

전분 발포체의 제조 및 물성에 관한 연구

유응렬, 이대훈, 이영목*, 안재상
한국생산기술연구원, *부천대학 섬유과

1. 서론

최근에 환경을 오염시키는 쓰레기, 특히 많은 양의 플라스틱 완충재의 처리에 대한 관심이 고조되고 있다. 포장재 분야에서는 부피가 크고 환경 친화적이지 않은 플라스틱 제품들이 많이 사용되므로 환경 보호의 차원에서 이의 대체 재료에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 포장재로 많이 사용되는 재료로 약 70%의 회복성(resilience)을 갖는 expanded polystyrene(EPS)가 있다. 미국에서 발표된 한 자료에 의하면 이천만톤 이상의 loose fill형의 EPS 포장재가 매년 미국에서 사용되고 있고 loose fill외의 다양한 EPS 포장재를 합하면 많은 양의 포장재가 사용되고 있으므로 환경 보호란 측면에서 EPS 포장재의 대체 재료에 대한 연구가 활발히 진행중이다[1].

많은 연구가들은 전분을 기본 재료로 하여 자연 조건에서 생분해되는 포장재 개발을 위한 연구를 수행하였다. Altierie[1] 등은 전분 조성중에 amylose함량이 70% 이상이 되어야만 loose fill 완충재로 적합한 물성을 갖는 발포체를 만들 수 있다고 보고하고 있다. 몇몇 특허들은 전분을 기본으로 한 완충재의 제조에 새로운 방법을 제시하고 있으나 이 역시 amylose 함량이 45% 이상인 고품질의 전분에 대해 물성이 우수한 발포체를 만들 수 있다고 보고하고 있다[2,3]. 그러나 Lim 등은 보통 전분(amylose 함량, 25%)으로도 다양한 조건에서 loose fill 형의 발포체를 제조할 수 있으며 발포체의 물성도 고품질 전분의 발포체와 비슷함을 보고했다[4,5].

압출공정에 의한 전분의 발포 현상에 대한 기구(mechanism)는 Donovan등에 의해 잘 설명되어 진다[6]. 전분이 압축기의 바렐(barrel)속으로 공급됨에 따라 압출기의 die로 인해 바렐안의 압력이 급상승한다. 고압의 바렐안을 물과 전분의 혼합물이 통과하고 die를 통해 토출될 때 외부의 압력은 저압이므로 혼합물 내부의 수분이 기화하면서 전분의 발포가 이루어진다. 그 후에 발포체는 고화되어 발포 형상을 유지하게 된다. 이 현상에 대한 다른 문헌들[7-10]에 따르면 전분의 발포율은 낮은 온도 범위에서 바렐내의 온도 증가에 따라 증가한다고 보고하고 있다. 이 범위를 넘는 고온에서의 발포율은 열적 분해와 구조의 약화를 가져와 오히려 감소한다고 알려져 있다.

이들 대부분의 연구가 loose fill형 발포체의 제조와 물성에 대한 연구에 국한되어 있다. loose fill 이외에 심각한 환경 문제를 야기시키는 다른 용도의 EPS 포장재(예, 전자제품)에 대한 연구는 아직도 미미한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 토양, 대기 등과 같

은 자연조건에서 완전히 분해됨으로써 환경오염을 최소화시키는 환경친화형 생분해성 loose fill형의 포장재의 최적 제조공정뿐만 아니라 다양한 입체 형상을 갖는 포장재를 전 분 발포체를 수분을 이용하여 몰딩(molding)하여 제조할 수 있는 제조방법과 물성에 대해 연구를 행하였다.

2. 전분 발포체의 제조

전분 발포체의 제조를 위해 본 연구에서는 Fig. 1과 같은 제조 장치를 구성하였다.

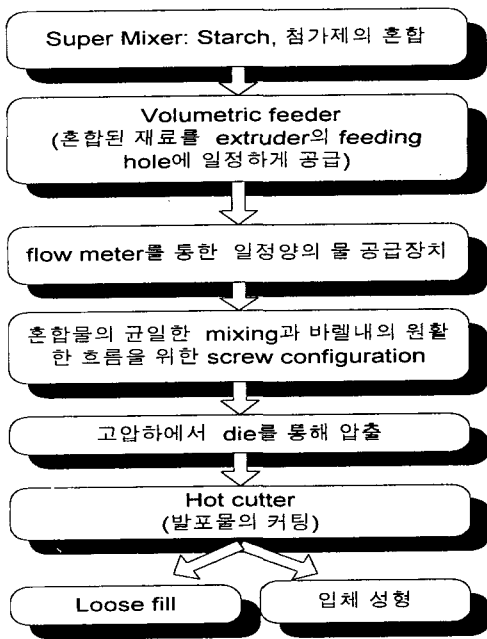
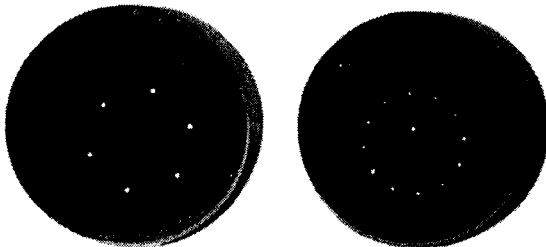


Fig 1. 전분 발포체의 제조 과정



(a) 6 hole (b) 12 hole

Fig 2. Fibrous expanded foam 제조를 위한 설계된 die

Fig. 1과 같이 제조 장치를 구성해서 다양한 첨가물에 따른 전분 발포체의 물성에 대해 연구를 행하였다. 이를 위해서는 혼합물의 조성비, 온도, 압력, 물공급, die의 형상의 변화에도 원활한 흐름을 유지시켜 발포체를 제조할 수 있는 최적 공정조건이 중요하다. 이를 위해 다양한 실험을 통해 최적의 screw 배열을 결정하여 발포체를 제조하였다. 서론에서도 언급하였듯이 압출기에 의한 전분발포체의 제조시 또 하나의 중요한 인자는 die의 설계이다. Loose fill형의 발포체를 얻기 위해 2mm의 hole를 만들고 die hole 까지의 원활한 흐름을 위해 경사를 만들고 die land를 0.5mm로 하였다.

다양한 입체 형상을 갖는 포장재를 제조하기 위해 EPS 포장재의 제조 과정을 응용하였다. 이를 위해 전분 발포체를 섬유상으로 제조하는 데 필요한 die를 Fig 2와 같이 설계하였다. 또한 연속적으로 토출되는 섬유상 발포체를

본 연구에서 제작된 Hot Cutter를 이용하여 약 1cm 정도의 작은 길이로 잘라 EPS 폼과 같은 전분 발포체를 제조하였다. 이를 몰딩하기 위해서는 전분 발포체 상호간에 접착력을 주는 방법의 고안이 필수적이다. 전분 발포체는 고온에서 녹는 멜팅 현상이 없기 때문에 몰딩을 위해 온도제어 이외의 방법을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 방법은 전분 발포체의 구조가 수분에 의해 쉽게 저하되고 수분에 의해 점성을 갖게 된다는 전분 고유의 성질을 이용하였다. 전분 발포체의 표면구조는 통기성이 있을 정도의 기공을 갖고 있으므로

본 연구에서 사용된 방법은 전분 발포체의 구조가 수분에 의해 쉽게 저하되고 수분에 의해 점성을 갖게 된다는 전분 고유의 성질을 이용하였다. 전분 발포체의 표면구조는 통기성이 있을 정도의 기공을 갖고 있으므로

일반적으로 $20\mu\text{m}$ 이하의 입자 크기를 갖는 수증기를 사용할 수 없다. 수증기의 사용은 전분 발포체의 표면에 수분의 도포보다는 발포체 내부에 수분 증가를 가져오므로 발포체의 구조 저하를 현격히 유발시킨다. 그러므로 $80\mu\text{m}$ 의 평균입도를 갖는 분사 노즐을 사용하여 전분 발포체의 표면에 수분을 도포하여 점도를 증가시킴으로써 접착력을 형성시키는 방법을 이용하였다. 이렇게 수분이 도포된 발포체를 컨베이어 벨트를 사용하여 몰드까지 이동시켜 다양한 입체 형상을 갖는 포장재를 제조하였다.

3. 전분 발포체의 물성 평가

전분 발포체의 최적 공정조건을 설정하기 위해 크게 두가지의 실험변수를 계획하여 실험을 행하였다. 첫 번째 변수로 압출기의 공정조건(온도, 물, screw의 회전속도)을 변화시켜 압출된 발포물의 물성을 평가하였고 두 번째로 압출되는 전분에 첨가제(PVA, 펄프, CaCO_3 , 발수제)를 혼합하여 포장재에 적합한 물성을 갖는 발포체의 제조에 대한 연구를 행하였다.

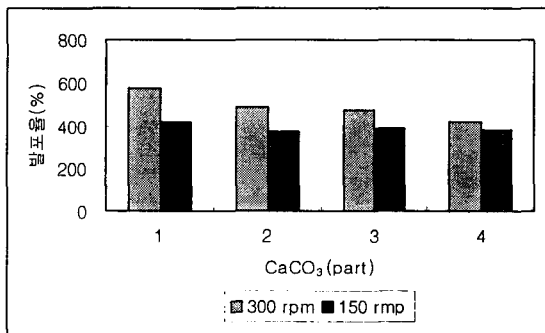


Fig. 3 CaCO_3 함량에 따른 발포율의 변화

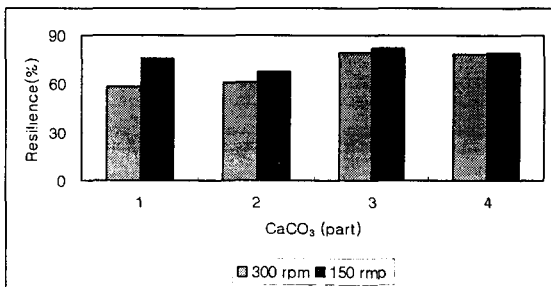


Fig. 4 CaCO_3 함량에 따른 회복성의 변화

복을, resilience)로 평가하였다. 일례로 PVA를 전분의 30 part로 고정하고 탄산칼슘(발포억제 성분)의 양을 1, 2, 3, 4 part로 했을 때의 발포율과 회복율을 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 발포율이 상대적으로 높으면 전분 발포체의 구조가 덜 치밀해지므로 회복율이 떨어짐을 알 수 있다. 그러므로 포장재의 쿠션닝 효과에 중요한 요소인 회복율을 높이기 위해서는 발포율을 압출 속도를 줄이고 발포를 억제할 수 있는 성분의 첨가가 필요하다는 사실을 알 수 있다.

본 연구에서 사용된 전분은 일반 전분(amylose 함량이 20%이하의 전분)이므로 포장재의 용도에 적합한 발포체를 제조를 위해선 발포체의 물성을 향상시킬 필요가 있으므로 위에서 언급한 첨가제를 사용하였다.

다양한 조건에서 제조된 전분 발포체의 물리적, 역학적, 화학적 성질 등을 측정하여 발포체의 특성을 알아보았다. 물리적 성질로는 발포율, 밀도등을 측정하였고 전분 발포체의 구조를 알아보기 위해 X-Ray, SEM등을 이용하였다. 또한

Tg, 용해도를 사용되는 습도 조건에 따라 측정하여 제조된 전분 발포체가 포장재료의 용도에 적합한지를 검토하였다. 역학적 성질로는 인장 거동과 압축 거동을 Instron과 KES 압축장치를 이용하여 살펴보았다. 포장재의 중요 성질중 하나인 쿠션닝 효과를 일정 로드에서 압축시킨 후 회복되는 비율(회

4. 결론

환경 친화형 포장재 개발을 위해 전분 발포체를 제조하였고 이의 물성에 대한 연구를 수행하였다. 일반 품질의 전분을 사용하여 loose fill형의 전분 발포체를 제조하는 최적 공정조건을 정립하였고 새로운 die의 설계로 다양한 입체 모양의 포장재 제조에 알맞는 발포체를 제조하였다. 특히 발포체를 수분을 이용한 2차 가공을 통해 기존의 EPS 포장재를 대체할 수 있는 다양한 형상의 포장재를 개발하였다.

5. 참고문헌

1. P. A. Altieri and N. L. Lacourse, Proceedings of Corn Utilization Conference IV(1992)
2. N. L. Lacourse and P. A. Altieri, U.S. Patent 4,863,655(1989)
3. P. A. Altieri and N. J. B. Mead, U. S. Patent 5, 153, 037(1992)
4. D. L. Lim, S.S. Im, J.S. Han, S.H. Yim, J.S. Kim, and Y.M. Lee, J. Environ. Polym. Degrad., 5, 191(1997)
5. D. L. Lim, S.S. Im, J.S. Han, S.H. Yim, J.S. Kim, and Y.M. Lee, J. Environ. Polym. Degrad., 6, 1(1998)
6. M. Donovan and E. C. Pape, Extrusion-Cooking in Food:Cycle C.P.C.A. Eroupe, APARIA, Paria(1977)
7. R. Chinnaswamy and M. A. Hanna, J. Food Sci., 53, 834(1988)
8. R. Chinnaswamy and M. A. Hanna, Cereal Chem., 2, 138(1988)
9. J. V. donovan, J. Sci. Food Agr., 28, 571(1977)
10. P. Linko, P.Colinna, and C. Mercier, High-Temperature, Short-Time Extrusion Cooking: Advances in Cereal Science and Technology(Y. Pomeranz Ed.), Vol. 4, Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, 145(1981)