

폐지 압출물의 물리적 특성

Physical Properties of Waste Paper Extruded

송대빈*	김철환**	정효석*	김재욱**
정희원		정희원	
D. B. Song	C. H. Kim	H. S. Jung	J. O. Kim

1. 서론

세계적으로 폐플라스틱에 의한 환경오염문제가 사회문제로 대두되면서 일회용의 각종 포장 재료 사용에 대한 규제가 강화되고 있는 실정이다. 그중에서도 완충재로 사용되어온 발포 폴리스티렌은 제조 및 폐기 시 심각한 환경오염을 가져옴으로써 최근 포장 재료의 사용이 금지되기에 이르렀다.

이러한 완충재용 발포 폴리스티렌을 대체할 수 있는 재료에 대한 연구가 최근 몇 년간 계속되어 전분을 주원료로 하는 전분완충재가 상업화되기에 이르렀다. 완충재용 전분 완충재는 폐기 시 생분해성이 뛰어나고 반발탄성률, 압축강도 등의 물성이 발포 폴리스티렌에 뒤지지 않는 매우 큰 장점을 가지고 있음이 보고되고 있다.¹

하지만 전분을 주원료로 하기 때문에 가격이 비싸다는 것과 병원균에 의한 노출이 쉽게 되어 포장물품의 변성을 초래할 수 있는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 팽연 완충소재의 개발에 필요한 팽연 시스템을 개발하기 위해 경제적으로 활용 가치가 낮은 폐지를 주원료로 하고 식용 밀가루, 공업용 전분, 폴리비닐알콜, 탄산칼슘(CaCO_3)과 같은 팽연 보조재의 첨가에 따른 압출물의 물리적 특성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

주원료는 폐지를 이용하였으며, 팽연 보조재로는 식용 밀가루, 공업용 전분, 폴리비닐알콜, 탄산칼슘(CaCO_3)이 사용되었다.

나. 실험 장치 및 방법

1) 실험 장치

폐지 팽연화를 위한 압출기를 설계하고 제작하였다. 표 1은 제작된 압출기의 제원이고, 그림 1은 외형도이며, 그림 2는 실제 제작 설치된 압출기의 사진이다.

* 경상대학교 농업생명과학대학 농업시스템공학부

** 경상대학교 농업생명과학대학 산림과학부

Table 1 Specifications of extruding machine

Items	Dimension	Reference
Screw dia.(mm)	40	
Screw length / diameter (L/D)	5	
Screw revolution (rpm)	150(max.)	control
Volume of extrude (kg/hr)	50	control
Temperature of barrel (°C)	0 - 150	control
Volume of inlet (kg/hr)	100(max.)	control

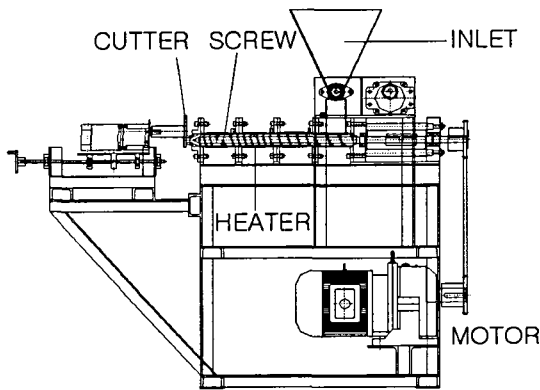


Fig. 1 Extruding machine apparatus

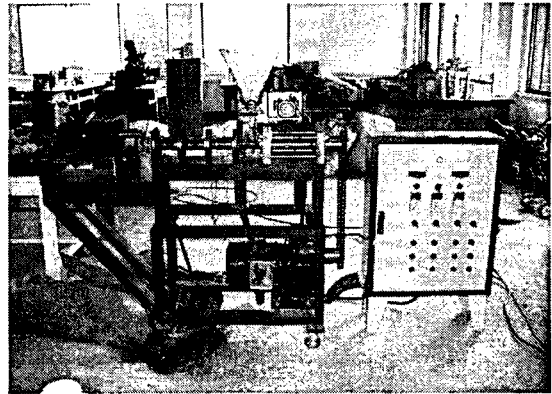


Fig. 2 Photograph of extruding machine

2) 실험 방법

압출기를 구동하기 전 스크류 조합은 공급부(L40)+압축부(L30)+혼련부(L20)+압축부(R15)로 구성하였으며, 성형다이 구경은 원형인 경우 각각 2, 3, 6, 8, 10 mm, 파이프형인 경우 외경 10mm, 내경 6 mm로 하였다. 압출 시 배럴 온도는 공급부는 80°C, 압축부는 100°C, 혼련부 및 압축부는 140°C이며, 스크류 회전수는 100 rpm, 압출량은 30 kg/hr으로 하였다. 실험 조건은 표 2와 같은 조건으로 팽연 보조재에 따른 폐지의 압출 실험을 실시하였다.

Table 2 Conditions of experiment

Items	Level	Reference
Extrude auxiliary materials	4	Starch(edible), Starch(Industrial), PVA, CaCO ₃
Inlet volume(%)	4	10, 20, 30, 40%
die type	2	ROD, PIPE
die diameter(mm)	5	2, 3, 6, 8, 10 mm

각 실험 조건에서 압출된 시료를 건조 오븐으로 건조(100 °C, 1 시간)시킨 후 물성 분

석기(TA-XT2i)를 이용하여 탄성계수를 측정하였고, 압출 전, 후의 직경을 비교하여 팽연화율을 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

가. 공업용 전분

공업용 전분을 보조재로 사용한 실험 결과 다이의 형상과 구경에 관계없이 배럴과 스크류 사이에 원료가 체류하여 압출이 불가능하였다. 이는 공업용 전분의 경우 배합 농도에 관계없이 물리적인 힘(압축력)을 받는 경우 수분과 분리되어 압출에 필요한 점성을 유지하기 어려운 것으로 판명되었다.

나. 탄산칼슘(CaCO_3)

공업용 전분과 같이 압출기 작동 조건과 배합 농도에 관계없이 압출 작업이 불가능 하였다.

다. 폴리비닐알콜

폴리비닐알콜을 보조재로 사용한 실험 결과 모든 실험 조건에서 압출 작업이 가능하였다. 그러나 압출 시료의 수분이 30%(wb) 이상에서는 외관 검사 시 기존의 플라스틱 완충재와 동일한 성능을 나타냈으나, 건조 오븐에서 수분을 완전히 제거한 상태에서는 완충 성능을 전혀 나타내지 못했다. 따라서 폴리비닐알콜의 경우 팽연 보조재로 사용하는 것은 불가능한 것으로 판단되었다. 그림 3은 폴리비닐알콜을 보조재로 사용한 압출 시료를 나타낸 것이다.

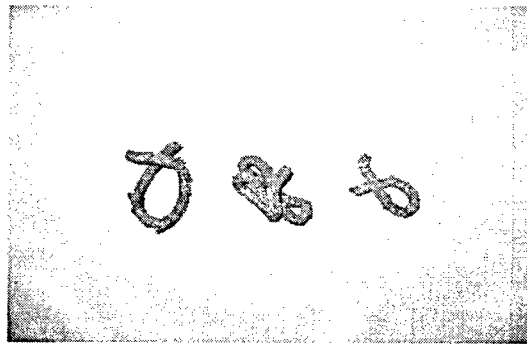


Fig. 3 Photograph of extruding sample(PVA)

라. 식용 밀가루

식용 밀가루를 보조재로 사용한 실험 결과 첨가량 10%의 경우를 제외하고는 모든 조건에서 압출 작업이 가능하였다. 그림 4, 5는 첨가량 20%, 30%, 40%에서 원형봉과 파이프형 압출시료의 탄성계수(kPa)와 팽연율(%)을 나타낸 것이다.

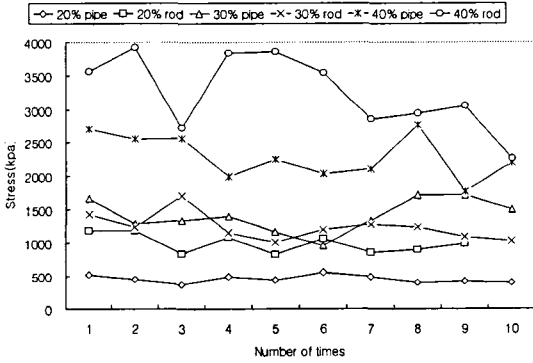


Fig. 4 Stress of the extruding sample on the rod type and the pipe type

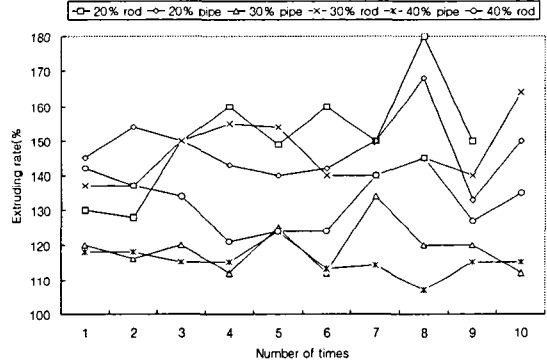


Fig. 5 Extruding rates of the rod type and pipe type

다이 형상이 Rod 인 경우 팽연 보조재의 첨가량이 각각 20, 30, 40% 일 때 평균 탄성계수는 984.5, 1232.6, 3254.4 kPa로 나타났고, 평균 팽연화율은 150, 146, 132%였다. 다이 형상이 Pipe인 경우 팽연 보조재의 첨가량이 각각 20, 30, 40% 일 때 평균 탄성계수는 454.0, 1404.2, 2294.4 kPa로 나타났고, 평균 팽연화율은 147, 119, 115%였다. 다이 형상이 Rod일 때가 Pipe인 경우보다 완충력과 팽연화율이 높게 나타났으며, 특히 첨가량 20%의 경우 압출 시료는 완충재로 사용되기에 문제가 없을 정도로 뛰어난 팽연화율 및 완충력을 나타냈다. 그림 6, 7, 8, 9, 10, 11은 각 압출 시료의 단면 사진이다.

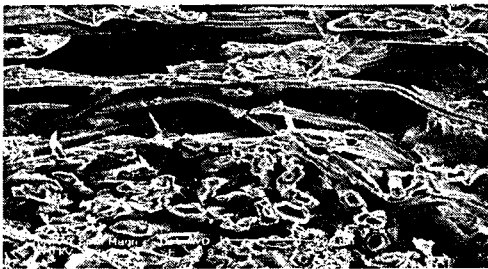


Fig. 6 Photograph of extruding sample(20% Rod)

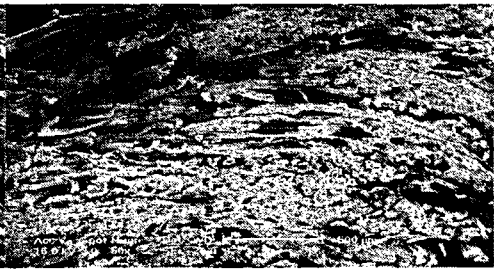


Fig. 7 Photograph of extruding sample(20% Pipe)

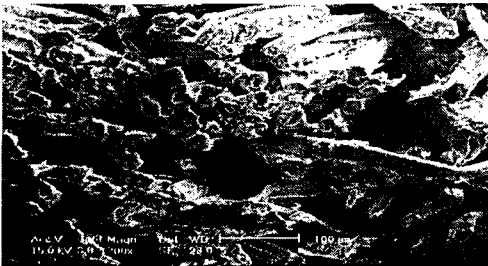


Fig. 8 Photograph of extruding sample(30% Rod)

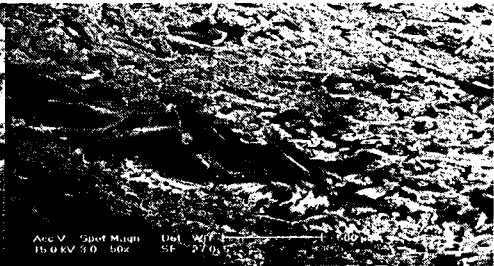


Fig. 9 Photograph of extruding sample(30% Pipe)

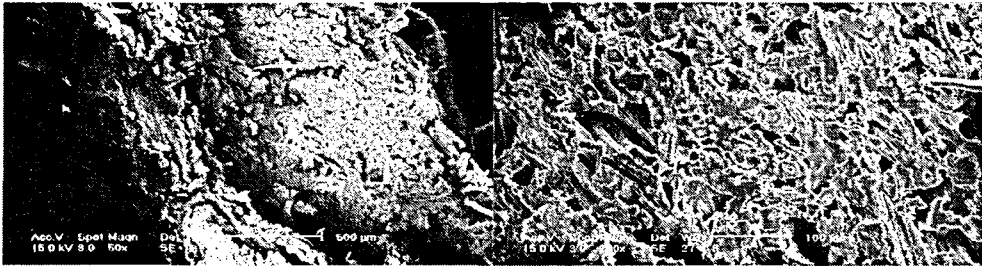


Fig. 10 Photograph of extruding sample(40% Rod)

Fig. 11 Photograph of extruding sample(40% Pipe)

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 폐지 팽연화를 위한 압출기를 제작하여 보조재로 식용 밀가루, 공업용 전분, 폴리비닐알콜, 탄산칼슘(CaCO_3)을 사용하여 물리적 특성을 분석하였는데, 공업용 전분과 탄산칼슘(CaCO_3)을 사용한 경우는 압출 작업이 불가능 하였으며, 폴리비닐알콜을 사용한 경우 수분이 제거된 상태에서 완충성능을 나타내지 못하였다.

식용 밀가루를 보조재로 사용했을 때는 첨가량 20~40%의 조건에서 압출 작업이 가능하였으며, 특히 첨가량 20%인 경우 뛰어난 완충 성능을 나타내었다. 향후 수분 조절재 첨가에 따른 팽연 특성에 대한 연구가 진행 될 것이다.

5. 참고문헌

- Lacourse, N. L. et al. 1989. U. S. Pat. 4, 863, 655
- Kim, J. C. 1995. Structure and properties of corn starch extrudate foam for packaging. Han-yang university.
- ASAE. 2000. ASAE Standards. S368.3 MAR95.