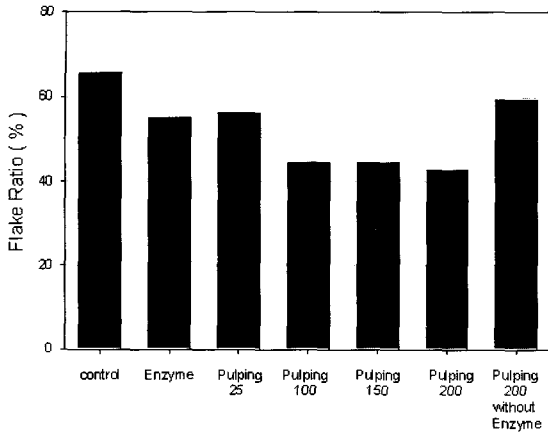


Fig. 7. The effects of biological and mechanical treatments on the flake ratio of the wet strength flake reject.

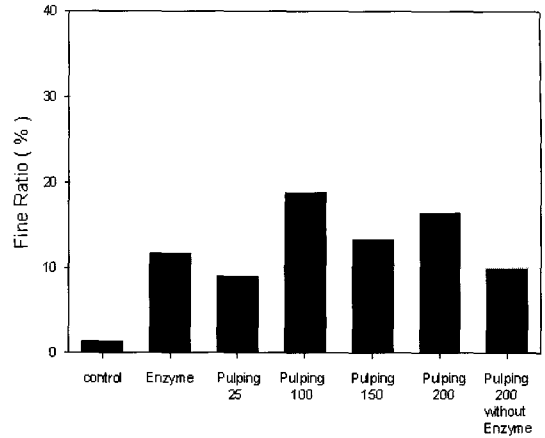


Fig. 8. The effects of biological and mechanical treatments on the fines ratio of the wet strength flake reject.

해리분에 대한 기계적 처리 시에는 단지 미세분만이 증가하는 효과 밖에 거둘 수 없었음을 나타내는 것으로써, 이와 달리 생물학적인 전처리를 실시한 경우에는 섬유간 표면의 분리로 인해 미해리분의 해리가 보다 효과적으로 이루어질 수 있음을 확인하였다.

3.2 현장 스크린 리젝트에 포함된 미해리분 처리

상기의 결과에 기초하여 KOCC와 AOCC를 재활용하는 라이너지 생산공정의 최종 스크린 리젝트에 대한 새로운 해리법 적용 가능성을 탐색하였다.

Fig. 9는 분리된 리젝트의 미해리분과 섬유분의 성상을 나타낸 사진이다. Fig. 5에서 보는 바와 달리 미해리 섬유분 이외에 많은 양의 이물질이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

각 지료를 대상으로 Tumbling pulping을 350회 실시한 후 생물학적 처리에 따른 효과를 비교하였다. Fig. 10에서 확인된 바와 같이 효소 1%를 첨가한 리젝트물은 pulping 횟수가 증가함에 따라 미해리 flake분과 fiber분은 줄어들고 fines가 급격히 증가하는 양상을 보인 반면, 효소 처리를 하지 않은 리젝트의 경우에는 큰 변화가 없음을 확인할 수 있었다.



Fig. 9. The flake portion and the fiber portion of the screen reject in the case of A mill.

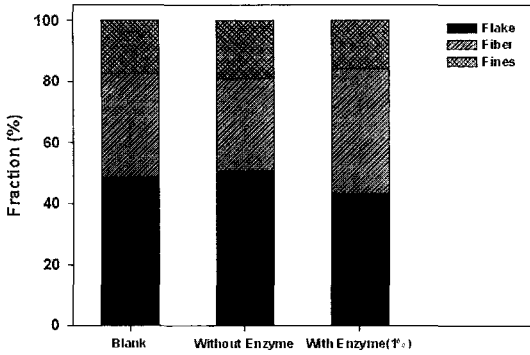


Fig. 10. The flake, fiber and fines portion separated by Somerville screen after the biological treatment.

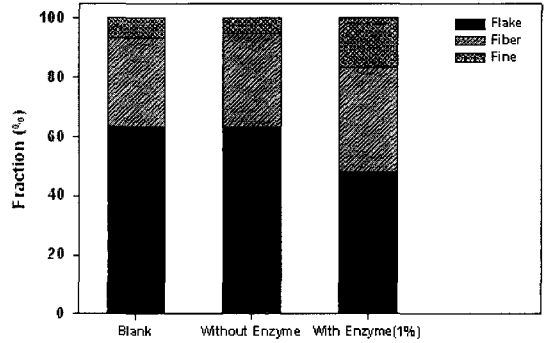


Fig. 11. The flake, fiber and fines portion after the biological treatment of rejects separated by Pack pulper.

해리된 리젝트 분급의 경우 실험실적 방법인 Somerville screen을 현장에서 적용하기에는 처리 속도 등 여러 가지 공정상의 문제를 가지고 있기 때문에 실제 현장 스크린 tail line에서 사용되고 있는 Pack pulper를 실험실적으로 개조한 후 적용하여 해리분의 분급을 실시하였다. 그 결과를 Fig. 11에 나타내었으며 Somerville screen을 사용한 결과인 Fig. 10과 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이로써 효소를 사용한 생물학적 처리가 현장 OCC reject의 미해리분 해리에 효과적임을 확인할 수 있었을 뿐만 아니라 해리된 리젝트분에서 섬유분의 분리에 Pack pulper의 적용이 효과적임을 확인하였다.

효소의 흡착 및 가수분해 작용은 기질의 비표면적에 비례하며 비표면적이 넓은 fiber 나 fines의 반응이 fiber flake보다 우세하여 실제로 미해리분의 해리에 그 활성이 다소 떨어질 수 있다는 점에 주목하여 리젝트분의 미세섬유와 섬유분을 제거한 후 효소처리를 실시하여 그 효과를 평가하였다. Fig. 12에서 나타난 바와 같이 미세섬유와 섬유분이 제거된 상태에서 그 효과는 더욱 커지고 효소 첨가량 증가에 따른 섬유 추출량 증가효과를 확인할 수 있었다.

4. 결론

현재 OCC를 주원료로 하는 재활용 포장원지 생

산 시 저급 원료 도입의 증가로 인하여 정선공정 중 계외로 배출되는 고휘도 폐기물의 양이 증가되는 추세이다. 특히 스크린 리젝트 속에는 상당한 양의 양질의 섬유 성분이 미해리 상태로 포함되어 있으며, 적절한 처리 방법을 적용하여 섬유분을 추출, 재활용 할 수 있다면 원료의 절감과 폐기물 량의 감소 등 공정원가절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 스크린 리젝트 내의 미해리분 처리방법으로 효소를 사용한 생물학적인 처리와 Tumbling pulper를 활용한 마일드한 기계적처리를 병행하는 방법을 고안하였으며, 섬유에 손상을 입히지 않는 상태로 미해리분을 해리하

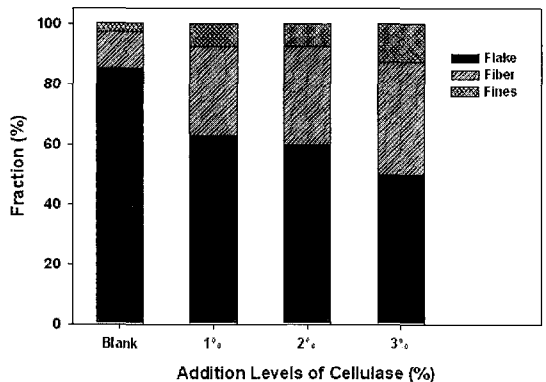


Fig. 12. The flake, fiber and fines portion of pre-treated OCC reject depending on the addition level of enzyme after the biological treatment separated by Pack pulper.

여 공정 내에 유용한 자원으로 재활용 할 수 있게 하고자 하였다.

인위적으로 습윤지력증가제를 처리하여 구성된 포장지의 미해리분과 OCC를 재활용하는 골판지 원지 생산현장의 정선라인에서 채취한 리젝트분에 본 연구에서 고안한 방법을 적용한 결과, 생물학적 처리를 병행한 경우 더욱 많은 미해리분의 추가 해섬 효과를 거둘 수 있었으며 이에 따라 섬유의 회수율이 높아짐을 확인할 수 있었다. 특히 현장에서의 적용성을 고려하여 해리된 섬유의 분급에 Pack pulper를 도입한 결과, 현장 스크린 reject에서 상당량의 섬유를 재회수할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 상기한 효소전처리 정선 리젝트로부터 미세섬유와 섬유분을 한번 더 걸러낸 후 생물학적인 처리를 적용하였을 때 그 효과는 더욱 커짐을 확인할 수 있었다. 현재 고가의 효소를 사용함에 따라 상대적으로 그 경제성이 다소 떨어지는 문제점은 차후에 경제적인 생물학적 처리방법에 대한 많은 연구 및 기술개발을 통해 극복될 수 있으리라 여겨지며 이러한 복합적인 처리를 통해 폐지 자원을 더욱 효율적으로 사용할 수 있으리라고 생각된다.

사 사

본 연구는 산업자원부에서 시행한 청정생산기술 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

인용문헌

1. 이종훈, 서영범, 최찬호, 전양, 골판지 고지섬유의 단섬유분의 물리화학적 처리에 관한 연구, 펄프·종이 기술, 33(4): 7-14 (2001).
2. 여성국, 류정용, 신종호, 송봉근, 고지재생연구(제10보)-골판지 고지의 미세분 분급효율 개선을 위한 단계 부상부유 처리 및 분급 촉진제 적용, 펄프·종이 기술, 32(4): 27-33 (2000).
3. 이종훈, 서영범, 전양, 골판지 고지의 물리화학적 처리에 의한 강도향상(제1보), 펄프·종이 기술 32(1): 10-18 (2000).
4. 윤혜정, 류정용, 송봉근, 조미선, 라이너지 공정수의 구성 성분이 종이의 물성에 미치는 영향, 펄프·종이 기술, 36(1):9-15 (2004).
5. Quick, T. H., and Churchill, D. P., Improving yield of secondary fiber systems, 1998 Pulping Conference Proceedings, TAPPI PRESS, (1998).
6. Trotter, P.C., Biotechnology in the pulp and paper industry: a review, Tappi J., 73(5): 201-205(1990).
7. Sarkar, J. M., Cosper, D. R., and Hartig, E. J., Applying enzymes and polymers to enhance the freeness of recycled fiber, Tappi J., 78(2): 89-95 (1995).
8. Seo, Y. B., Shin, Y. C., and Jeon, Y., Enzymatic and mechanical treatment on chemical pulp, Tappi J., 83(11), (2000).
9. 김대영, 원종명, 효소처리가 KOCC의 특성에 미치는 영향, 펄프·종이 기술 32(4): 34-40 (2000).
10. Wong, K. K. Y., Richardson, J. D., and Mansfield, S. D., Enzymatic treatment of mechanical pulp fibers for improving papermaking properties, Biotechnol. Prog. 16(6): 1025-1029 (2000).