

## 노출조건에 따른 전분 완충재의 물리적 성질의 변화

임 대 영·임 승 순<sup>†</sup>·한 정 석\*

한양대학교 공과대학 섬유공학과

\*삼양그룹 선일연구소

(1995년 4월 3일 접수)

## The Changes of Physical Properties of Starch Loose-fill According to Exposure Condition

Dae-lyoung Lim, Seung-soon Im<sup>†</sup>, and Jeong-seok Han\*

Department of Textile Engineering, College of Engineering, Hanyang University,

Haengdangdong, Seongdonggu, Seoul, 133-391, Korea

\*Sunhill Glucose Co. R & D Center, Hwaamdong, Youseonggu, Daejeon, 305-348, Korea

(Received April 3, 1995)

**요약** : 동방향 회전형 이축스크류식 압출기를 사용하여 옥수수전분과 폴리비닐알코올을 주원료로 하는 완충재를 제조하였다. 완충재의 물리적 성질은 셀의 크기 분포 및 셀벽 성분의 밀도에 크게 영향을 받음을 알 수 있었다. 반면에 전분의 종류에 따른 전분 완충재의 물리적 성질 차이는 관찰할 수 없었다. 동일한 압출조건에서 전분의 투입속도(g/min.)가 증가하면 셀의 크기가 비교적 균일하고 표면 요철이 적은 전분 완충재를 얻을 수 있었다. 또한 투입량이 증가되면 전분 완충재의 팽창비가 커지는 반면에 결보기밀도는 작아짐을 알 수 있었다. 또한 압축강도가 커지고 구조완화에 따른 수축정도가 작아짐을 보이는데, 이는 투입속도가 증가함에 따라 셀벽의 순수밀도가 증가했기 때문으로 생각할 수 있었다. 전분의 투입속도가 큰 완충재 (No. 2)의 경우는 고온 다습한 환경에서도 수분의 흡수량이 다른 전분 완충재들에 비해 크지 않았으며, 물성이 크게 변화하지 않음을 알 수 있었다. 또한 선적(船積)시험시 폴리스티렌 완충재에 필적할 만한 물성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 전분 완충재는 물에서 완전히 분산되어 완충재로서의 형태를 완전히 잃어버림을 관찰할 수 있었다.

**Abstract** : Protective loose-fill was prepared with corn starch and poly(vinyl alcohol) as major components using intermeshing corotating twin-screw extruder. Physical properties of loose-fill greatly depended on the distribution of cell size and the density of cell wall material. However, the dependency on the kind of starch was negligible. The loose-fill with even distributed cell size and less irregular surface was obtained when the feed rate(g/min.) increased at same extrusion condition. The compressive strength increased and the degree of shrinkage via structural relaxation decreased, which was assumed to be due to the increase of true density of cell wall. The loose-fill with high feed rate (No. 2) had the lower water absorption and change of properties. The shipping test showed that the loose-fill had comparable properties with polystyrene loose-fill. The loose-fill completely dispersed and then lost its shape when it was on water.

**Keywords** : loose-fill, corn starch, poly(vinyl alcohol), structural relaxation.

서 론

세계적으로 폐플라스틱에 의한 환경오염문제가 사회문제로 대두되면서 일회용의 각종 포장재료 사용에 대한 규제가 강화되고 있는 실정이다. 그중에서도 완충재로 사용되어온 발포 폴리스티렌은 제조 및 폐기시 심각한 환경오염을 가져옴으로써 최근 포장재료로의 사용이 금지되기에 이르렀다.

이러한 완충재용 발포 폴리스티렌을 대체할 수 있는 재료에 대한 연구가 최근 몇년간 계속되어 전분을 주원료로하는 전분 완충재가 상업화되기에 이르렀다. 완충재용 전분 완충재는 폐기시 생분해성이 뛰어나고 반발탄성률, 압축강도 등의 물성이 발포 폴리스티렌에 뒤지지 않는 매우 큰 장점을 가지고 있음이 보고되고 있다.<sup>1-3</sup> 하지만 이러한 전분 완충재는 아밀로스 함량이 50% 이상인 high amylose starch 및 그 유도체를 주원료<sup>4</sup>로 하기 때문에 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다.

최근의 연구<sup>5</sup>에 의하면 순수한 옥수수전분만을 원료로하여 high amylose starch등을 원료로 하는 완충재에 필적할 만한 성질을 갖는 새로운 전분 완충재를 제조하였다. 그러나 옥수수전분 완충재의 물성은 압출 및 노출조건에 따라 크게 달라짐을 보였으며, 특히 노출시 상대습도와 상관관계가 매우 큼이 보고되고 있다.<sup>5,6</sup>

그러나 전분에 폴리비닐알콜을 첨가하여 제조한 완충재의 경우는 이러한 물성변화를 최소화할 수 있음이 보고되고 있다.<sup>7</sup>

따라서 본 연구에서는 옥수수전분과 폴리비닐알콜을 주원료로하는 전분 완충재를 제조하고 밀전분과 폴리비닐알콜을 주원료로 하는 Clean Green Packing Co.의 전분 완충재를 구입하여 노출조건

에 따른 물성의 변화를 관찰 비교하였으며, 발포 폴리스티렌 완충재와 물성을 비교하였다.

실 험

**재 료.** 옥수수전분 (선일포도당, 한국)과 폴리비닐알콜 (Kuraray POVAL, PVA-217, Kuraray Co., LTD, 일본), CaCO<sub>3</sub> (1급 시약, Shinyo pure chemicals Co., Ltd, 일본)을 79: 20:1의 무게비로 혼합한 혼합물을 사용하였다.

밀전분과 폴리비닐알콜 (약 80:20)를 주원료로 하는 Clean Green Packing Co. (미국)의 전분 완충재와 발포 폴리스티렌 완충재 (MIC-PAC, 성명(주), 한국) 를 구입하여 동일한 실험조건에서 비교하였다.

**전분 완충재의 제조.** 동방향 회전형 이축스크류식 압출기 (Festina FX-60, 남성농산)를 이용하여 전분혼합물을 원통형의 전분 완충재로 압출성형하였다. 압출기내로 수분을 직접 공급함으로써 공급되는 전분의 수분함량을 약 20%로 유지하였다. 다이노즐의 지름은 3 mm였다. 자세한 압출조건은 Table 1에 나타내었다.

**전분 완충재의 물성 측정.** 원통형의 전분 완충재를 Table 2에 나타낸 온도와 상대습도가 다른 세 가지 조건에 노출한 후 외관 (직경, 길이, 부피), 겉보기밀도, 수분함량, 반발탄성률의 변화를 측정하였다. 시료의 직경, 길이는 각각 10회 측정의 평균으로 하였으며, 겉보기 비중은 1g의 원통형 시료를 부피로 나누어 구하였다. 시료내의 수분함량은 수분측정기 (MA30, Sartorius AG Göttingen, 독일)를 이용하여 구하였다.

반발탄성률 (resilience) 및 압축강도 (compres-

Table 1. Extrusion Condition of Starch Loose-fill

Extrusion Sample No.	Condition	Temperature (°C)			Feed Rate		Screw Speed (rpm)
		Feeding Zone	Plasticizing Zone	Metering Zone	Starch Mixture (kg/min)	Water (cc/min)	
1		40	160	250	1.0	126	400
2		40	160	220	1.9	158	400

**Table 2.** Aging Conditions of Starch Loose-fill

Conditions	Relative Humidity (%)	Temperature (°C)	Time (hrs)
A	50	25	24
B	70	32	24
C	95	40	24

sive strength)는 Sun-rheometer (CR series, Sun-scientific co. Ltd)를 사용하여 구하였다. 1인치 길이의 원통형 시료를 Sun-rheometer의 시료대에 올려놓은 다음 시료의 상부에 직경 5 mm의 봉 (rod)을 올려 놓고 50 mm/sec의 속도로 시료대를 상승시켜 시료의 절반을 누른다. 이때 압축에 요구되는 힘으로부터 압축강도를 구하였다. 이 상태를 1분간 유지시킨 후 시료대를 다시 원래의 위치로 하강시킨 다음 바로 다시 상승시켜 압축에 요구되는 힘을 구하여 초기에 요구되는 힘과의 부터 반발 탄성률을 구하였다.

**전분 완충재의 시각적 관찰.** 전분 완충재의 표면을 광학현미경 (OPTIPHOT-POL, Nikon, 일본)을 사용하여 50배 확대하여 관찰하였다.

**선적(船積) 시험.** 전분 완충재 및 폴리스티렌 완충재를 각각 상자 (18 cm × 32 cm)에 약 11 cm 높이로 담아 상부에 21 kg의 추를 올려 놓은 다음 수축 정도를 시간 별로 측정하였다.

**용해성 시험.** 전분 완충재를 수욕(水浴)에 넣어 시간에 따른 용해현상을 시각적으로 관찰하였다.

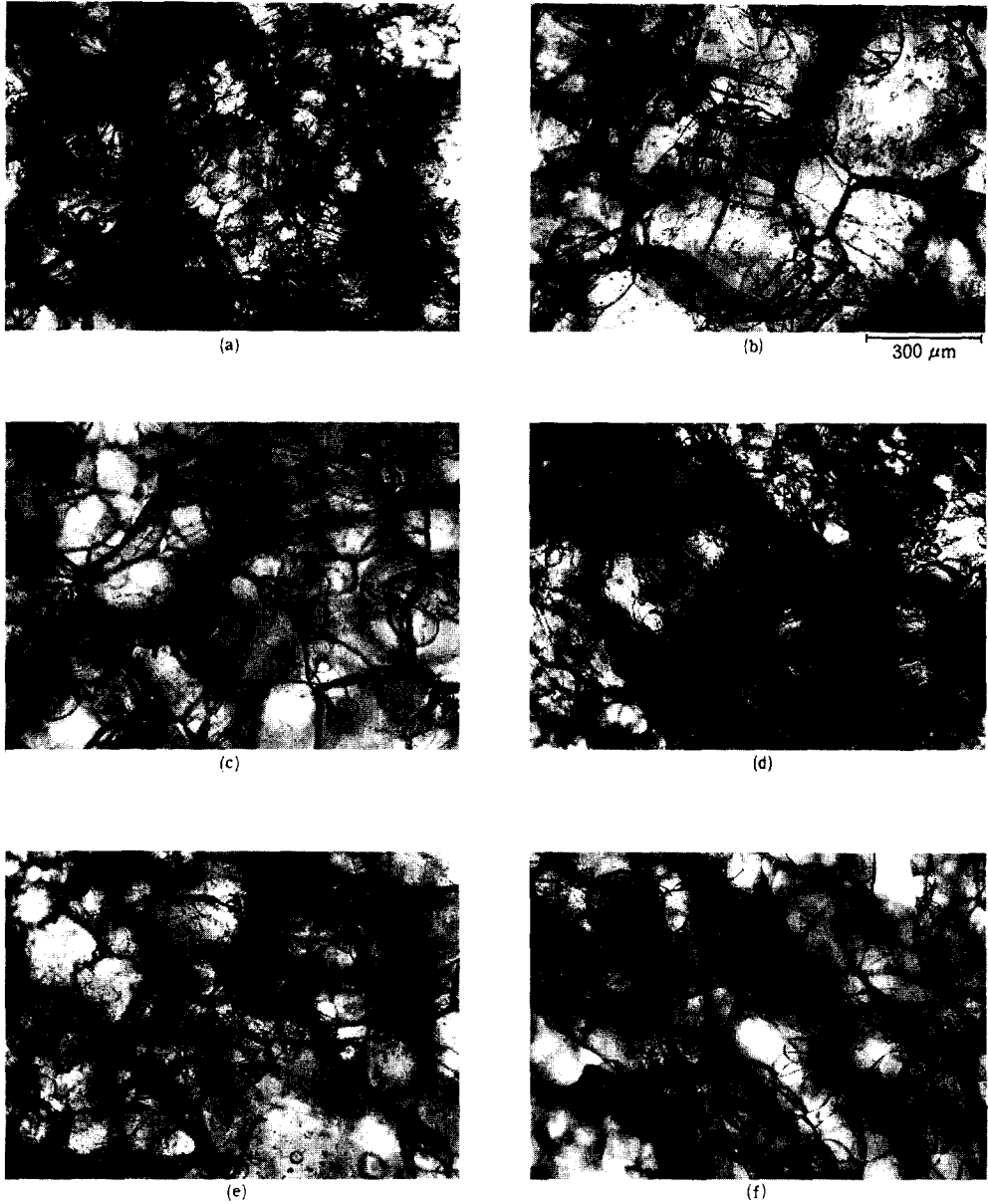
### 결과 및 고찰

압출시 전분은 베럴내에서 전단력과 열의 작용에 의해 과립형태가 완전히 파괴되면서 용융체로 전환된다. 이러한 전분 용융체는 다이를 통과하여 나올 때 온도차이에 따른 수분의 증발과 압력 감소에 따른 급격한 팽창이 발생하게 된다. 이렇게 팽창한 전분 압출물은 Fig. 1 (a)-(c)에 나타났듯이 셀과 고상의 셀벽으로 구성된 전형적인 발포물의 형상을 갖게 된다. 이러한 전분 발포물의 형상 및 물성은 압출조건(온도, 압력, 스크류속도, 재료의 투입속

도 등), 압출기의 배열 상태(스크류 배열, 압출기 배열의 배열), 투입하는 재료의 종류에 따라 크게 달라짐이 보고되어 있다.<sup>8</sup> 옥수수전분과 밀전분의 경우 주요 구성성분인 아밀로스와 아밀로펙틴의 비가 거의 유사하기 때문에<sup>9</sup> 얻어진 완충재의 물성은 재료의 종류에는 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있었으며, 오히려 발포물의 형상에 따른 차이를 관찰할 수 있었다.

전분의 투입속도를 1.0 kg/min (No. 1)에서 1.9 kg/min (No. 2)으로 증가시킬 경우 표면 요철이 적으며, 셀의 크기가 비교적 균일한 압출물을 얻을 수 있었다. No. 3의 경우 셀 크기의 균일한 정도가 No. 1과 No. 2의 중간정도였다. No. 1과 No. 2의 팽창비는 각각 5.1과 6.7로 나타났는데, 이러한 차이는 투입속도가 증가함에 따라 압출기내의 압력이 증가하여 다이를 통과시 압력차이가 커져 더 크게 팽창하는 현상으로 이러한 경향은 겔보기밀도가  $1.86 \times 10^{-2} \text{ g/cm}^3$ 에서  $1.75 \times 10^{-2} \text{ g/cm}^3$ 으로 낮아지는 결과로 부터 다시 확인할 수 있었다 (Table 3).

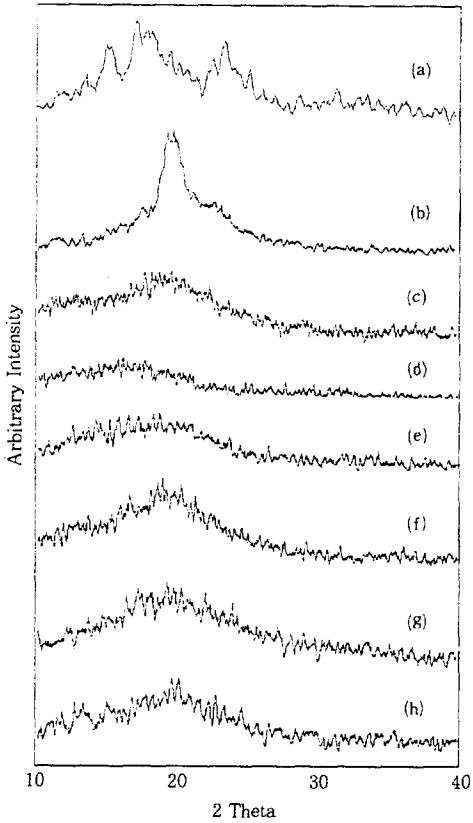
옥수수전분은 Fig. 2(a)에 나타났듯이 곡류전분의 전형적인 'A 형'의 결정성 X-선 회절패턴을 보여 준다. 밀전분 역시 옥수수전분과 같은 곡류전분의 하나로써 거의 유사한 회절패턴을 가짐이 알려져 있다.<sup>9</sup> 그러나 압출에 의해 제조된 전분 완충재는 Fig. 2(c)-(e)에서와 같이 전분의 결정성 X-선 회절패턴 (Fig. 2(a))과 폴리비닐알콜의 결정성 X-선 회절패턴 (Fig. 2(b))을 잃어버려 완전한 비정형의 상태로 전환되고, 분자들 사이의 간격이 크게 증가하여 자유부피가 증가한 구조를 갖게 된다. 그러나 전분 완충재는 압출 후 외력이 제거된 상태에 놓여 있을 때 분자쇄들이 안정한 위치로 돌아가려는 구조완화현상이 발생한다고 알려져 있다.<sup>6</sup> 특히 고온 다습한 조건 C에 노출한 시료들의 경우는 Fig. 2(f)-(h)에 나타났듯이 짧은 시간에도 불구하고 구조완화의 발생에 따른 재결정화가 일어남을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 분자들간의 수소결합의 증가로 재결정화를 일으키는 호화전분의 노화기구와 거의 유사하다고 알려져 있다.<sup>10</sup>



**Fig. 1.** Optical micrographs of starch loose-fill ( $\times 50$ ) : originals [(a) No.1, (b) No. 2, (c) No. 3] and aged samples at condition C [(d) No.1, (e) No. 2, (f) No. 3].

Fig. 3에는 노출조건 (A, B, C)에 따른 전분 완충재의 외관 (직경, 길이, 부피)의 변화를 나타 내었다. 세 종류의 전분 완충재 모두 A, B 조건에 서는 외관의 변화가 크지 않았으나 온도 및 상대습

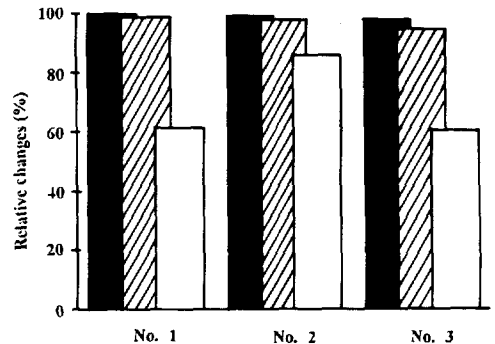
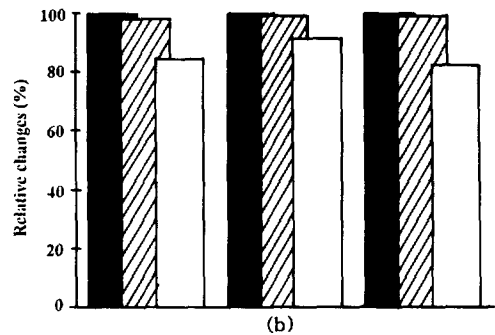
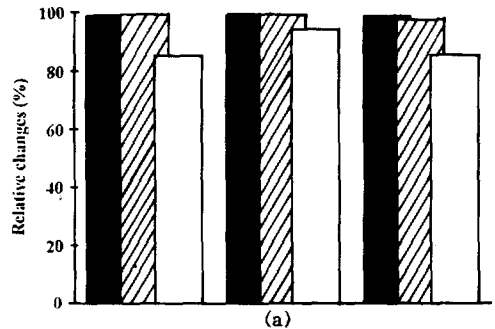
도가 높은 조건 C에 노출한 전분 완충재의 경우 심한 수축이 발생됨을 관찰할 수 있었다. 이러한 수축현상은 구조완화에 따른 분자간 수소결합의 증 가로 재결정화가 일어나기 때문이다. No. 1, 2, 3의



**Fig. 2.** Wide-angle X-ray diffraction patterns of starch loose-fill : (a) granular corn starch, (b) poly (vinyl alcohol), originals [(c) No.1, (d) No. 2, (e) No. 3] and aged samples at condition C [(f) No.1, (g) No. 2, (h) No. 3].

경우 조건 C에 노출시 직경과 길이가 각각 84.3%와 85.2%, 91.1%와 94.3%, 82.3%와 85.6%으로 감소하여 최종부피가 원재료의 61.2%, 81.0%, 60.3%로 수축하는 현상을 보였다. 이러한 수축현상은 Fig. 1(d)-(f)에 나타났듯이 셀의 크기가 감소하는 것으로도 확인할 수 있었다.

No. 1과 No. 2를 비교시 팽창비가 낮고 겔보기 밀도가 높을 수록 수축정도가 심해짐을 보이는데, 이는 Lim et al.<sup>5</sup>의 결과와는 다른 양상을 보였다. Lim et al.에 의하면 팽창비가 크고 겔보기 밀도가 작을 수록 다습한 환경에서 직경 및 길이의 수축이 더욱 크게 발생하여 최종부피가 더 크게 감소한다고



**Fig. 3.** Dimensional changes of starch loose-fill aged at different conditions : ■ condition A, ▨ condition B, □ condition C; (a) lengthways, (b) diametral, and (c) volumetric shrinkages.

보고하고 있다. Lim et al.의 경우 동일한 양의 전분을 투입하여 발포시킨 것이므로 팽창비가 클 수록, 즉 겔보기 밀도가 작을 수록 고상의 셀벽의 밀도 역시 작아지는 비례의 관계를 갖는다고 생각할 수 있다. 그러나 No. 1과 No. 2의 경우는 압출시 재료의 투입량을 달리하여 제조한 것이므로 겔보기

밀도와 고상 셀벽의 밀도 사이에는 반드시 비례관계가 존재한다고 생각할 수 없다. 따라서 No. 2의 경우 No. 1에 비해 팽창비가 크고 겉보기 밀도가 더 낮을지라도 셀벽의 순수 밀도는 오히려 더 크다고 생각할 수 있다. 이러한 결과는 전분 완충재의 수분함량 변화로부터 간접적으로 확인할 수 있었다. 즉 Table 3에 나타났듯이 동일한 노출조건(조건 C)에서도 No. 1의 경우 수분함량의 증가는 약 4.8%인 반면에 No. 2의 경우는 3.3%로 1.5%의 차이를 보여주고 있다. 이러한 수분 흡수량의 차이는 수분이 흡수되어 머무르게 되는 비정형 부분내 분자들 사이의 자유부피의 차이를 의미하는 것으로서 수분 흡수량이 더 적은 No. 2의 경우가 자유부피의 양이 더 적음을 알 수 있다. 따라서 팽창비가 더 작고, 겉보기 밀도가 더 클지라도 셀을 이루는 전분성분의 순수 밀도가 더 작기 때문에 수분 흡수량이 더 적고 고온다습한 조건 C에서의 구조적인 완화현상이 더 크게 발생한다고 생각할 수 있다.

압축강도는 원재료의 강도, 셀의 양 및 크기, 셀의 형태(열린 형태, 닫힌 형태) 등의 차이에 따라 달라진다. 압축강도는 전분 완충재를 변형시에 요구되는 힘을 의미하는 것으로서 Table 3에 나타났듯

이 No. 1에 비해 No. 2의 경우가 약 1.9배 정도 큰 값을 가졌다. 이러한 차이는 셀의 크기 분포에 따른 차이로 압축강도는 셀 크기가 균일할 수록 크게 나타남이 알려져 있다. 즉 셀의 크기가 가장 균일한 No. 2의 경우가 가장 큰 값을 가졌으며, No. 3, No. 1의 순서를 이루었다. 이외에도 셀벽 성분의 밀도 차이 등에 따른 강도 차이가 영향을 미친다고 생각할 수 있으나 이에 대한 연구는 앞으로 계속 되어야 하겠다. 압축강도는 온도가 높고 습한 환경일수록 더 증가함을 보여주는데, 이는 발포물을 이루는 고상의 벽 성분인 전분분자들의 구조완화에 따른 결정화 현상에 기인한 것으로 생각된다.

압축강도는 노출조건이 고온다습해질수록 점점 증가함을 보였다. 특히 No. 1과 No. 3의 경우 조건 C에 노출시 압축강도가 급격히 상승함을 보였다. 그러나 No. 2의 경우는 조건 C에서도 압축강도의 증가가 비교적 크지 않는데, 이는 셀을 이루는 전분성분의 순수 밀도가 더 크기 때문에(자유부피의 양이 더 적음) 구조적 완화현상이 덜 발생하고 이에 따른 강도의 차이가 크지 않다고 생각할 수 있다. 따라서 원래의 전분 완충재들은 유연하고 부드러운 반면에 고온다습한 환경에 노출할수록 점점 더 단단해짐을 알 수 있었다.

**Table 3.** Effects of Aging Condition on the Physical Properties of Starch Loose-fill

Sample No	Physical Properties Conditions	Change of Water Level(%) <sup>a</sup>	Apparent Density ( $\times 10^2$ , g/cm <sup>3</sup> )		Compressive Strength (g/mm <sup>2</sup> )		Resilience (%)	
			before <sup>b</sup>	after <sup>c</sup>	before	after	before	after
1	A	0.70	1.86	1.92	17.5	19.6	83.3	83.0
	B	4.20		1.84		28.0		80.7
	C	4.79		3.07		70.2		78.8
2	A	0.36	1.75	1.78	32.7	38.2	80.5	80.6
	B	2.91		1.67		54.9		79.3
	C	3.32		2.37		55.2		78.8
3 <sup>e</sup>	A	1.12	1.95	1.98	26.8	32.5	83.4	74.0
	B	2.42		2.05		33.4		77.8
	C	4.94		3.56		— <sup>d</sup>		—

<sup>a</sup> Based on wet weight.

<sup>b</sup> Values from original sample.

<sup>c</sup> Values from aged sample.

<sup>d</sup> 「—」 meant that compression force was over the limiting range of equipment.

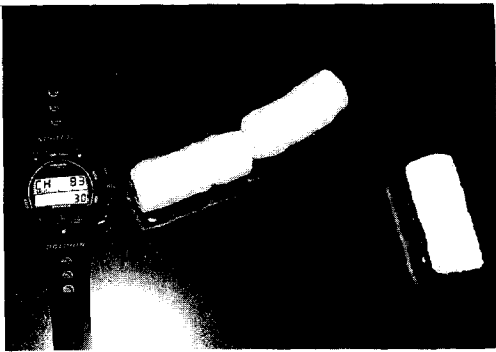
<sup>e</sup> Sample obtained from Clean Green Packing Co.

노출조건에 따른 전분 완충재의 물리적 성질의 변화

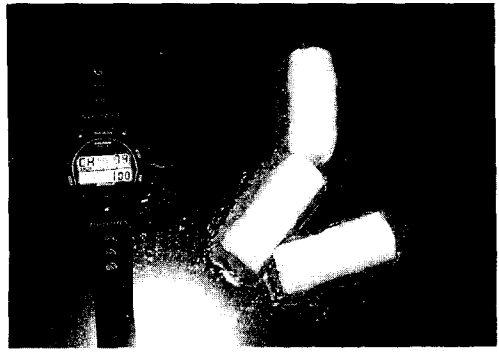
전분 완충재의 반발탄성률은 Table 3에 나타났듯이 전분의 종류 및 원료 투입량에 따른 차이는 거의 없었다. 전분 완충재들의 반발탄성률 값은 노출온도 및 상대습도가 증가시 압축강도가 증가하면서도 커다란 변화를 보이지 않음을 알 수 있었다. 이러한 현상은 구조완화에 따른 결정화 현상으로 압축강도가 증가하여 반발탄성률을 측정시 일차 압축과 이차압축에 전분 완충재를 변형시킬 만한 충분한 압력이 가해지지 못했기 때문에 마치 반발탄성률이 크게 변화하지 않은 것같이 나타난 것이다. 하지만 이러한 특성은 일정 이상의 외력이 가해질 경우에는 쉽게 파괴되는 단점을 갖게 된다.

Table 4에는 No. 2와 폴리스티렌 완충재를 각

각 상자 (18 cm×32 cm)에 약 11 cm 높이로 담아 상부에 21 kg의 추를 올려 놓은 다음 수축 정도를 시간 별로 시험한 결과를 나타내었다. 이때 전분 완충재와 폴리스티렌 완충재는 외관상 원통형으로 부피가 거의 비슷한 거의 동일한 조건으로 유지하였다. 추를 올려 놓았을 때 No. 2의 경우는 원래 높이의 약 2.0%만이 수축되었으나 폴리스티렌의 경우는 약 6.8%로 3배 이상 더 수축됨을 알 수 있었다. 이는 전분 완충재가 폴리스티렌 완충재보다 압축강도가 더 큼을 간접적으로 보여주는 결과이다. 시험기간이 일주일이 되었을 때 전분 완충재의 경우는 수축정도가 여전히 8.1%로 변화가 없었으나 폴리스티렌 완충재의 경우는 점차 증가하여



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 4. Photographs of starch loose-fill on the surface of water after (a) 30 sec., (b) 1 min., (c) 2 min., and (d) 4 min..

**Table 4.** Degree of Shrinkage During the Shipping Test under 21kg Load

Samples Time (hrs)	Starch Loose-fill (No. 2)	Polystyrene Loose-fill
0	2.0%	6.8%
24	8.1%	11.2%
168	8.1%	12.3%

**Table 5.** Degree of Shrinkage After Removing the Load for 168 Hours-aged Samples

Starch Loose-fill(No. 2)	Polystyrene Loose-fill
2.90%	0.03%

12.3%까지 수축됨을 보였다.

하지만 일주일이 지난 후 추를 제거시 Table 5에 나타났듯이 No. 2의 경우 변형된 상태에서 약 36% 정도 회복하여 원래의 상태에서 약 2.9%만이 수축된 상태를 유지하였다. 반면에 폴리스티렌의 경우는 거의 원상태로 회복됨을 보였다. 이러한 차이는 완충재 하나하나의 반발탄성률의 차이로 폴리스티렌에 비해 다소 떨어짐을 보이니 No. 2의 경우 비교적 물성이 좋음을 알 수 있다.

Fig. 4에는 전분 완충재 (No. 2)를 수욕(水浴)에 떨어뜨린 후 시간에 따른 변화를 시각적으로 관찰한 사진을 나타내었는데, 원통형의 완충재가 1분이 지났을 경우 수중에 용해와 더불어 분산되기 시작하여, 4분이 지났을 경우는 전분 완충재의 원래 형태를 거의 찾아볼 수 없을 정도로 수중에 용해, 분산됨을 관찰할 수 있었다.

### 결 론

전분 완충재의 물리적 성질은 셀의 크기 분포 및 셀벽 성분의 밀도에 크게 영향을 받음을 알 수 있었다. 반면에 전분의 종류에 따른 전분 완충재의 물리적 성질의 큰 차이는 볼 수 없었다. 전분의 투입속도가 증가하면 셀의 크기가 비교적 균일하고

표면 요철이 적은 전분 완충재를 얻을 수 있었다. 또한 투입량이 증가하면 전분 완충재의 팽창비가 커지는 반면에 겉보기 밀도는 작아짐을 알 수 있었다. 또한 압축강도가 커지고 구조완화에 따른 수축 정도가 작아짐을 보이는데, 이는 투입속도가 증가함에 따라 셀벽의 순수 밀도가 증가했기 때문이다. 순수 밀도의 차이는 수분흡수량의 차이로부터 간접적으로 예측할 수 있었다.

전분 완충재의 경우 대기의 온도 및 상대습도에 따라 물성변화가 발생함을 알 수 있었다. 전분 완충재를 저온 낮은 상대습도 (조건 A, B)에 노출시 물성의 큰 변화를 관찰할 수 없었으나 고온다습한 조건 (조건 C)에 노출할 경우 구조완화에 따른 재결정화 현상이 쉽게 발생함으로써 압축강도 크게 증가함을 보였다. 반면에 반발탄성률의 변화는 비교적 크지 않았는데, 이러한 현상은 부드럽고 유연한 특성을 가진 원래의 전분 완충재들이 고온 다습한 환경에 노출시 단단하고 깨지기 쉬워지는 특성으로 변하게 되지만 반발탄성률 측정조건상 압축에 시료를 과열시킬 만큼 충분한 힘이 가해지지 않았기 때문에 마치 높은 반발탄성률을 가진 것과 같은 결과를 가져온 것이다. 이러한 전분 완충재들의 경우 어느 정도의 힘이 가해질 경우는 쉽게 파괴될 수 있는 단점이 있다.

No. 2의 경우는 고온다습한 환경에서도 수분의 흡수량이 다른 전분 완충재들에 비해 크지 않았으며, 겉보기 밀도, 압축강도, 반발탄성률이 크게 변화하지 않음을 알 수 있었다. 또한 실제 선적(船積)시험시 폴리스티렌 완충재에 필적할 만한 물성을 가지고 있음을 알 수 있었다.

전분 완충재는 수중에서 4분만에 완전히 용해, 분산되어 완충재로서의 형태를 완전히 잃어버림을 관찰할 수 있었다.

**감사의 글 :** 이 논문은 1994년도 과학기술처 및 선일포도당(주) 지원의 선도기술개발과제 연구비에 의해 이루어졌음을 감사드립니다.



참 고 문 헌

1. N. L. Lacourse et al., U. S. Pat. 4, 863, 655 (1989).
2. P. E. Neumann et al., U. S. Pat. 5, 185, 382 (1993).
3. P. A. Altieri, U. S. Pat. 5, 153, 037 (1992).
4. P. A. Altieri and N. L. Lacourse, "Starch-based Protective Loose Fill Material", in Proceedings of Corn Utilization Conference IV, June 24-26 (1992).
5. D. L. Lim et al., submitted in Biotechnol. Prog., Jan. (1995).
6. R. L. Shogren and B. K. Jasberg, "Aging Properties of Extruded High Amylose Starch", in Abstracts of Conference of Bio/Environmental-ly Degradable Polymer Society, August 19-21, Chicago, Illinois, 1993.
7. "Developments of Biodegradable Polymers by Modification of Starch", Final report, Hanyang Univ., Sept. (1994).
8. Mercier et al., "Structural Modification of Various Starches by Extrusion-Cooking with a Twin-screw French Extruder", in Polysaccharides in Food, eds. by J. M. V. Blanchard and J. R. Mitchell, p. 152-170, Butterworths, England, 1979.
9. T. Galliard and P. Bowler, "Morphology and Composition of Starch", in Starch : Properties and Potential, Critical Reports on Applied Chemistry, vol. 13, ed. by T. Galliard, John Wiley & Sons, Great Britain, 1987.