

상온보존팩과 냉장보존팩의 배합비율에 따른 재활용 특성 평가

서진호 · 이태주 · 이동진 · 이명구^{1‡} · 류정용^{1†}

접수일(2015년 11월 12일), 수정일(2015년 12월 10일), 채택일(2015년 12월 12일)

Evaluation of Recyclability at Varied Blending Ratios of Gable Top and Aseptic Brick Carton

Jin Ho Seo, Tai Ju Lee, Dong Jin Lee, Myoung Ku Lee^{1‡} and Jeong Yong Ryu^{1†}

Received November 12, 2015; Received in revised form December 10, 2015; Accepted December 12, 2015

ABSTRACT

There are two kinds of cartons for beverage packaging, one is aseptic brick (AB) type and the other is gable top (GT). In this study, AB and GT were used as a raw material of recycled paper to investigate the recyclability at their varied blending ratios.

Fiber consistency at pulping decreased as the blending ratio of AB increased. As a result, a lot of fines were generated from AB and flakes from GT increased because shear force in pulper decreased. Bulk of handsheets was more than 2.0 cm³/g, and ISO brightness decreased as the blending ratio of AB increased. The best condition to recycle beverage cartons is to discriminate each cartons separately because of differences in the composition. However, there are problems such as the limit of the collection system and social costs. Therefore, it is assumed that the blending ratios of AB should be adjusted at less than 20% for effective recycling of beverage cartons.

Keywords: Gable top, aseptic brick, recycling, pulping

• 강원대학교 창강제지기술연구소(Changgang Institute of Paper Science & Technology, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil 1, Chuncheon-si, Gangwon-do, Korea)

1 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jyryu@kangwon.ac.kr

‡ 공동교신저자(Co-corresponding Author): E-mail: mklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

주로 음료를 포장하는 용도로 사용되는 종이팩은 일반적으로 aseptic brik(AB, 상온보존팩)과 gable top(GT, 냉장보존팩)으로 구분된다. AB와 GT는 Fig. 1과 같은 구조를 지니며 각 종이음료용기 제품에 따라 차이가 존재하나 일반적으로 AB는 알루미늄 5%, polyethylene(PE) 20%, 섬유 75%, GT는 섬유 80%, PE 20%로 구성되어있다.¹⁾

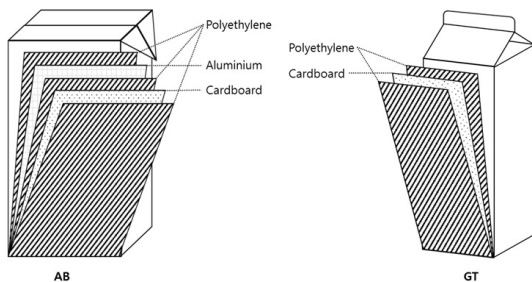


Fig. 1. The composition of two kinds of beverage cartons.

순환제지자원 중 종이음료용기가 차지하는 비중은 1% 이하로 극소량에 해당되나 종이음료용기는 천연펄프를 이용하여 제조하므로 고급의 순환제지자원으로 구분된다. 스웨덴의 경우 종이음료용기 중 AB의 비율이 80% 이상을 차지하며 종이팩과 종이를 분리수거하기 때문에 재활용이 원활하나 국내의 경우 별도의 분리수거체계가 존재하지 않아 일반 폐지와 함께 수거되어 재활용에 어려움이 존재한다.²⁾ 또한 농림축산식품부와 한국농수산식품유통공사가 발행한 2015년도 가공식품 마켓리포트(우유편)에 따르면 학생, 유아감소의 영향으로 GT를 사용하는 백색시유의 매출이 감소하고 AB를 사용하는 가공우유의 매출이 증가함에 따라 AB의 점유율이 점차 증가하는 추세이며 결과적으로 GT만 회수·재활용되는 국내 현실과 법령이 충돌하는 현상이 발생하고 EPR 제도의 의무이행률이 점차 감소하고 있다.²⁾

종이음료용기의 재활용은 고급의 순환제지자원의 재활용 측면뿐만 아니라 외화 대체효과, 환경보호 측면에서도 장점을 지니고 있으나³⁾ 국내 수거체계의 한계로 인해 일반 폐지에 혼입된 상태로 배출되어 적정하게 활용되지 못하는 실정이다. 화장지 공장의 경우 다른 폐지자료와의 해리속도 차이, PE와 알루미늄의 혼입, 색상불량

등으로 인해 AB의 혼입 자체를 거부하는 입장이며 GT는 원료로서 인정하나 AB가 혼입될 경우 감량대상으로 판별한다. 또한 신문지, 골판지 등을 제조하는 공정에서는 종이음료용기가 슬러지로 배출되어 폐기물 처리비용을 상승시키고 있다.⁴⁾ 결과적으로 화장지 업체에서 사용되는 종이음료용기 원료 외에는 재활용으로 인정받지 못하고 있는 실정이며 폐기물로서 인식되고 있다. 따라서 종이음료용기의 재활용을 위해서는 수거체계의 개선이 우선적이라고 할 수 있으며 국내 종이음료용기 중 AB의 비율이 점차 증가함에 따라 각 종이음료용기의 종류에 따른 재활용 특성을 파악하고 적절한 활용방안을 탐색해야 한다.

Oh 등⁵⁾은 NaClO를 이용하여 우유팩의 재생처리를 실시한 바 있으며 Shin 등⁶⁾은 우유팩 고지의 해리조건에 따라 위생용지로서의 가능성을 평가하였으나 GT만을 이용하여 최근의 상황과는 차이가 존재한다. Ayrilmis 등⁷⁾은 기사용된 종이음료용기의 섬유를 베니어판에 적용하는 연구를 실시하였으며 Pasqualino 등⁸⁾의 연구에 따르면 종이음료용기의 재활용은 원가절감 외에 환경보호 및 탄소배출량 감소 효과를 유발한다고 보고한 바 있다. 또한 Mourad 등⁹⁾은 AB 재활용율 증가가 환경에 미치는 영향에 대해 연구하였으며 70%를 재활용할 경우 GW-P(global warming potential)를 48% 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 해외 선진국 중 유럽의 경우 종이음료용기의 재활용을 위한 수거체계 및 공정이 확립되어 있으며 더 나아가 재활용을 통한 환경규제 대응에 대한 연구가 주도적으로 이뤄지고 있다고 할 수 있다. 국내의 경우 앞서 언급한 소수가 GT 원료 기반의 연구를 수행하였으나 지속적으로 이뤄지지 못하고 있는 실정이며 종이음료용기의 분리수거에 소요되는 비용에 비해 실제 수거량이 미약하여 일반 폐지에 비해 주목받지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 종이음료용기의 특성에 적합한 재활용을 위해 각 종이음료용기의 특성을 파악하고 배합 재활용하였을 때 비율에 따른 재활용 특성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 종이음료용기

종이음료용기 종류에 따른 재활용 특성을 평가하고자 GT와 AB를 사용하였다. GT는 국내 A사 제품과 B사 제품을 혼합 후 사용하였으며 A사 제품은 섬유가 82.8%, PE 17.2%로 구성되어 있고 B사 제품은 섬유 81.3%, PE 18.7%의 구성 비율을 지닌 것으로 분석되었다. AB는 T사 제품으로 섬유 63%, PE 10.7%, 알루미늄 26.2%(알루미늄 층과 분리가 불가능한 PE층 포함)로 구성된 것을 사용하였다.

2.1.2 시 약

해리를 촉진시키기 위한 약품으로 NaOCl과 NaOH는 Samchun chemical로부터 구매하여 사용하였다.

2.2 실험방법

재활용 특성 평가를 위해 펄핑 및 스크린처리를 실시하였으며 펄핑된 지료를 수초지하여 종이음료용기 배합 비율에 따른 변화를 평가하고자 하였다.

2.2.1 펄핑 및 스크린 처리

각각의 종이음료용기 배합비율에 따라 전건 750 g을 취하고, 농도 15%, 온도 45℃의 조건 하에서 30분간 helico type의 고농도 펄퍼로 해리하였다. 이때 음료용기의 해리를 촉진시키기 위해 지료대비 NaOCl과 NaOH를 0.1% 투입하였다. A사와 B사의 GT 혼합비율은 6:4로 고정하였으며 GT대비 AB의 배합비율을 0~100%까지 조절하였다. GT와 AB의 배합비율 조건은 Table 1에 나타냈다. AB를 100% 투입한 조건의 경우 원료가 완전히 해리된 15분 후 펄핑을 종료하였다.

2.2.2 재활용성 평가

펄핑 후 지료는 Somerville screen 및 열풍 건조기를 이용하여 재활용성 분석을 실시하였다. Somerville screen을 통해 미해리분, 해리된 섬유, 미세분 함량을

분석하였으며 여수도를 측정함에 따라 AB 배합 비율에 따른 재활용성을 평가하였다.

2.2.3 수초지 제작 및 특성 분석

수초지 제작은 RDA(retention and drainage analyzer)를 이용하여 평량 100 g/m²로 성형한 후 KS M ISO 534에 의거하여 벌크를 측정하고 KS M ISO 1924-2에 의거하여 인장지수를 분석하였다. ISO brightness(KS M ISO 2470), 색도(KS M ISO 5631-1) 등의 광학적 특성은 L&W사의 Elrepho로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 종이음료용기 배합비율에 따른 지료특성

종이음료용기 배합비율에 따른 지료의 특성을 확인하고자 GT 대비 AB의 투입량을 조절하여 펄핑을 실시하였으며 펄핑 시 실제 투입된 섬유의 농도를 산술적으로 계산하여 Fig. 2에 나타냈다. GT 100% 조건의 섬유농도는 8.37%, AB 100% 조건은 6.55%로 상대적으로 섬유의 구성 비율이 적은 AB의 배합비율이 증가할수록 펄핑 시 섬유농도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 저농도 펄핑에서는 전단력이 섬유의 해리를 유도하며 고농도 펄핑 시 섬유의 해리는 마찰력에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾ 따라서 종이음료용기의 섬유비율로 인해 발생하는 펄핑 시 섬유농도 변화는 음료용기의 재활용에 있어 중요한 영향인자이며 두 종류의 종이팩을 배합 재활용할 경우 적정 비율의 탐색이 우선시되어야 한다고 볼 수 있다.

Fig. 3은 종이음료용기 배합비율별 지료의 펄핑 후 여수도를 나타낸 그래프이다. 전체적으로 여수도의 변화는 크게 발생하지 않았으나 AB의 비율이 증가할수록 여수도도 증가하는 경향을 나타냈다. 종이음료용기는 식품을 포장하는 용도로 사용되기 때문에 재료의 청결함이

Table 1. Blending ratios of beverage cartons

Conditions		Blending ratios (%)									
GT	A	60.0	58.2	57.0	55.8	54.0	51.0	48.0	42.0	30.0	0.0
	B	40.0	38.8	38.0	37.2	36.0	34.0	32.0	28.0	20.0	0.0
	Total	100.0	97.0	95.0	93.0	90.0	85.0	80.0	70.0	50.0	0.0
AB		0.0	3.0	5.0	7.0	10.0	15.0	20.0	30.0	50.0	100.0

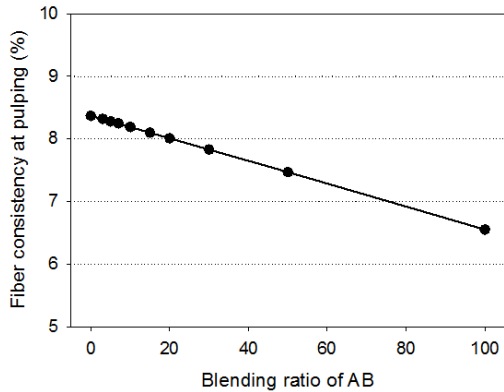


Fig. 2. Effect of blending ratios of AB on fiber consistency of pulping stock.

중요한 인자이며 섬유상 원료로서 천연펄프를 이용한다. 재펄핑 후 지료의 여수도는 450 mL CSF 이상으로 분석되었고 이는 일반적인 수초지 제조 시 기준 여수도보다 높은 수준이기에 종이음료용기 내의 섬유는 고급용지 제조 원료로서 이용이 가능할 것으로 판단된다.

GT와 AB 배합비율별로 펄핑된 지료를 Somerville screen과 200 mesh screen을 이용해 분급한 후 분석된 미해리분, 해리된 섬유, 미세분의 비율을 Fig. 4에 나타냈다. 비교적 해리가 용이한 AB의 배합비가 증가할수록 미해리분이 감소하고 미세분의 형성이 조장될 것으로 예상하였으나, 미해리분과 미세분의 변화가 일정한 경향을 나타내지 않고 hunting되는 것을 확인할 수 있었다. 특히, AB의 배합비 20%, 30% 조건에서 미해리분의 유의한 변화 없이 미세분이 급격히 증가하는 현상이 나타났으며 이는 지료의 섬유농도변화에 기인한 것으로 추정된다. GT에 비하여 섬유의 함량이 약 20%정도 적은 AB의 배합비가 증가함에 따라 지료 내의 섬유농도가 감소하고 결과적으로 펄퍼 내의 해리 전단력이 약해지는 이유로 해섬되지 못한 GT의 미해리분이 증가한 반면 GT의 해리에는 부족하나 해리된 AB를 미분화시키기엔 충분한 전단력이 지속적으로 작용함으로써 AB로부터 유발되는 미세분이 증가한 것으로 판단된다. AB 100% 투입조건인 경우 15분 만에 섬유의 미해리분이 관찰되지 않는 양호한 해섬상태를 보여 펄핑을 종료하였으나 원료 자체의 PE와 알루미늄 함량이 약 37%정도 존재하기 때문에 상대적으로 높은 미해리분 함량을 나타냈다.

펄핑 후 지료의 특성변화를 확인한 결과, GT를 위주로 한 펄핑조건을 기준으로 할 때 AB의 배합비가 15%를 초

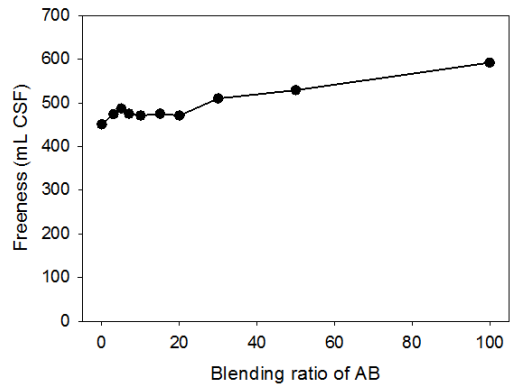


Fig. 3. Effect of blending ratios of AB on freeness of pulping stock.

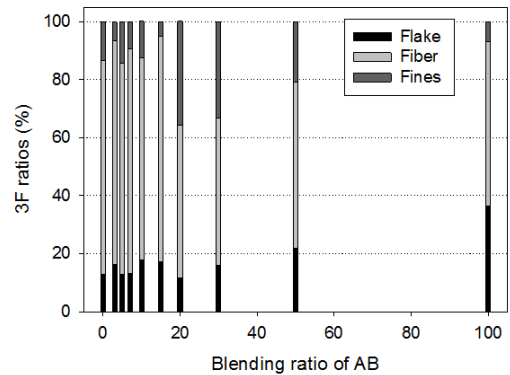


Fig. 4. Effect of blending ratios of AB on 3F ratios of pulping stock.

과하지 않는 것이 해섬효율과 지료 품질 측면에서 우수한 것으로 나타났으며 PE와 알루미늄의 구성비율이 높은 AB 단독 사용 시에는 섬유 외 성분의 분리활용을 위한 별도의 공정이 필요한 것으로 판단된다.

3.2 종이음료용기 배합비율에 따른 물리적·광학적 특성

종이음료용기는 종류에 따라 구성비율의 차이가 존재하며 GT는 제조 시 습강처리를 실시하고 AB는 GT에 비해 다색인쇄되어 있다. 따라서 각 종이음료용기의 배합 조건에 따라 펄핑 후 수초지를 제조하였을 때 나타나는 물리적·광학적 특성의 변화에 대해 평가하고자 하였다.

Fig. 5는 GT와 AB 배합비율에 따른 인장지수 특성을 평가한 결과이다. 비교적 해리가 용이한 AB의 비율이 증가할수록 인장지수가 감소하는 경향을 나타냈으나 AB를

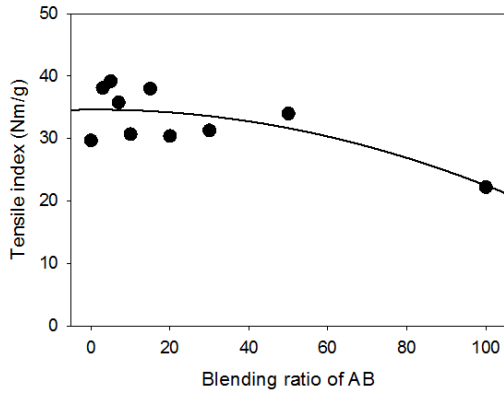


Fig. 5. Effect of blending ratios of AB on tensile index of handsheets.

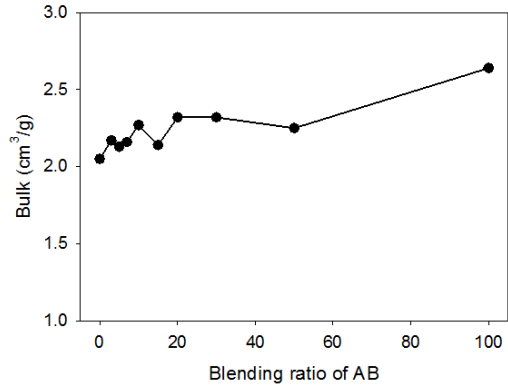


Fig. 6. Effect of blending ratios of AB on bulk of handsheets.

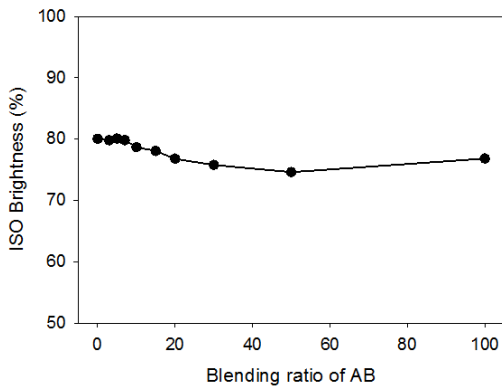


Fig. 7. Effect of blending ratios of AB on ISO brightness of handsheets.

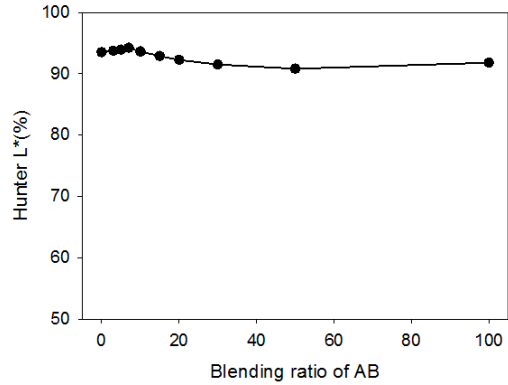


Fig. 8. Effect of blending ratios of AB on L* of handsheets.

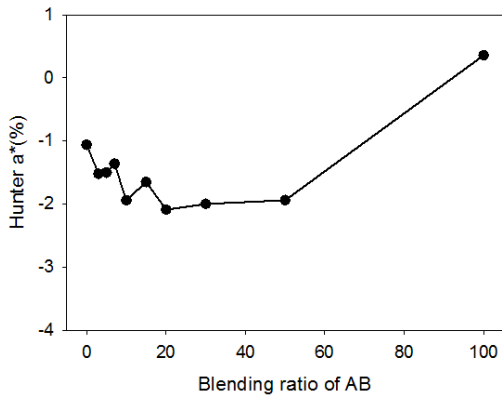


Fig. 9. Effect of blending ratios of AB on a* of handsheets.

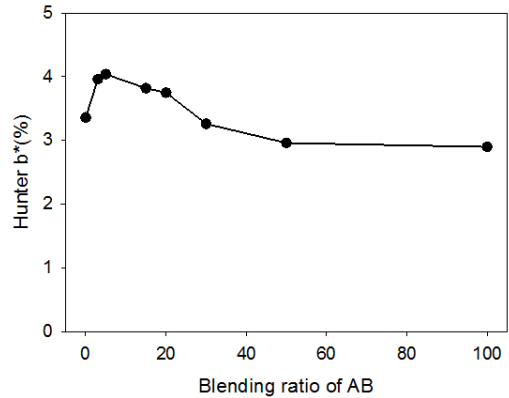


Fig. 10. Effect of blending ratios of AB on b* of handsheets.

100% 이용한 조건 외에는 큰 편차를 보이지 않았다. 천연펄프를 이용한 수초지의 인장지수가 약 50-60 Nm/g 수준임을 감안한다면 종이음료용기는 그 종류에 관계없이 우수한 재활용 재료인 것으로 판단된다.

GT와 AB 배합비율에 따른 수초지의 벌크 특성을 Fig. 6에 나타냈다. AB의 배합비율이 증가할수록 벌크 값은 증가하는 경향을 나타냈으며 특히 AB와 GT를 단독으로 사용한 조건의 경우 약 0.6 cm³/g의 벌크 값 차이를 확인할 수 있었다. 일반적으로 순환제지자원은 재활용 횟수가 증가함에 따라 최종 제품의 벌크감소를 유발하며 특히 산업용지의 벌크감소는 제품의 강직도 감소와 함께 결과적으로 건조에너지의 증가를 가져오며¹¹⁾ 최근 하이벌크 제품에 대한 연구가 활발한 인쇄용지 분야에서도 문제점으로 작용할 수 있다. AB 100% 조건의 경우 벌크 값이 약 2.6 cm³/g으로 으로 나타났으며 하이벌크 특성이 필요한 각종 제품의 벌크 특성 개선을 위한 자원으로 서 충분히 사용이 가능할 것으로 판단된다.

Figs. 7과 8은 종이음료용기 배합비율에 따른 백색도 및 L*값 변화를 나타낸 그래프이다. AB의 배합비율이 증가할수록 백색도와 L*값은 감소하는 경향을 나타냈으며 GT 100% 투입조건의 경우 백색도가 80.04%, AB 100% 투입조건의 경우 76.83%로 약 3%가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 주로 우유 포장의 용도로 사용되는 GT의 경우 2-3가지 색의 인쇄가 사용되는 반면 주스, 곡물음료 등의 포장에 주용도인 AB는 음료의 주원료로 사용된 제품의 형상이나 상징을 표시하기 위해 다양한 색의 인쇄를 병행한다. 종이팩을 재활용원료로 사용하는 제지공정에서 AB는 알루미늄과 PE의 비율이 높기 때문에 감량대상으로 판별하며 AB로 인해 발생하는 색상불량 또한 주요 문제점으로 인식하고 있다.⁴⁾ 본 연구에 사용된 AB도 다색 인쇄된 제품이 다양하게 존재하였으며 결과적으로 백색도 및 L*값의 감소를 유발한 것으로 판단된다.

Figs. 9와 10은 GT와 AB 배합비율에 따른 펄핑 후 수초지의 a*와 b*값 결과를 나타낸 그래프이다. AB를 100% 사용한 경우 a*값은 0.36%로 나타났으며 b*값은 2.90%로 분석되었는데 GT를 100% 사용한 시료의 경우 a*값은 -1.06%, b*값은 3.36%로 나타났다. 종이음료용기에 따른 a*, b*값의 변화는 일정한 경향성을 나타내지 않았으나 각각의 종이음료용기를 단독으로 사용한 경우 AB를 사용한 시료가 높은 a*값을 지니는 것으로 분석되

었다. 이는 종이음료용기에 인쇄된 잉크의 종류에 의한 영향으로 추정되며 재생펄프의 색상 측면에서도 AB와 GT의 분리수거 및 재활용체계 확립은 종이음료용기의 재활용 효율을 개선하는데 있어 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 일반 폐지와와 재질구성 차이로 인해 재활용이 어려운 종이음료용기의 재활용성을 평가하고자 하였으며 종이음료용기의 종류별 배합비율에 따른 펄핑 후 특성을 파악하고자 하였다.

AB는 GT에 비해 소량의 섬유가 존재하기 때문에 AB의 배합비율이 증가할수록 펄핑 시 섬유농도가 감소하였으며 결과적으로 섬유농도의 감소는 펄핑 후 지료의 특성 변화를 유발하였다. AB가 투입됨에 따라 섬유농도가 감소하고 펄퍼 내의 전단력을 약화시킴으로 인해 비교적 해리가 용이한 AB는 미세분들의 증가를 유발하고 해섬되지 못한 GT로 인해 미세해리분이 증가하는 경향을 나타냈다.

각 배합조건별 펄핑 후 수초지 특성을 확인한 결과 종이음료용기의 종류에 관계없이 우수한 벌크 특성을 지니는 것으로 나타났으며 산업용지와 같이 벌크 특성이 요구되는 지중에 적합한 재활용 자원으로의 가능성을 확인할 수 있었다. 상대적으로 다색의 인쇄를 행한 AB의 비율이 증가할수록 백색도 및 L*값이 감소하는 경향을 나타냈으며 a*값이 증가하였다.

각 종이음료용기의 특성의 차이가 있기 때문에 각각의 음료용기를 분급 재활용하는 것이 최선의 방안이라고 할 수 있으나 수거체계의 현실 및 사회적 비용을 고려할 경우, 배합 재활용 시 AB의 비율을 20% 미만으로 유지해야 효율적인 재활용이 가능한 것을 알 수 있었다. GT의 비율이 감소하고 AB의 비율이 증가하는 경우에는 원활한 해리 공정을 위해 GT의 펄퍼 투입량을 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 각 종이음료용기의 재활용 특성을 파악할 수 있었으며 음료용기간의 배합비율을 적절히 조절할 경우 원활한 재활용이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 한국순환자원유통센터에서 지원한 '종이팩의 재활용성 분석 및 의무달성을 위한 정책개선 연구용역'의 지원으로 수행되었습니다.

Literature Cited

1. Cha, J., UBC recycling in Korea and tetrapak, Proceedings of CIPST-KTAPPI Forum 2014 (2014).
2. Ministry of Environment, Analysis of improvement of cartons recycling, Korea Recycling Service Agency, pp. 1-16 (2015).
3. Ministry of Environment, Change used cartons with toilet paper, Korea Development Institute, pp. 1-4 (2011).
4. Ministry of Environment, Cartons should be discharged without raper, Korea Development Institute, pp. 1-7 (2006).
5. Oh, S. G., Kim, T. J., Han, S. H., Kim, U. H., Shin, J. H., Choi, Y. B., and Kim, J. E., Development of technology for maximization of waster paper use, Project of Development of Industrial Technology 1st Report, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong-si, Korea (1992).
6. Shin, D. S., Ryu, J. Y., and Shin, C. H., Studies on repulping condition and creping properties of waste milk carton, Journal of Korea TAPPI 27(4):73-82 (1995).
7. Ayrilmis, N., Candan, Z., and Hiziroglu, S., Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay, Materials & Design 29(10):1897-1903 (2008).
8. Pasqualino, J., Meneses, M., and Castells, F., The carbon footprint and energy consumption of beverage packaging selection and disposal, Journal of Food Engineering 103:357-365 (2011).
9. Mourad, A. L., Garcia, E. E., Vilela, G. B., and Von Zuben, F., Influence of recycling rate increase of aseptic carton for long-life milk on GWP reduction, Resources, Conservation and Recycling 52(4):678-689 (2008).
10. Herbert, H., Unit operations and equipment in recycled fiber processing, In Recycled Fiber and Deinking, Göttsching, L. (ed.), Gummerus Printing (2000).
11. Kim, D. S., Yoon, D. H., and Sung, Y. J., The changes in drying efficiency and paper properties of linerboard by the application of the fractions of wood powder as a bulking agent, Journal of Korea TAPPI 46(5):61-68 (2014).