

전분 그라프트 폴리메틸아크릴레이트 필름의 구조와 인장특성

임 대 영 · 임 승 순[†]

한양대학교 공과대학 섬유공학과

(1994년 2월 7일 접수)

Structures and Tensile Properties of Starch-g-Poly(methyl acrylate) Films

Dae Lyoung Lim and Seung Soon Im[†]

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

Haengdangdong, Seongdonggu, Seoul, 133-391, Korea

(Received February 7, 1994)

요약 : 자유라디칼 공중합반응에 의해 전분의 함량 및 전분의 조성(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)이 다른 두종의 전분 그라프트 폴리메틸아크릴레이트(S-g-PMA)를 제조하였다. 공중합체내의 전분의 함량을 side-chain separation 방법과 thermogravimetric analysis(TGA) 방법을 이용하여 측정하였다. TGA 방법에 의한 측정치는 side-chain separation 방법보다 다소 작았지만 그라프트 공중합체내의 전분함량을 측정하는데 보다 빠르고 편리한 방법이었다. TGA 방법에 의해 10일간 효소시험한 그라프트 공중합체의 경우 전분의 함량이 초기의 70% 정도로 감소하였음을 알 수 있었다. 공중합체 필름을 높은 상대습도하에서 보관한 결과 필름내 수분의 가소화작용에 의해 인장특성이 감소하였으며, 결정성 역시 점차 사라짐을 알 수 있었는데, 이는 필름내로 침투한 수분분자가 필름내부의 비정형부분을 팽윤시킨 다음 비교적 안정하지 못한 결정부분을 파괴시키기 때문이다. S-g-PMA 필름의 인장특성은 전분의 함량 뿐 만 아니라 전분의 조성비(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)에 따라 달라짐을 보였는데, 고무상인 PMA의 함량 및 비교적 유연한 선형성의 아밀로스의 함량이 큰 공중합체필름의 경우 인장강도가 작고 파단신율이 큼을 알 수 있었다.

Abstract : Two starch graft poly(methyl acrylate)s with different starch content and composition, the amylose content, were obtained by free radical copolymerization. Starch content in graft copolymer was determined by both side-chain separation and thermogravimetric analysis(TGA) methods. TGA method gave somewhat smaller values than side-chain separation method. However, TGA method was a faster and more convenient means for determining the level of starch in graft copolymer than side-chain separation. TGA data showed that starch content in graft copolymer after enzyme test for 10 days was reduced to about 70 percents of original starch in graft copolymer. When copolymer films were stored under the circumstances of high relative humidity, tensile properties were reduced, which was due to the plasticizing action of water molecules in film. Crystallinities of copolymer films were also gradually disappeared. Water molecules swelled amorphous region and then destructed relatively unstable crystalline region in copolymer films. Tensile properties of S-g-PMA films were dependant on starch content and starch composition(the ratio of amylose vs. amylopectin). Graft copolymer with higher content of flexible, rubbery PMA and soft, linear amylose, showed lower tensile strength and higher elongation at break point.

서 론

최근 전분을 함유한 생분해성 플라스틱에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 전분을 함유한 폴리에틸렌필름은 이미 상업화되어 생분해성 포장재료로 사용중에 있다. 이밖에 전분의 그라프트 공중합체가 관심을 끌고 있는데, 그중에서도 전분 그라프트 폴리메틸아크릴레이트(S-g-PMA)가 가장 많이 알려져 있다.

그라프트된 폴리메틸아크릴레이트의 분자량이 약 500,000이고 함량이 40%~60%일 경우 저밀도폴리에틸렌과 유사한 물성을 보이며, 생분해성이 우수함이 알려져 있다.¹ 최근 연구결과에 의하면 S-g-PMA 필름은 공중합체내의 전분에 의해 생분해성을 가질 뿐 만 아니라 폴리메틸아크릴레이트에 의해 광분해성도 가지고 있음을 알 수 있었다.² 또한 S-g-PMA 필름의 인장특성은 공중합체내의 전분함량 및 전분 조성(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

전분을 충전한 폴리에틸렌 필름내의 전분함량측정에 관한 연구는 비교적 많이 행해져 왔다. 화학적 분석방법,³ Fourier transform infrared(FT-IR) 분광학적 분석방법^{4,5} 및 열분석방법^{6,7} 등이 연구되어 왔다. 그러나 그라프트 공중합체내의 전분함량을 측정하는 방법은 Dennenberg 등⁸의 side-chain separation 방법만이 알려져 있으나 부정확하고 매우 많은 시간이 걸린다는 단점이 있다.

S-g-PMA 필름의 인장특성은 수중에 침지시 크게 떨어지는데, 이는 필름내로 침투한 수분분자의 가소화작용 때문이라 알려져 있으나 이에 의한 구조적인 변화에 관해서는 아직까지 연구된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 그라프트 공중합체내의 전분함량을 측정하는데 보다 빠르고 용이한 thermogravimetric analysis(TGA) 방법을 이용하여 그 결과를 side-chain separation 방법과 비교하여 보았다. 또한 TGA 방법을 이용하여 효소분해시험을 거친 공중합체 필름내의 전분의 함량을 측정하여 그 결과의 유용성을 알아 보았다. 또한 전분의 조성이 다른 두

종의 S-g-PMA를 제조한 후 여러 상대습도하에 보관하여 그 필름의 인장특성의 변화를 살펴보았으며, 이때의 X선 회절패턴을 분석하여 구조적인 변화도 관찰하였다.

실 험

재 료. High amylose 옥수수전분(아밀로스 함량 50%, 선일포도당(주))과 아밀로스전분(아밀로스함량 70%, Sigma)을 사용하였다. 메틸아크릴레이트(1급시약, Junsei Chemical Co.)는 일반적인 정제방법을 거친 후 사용하였으며, Ceric ammonium nitrate(특급시약, 삼전화학)를 촉매로 사용하였다. 질산, 초산, 아세트론, dimethyl sulfoxide, perchloric acid는 정제하지 않고 사용하였다.

α -amylase(Type 1-B : from sweet potato), β -amylase(Type X-A : from *Aspergillus oryzae*), amyloglucosidase(from *Aspergillus niger*)는 Sigma로부터 구입하여 효소분해시험에 사용하였다. 완충용액의 제조에 무수 sodium phosphate(Junsei Chemical Co.)를 사용하였다.

전분 그라프트 폴리메틸아크릴레이트(S-g-PMA) 공중합체의 제조. 아밀로스와 아밀로펙틴의 조성비가 다른 두종의 공중합체를 제조하였다. 전분 50 g을 반응기속의 600 ml의 증류수에 분산시킨 후 질소기류하에서 40°C로 1시간 동안 교반시켰다. 반응기속에 다시 메틸아크릴레이트 70 g을 넣은 다음 5분이 지난후 1 N 질산에 용해시킨 ceric ammonium nitrate(1 g/10 ml-1 N-HNO₃)을 주입하여 90분간 반응을 행하였다. 반응이 끝난후 얻어진 공중합체는 물과 메탄올로 반복하여 세척한후 여과시켜 60°C에서 일주일이상 건조시켰다.

Solvent-molded S-g-PMA 필름의 제조. 분말상의 S-g-PMA를 dimethylsulfoxide에 용해시킨 다음 Petri-dish에 부어 필름으로 성형하였다. 진공건조에 의해 얻어진 필름은 Petri-dish로부터 떼어내어 다시 진공오븐에서 80°C로 24시간동안 건조시켰다. 실제로 공중합체 필름이 대기중의 수분을 쉽게 흡수하므로

로 diphosphorus pentoxide가 들어있는 desiccator에 보관하여 사용하였다. 수분에 의한 인장특성의 변화를 살펴보기 위해서 25%, 50%, 100%의 상대습도로 유지시킨 desiccator에 3일간 보관하여 사용하였다.

효소분해시험. α -amylase(10,000 units/2.5 mg), β -amylase(10,000 units/0.5 ml), amyloglucosidase(12,200 units/2 ml)를 200 ml의 무수 sodium phosphate 용액에 용해시켜 효소용액을 제조한 후 pH 7로 유지시켜 사용하였다.

공중합체 필름을 1 cm×2 cm의 조각으로 잘라 15 ml의 효소용액이 담긴 시험관에 넣은 다음 40℃로 최대 10일간 보관하였다. 분해시험기간중 필름은 3일, 7일, 10일째에 각각 수거하여 TGA방법을 이용하여 필름내 전분의 잔유함량을 측정하였다.

S-g-PMA내의 전분함량 측정

Side-chain separation 방법: Dennenberg와 Abbott⁶의 방법을 이용하였다. 분말상의 S-g-PMA 2g을 초산 100 ml에 분산시킨 다음 90~100℃로 1시간동안 교반한다. 여기에 perchloric acid(60%) 2 ml를 첨가한 후 수분이 지나면 전분분자는 가수분해되고 그라프트되었던 폴리메틸아크릴레이트(PMA)만의 맑은 용액으로 변하는데 이를 과량의 빙수에 부어 침전한 PMA를 물로 여러번 세척한 후 건조시켜 무게를 달아 그라프트된 PMA의 양을 계산해 낸다. 이를 이용하여 다음식으로 부터 공중합체내의 전분의 함량을 계산하였다.

$$\text{전분함량}(\%) = 100 - \text{PMA의 percent add-on}$$

Thermogravimetric analysis(TGA) 방법: Perkin-Elmer TGA7 thermogravimetric system을 사용하여 150℃~650℃ 구간에서 가열속도 15℃/min로 그라프트 공중합체의 TGA curve를 얻은 후 다음식을 이용하여 전분의 함량을 계산하였다.

$$\text{전분함량}(\%) = \frac{\text{전분의 무게감소율}}{\text{S-g-PMA의 총 무게감소율}} \times 100$$

X선 회절패턴의 측정. X-ray diffractometer(Rigaku Denki, 일본)를 이용하여 두종의 전분 및 공

중합체필름의 X선 회절패턴을 얻었다. 전분의 X선 회절패턴은 분말상으로 공중합체는 필름상으로 10°/min의 주사속도로 측정하였다.

인장특성의 측정. 공중합체 필름을 3일간 상대습도가 다른 여러 desiccator내에 보관한 후 Instron 만능시험기(Tensilon UTM-4-100, 일본)를 이용하여 cross-head 속도 10 cm/min에서 인장특성을 측정하였다.

결과 및 고찰

S-g-PMA내 전분함량(%)의 측정. S-g-PMA내의 전분함량을 side-chain separation과 TGA 방법에 의해 계산하였다. Side-chain separation 방법은 뜨거운 초산에 의해 공중합체를 팽윤시킨 다음 perchloric acid를 투입하여 공중합체내의 전분 부분만을 가수분해시켜 제거하는 방법이다. 그러나 이때 공중합체내의 전분 부분이 완전히 가수분해되지 않고 PMA와 여전히 결합된채로 남아 있을 가능성이 많다. 실제로 이 방법에 의해 얻어진 PMA를 FT-IR에 의해 분석해보면 전분의 특성피크가 일부 남아있는 경우가 있다.⁹ 또한 그라프트 공중합체내의 PMA가 perchloric acid에 의해 거의 영향을 받지 않는다고 알려져 있으나⁸ 저분자량 PMA의 경우에는 가수분해될 가능성이 매우 크기 때문에 실제적인 전분 함량의 측정에 있어 문제가 발생한다. 또한 side-chain separation 방법은 결과를 얻는데 비교적 긴 시간이 요구된다는 문제점도 가지고 있다. 하지만 TGA 방법은 이러한 문제점들을 해결하여 신속한 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

Fig. 1은 전분, PMA, S-g-PMA의 대표적인 TGA 곡선을 보여주고 있다. Fig. 1(a)는 전분의 TGA 곡선으로 전분의 열분해구간이 250℃~350℃임을 보여주며, Fig. 1(b)의 PMA TGA 곡선은 340℃~450℃의 열분해구간을 보여주고 있다. Fig. 1(c)에는 S-g-PMA TGA 곡선을 나타내었는데, 전분 및 PMA의 열분해에 해당하는 두구간이 나타남을 알 수 있었다. 그러나 S-g-PMA의 TGA 곡선은 전분과 PMA의 열

분해구간이 340°C~350°C 사이에서 약간 겹침으로써 각각의 성분에 대해 정확히 분배하기가 어렵다는 문제점이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 S-g-PMA의 TGA 곡선을 1차미분한 곡선(Fig. 1(d))을 얻어 S-g-PMA의 TGA 곡선의 변곡점을 찾은 후 이점을 기준으로 하여 전분과 PMA 부분으로 TGA 곡선을 분배하였다. 그라프트 공중합체내의 전분의 함량은 S-g-PMA TGA 곡선중의 전분의 무게감소율과 S-g-PMA 전체의 무게감소율비로써 쉽게 계산할 수 있었다. Table 1에 이들 두가지 방법에 의해 얻어진 공중합체내의 전분함량을 나타내었는데, 두가지 방법의 정확성 여부를 현단계에서 판단하기는 어려우나 TGA 방법에 의한 측정치가 side-chain separation 방법에 의한 값보다 다소 작게 나타남을 알 수 있었다.

효소분해시험. S-g-PMA의 분해성을 평가하기 위

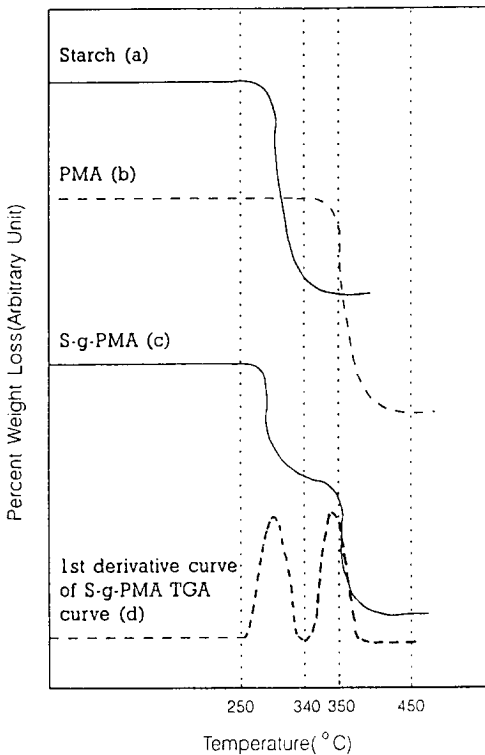


Fig. 1. Typical thermogravimetric analysis(TGA) curves of starch, poly(methyl acrylate) and starch-g-poly(methyl acrylate).

하여 효소분해시험을 행한 후 공중합체내의 전분의 함량변화를 살펴보았다. Side-chain separation 방법은 분해시험 후 시료의 준비가 매우 까다로운 반면에 TGA 방법은 side-chain separation 방법보다 비교적 신속하고 편리하였기 때문에 이를 이용하여 효소분해시험을 거친 공중합체 필름의 전분함량의 변화를 알아보았다. Table 1에는 두종의 공중합체를 10일간 효소분해시험한 후 전분의 잔유량을 나타내었는데, 시험기간이 증가함에 따라 전분의 함량이 점차 줄어들어 10일째에는 전분의 조성에는 상관없이 거의 원래 전분함량의 30% 정도가 분해되었음을 보여주고 있다. 전분 자체가 이러한 효소에 의해 수시간안에 완전히 분해된다는 결과와 비교해 볼 때 분해정도가 비교적 작음을 알 수 있었다. 이러한 현상은 공중합체 필름내의 전분 부분중 필름의 표면에 위치한 전분 분자들이 먼저 분해되고 필름내부에 위치한 전분 분자중의 일부는 소수성인 PMA 분자에 의해 둘러싸여 효소의 공격을 받지 않은 상태로 남아있기 때문이라 생각한다. 그러나 효소용액에 의해 필름의 표면에 점차적으로 구멍이 발생하고 그 양이 많아짐에 따라 효소가 필름내부로 침투하여 필름내부에 위치한 전분 분자들도 결국에 가서는 완전히 분해되리라 생각된다.

S-g-PMA 필름의 결정성에 미치는 수분의 영향.

Fig. 2와 Fig. 3에는 high amylose 옥수수전분과 아

Table 1. Starch Content(%) in S-g-PMA Films by Side-Chain Separation and TGA Method

Test methods Copolymers (Amylose content)	Side-chain separation method	TGA method after enzyme test			
		original	original 3 days	7 days	10 days
Copolymers with high amylose corn starch (Amylose content =50%)	62.7	53.0	48.5	43.0	37.4
Copolymers with amylose starch (Amylose content =70%)	57.3	48.1	42.9	38.3	32.5

밀로스전분의 solvent-molded film을 여러 상대습도 하에 3일간 보관한 후 얻어진 X선 회절패턴을 나타내었다. 전분의 조성차이에 따른 X선 회절패턴의 차이는 발견할 수 없었으며, 두종의 전분 모두 건조상태에서 결정성을 나타내었다(Fig. 2(a)와 Fig. 3(a)). 그러나 Fig. 2(b, c, d)와 Fig. 3(b, c, d)에서 보이듯이 전분필름을 높은 상대습도하에 보관시 점차적으로 결정성을 잃어버림을 알 수 있었으며, 100% 상대습도하에서 보관한 필름의 경우는 결정성을 완전히 상실하여 전형적인 비결정성 X선 회절패턴을 나타내었다. 이와 같은 현상은 전분필름의 결정이 침투한 수분분자에 의해 쉽게 파괴될 수 있음을 보여주는 결과이다.

Fig. 4와 Fig. 5에는 두종의 전분으로 제조한 공중합체 필름의 X선 회절패턴을 각각 나타내었는데,

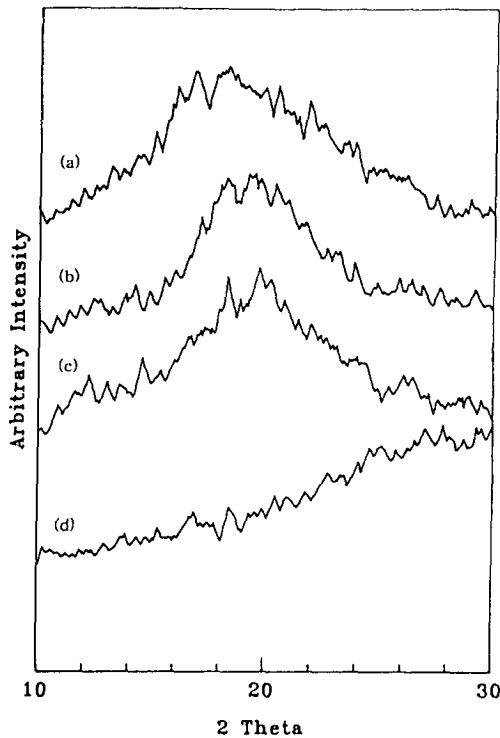


Fig. 2. Changes of X-ray diffraction pattern of high amylose corn starch (50%-amylose content) film at various relative humidities : (a) dried, (b) 25% RH, (c) 50% RH, (d) 100% RH.

전분필름과 마찬가지로 결정성을 띄었다. 이는 비결정성인 PMA에 의한 것이 아니라 결정성인 전분에 의해 나타난 결과라 할 수 있다. 공중합체필름에 미치는 수분의 영향 역시 전분필름의 경우와 유사하였다. 상대습도가 증가함에 따라 공중합체 필름의 결정성은 점차적으로 감소하였으나(Fig. 4(b, c)와 Fig. 5(b, c)) 100% 상대습도에서 보관한 필름의 경우는 전분필름과는 다르게 여전히 약간의 결정성을 나타내었다. 이는 소수성인 PMA에 의해 수분분자가 필름내부로 충분히 침투하지 못하여 일부의 결정부분이 수분에 의해 영향을 받지 않은 상태로 남아 있기 때문이라 생각된다.

S-g-PMA 필름의 인장특성에 미치는 수분의 영향. Fig. 6에는 공중합체 필름의 인장강도와 Young's modulus에 미치는 수분의 영향을 나타내었다. 공중합체필름의 인장강도와 Young's modulus는 모두

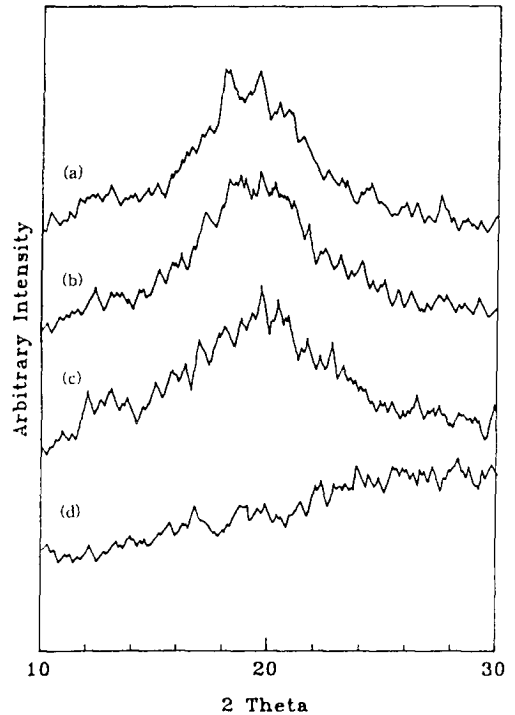


Fig. 3. Changes of X-ray diffraction pattern of amylose starch (70%-amylose content) film at various relative humidities : (a) dried, (b) 25% RH, (c) 50% RH, (d) 100% RH.

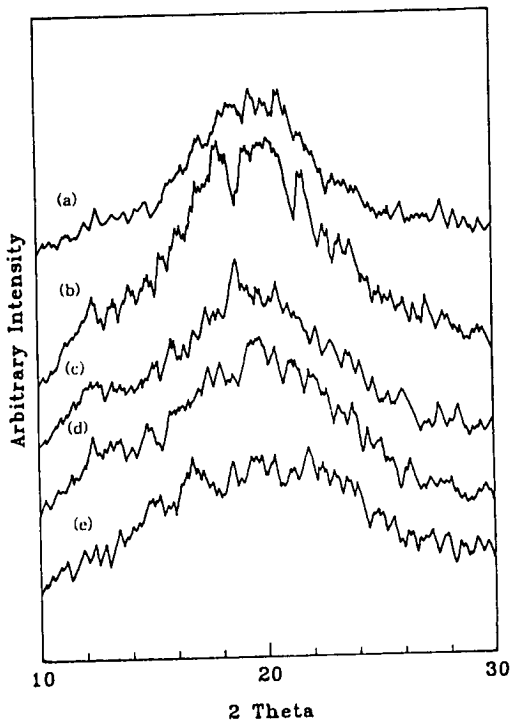


Fig. 4. Changes of X-ray diffraction pattern of high amylose corn starch(50%-amylose content) film and its graft copolymer film at various relative humidities : (a) dried starch film, (b) dried copolymer film, (c) copolymer film stored at 25% RH, (c) copolymer film stored at 50% RH, (d) copolymer film stored at 100% RH.

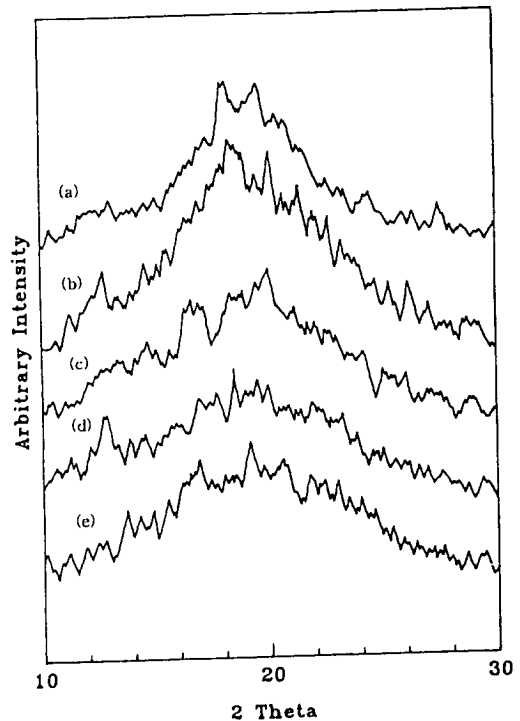


Fig. 5. Changes of X-ray diffraction pattern of amylose starch(70%-amylose content) film and its graft copolymer film at various relative humidities : (a) dried starch film, (b) dried copolymer film, (c) copolymer film stored at 25% RH, (c) copolymer film stored at 50% RH, (d) copolymer film stored at 100% RH.

상대습도가 증가함에 따라 감소함을 보였다. 이러한 결과는 공중합체필름을 수중에 직접 침지시켰던 결과²와 유사하였다. Henderson 등¹⁰에 의하면 인장강도의 감소는 필름내부로 침투한 수분 분자의 가소화 작용 때문이라 보고하고 있으며, dynamic mechanical analysis에 의해 이를 확인하였다. Patil 등¹¹도 압출한 S-g-PMA ribbon을 상대습도 50%에서 보관한 후 비슷한 현상을 보고하였다.

그러나 본 실험에서 100% 상대습도하에서 보관한 필름의 인장강도의 감소정도가 수중에 직접 침지시킨 필름의 경우보다는 작았는데, 이는 필름내부로 침투한 수분의 양이 직접 침지시킨 경우에 비해 적기 때문이라 생각된다. 즉 필름내부에 존재하는 수분의 양에 의해 필름의 인장성질이 달라진다고 생각할 수

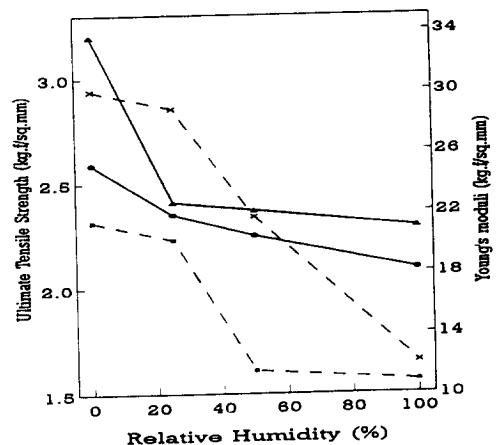


Fig. 6. Changes of ultimate tensile strengths(line) and Young's moduli(dotted line) of S-g-PMA films with different amylose content at various relative humidity ; (▲) high amylose starch(amylose content=50%), (●) amylose starch(amylose content=70%), (■) high amylose starch, (×) amylose starch.

있다.

Fig. 7에는 여러상대습도에 보관한 공중합체 필름의 파단신율을 나타내었다. 이러한 신장거동은 Patil 등¹¹의 결과와는 다름을 보여주는데, 즉 높은 상대습도에 보관함에 따라 파단신율이 증가하는 현상과는 달리 상대습도가 증가함에 따라 공중합체필름의 파단신율이 점차 감소함을 보였다. 반면에 이러한 감소현상은 Henderson 등¹⁰의 결과와는 일치하였다. 따라서 공중합체필름의 제조방법에 따라 가소화작용에 의해 일반적으로 나타나는 파단신율의 증가현상이 발생하지 않을 수 있다고 생각할 수 있다.^{12,13} 일반적으로 압출에 의해 제조한 필름의 경우는 분자쇄들이 압출후 압출방향으로 배향되어 신장시 침투한 물 분자가 분자쇄들 사이에서 용이하게 미끌어지도록 하는 가소화작용을 하는 반면에 solvent-molded 필름의 경우는 분자쇄가 배향되지 않고 뭉쳐진 상태를 유지하고 있기 때문에 신장시에 수분 분자의 원활작용은 거의 일어나지 못하고 오히려 뭉쳐져 있던 분자쇄들 사이의 계면이 결점으로 작용하게 됨으로써 파단신율의 증가가 발생하지 않았다고 생각할 수 있다. 또한 전분분자와 PMA분자는 서로 상용성을 가

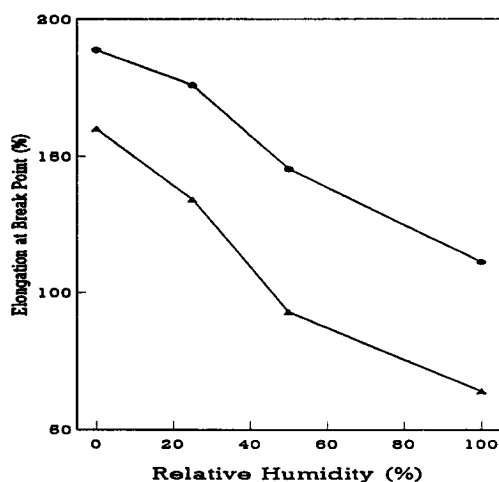


Fig. 7. Changes of elongation at break point of S-g-PMA films with different amylose content at various relative humidity : (▲) high amylose starch(amylose content=50%), (●) amylose starch(amylose content=70%).

지고 있지 않기 때문에 이들사이의 계면 역시 결점으로 작용했을 가능성이 있다.

S-g-PMA 필름의 인장특성은 전분의 함량 뿐 만 아니라 전분의 조성비(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)에 따라 달라짐을 보였는데, 유연한 고무상의 PMA의 함량이 크고 경직한 아밀로펙틴에 비해 비교적 유연한 선형성의 아밀로스의 함량이 큰 공중합체필름의 경우 인장강도가 작고 파단신율이 큼을 알 수 있었다(Fig. 6와 Fig. 7). 즉 유연한 분자쇄를 많이 가지는 아밀로스 전분을 사용한 공중합체필름의 경우가 인장강도가 작은 반면에 파단신율이 크게 나타남을 알 수 있었다. 또한 Young's modulus를 비교해 본 결과 아밀로스의 함량이 많을 수록 좀 더 강하고 인성이 큰 필름을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

결론

자유라디칼 공중합반응에 의해 전분의 함량 및 전분의 조성(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)이 다른 두종의 전분 그라프트 폴리메틸아크릴레이트(S-g-PMA)를 제조하였다. S-g-PMA내의 전분 함량을 side-chain separation과 TGA 방법에 의해 계산하여 본 결과 두가지 방법의 정확성 여부를 현단계에서 판단하기는 어려우나 TGA 방법에 의한 측정치가 side-chain separation 방법에 의한 값보다 다소 작게 나타남을 알 수 있었다. 두종의 공중합체를 10일간 효소분해 시험한 후 전분의 잔유량을 나타내었는데, 시험기간이 증가함에 따라 전분의 함량이 점차 줄어들어 10일째에는 전분의 조성에는 상관없이 거의 원래 전분함량의 30% 정도가 분해되었음을 보여주고 있다.

공중합체필름을 여러 상대습도에 보관하면서 수분의 영향을 조사하여 본 결과 상대습도가 증가함에 따라 공중합체 필름의 결정성을 점차적으로 잃어버림을 알 수 있었다.

공중합체 필름의 인장특성 역시 수분에 의해 크게 영향을 받았는데, 공중합체필름의 인장강도와 Young's modulus는 모두 상대습도가 증가함에 따라

감소함을 보였다. 파단신율 역시 상대습도가 증가함에 따라 점차 감소함을 보였다. 이러한 현상은 파단신율의 감소를 제외하고는 전형적인 수분의 가소화 작용에 의해 나타나는 현상이었다. 파단신율의 감소는 solvent-molded 필름의 제조시 분자쇄가 배향되지 않고 뭉쳐진 상태를 유지하고 있기 때문에 신장시에 수분 분자의 윤활작용은 거의 일어나지 못하고 오히려 뭉쳐져 있던 분자쇄들 사이의 계면이 결점으로 작용하게 됨으로써 파단신율이 증가하지 않았다고 생각할 수 있다. 또한 전분분자와 PMA분자는 서로 상용성을 가지고 있지 않기 때문에 이들사이의 계면 역시 결점으로 작용했을 가능성이 있다. S-g-PMA 필름의 인장특성은 전분의 함량 뿐 만 아니라 전분의 조성비(아밀로스와 아밀로펙틴의 비)에 따라 달라짐을 보였는데, 유연한 고무상의 PMA의 함량이 크고 경직한 아밀로펙틴에 비해 비교적 유연한 선형성의 아밀로스의 함량이 큰 공중합체필름의 경우 인장강도가 작고 파단신율이 큼을 알 수 있었다.

감사의 글 : 이 논문은 1993년도 과학기술처 및 선일포도당(주) 지원의 선도기술개발과제 연구비에 의해 이루어졌음을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. R. J. Dennenberg, R. J. Bothast, and T. P. Abbott, *J. Appl. Polym. Sci.*, **22**, 459 (1978).
2. D. L. Lim and S. S. Im, *Polymer(Korea)*, **16**, 4, 478 (1992).
3. A. R. Fratzke, W. Sung, R. L. Evangelista, and Z. I. Nikalov, *Anal. Letters*, **19**, 1 (1970).
4. J. M. Gould, S. H. Gordon, L. B. Dexter, and C. L. Swanson, Microbial Degradation of Plastics Containing Starch, Paper presented at 2nd National Corn Utilization Conference, Columbus, OH, November 17-18 (1988).
5. S. M. Goheen and R. P. Wool, *J. Appl. Polym. Sci.*, **42**, 2691 (1991).
6. H. Morita, *Anal. Chem.*, **28**, 64 (1956).
7. S. Nakatsuka and A. L. Andrad, *J. Appl. Polym. Sci.*, **45**, 1881 (1992).
8. R. J. Dennenberg and T. P. Abbott, *J. Polym. Sci., Polym. Lett. Eds.*, **14**, 693 (1976).
9. Unpublished data.
10. A. M. Henderson and A. Rudin, *J. Appl. Polym. Sci.*, **27**, 4115 (1982).
11. D. R. Patil and G. F. Fanta, Synthesis and Processing of Thermoplastic Starch Graft Copolymers, Paper presented at 4th National Corn Utilization Conference, St. Louis, Missouri, June 24-26 (1992).
12. E. B. Bagley, G. F. Fanta, W. M. Doane, L. A. Gugliemelli, and C. R. Russell, U. S. Pat. 4,026,849 (1977).
13. C. L. Swanson, G. F. Fanta, and R. C. Burr, *ACS Org. Coatings Plast. Chem. Prepr.*, **45**, 569 (1981).