

배합조건에 따른 완충포장용 전분 압출물의 물리적 특성 변화

홍석인 · 김종태 · 김철진
한국식품개발연구원

Comparison of Physical Properties of Starch Based Extruded Loose-Fill with Different Mixing Formulas

Seok-In Hong, Chong-Tai Kim and Chul-Jin Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

In order to develop a biodegradable loose-fill, the mixtures of corn starch, foaming agents, lubricant and plasticizer with different mixing formulas were extruded in the presence of a total moisture content of 23% or less by weight using a laboratory scale corotating twin-screw extruder (D=44 mm, L/D=12) at 200°C. Resulted extruded foam was examined in terms of expansion ratio, apparent density, water absorption index, water solubility index, compressibility, and resiliency. The extrudate as a biodegradable cushioning material had a uniform closed cell structure with the expansion ratio of more than 1.7, the apparent density of less than 90 kg/m³, the water absorption index of from 10 to 15, the water solubility index of from 26 to 34, the resiliency of at least 66% and the compressibility of from 1200 to 2400 g/cm². Experimental results showed that the extrudate of starch mixture with foaming agents and lubricant conferred better compressibility and resiliency than that of pure corn starch. However, since its compressibility and resiliency were significantly affected by the relative humidity of environments, further investigations including compositional changes of starch mixture, control of extrusion process variables, configuration of die opening, different screw configuration, resistance of expanded starch product to moisture, etc. should be carried out to improve its physical properties.

Key words: biodegradable packing material, starch based loose-fill, extrusion foaming

서 론

식품산업에 있어서 환경 문제, 그 중에서도 막대한 양의 일회용 식품 포장재의 폐기 문제는 날로 심각해지고 있으며, 최근 들어 매립식 쓰레기 처리 시설의 공간 제한 등과 관련하여 이를 해결하고자 폐기물 소각 시스템의 개량, 플라스틱 포장재의 재활용 및 분해성 소재의 개발 등 많은 연구 노력이 행해지고 있다. 특히 엄청난 양의 일회용 플라스틱 포장재를 용기, 판지, 필름, 충전재, 단열재 등의 다양한 형태로 사용하는 식품포장분야에서는 포장 폐기물 문제의 해결책으로서 생분해성 포장재의 활용을 필요로 하고 있는 실정이다(Röper *et al.*, 1993). 그러나 최근까지는 PE, PP, PS, PET 등 기존 대량 생산되는 석유계 플라스틱

포장재의 가격이 매우 낮은 점 때문에 분해성 소재의 개발 연구가 상대적으로 활발하지 못하였으며, 일부 생분해성 보충제나 첨가제를 배합하여 합성 고분자를 생분해성으로 만들고자 하는 시도(Maddever and Chapman, 1989; Röper and Koch, 1990; William, 1992; Shogren *et al.*, 1993)가 있었으나 상업적으로는 그다지 성공하지 못하였다. 또한 현존하는 대부분의 생분해성 플라스틱은 포장재에서 필요로 하는 기본 물성 및 기계적성이 불량하고 더욱이 미생물이나 천연물로부터 얻어지기 때문에 상대적으로 고가인 단점이 있어 폭넓은 활용이 불가능한 형편이다(Röper and Koch, 1990).

전분은 가장 손쉽게 이용 가능한 생분해성 소재로 일부 한정된 목적의 포장재로서 foam, 필름, 기타 여러 형태로 이용되어 왔다. 구체적인 사례를 살펴보면, 순수한 전분에 발포제를 첨가하여 압출성형하므로써 완충 충전재로 사용할 수 있는 열가소성 전분 성형제

Corresponding author: Seok-In Hong, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

품을 만들었다(Lacourse and Altieri, 1989; Bhatnagar and Hanna, 1996). 또한 전분을 이용한 필름제품의 성형은 이미 보고된 바와 같이 전분과 ethylene-co-acrylic acid (EAA) 혼합물을 ammonium hydroxide와 urea 수용액상에서 압출성형하므로써 인장강도가 우수한 필름을 성형할 수 있었으며(Otey and Westhoff, 1979), 또 다른 방법으로서 용매를 사용하지 않고 전분과 폴리에틸렌 원료를 혼합물로 압출시켜 blown 필름을 만들기도 하였다(Otey and Westhoff, 1982). 한편 열가소성 전분 물질의 기계적 성질을 향상시키기 위해 urea와 glycols를 첨가하는 방법(Shogren *et al.*, 1992), 전분을 ceric ammonium nitrate 수용액으로 처리하여 여러 종류의 monomer에 결합시켜 grafting 고분자를 제조하는 공정(Chinnaswamy and Hanna, 1991)과 전분을 압출시켜 용도에 적합하도록 리본, 로우프, 튜브 등 다양한 형태의 팽화 제품으로 성형하는 방법(Bastioli *et al.*, 1993) 등이 보고되었다.

이와 같이 생분해성 소재로서 전분의 이용은 필름이나 그밖에 여러 가지 형태의 제품성형에 적용되어 왔으나, 아직까지 국내에서는 생분해성/생분괴성 필름의 충전용 물질과 같은 특정 용도에 국한되어 있는 것이 사실이다. 더욱이 탄력성, 압축성 및 저밀도의 특성을 갖추어야 하는 완충 충전용 포장재의 경우, 대개는 분해되지 않는 EPS (expanded polystyrene)에 의존하여 왔기 때문에 날로 증가하는 포장 폐기물에 대한 규제와 국제적인 압력을 만족시키기 위해서는 포장재로서 요구되는 특성을 갖춘 새로운 재료 개발의 필요성이 절실하다. 이에 본 연구에서는 여러 가지 필요성에 부합하는 완충 충전용 포장재로서 생분해성 loose-fill을 개발하고자 배합조건을 달리하여 조제한 전분 혼합물을 압출성형하여 그들의 물리적 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

전분은 (주)세원의 옥수수 전분을 구입하여 사용하였는데, 성분 구성은 아밀로즈:아밀로펙틴=1:3, 수분 11%, 조단백 0.35%, 조지방 0.1%, 회분 0.08%이

었다. 첨가제로 사용한 sodium carbonate와 citric acid는 Showa Chemical Co.의 제품이고, 가스제로 사용한 glycerol은 덕산약품(주)의 제품을, 유화제로 사용한 Tween 80은 Junsei Chemical Co.의 제품을 사용하였다.

원료배합조건

완충성이 있는 압출물을 얻고자 주원료인 옥수수 전분에 첨가제로서 2%의 Na₂CO₃ (건조 전분 중량기준)과 sodium carbonate에 대해 2/3 mole 비율로 citric acid를 첨가하였고, 유화제인 Tween 80을 1~2%, 가스제인 glycerol을 2~3% 첨가하였다(Table 1). Sodium carbonate와 citric acid는 분말상태 그대로 혼합하였으나, Tween 80과 glycerol은 각각 500 mL의 증류수에 희석시켜 유화액 상태로 혼합하였다. 50 kg 용량의 호발트 믹서와 20 kg 용량의 V 믹서를 이용하여 첨가물들이 전분과 고르게 혼합되도록 하였고, 혼합이 완료된 재료는 0.1 mm의 Ny/PE 필름 포대에 담아 상온에서 최소 1일간 숙성시킨 후 최종 수분함량을 측정한다 다음 압출성형하였다.

압출기 및 운전조건

본 실험에 사용한 압출기는 Biex-DNDL lab. scale corotating, intermeshing screw 형태의 twin-screw extruder (Bühler Brothers Co., Swiss)이다. L/D ratio 12, screw 직경 44 mm, die hole 직경 2.85 mm이며, 원료 투입장치는 분말원료를 위한 용적식 투입장치인 K-Tron hopper를 사용하였다. 운전중 screw 회전속도, 원료투입량, 가수량, 압출온도 및 압력, screw torque 등을 자동으로 매 10초마다 측정 기록하는 control unit가 설치되어 있으며, 수집된 자료를 이용하여 기계적 에너지 소모율(SME)를 산출하고 그래프로 나타낼 수 있는 프로그램이 내장된 컴퓨터에 의해 기록되었다. Screw 조합은 conveying element (lead 1.5D, 66R)×3, conveying element (lead 1.0D, 44R)×1, polygon L (length: 20 mm), conveying element (lead 1.0D, 44R)×3, reverse element (lead 1.0D, 44/3L)×2, conveying element (lead 1.0D, 44/3R)×2, conveying element (lead 0.75D, 33R)×2와 top의 순서로 조립하였다. 가

Table 1. Proximate composition (%) of corn starch mixtures

Mixture type	Corn starch (dry basis)	Moisture (wet basis)	Na ₂ CO ₃	Citric acid	Tween 80	Glycerol
Starch	100	11.0	-	-	-	-
Blend 1	100	12.9	2	2.6	1	-
Blend 2	100	12.8	1	1.3	1	2
Blend 3	100	14.3	1	1.3	2	3

수량은 혼합원료의 수분함량을 포함하여 건조 옥수수 전분의 중량에 대해 18~23%가 되도록 조절하였다. Barrel의 외부온도는 가열된 oil을 순환시켜 200°C로 유지하였으며, screw의 회전속도는 360 rpm으로 하였고 원료투입속도는 50 kg/hr로 하였다.

팽화율

성형되어 나온 압출물을 공기중에서 충분히 냉각시킨 다음 calipers로 직경을 측정하여 extruder die hole 직경과의 비로 나타내었으며, 10개 이상의 측정 시료에 대한 평균값을 사용하였다.

팽화율(expansion ratio)=

$$\frac{\text{압출물의 직경 (diameter of extrudate)}}{\text{압출구의 직경 (diameter of die hole)}}$$

겉보기 밀도

겉보기 밀도(apparent density)는 모래 치환법(Lacourse and Altieri, 1989)으로 3회 반복 측정하였다. 즉, 일정량의 압출물을 평량하여 mass cylinder에 넣고 나머지 여유 공간에 적정 부피의 세척 모래를 채워 압출물의 부피를 알아낸 다음 이를 압출물에 대한 중량비로 표시하였다.

수분흡수지수 및 수분용해도지수

수분흡수지수(water absorption index, WAI)는 건조 압출물 1.0 g을 Cyclotec sample mill (Tecator, Sweden)로 마쇄하여 25°C 증류수 20 mL에 1시간 동안 용해한 후 3,000×g에서 10분간 원심분리하여 침전물을 평량하고, 이 침전물을 50°C의 진공건조기에서 건조한 후 평량하여 건조시료 g당 흡수된 수분량으로 표시하였다. 수분용해도지수(water solubility index, WSI)는 위의 WAI 측정시 회수한 상등액을 증발접시에 옮긴 후, 건조시켜 얻어진 고형분의 무게를 건조시료에 대한 백분율로 나타내었다(Anderson et al., 1969).

압축강도 및 복원성

수직 압축력에 대한 압출물의 강도를 측정하기 위해 일정 크기로 절단한 압출물을 변형시키는데 필요한 힘을 Rheometer (Sun Scientific Co. CR200D, Japan)로 측정하였다. Rheometer의 probe는 Φ5 mm의 stainless steel rod형을 사용하였으며, 선반 이동속도는 30 mm/min로 하였고, 시료가 움직이지 않도록 지지대를 이용하였다. 압축강도는 시료에 대해 25%의 수직변형이 일어날 때까지 가해진 힘을 g/cm²로 표시하였다. 복원

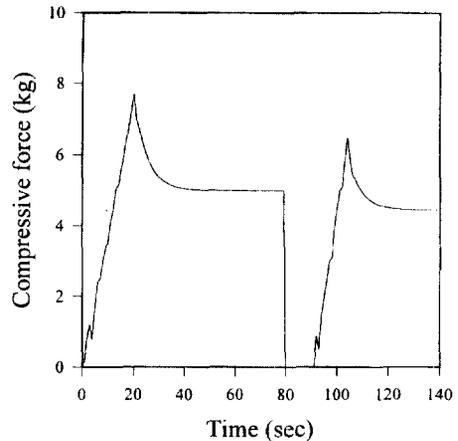


Fig. 1. Typical stress relaxation curve of starch mixture extrudates.

성은 Fig. 1에서와 같이 압축강도와 동일한 Rheometer 작동조건에서 시료가 25%의 수직변형을 일으키도록 힘을 가하여 1분간 유지한 다음, 가해진 힘을 제거하고 10초 후 다시 원래 시료의 높이에 대하여 25%의 변형을 일으키도록 힘을 가했을 때, 초기 압축강도에 대한 1분 후의 압축강도의 비를 백분율로 나타내었다.

Resiliency (%)=

$$\frac{\text{Compression force after 1 min}}{\text{Initial compression force}} \times 100$$

측정 시료는 각기 일정한 온도(20°C)와 습도(40% RH, 55% RH, 95% RH) 조건에서 3일간 전처리(aging)하여 사용하였으며, 압축강도와 복원성은 전처리한 각 시료에 대해 10회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

전분 압출물의 팽화율 및 겉보기 밀도

첨가물 혼합에 따른 옥수수 전분 압출물의 팽화율과 겉보기 밀도의 변화를 Table 2에 나타내었다. 순수한 옥수수 전분의 경우 고온(200°C), 고압(>500 psi), 저수분(<23%)의 압출조건에서 1.71의 팽화율과 89.1 kg/m³의 겉보기 밀도를 나타내었다. 씨리얼이나 스낵과 같은 식품 제조시 최대 팽화율을 얻기 위해 최적 압출조건을 연구한 Chinnaswamy와 Hanna (1988a, b)의 결과로부터 압출온도 110~200°C, 수분함량 14~20%의 저수분 조건에서 옥수수 전분 압출물이 약 10~

Table 2. Expansion ratio and water related properties of starch mixture extrudates

Extrudate sample	Water content (%)	Expansion ratio	Apparent density (kg/m ³)	WAI	WSI (% db)
Starch	20	1.71	89.1	10.4	34
Blend 1	20	2.18	65.3	14.9	32
Blend 2	20	4.62	35.5	12.4	26
Blend 3	19	4.54	36.4	13.0	26

14의 팽화율을 갖는다는 사실과 비교하여 볼 때 본 실험조건에서 압출물들의 팽화율은 매우 낮은 편임을 알 수 있었다. 겔보기 밀도의 경우, 고 아밀로즈 함유 전분을 이용하여 분해성 완충 포장재를 압출성형한 Lacourse와 Altieri (1989)의 보고에서 전분 압출물의 bulk density가 10 kg/m³ 미만이었다는 것과 비교하여 본 실험조건에서 압출물들의 겔보기 밀도는 70~75 kg/m³의 bulk density를 갖는 식품용 옥분 압출물(Hsieh et al., 1990)과 거의 비슷한 수준이었다. 순수한 옥수수 전분 외에 몇 가지 첨가물을 혼합한 혼합물의 경우에도 일반 식품용 전분 압출물과 비교하여 상대적으로 매우 낮은 팽화율을 나타내었다.

한편 전분에 혼합한 첨가물의 성격에 따라 팽화율과 겔보기 밀도가 다소 변화하였다. 즉, 발포제로 첨가한 Na₂CO₃와 citric acid는 팽화율을 약간 증가시키므로서 겔보기 밀도를 상당히 감소시켰는데, 이는 염의 첨가에 의해 옥분 압출물의 직경과 길이는 증가하고 bulk density는 감소한다고 보고한 Hsieh 등(1990)의 결과와 일치한다. 또한 가소제로 사용한 2~3% glycerol도 전분 압출물의 팽화율은 증가시키고 겔보기 밀도는 감소시키는 역할을 하였다. 이러한 결과는 glyce-

rol 자체의 분자적 특성에 따른 수분 및 전분과의 강한 결합과 관련이 있을 것으로 예상된다. Fig. 2는 전분에 염과 유화제(Tween 80)를 첨가한 Blend 1을 수분함량을 조절하면서 압출성형하였을 때 팽화율과 겔보기 밀도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 수분함량의 증가에 따라 겔보기 밀도는 증가하는 경향을 나타내었으나 팽화율은 거의 일정하였다.

수분흡수지수 및 수분용해도지수

옥수수 전분에 첨가물을 혼합하여 압출성형한 압출물들의 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI) 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 순수한 전분 압출물의 WAI가 10.4인데 비하여 염과 유화제, 가소제를 혼합한 전분 압출물의 WAI는 12.4~14.9로 증가하므로서 첨가물의 혼합에 따라 전분 압출물의 수분을 흡수/보유할 수 있는 능력이 증대되는 것을 확인할 수 있었다. 이에 반해 WSI는 순수한 전분의 압출물이 34%에서 첨가물의 혼합에 따라 32~27%로 감소하는 결과를 나타내므로서 WAI에서와 반대의 경향을 보였다. 일반적으로 전분이나 옥분의 식품소재용 압출물은 2~6의 WAI와 25~40% 범위의 WSI 값을 갖는 것으로 보고되어 있는데(Bhattacharya and Hanna, 1987; Chin-naswamy and Hanna, 1990), 본 연구에서는 압출물들이 10~15의 WAI와 26~36%의 WSI를 갖음으로서 WSI는 일반 식품소재용과 비슷하지만 WAI는 식품소재용 압출물보다 약 2배 가량 더 큰 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 사용한 압출성형 조건이 다른 일반 식품소재용 압출성형 조건에 비해 보다 고온, 고압의 극한 조건이므로 그에 따른 전분 압출물의 미세구조적 변화에 기인한다고 판단된다.

Fig. 3은 전분에 염과 유화제(Tween 80)를 첨가한 혼합물인 Blend 1을 수분함량을 조절하면서 압출성형한 압출물의 WAI와 WSI의 변화를 나타낸 것으로 그림에서 알 수 있듯이 수분함량의 증가에 따라 WSI는 점차 감소하는 경향을 보였으나 WAI는 거의 일정하게 유지되었다. 이러한 결과는 압출성형시 수분함량을 15~45%로 증가시켰을 때 옥수수 전분의 수분 흡수능력이 서서히 증가한다고 보고한 Bhattacharya와

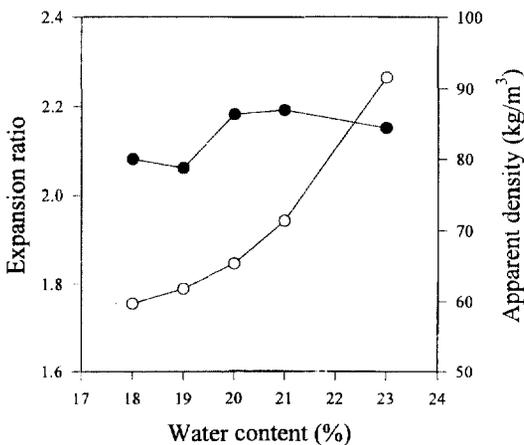


Fig. 2. Effect of water content on expansion ratio and apparent density of Blend 1 extrudates. ●—●: Expansion ratio, ○—○: Apparent density

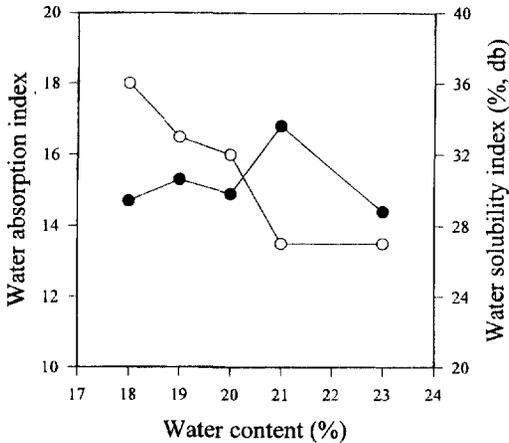


Fig. 3. Effect of water content on WAI and WSI of Blend 1 extrudates. ●—●: WAI, ○—○: WSI

Hanna (1987)의 실험 결과와는 다른 양상이었다.

전분 압출물의 압축강도 및 복원성

상대습도 조건을 40%와 55%로 각각 달리해서 3일간 전처리(aging)한 전분 압출물들의 압축강도와 복원성을 측정하여 Table 3의 결과를 얻었다. 40% RH 조건에서 전처리한 압출물 시료들은 13% 내외의 최종 수분함량을 갖고 있었으며, 이때 순수한 전분 압출물의 압축강도가 2414 g/cm², 엽과 유화제를 혼합한 Blend 1의 압출물이 1721 g/cm²으로서 전분에 유화제를 첨가하면 압축강도가 더 낮아지는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 완충제는 압축강도가 클수록 상대적으로 조직이 견고하고 압축강도가 작을수록 부드러운 조직감을 갖는 특성이 있으므로 가능한 압축강도를 낮출수록 완충제로서의 가치가 더 높아진다고 볼 수 있다. 한편 가소제로서 glycerol을 첨가한 Blend 2, 3의 압출물은 일반 식품용 압출물과 같이 crisp 상태, 즉

Table 3. Compressibility and resiliency of starch mixture extrudates aged at 20°C, 40% RH and 55% RH for 3 days

Aging condition	Extrudate sample	Moisture content (%)	Compressibility (g/cm ²)	Resiliency (%)
20°C 40% RH	Starch	13	2414	83.3
	Blend 1	12	1721	83.8
	Blend 2	12	N.D.*	-
	Blend 3	13	N.D.	-
20°C 55% RH	Starch	27	2028	66.3
	Blend 1	28	1190	68.8
	Blend 2	21	N.D.	-
	Blend 3	22	N.D.	-

*N.D.: not determined

부서지기 쉬운 바삭바삭한 상태였기 때문에 일정한 압축강도를 측정할 수 없었다. 복원성의 경우 순수한 전분이나 Blend 1의 압출물 모두 84% 가량의 측정치를 나타내었는데, Lacourse와 Altieri (1989)가 고아밀 로즈 함유 전분을 이용하여 압출성형한 완충제의 복원성 측정값이 60~65%인 것과 비교하여 본 실험에서 얻은 압출물이 더 우수한 완충성능을 갖는다고 할 수 있다. 그러나, 동일한 측정 실험조건하에서 Warner-Lambert 사가 개발한 Novon-N2002 제품(Lay et al., 1992)의 압축강도가 약 500 g/cm², 복원성이 평균 92% 내외인 것과 비교한다면 본 실험에서 얻은 압출물은 향후 혼합원료 성분의 조정, 압출공정변수의 조절 등을 통해 더욱 더 조직감을 연화시켜 압축강도를 낮춘은 물론 복원성을 향상시킬 필요가 있다.

Table 3에 나타난 바와 같이 상대습도 55%에서 전처리한 압출물들의 압축강도와 복원성 측정값은 40% RH에서 전처리한 것에 비해 약 20~25% 가량 동시에 감소하는 결과를 보였다. 이는 친수성 전분 압출물들이 수분의 영향을 받기 때문인데, 즉 자체 수분함량이 낮은 압출물이 주변의 수분을 흡수하면 흡수된 수분이 전분 압출물 조직내에서 가소제로 작용하여 전분/물 시스템인 압출물의 유리전이 온도(glass transition temperature)를 낮추므로써 조직이 연화되어 압축강도와 복원성 측정치가 감소하는 것으로 판단된다. 실제로 압출가공한 전분/물 혼합물의 수분함량에 따른 유리전이 온도 변화를 측정한 연구 보고(Stepto and Tomka, 1987; Shogren, 1992)에 따르면 10~20% 범위 내에서 수분함량이 증가할수록 전분/물 혼합물의 유

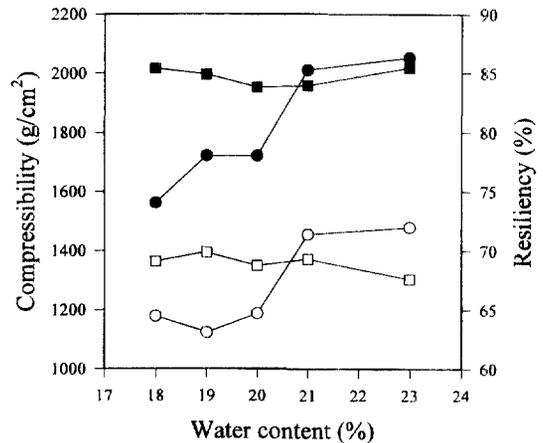


Fig. 4. Effect of water content on compressibility and resiliency of Blend 1 extrudates. Closed symbols: 40% RH, open symbols: 55% RH, ●—●, ○—○: Compressibility, ■—■, □—□: Resiliency

Table 4. Changes in expansion ratio of starch mixture extrudates by aging at 20°C, 95% RH for 10 days

Extrudate sample	Water content (%)	Before aging	After aging
Starch	20	1.71	0.93
Blend 1	18	2.08	0.98
	19	2.06	1.00
	20	2.18	1.18
	21	2.19	1.25
	23	2.15	1.34
Blend 2	20	4.62	2.69
Blend 3	19	4.54	2.66

리전이 온도가 급격히 감소한다고 한다. 한편 Fig. 4는 전분 혼합물 Blend 1을 수분함량을 조절하면서 압출 성형하여 얻은 압출물들의 전처리 조건에 따른 압축 강도와 복원성의 변화를 나타낸 것으로, 두 가지 전처리 조건 모두에서 수분함량의 증가에 따라 압축 강도는 약간씩 증가하였으나 복원성은 거의 일정하였다.

상대습도 95% 조건에서 3일간 전처리한 압출물 시료들은 서서히 부피가 감소하기 시작하여 10일간 전처리했을 때는 Table 4에 나타낸 바와 같이 현저한 부피 감소가 일어났다. 실제로 압출물의 팽화율이 초기 값에 비해 1/2 정도로 줄어들었으며, 이러한 부피감소로 인해 압축강도 및 복원성 측정값을 다른 전처리 조건에서의 측정값과 비교할 수 없었다. 압출물의 부피 감소 역시 수분의 흡수에 따른 전분/물 혼합물의 구조적 변화(고분자 사이의 free volume 감소)에 기인하는 것으로서(Shogren, 1992), 혼합물 시스템 내의 현저한 수분함량 증가(>40%)로 인해 유리전이 온도가 상온 이하로 낮아져 압출물이 용융 상태에 이르렀기 때문이라고 예상된다. 상대습도의 증가에 따른 전분질 완충재의 흡수는 본 실험에서 얻은 압출물만의 문제는 아니며, 향후 실질적으로 상품에 적용할 경우 상품의 유통기간중 기후변화로 인해 문제가 야기될 수 있는 가능성이 있으므로 이에 대한 해결방안도 강구해야 할 것으로 판단된다.

요 약

전분 혼합물을 실험용 규모의 corotating twin-screw extruder (D=44 mm, L/D=12)를 이용하여 압출성형시켜 완충 충전용 포장재(loose-fill)로 사용할 수 있는 압출물을 제조하고자 시도하였다. 옥수수 전분에 염, 유화제 및 가소제를 첨가한 혼합물을 원료로 하여 고온(200°C), 고압(>500 psi), 저수분(<23%)의 조건에서 압출성형한 결과, 압출물은 일정한 크기의 기공구조를

갖으며, 팽화율 1.7 이상, 수분흡수지수 10~15, 수분용해도지수 26~34, 압축강도 1200~2400 g/cm², 복원성 66% 이상의 물리적 특성을 갖는 것으로 밝혀졌다. 특히 순수한 전분의 압출물보다는 전분에 염과 유화제를 첨가한 혼합물의 압출물이 압축강도 및 복원성 측면에서 더 우수하였으나, 전분 혼합물에 가소제를 첨가한 압출물의 경우에는 일반 식품용 소재와 유사한 물성을 갖고 있어 완충용 포장재로는 다소 미흡한 것으로 나타났다. 본 연구에서 얻은 전분 압출물은 아직까지 다소 부서지는 성질을 갖고 있어, 향후 혼합원료 성분의 조정, 압출공정변수의 조절, 압출기의 스크류 배합이나 압출구의 구조변형 등을 통해 더욱 더 조직감을 연화시켜 압축강도를 낮춘은 물론 복원성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다고 판단된다.

문 헌

Anderson, R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer and E.L.Jr. Griff. 1969. Gelatinization of corn grit by roll and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today*, **14**(1): 4-7.

Bastioli, C., V. Bellotti, L. Giudice, G. Tredici, R. Lombi and A. Rallis. 1993. Biodegradable articles based on starch and process for producing them. US Patent 5,262,458.

Bhatnagar, S. and M.A. Hanna. 1996. Starch-based plastic foams from various starch sources. *Cereal Chem.*, **73**(5): 601-604.

Bhattacharya, M. and M.A. Hanna. 1987. Textural properties of extrusion cooked corn starch. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, **20**(4): 195-201.

Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1988a. Optimum extrusion-cooking conditions for maximum expansion of corn starch. *J. Food Sci.*, **53**(3): 834-836.

Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1988b. Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starch. *Cereal Chem.*, **65**(2): 138-143.

Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1990. Macromolecular and functional properties of native and extrusion-cooked corn starch. *Cereal Chem.*, **67**(5): 490-499.

Chinnaswamy, R. and M.A. Hanna. 1991. Extrusion-grafting starch onto vinyllic polymers. *Starch*, **43**(10): 396-402.

Hsieh, F., I.C. Peng and H.E. Huff. 1990. Effects of salt, sugar and screw speed on processing and product variables of corn meal extruded with a twin-screw extruder. *J. Food Sci.*, **55**(1): 224-227.

Lacourse, N.L. and P.A. Altieri. 1989. Biodegradable packaging material and the method of preparation thereof. US Patent 4,863,655.

Lay, G., J. Rehm, R.F.T. Stepto, M. Thoma, J.-P. Sachetto, D.J. Lentz and J. Silbiger. 1992. Polymer compositions containing destructurized starch. US Patent 5,095,054.

Maddever, W.J. and G.M. Chapman. 1989. Modified starch-based biodegradable plastics. *Plast. Eng.*, **45**(7): 31-34.

Otey, F.H. and R.P. Westhoff. 1979. Biodegradable film compositions prepared from starch and copolymers of eth-

- ylene and acrylic acid. US Patent 4,133,784.
- Otey, F.H. and R.P. Westhoff. 1982. Biodegradable starch-based blown films. US Patent 4,337,181.
- R per, H. and H. Koch. 1990. The role of starch in biodegradable thermoplastic materials. *Starch*, **42**(4): 123-130.
- R per, H., H. Koch and K.H. Bahr. 1993. Developments in the use of starch in biodegradable thermoplastics. *Agro-Food-Industry Hi-Tech.*, (Mar/Apr): 17-19.
- Shogren, R.L. 1992. Effect of moisture content on the melting and subsequent physical aging of corn starch. *Carbohydr. Polym.*, **19**: 83-90.
- Shogren, R.L., G.F. Fanta and W.M. Doane. 1993. Development of starch based plastics-a reexamination of selected polymer systems in historical perspective. *Starch*, **45**(8): 276-280.
- Shogren, R.L., C.L. Swanson and A.R. Thompson. 1992. Extrudates of cornstarch with urea and glycols: structure and mechanical property relations. *Starch*, **44**(9): 335-338.
- Stepo, R.F.T. and I. Tomka. 1987. Injection moulding of natural hydrophilic polymers in the presence of water. *CHIMIA*, **41**(3): 76-81.
- William, D.M. 1992. USDA research on starch-based biodegradable plastics. *Starch*, **44**(8): 293-295.