

산화 감자 전분으로 제조한 분해성 폴리에틸렌 필름의 기계적 특성 및 열분해도

이선자 · 김성홍* · 김미라
경북대학교 식품영양학과, *기초과학지원연구소

Mechanical Properties and Thermal Degradability of Degradable Polyethylene Films Prepared with Oxidized Potato Starch

Sun-Ja Lee, Sung-Hong Kim* and Meera Kim
Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University,
*Korea Basic Science Institute

Abstract

Potato starches were oxidized with sodium hypochlorite containing 0.5%, 1.0%, 1.5%, and 2.0% active Cl/g starch. Starch-polyethylene(PE) cast films containing 5% or 10% oxidized potato starch were prepared. Mechanical properties and thermal degradability of these films were measured and compared to those of the films containing native potato starch. Carboxyl group contents of the oxidized potato starches increased proportionally to the active chlorine concentration in use. X-ray diffraction patterns and scanning electron microscopy implied that oxidation did not affect crystallinity and granular shape of the starch. In color properties of the films, L, a, and b values of films except the film containing 10% of 2.0 active Cl/g starch were not significantly different from those of the films containing native starch. In mechanical properties, tensile strength and strain energy of the films containing oxidized starch were higher than those of the films containing native potato starch. Thermal degradability of the films was evaluated using FT-IR and Instron after 70°C forced-air oven treatment. Thermal degradability of the films prepared with oxidized starch except for 2.0 active Cl/g starch was faster than that of the native starch/PE films.

Key words: oxidized starch, starch-polyethylene film, degradable film, mechanical property, thermal degradability

서 론

플라스틱은 생활, 산업소재로 가장 많이 쓰이고 있는데 그 중에서 polyethylene(PE)과 polypropylene(PP)은 국내 생산능력이 연간 400만톤, 사용량이 연간 170만톤에 이르는 가장 범용화된 플라스틱으로 폐기되는 양도 가장 많다(김수현, 1997; 김영옥 등, 1994). 이러한 플라스틱은 내부식성, 내수성, 생물학적 안정성이 뛰어나 매립되어진 후 자연 환경에서 분해가 되지 않거나 분해되기까지 수백년 이상이 걸린다고 알려져 있기 때문에 플라스틱으로 인한 환경오염 문제가 심각하게 대두되고 있다(Potts *et al.*, 1973; 김영하, 1994). 미국, 이탈리아, 서독, 일본 등을 비롯한

세계각국에서는 이미 비분해성 플라스틱에 대한 사용규제를 실시하고 있으며 생분해성 플라스틱에 관한 많은 연구들이 진행되고 있다(이용현, 1991; Leaversuch, 1987). 국내에서도 현재 플라스틱으로 인한 환경오염 문제를 해결하고자 많은 노력이 진행되고 있지만 철저한 분리수거를 전제로 하는 재활용 정책과 그에 따른 시설 투자 및 재활용 제품의 질적 저하 등 해결해야 하는 과제들이 많아 폐플라스틱으로 인한 환경오염 문제를 최소화하기 위해서는 분해성 플라스틱의 사용이 크게 요구된다. 이 중 생분해성 플라스틱은 전분과 같이 분해될 수 있는 충진제를 사용함으로써 분해의 촉진을 유도한 비닐이다. 지금까지 개발된 생분해성 비닐은 거의 모두 생전분을 충진제로 사용하고 있는데 합성 고분자와 전분간의 연속성이 저하되어 기계적 성질이 저하되는 단점이 있다. 따라서 분산상의 전분 입자와 연속상으로 있는

Corresponding author : Meera Kim, Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Taegu 702-701, Korea

고분자간의 계면접착을 개선시키기 위하여 변형 전분을 이용하는 연구들이 진행되고 있으며 이러한 전분의 변형은 에스테르화, 에테르화, 산화 등을 포함한다(김성철, 1997; Loomis *et al.*, 1993). 산화 전분은 증점제, 겔형성 보조제, 코팅제 등의 용도로 식품산업 뿐만 아니라 의류산업, 제지, 의약품 등에서도 다양하게 이용되고 있는 변형 전분의 하나이다. 전분을 산화시키면 용해도와 유동성이 증가하여 부드럽고 투명성이 좋은 겔과 고농도의 전분 용액을 만들 수 있다고 하였고(Radly, 1982), 전분 분자구조의 변화가 초래되어 아밀로오스-요오드 복합체의 발색도가 감소하고 당화 효소 작용에 대한 저항성이 증가되는 등 전분 특성의 변화가 일어날 수 있다고 보고되었다(Boruch와 Lodz, 1985). 그러나 이러한 성질을 가진 산화 전분을 함유한 필름의 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이며 이에 관한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 감자 전분을 산화시켜 분해성 필름을 제조하고 이 필름의 기계적 특성 및 열분해도를 평가하였다.

재료 및 방법

산화 감자 전분의 제조

알칼리 침지법(이신영 등, 1984)에 의해 감자로부터 전분을 추출하였고, AOAC법(Morwitz, 1990)에 의하여 sodium hypochlorite(NaOCl)용액 내의 활성 염소량(active Cl)을 정량하여 산화 감자 전분을 제조하기 위한 NaOCl 용액의 사용량을 결정하였다. 사용한 NaOCl 용액(Duksan Co.)내에는 용액 1L당 58.95g의 활성 염소가 함유되어 있었다. 산화 감자 전분은 Whistler(1964)의 방법을 수정하여 제조하였다. 즉 감자 전분 300g을 증류수 750 mL에 넣고 이를 25°C 항온수조에서 30분간 교반시킨 후, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% active Cl/g starch를 함유하는 NaOCl용액 50 mL와 혼합하였다. 1 N 염산용액으로 pH를 7.0으로 맞추고 이 용액을 25°C에서 2시간동안 반응시켰으며 반응 중 pH의 저하는 1 N 수산화나트륨 용액으로 조절하였다. 반응이 완료된 후 반응용액은 반응용액 부피의 5배가 되는 95% 에탄올로 세척하면서 여과시켰으며, 걸러진 전분은 다시 반응용액 부피의 5배의 95% 에탄올에 분산시켜 30분간 교반하여 여과하였다. 이 과정을 3회 반복한 후 99% 에탄올로 세척 여과하였다. 얻어진 전분은 상온에서 24시간 건조시켜 60메시 체를 통과시켰다.

Carboxyl기 함량 측정

산화 전분의 카르복실기 함량은 Wing(1994)의 방법을 사용하여 구하였다. 산화 전분 15g을 증류수 50 mL에 넣고 20% 황산 용액으로 산화 전분 용액의 pH를 2.0으로 조절한 후 30분간 격렬하게 교반하였다. 이 용액을 95% 에탄올 500 mL에 분산시켜 여과하는 과정을 5회 반복하였다. 여과된 전분을 상온에서 24시간 건조시켜 60메시 체를 통과시켰다. 이와 같이 제조한 시료 1g을 증류수 50 mL에 분산시키고 0.1 N 수산화나트륨 용액 10 mL를 넣어 30분간 격렬하게 교반한 후, 0.1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하여 0.1 N 염산용액으로 역적정하였다. 산화 전분내의 카르복실기 함량은 구연산을 기준으로 하여 계산하였다(Wing *et al.*, 1994).

X-선 회절도 분석

X-선 회절도는 X-선 회절기(Philips, X'pert PW-3710, Netherlands)를 이용하여 target; Cu- α , scanning speed: 0.04° 2 θ /s, voltage: 30 kV, current: 20 mA의 조건으로 회절각도 2 θ : 5-40° 까지 회절시켜 분석하였다. 전분의 상대결정화도는 Komiya 등(1986)의 방법에 의하여 측정하였다.

전분 입자의 형태

주사전자현미경(Scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 무처리 전분과 산화 감자 전분의 입자 형태를 700배 확대비율로 관찰하였다.

Starch-Polyethylene(PE) 필름의 제조

치환도가 다른 산화 감자 전분과 linear low density polyethylene(LLDPE), prooxidant(IR1025, Novon International, INC., NY, USA)를 혼합하여 cast 필름을 제조하였다. 산화시킨 감자 전분을 진공오븐에서 건조시켜 수분함량을 0.3% 이하로 한 후, 이 전분과 PE를 동량으로 혼합하여 150°C, 50 rpm의 kneader(Haake Rheomex 3000, Germany)를 이용하여 50% master batch를 만들었다. 산화시킨 감자 전분이 각각 5%와 10% 함유되도록 PE와 prooxidant를 master batch와 혼합하여 single screw extruder(Rheomex 254)를 장착한 Haake Rheocord 90(Germany)에서 barrel의 온도는 150°C, 145°C, 150°C, 150°C, screw speed는 20 rpm의 조건으로 0.5 cm 길이의 칩을 제조하였다. 제조된 칩으로 single screw extruder를 사용하여 barrel 온도 120°C, 140°C, 150°C, 150°C, screw speed 55 rpm으로 하여 10종류의 cast 필름을 제조하

Table 1. Composition of oxidized potato starch-polyethylene films

Type of film	Oxidant concentration ¹⁾ (%)	Oxidized starch content (g)	Prooxidant ²⁾ (g)	Polyethylene (g)
5%-Native/PE	0	50	50	900
10%- Native/PE	0	100	50	850
5%-0.5 OX/PE	0.5	50	50	900
10%-0.5 OX/PE	0.5	100	50	850
5%-1.0 OX/PE	1.0	50	50	900
10%-1.0 OX/PE	1.0	100	50	850
5%-1.5 OX/PE	1.5	50	50	900
10%-1.5 OX/PE	1.5	100	50	850
5%-2.0 OX/PE	2.0	50	50	900
10%-2.0 OX/PE	2.0	100	50	850

¹⁾% active Cl/g starch.

²⁾Prooxidant contained native starch(10%), unsaturates (8.0%), and transition metal compounds(0.2%) in linear low density polyethylene.

였다(Table 1). 산화 감자 전분으로 제조한 필름과 비교하기 위해 무처리 감자 전분을 함유한 필름도 동일한 조건에서 제조하였다.

Starch-PE 필름의 색도

무처리 감자 전분으로 제조한 필름과 산화 감자 전분으로 제조한 필름의 색은 색차계(Model whiteness checker RF-1, Nippon Denshoku Kogyo Co., Japan)를 이용하여 L, a, b값으로 측정하였다. 이때 사용한 표준백판(standard plate)은 L값이 92.5, a값이 0.7, b값이 3.0이었다.

Starch-PE 필름의 기계적 성질 측정

무처리 감자 전분 및 산화 감자 전분으로 제조한 필름을 0.12 mm의 두께를 가진 것만 취해 1×3 cm의 strip으로 자른 후 Instron(AGS-500A, Shimadzu, Japan)을 이용하여 필름의 tensile strength, percent elongation, strain energy를 측정하였다(ASTM, 1991). Instron의 조작을 위해 load cell은 50 kgf, load range는 5, speed는 100 mm/min의 조건으로 하였다. 필름은 25°C, 50% 항온항습기에서 40시간 이상 유지시킨 다음 Instron으로 측정하였으며, 각 종류의 필름에 대해 10번씩 반복 측정하였다.

Starch-PE 필름의 열분해도 측정

(1) FT-IR에 의한 필름의 열분해 특성

무처리 감자 전분과 산화 감자 전분으로 제조한 필름을 0.12 mm 두께를 가진 것만 취하여 1×3 cm의 strip으로 자른 후 70°C forced air dry oven에서 12주 동안 열처리하면서 매주 FT-IR을 측정하여 Carbonyl index를 구하였다.

Carbonyl index

$$= \frac{\text{Carbonyl peak (1705~1740 cm}^{-1}\text{) 면적}}{\text{Methylene peak (1471~1485 cm}^{-1}\text{) 면적}}$$

(2) 기계적 성질에 의한 필름의 열분해 특성

(1)과 동일한 방법으로 열처리된 필름을 매주 Instron을 이용하여 tensile strength, percent elongation, strain energy를 측정하여 필름의 열분해 특성을 측정하였다. Instron의 조작조건은 필름의 기계적 성질을 측정할 때와 동일한 조건으로 하였다.

통계처리

본 실험에서 얻은 결과들은 SAS program(version 6.12)을 사용하여 통계분석하였다(SAS Institute, Inc., 1995).

결과 및 고찰

산화 전분의 Carboxyl기 함량

제조된 산화 전분에서 사용한 활성 염소 농도가 높을수록 카르복실기의 함량이 증가함을 볼 수 있었다(Table 2). 활성 염소 농도를 0.5%에서 2.0% Cl/g starch까지 적용시켜 산화시켰을 때 카르복실기 함량은 4.27에서 8.64 mg/g starch로 증가하였다(Table 2). Hebeish 등(1989)의 연구에서도 산화 전분의 카르복실기 함량은 사용한 hypochlorite의 농도가 증가함에 따라 증가하였다고 보고하여 본 실험과 일

Table 2. Properties of oxidized potato starches

Type of starch	Oxidant concentration ¹⁾ (%)	Carboxyl content (mg/g starch)	Crystallinity(%) {Ac ³⁾ /(Aa ⁴⁾ +Ac}
Native	0	ND ²⁾	41.29
0.5 OX	0.5	4.27	39.87
1.0 OX	1.0	5.33	38.16
1.5 OX	1.5	5.55	41.81
2.0 OX	2.0	8.64	39.85

¹⁾% active Cl/g starch.

²⁾ND: Not determined.

³⁾Ac: crystalline area.

⁴⁾Aa: amorphous area.

치하였다.

X-선 회절도

무처리 감자 전분과 산화 감자 전분의 X-선 회절도는 Fig. 1에 나타나 있다. 무처리 감자 전분과 산화 전분 모두 피크가 5.5, 9.9, 14.1~14.4, 17.2 등의 부근에서 나타나 Zobel(1964)의 X선 회절에 의한 전분의 분류에 따라 전형적인 B형 전분에 속하는 것으로 판명되었다. 또한 전분이 산화되어도 X선 회절양상에는 큰 변화가 없음을 볼 수 있었다. 0.5%, 1.0% 활성 염소를 처리한 전분에서는 2θ 22, 24 부근에서 피크가 약간 약해지는 것이 관찰되었으나 Komiya

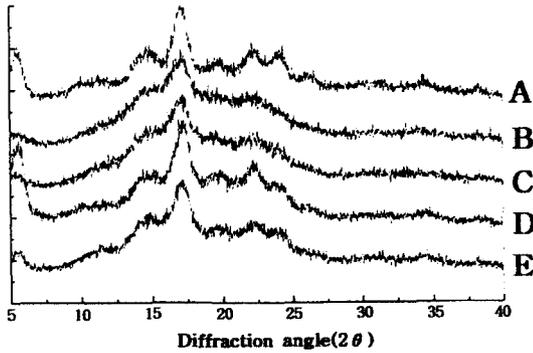


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of oxidized potato starches.

A: Native, B: 0.5 OX, C: 1.0 OX, D: 1.5 OX, E: 2.0 OX.

등(1986)의 방법으로 측정된 전분의 상대결정화도에 서 무처리 감자 전분과 산화 감자 전분사이에 큰 차이가 없는 것으로 볼 때 전분의 산화는 전분의 결정성 영역에는 큰 변화를 미치지 않은 것으로 사료되었다(Table 2).

산화 전분의 입자 형태

주사전자현미경으로 관찰한 산화 전분의 입자 형태는 Fig. 2에 나타나 있다. 무처리 전분의 경우는 전분 입자의 표면이 매끄러웠으나 산화 전분의 입자는 표면이 거칠고 울퉁불퉁함이 관찰되었다. 그러나 가장 높은 농도인 2.0% 활성 염소 처리 산화 전분의 경우에서도 입자의 파괴나 균열은 관찰되지 않았다. 따라서 X-선 회절도와 주사전자현미경의 결과로 볼 때 전분의 산화는 주로 전분 입자 표면의 부정형 부

Table 3. Color properties of oxidized potato starch(5%-polyethylene films

Type of film	L	a	b
5%-Native/PE	23.53±0.90	-0.07±0.06	-3.23±0.38
5%-0.5 OX/PE	24.97±0.06	-2.30±2.14	-5.73±2.65
5%-1.0 OX/PE	21.67±1.25	-0.23±0.50	-2.33±1.54
5%-1.5 OX/PE	23.57±1.08	-2.27±0.06	-1.40±2.00
5%-2.0 OX/PE	23.93±1.69	-1.17±0.55	-2.97±1.02

Means ± SEM.

Each value is a mean for three replicates.

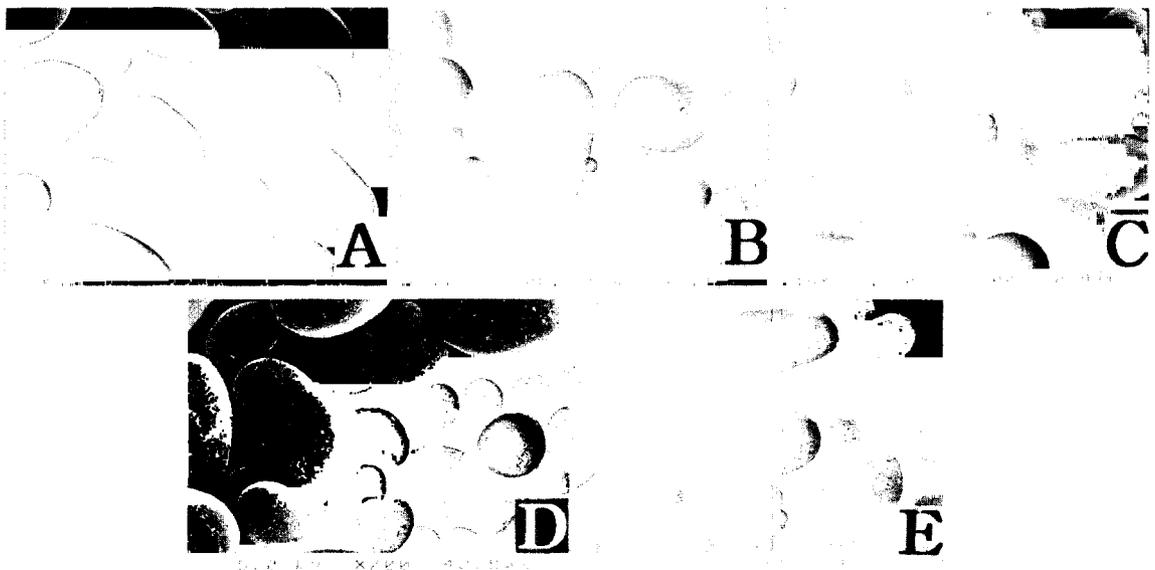


Fig. 2. Scanning electron micrographs(×700) of oxidized potato starches.

A: Native, B: 0.5 OX, C: 1.0 OX, D: 1.5 OX, E: 2.0 OX.

Table 4. Color properties of oxidized potato starch(10%)-polyethylene films

Type of film	L	a	b
10%-Native/PE	27.33±0.38 ^b	0.30±1.23	-3.30±0.87
10%-0.5 OX/PE	28.60±1.21 ^b	-0.43±4.50	-2.20±0.70
10%-1.0 OX/PE	27.27±1.19 ^b	0.90±2.18	-1.27±1.70
10%-1.5 OX/PE	27.27±0.15 ^b	2.00±2.78	-3.13±4.07
10%-2.0 OX/PE	31.93±1.83 ^a	3.00±2.08	-1.77±0.81

Means ± SEM.

Each value is a mean for three replicates.

^{a,b}Means with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05).

Starch-PE 필름의 색도

무처리 감자 전분과 산화시킨 감자 전분으로 제조한 생분해성 필름의 L, a, b값을 Table 3과 Table 4에 나타내었다. 산화 감자 전분을 5% 첨가하여 제조한 필름에서는 L, a, b값 모두 무처리 감자 전분과 산화시킨 감자 전분으로 제조한 필름들 사이에 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 산화 감자 전분을 10% 첨가하여 제조한 필름에서는 a, b값은 무처리 감자 전분과 산화 감자 전분으로 제조한 필름들 사이에서 유의적인 차이가 없었고, L값은 2.0% 활성 염소를 처리한 산화 전분으로 제조한 필름만이 유의적으로 높아 이 필름의 색이 다른 필름보다 밝은 것으로 나타났다(Table 4). 이는 sodium hypochlorite의 표백작용에 의한 것으로 2.0% 활성 염소를 처리한 전분의 경우 표백이 가장 많이 되어 제조한 필름의 색도 밝게 나타난 것으로 보인다.

Starch-PE 필름의 기계적 특성

무처리 감자 전분 및 산화 감자 전분으로 제조한 분해성 필름의 기계적 특성이 Table 5와 Table 6에 나타나 있다. 산화 감자 전분을 5% 함유한 필름에서 필름을 끊어지게 하는데 요구되는 단위면적당 힘을 의미하는 tensile strength는 산화시킨 감자 전분으로 제조한 필름이 무처리 감자 전분으로 제조한 필름보다 유의적으로 높게 나타났으며 특히 1.5% 활성 염소를 처리한 산화 전분으로 제조한 필름에서 유의적으로 가장 높았다. 필름을 파단점까지 되게 하는데 요구되는 일(work)을 의미하는 strain energy에서는 0.5%와 1.0% 활성 염소를 처리한 전분으로 제조한 필름이 무처리 전분으로 제조한 필름에서보다 유의적으로 높음을 알 수 있었다. 이는 전분을 산화시킴으로써 전분과 고분자간의 결합력이 증가되어 tensile strength와 strain energy와 같은 기계적 강도들이 증

Table 5. Mechanical properties of oxidized potato starch(5%)-polyethylene films

Type of film	Tensile strength (kgf/mm ²)	Percent elongation (%)	Strain energy (kgf · mm)
5%-Native/PE	1.0253 ± 0.04 ^d	200.42 ± 19.71 ^a	62.98 ± 8.34 ^b
5%-0.5 OX/PE	1.3402 ± 0.07 ^c	202.57 ± 31.62 ^a	79.55 ± 15.73 ^a
5%-1.0 OX/PE	1.4361 ± 0.06 ^b	179.18 ± 11.34 ^b	76.07 ± 3.87 ^a
5%-1.5 OX/PE	1.5789 ± 0.04 ^a	163.88 ± 9.92 ^{bc}	72.27 ± 5.97 ^{ab}
5%-2.0 OX/PE	1.4555 ± 0.04 ^b	152.62 ± 14.11 ^c	62.13 ± 6.93 ^b

Means ± SEM.

Each value is a mean for ten replicates.

^{a-d}Means with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05).**Table 6. Mechanical properties of oxidized potato starch(10%)-polyethylene films**

Type of film	Tensile strength (kgf/mm ²)	Percent elongation (%)	Strain energy (kgf · mm)
10%-Native/PE	1.0061 ± 0.05 ^d	175.73 ± 15.99 ^a	52.20 ± 5.38 ^b
10%-0.5 OX/PE	1.2204 ± 0.04 ^c	133.50 ± 11.81 ^{cd}	44.22 ± 5.51 ^c
10%-1.0 OX/PE	1.3258 ± 0.04 ^b	155.58 ± 12.14 ^b	58.18 ± 4.75 ^a
10%-1.5 OX/PE	1.4347 ± 0.06 ^a	143.60 ± 13.75 ^{bc}	56.58 ± 5.71 ^{ab}
10%-2.0 OX/PE	1.2150 ± 0.03 ^c	127.68 ± 7.54 ^d	42.77 ± 3.71 ^c

Means ± SEM.

Each value is a mean for ten replicates.

^{a-d}Means with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05).

가된 것으로 사료된다. 그러나 신도를 나타내는 percent elongation은 0.5% 활성 염소를 처리한 산화 전분을 제외하고는 무처리 감자 전분으로 제조한 필름이 산화 전분으로 제조한 필름보다 오히려 높게 관찰되었다(Table 5). 필름의 tensile strength와 percent elongation은 일반적으로 반비례하는 경향을 나타내는데 본 실험에서 제조한 필름에서도 이런 경향을 볼 수 있었다. 또한 산화 감자 전분을 10% 함유하여 제조한 필름에서도 tensile strength는 산화 감자 전분으로 제조한 필름이 무처리 감자 전분으로 제조한 필름보다 유의적으로 높았다. Strain energy는 1.0% 활성 염소를 처리한 전분으로 제조한 필름에서 유의적으로 가장 높았다. 그러나 percent elongation은 5% 산화 감자 전분을 함유한 필름에서와 마찬가지로 무처리 감자 전분으로 제조한 필름이 산화 감자 전분으로 제조한 필름보다 유의적으로 더 높았다. 대체로 산화 감자 전분으로 제조한 필름의 기계적 강도가 무처리 감자 전분으로 제조한 필름의 기계적 강도보다 높았으나 2.0% 활성염소로 처리한 전분으로 제조한

필름은 오히려 기계적 강도가 저하되었는데 이는 고 농도의 산화제 처리로 전분 입자의 표면이 거칠어짐 으로서 전분과 고분자와의 결합력이 약화되었기 때 문으로 사료된다. 한편 필름에 함유된 산화 감자 전 분의 함량이 5%에서 10%으로 증가함에 따라 모든 기계적 성질들이 저하됨이 관찰되었다. Tensile strength는 평균 0.14%, percent elongation은 평균 32.52%, strain energy는 평균 20.21% 감소된 것으로 나타났다. 다른 연구에서도 전분의 함량이 증가함에 따라 기계적 성질이 감소되었음을 보고하였는데(Kim *et al.*, 1994; Evangelista *et al.*, 1991), 이것은 PE 필름에서 전분 함량이 증가함에 따라 전분 입자에 의해 발생하는 불연속성이 증가하고 전분 입자와 PE 사이의 표면장력이 높아지기 때문이라고 설명할 수 있다.

Starch-PE 필름의 열분해 특성

전분이 분해성 비닐의 충전제로서 사용될 경우에 평가하는 주된 분해도는 생분해도이나 필름에 첨가되는 물질에 따라 광분해도, 열분해도 등도 측정될 수 있으므로 이들 분해도에 대한 분석도 많이 수행되고 있다. 본 연구에서는 분해의 초기단계에서 유리기 생성을 촉진시키기 위해 필름 제조시 촉매제인 prooxidant를 소량 첨가하였으므로 이들이 열분해도에 영향을 미칠 것으로 기대되어 이에 대한 분석을 실시하였다.

(1) FT-IR에 의한 필름의 열분해 특성

Carbonyl index는 합성고분자 물질이 분해될 때 생성되는 carbonyl 화합물의 변화를 측정하는 지표값으

로 PE필름의 분해도 측정에 사용되고 있다(Albertsson과 Banhidi, 1980; Kim과 Pometto, 1998). 산화 감자 전분을 5% 함유한 필름에서는 12주동안의 열처리 무처리 감자 전분으로 제조한 필름의 carbonyl index는 거의 변화가 없는 반면 0.5%, 1.0% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 8주 이후부터, 1.5% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 10주 이후부터, 2.0% 활성염소를 처리한 필름은 11주 이후부터 carbonyl index가 급격히 증가하였다(Fig. 3). 또한 산화 감자 전분을 10% 함유하여 제조한 필름에서도 무처리 감자 전분으로 제조한 필름은 8주이후 carbonyl index가 약간만 증가하였으나 2.0% 활성염소를 처리한 전분을 제외하고 대부분의 산화전분으로 제조한 필름에서는 7주 이후부터 carbonyl index가 급격히 증가하였다(Fig. 4). 따라서 낮은 농도의 활성염소를 처리한 산화전분으로 제조된 필름이 무처리 전분으로 제조된 필름보다 더 빠르게 분해되는 것으로 보여졌다. 이런 현상은 전분의 산화과정으로 설명될 수 있는데 전분의 산화시 1차 하이드록실기는 카르보닐기나 카르복실기로 산화되고, 2차 하이드록실기는 케톤기로 되었다가 고리구조가 열리면서 카르보닐기나 카르복실기로 전환되는데 산화 조건에 따라 카르보닐기와 카르복실기의 생성비율이 달라지게 된다(Forsell *et al.*, 1995). 산화전분에서는 생성된 카르보닐기와 카르복실기를 구분하기 어렵고 더욱이 생성된 카르보닐기의 정확한 측정법이 아직까지 정립되지 못한 상태로 본 실험에서도 전분을 산화시킬 때

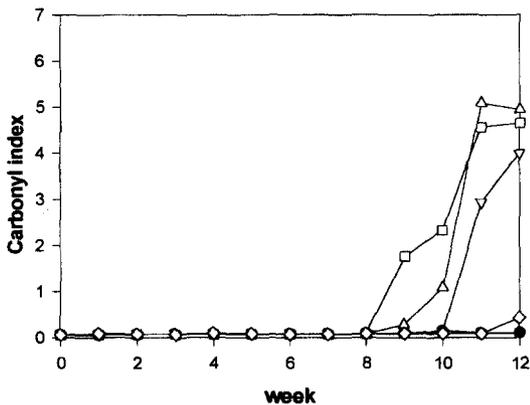


Fig. 3. Carbonyl index of oxidized potato starch(5%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks.

● , Native/PE; □ , 0.5 OX/PE; △ , 1.0 OX/PE; ▽ , 1.5 OX/PE; ◇ , 2.0 OX/PE.

Each data point represents a mean for two replicates.

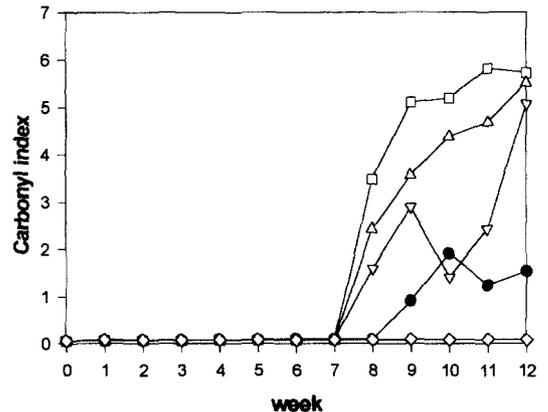


Fig. 4. Carbonyl index of oxidized potato starch(10%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks.

● , Native/PE; □ , 0.5 OX/PE; △ , 1.0 OX/PE; ▽ , 1.5 OX/PE; ◇ , 2.0 OX/PE.

Each data point represents a mean for two replicates.

생성된 카르복실기의 양은 측정이 가능하였으나 카르보닐기의 양은 측정할 수 없었다. 본 실험에서 사용한 carbonyl index 측정방법으로 초기의 carbonyl index를 측정하였으나 그 값이 거의 0에 가까워 산화 전분에 함유된 카르보닐기의 함량은 FT-IR의 검

출한계 이하로 나타났다. 전분내에 친수성인 카르복실기의 도입은 생분해에 영향을 줄 것으로 예상되나, 열분해와 같은 산화분해에서는 하이드록실기의 3차 산화물인 카르복실기보다는 2차 산화물인 카르보닐기가 중간 생성물로서 필름의 산화에 더 중요한 역

Table 7. Tensile strength of the oxidized potato starch(5%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Tensile strength (kgf/mm ²)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	1.049 ± 0.01 ^a	1.345 ± 0.03 ^{ab}	1.496 ± 0.06 ^{ab}	1.598 ± 0.02 ^a	1.485 ± 0.03 ^{ab}
1	1.114 ± 0.04 ^a	1.530 ± 0.09 ^a	1.647 ± 0.07 ^a	1.616 ± 0.11 ^a	1.556 ± 0.02 ^a
2	1.041 ± 0.03 ^a	1.394 ± 0.05 ^{ab}	1.502 ± 0.07 ^{ab}	1.539 ± 0.09 ^a	1.447 ± 0.05 ^{abc}
3	1.071 ± 0.03 ^a	1.496 ± 0.07 ^a	1.574 ± 0.09 ^a	1.492 ± 0.09 ^a	1.488 ± 0.10 ^{ab}
4	1.031 ± 0.06 ^a	1.410 ± 0.07 ^a	1.474 ± 0.08 ^{ab}	1.492 ± 0.06 ^a	1.401 ± 0.09 ^{abc}
5	0.978 ± 0.03 ^a	1.451 ± 0.07 ^a	1.532 ± 0.04 ^{ab}	1.509 ± 0.06 ^a	1.447 ± 0.06 ^{abc}
6	0.933 ± 0.03 ^a	1.458 ± 0.05 ^a	1.468 ± 0.07 ^{ab}	1.513 ± 0.12 ^a	1.419 ± 0.07 ^{abc}
7	0.989 ± 0.08 ^a	1.434 ± 0.09 ^a	1.459 ± 0.03 ^{ab}	1.422 ± 0.06 ^a	1.400 ± 0.06 ^{abc}
8	1.041 ± 0.10 ^a	1.209 ± 0.15 ^{bc}	1.362 ± 0.21 ^b	1.470 ± 0.11 ^a	1.204 ± 0.32 ^{cd}
9	0.956 ± 0.19 ^a	1.064 ± 0.26 ^c	0.913 ± 0.06 ^c	1.479 ± 0.08 ^a	1.295 ± 0.16 ^{bc}
10	0.969 ± 0.22 ^a	0.872 ± 0.18 ^d	1.005 ± 0.30 ^c	0.903 ± 0.34 ^b	1.239 ± 0.21 ^{bcd}
11	0.572 ± 0.08 ^b	0.601 ± 0.32 ^c	-	0.945 ± 0.48 ^b	1.209 ± 0.23 ^{cd}
12	0.136 ± 0.00 ^c	-	-	-	1.006 ± 0.23 ^d

Each value is a mean for four replicates.

^{a-c}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

Table 8. Percent elongation of the oxidized potato starch(5%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Percent elongation (%)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	210.48 ± 7.66 ^a	220.46 ± 21.62 ^a	173.17 ± 5.99 ^a	162.63 ± 7.16 ^a	150.75 ± 14.98 ^a
1	197.21 ± 31.22 ^a	171.17 ± 12.17 ^b	158.68 ± 15.99 ^{ab}	130.27 ± 11.66 ^{ab}	143.27 ± 11.98 ^{ab}
2	198.18 ± 28.73 ^a	180.75 ± 22.82 ^{ab}	143.19 ± 11.25 ^{ab}	141.92 ± 12.42 ^{ab}	134.58 ± 14.36 ^{abc}
3	183.55 ± 31.02 ^a	161.05 ± 3.61 ^b	138.05 ± 6.48 ^{ab}	139.64 ± 5.78 ^{ab}	122.16 ± 11.04 ^{abc}
4	178.69 ± 15.91 ^a	172.14 ± 13.46 ^b	140.07 ± 8.27 ^{ab}	130.48 ± 8.44 ^{ab}	129.93 ± 12.71 ^{abc}
5	155.33 ± 47.15 ^a	164.55 ± 11.21 ^b	149.83 ± 12.83 ^{ab}	136.38 ± 6.85 ^{ab}	118.96 ± 8.81 ^{abc}
6	149.99 ± 15.94 ^a	164.22 ± 10.75 ^b	139.10 ± 21.84 ^{ab}	133.18 ± 1.54 ^{ab}	130.48 ± 3.60 ^{abc}
7	148.24 ± 46.47 ^a	165.08 ± 23.56 ^b	149.84 ± 14.35 ^{ab}	144.70 ± 3.43 ^{ab}	135.54 ± 11.28 ^{abc}
8	174.98 ± 75.55 ^a	102.84 ± 44.42 ^c	124.66 ± 47.20 ^b	127.70 ± 22.83 ^{ab}	105.13 ± 65.48 ^{abc}
9	157.48 ± 91.65 ^a	56.79 ± 7.80 ^d	25.98 ± 8.97 ^c	119.37 ± 22.43 ^b	110.55 ± 34.12 ^{abc}
10	145.12 ± 88.77 ^a	11.87 ± 7.57 ^e	29.79 ± 4.27 ^c	36.40 ± 5.49 ^c	91.65 ± 46.16 ^{bcd}
11	26.57 ± 11.04 ^b	3.07 ± 1.29 ^e	-	31.55 ± 18.86 ^c	83.60 ± 34.75 ^{cd}
12	13.87 ± 0.00 ^b	-	-	-	50.40 ± 44.45 ^d

Each value is a mean for four replicates.

^{a-c}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

활을 하게 된다. 따라서 본 실험의 결과를 볼 때, 낮은 농도의 활성 염소 처리시에는 고농도의 활성염소 처리시보다 중간 산화물인 카르보닐기의 생성량이 많아져 필름의 열분해가 촉진되었을 것으로 사료되었다. 또한 필름에 함유된 전분의 양이 많을수록 더 빨리 분해가 되었는데(Fig. 4) 이는 전분의 양이 증가함에 따라 필름에 함유된 카르보닐기와 카르복실기

의 양이 많아졌기 때문으로 해석되었다.

(2) 기계적 성질에 의한 열분해 특성

70°C에서 열처리한 필름의 기계적 성질의 변화는 FT-IR spectrum에 의한 carbonyl index의 변화와 대체로 일치하였다. 산화 감자 전분을 5% 함유하여 제조한 필름의 12주 열처리 동안 기계적 성질의 변화를 보면(Table 7, Table 8, Table 9) 무처리 감자 전분은

Table 9. Strain energy of the oxidized potato starch(5%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Strain energy(kgf · mm)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	67.52 ± 2.14 ^a	87.27 ± 9.78 ^a	73.58 ± 2.19 ^{ab}	72.63 ± 3.54 ^a	62.36 ± 7.86 ^a
1	69.88 ± 13.93 ^a	79.19 ± 6.49 ^a	76.97 ± 12.15 ^a	58.64 ± 7.48 ^{ab}	63.62 ± 7.07 ^a
2	67.03 ± 9.02 ^a	76.63 ± 11.53 ^a	61.39 ± 3.79 ^{abc}	61.84 ± 8.49 ^{ab}	55.34 ± 7.38 ^{ab}
3	61.70 ± 11.50 ^a	71.94 ± 3.97 ^a	62.93 ± 6.19 ^{abc}	58.60 ± 4.05 ^{ab}	51.51 ± 8.17 ^{abc}
4	58.48 ± 6.25 ^a	73.47 ± 9.78 ^a	59.29 ± 2.27 ^{bc}	54.19 ± 2.80 ^b	51.34 ± 6.11 ^{abc}
5	48.29 ± 15.92 ^a	72.17 ± 8.56 ^a	67.32 ± 6.57 ^{abc}	58.47 ± 4.76 ^{ab}	48.02 ± 5.31 ^{abc}
6	43.64 ± 6.35 ^a	71.79 ± 3.95 ^a	58.76 ± 10.11 ^{bc}	59.84 ± 5.07 ^{ab}	51.68 ± 3.61 ^{abc}
7	47.03 ± 18.03 ^a	71.26 ± 15.52 ^a	63.15 ± 6.68 ^{abc}	59.12 ± 2.71 ^{ab}	53.30 ± 4.33 ^{ab}
8	59.80 ± 28.82 ^a	37.99 ± 19.75 ^b	50.92 ± 28.18 ^c	53.73 ± 13.44 ^b	40.83 ± 26.53 ^{abc}
9	51.96 ± 32.19 ^a	22.14 ± 32.67 ^{bc}	7.18 ± 3.12 ^d	49.38 ± 12.06 ^b	41.57 ± 15.75 ^{abc}
10	48.17 ± 30.74 ^a	3.09 ± 2.45 ^c	10.61 ± 6.77 ^d	13.05 ± 12.71 ^c	34.45 ± 21.12 ^{bcd}
11	4.64 ± 1.02 ^b	0.54 ± 0.00 ^c	-	8.86 ± 5.57 ^c	29.86 ± 15.91 ^{cd}
12	10.32 ± 0.00 ^b	-	-	-	17.38 ± 12.53 ^d

Each value is a mean for four replicates.

^{a-d}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

Table 10. Tensile strength of the oxidized potato starch(10%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Tensile strength(kgf/mm ²)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	1.0018 ± 0.02 ^{ab}	1.2229 ± 0.02 ^{cd}	1.3558 ± 0.02 ^a	1.4959 ± 0.03 ^{ab}	1.2360 ± 0.02 ^{ab}
1	0.9818 ± 0.04 ^{ab}	1.4667 ± 0.06 ^a	1.4245 ± 0.05 ^a	1.5792 ± 0.08 ^a	1.3552 ± 0.09 ^a
2	0.9922 ± 0.00 ^{ab}	1.3448 ± 0.06 ^b	1.3677 ± 0.06 ^a	1.4756 ± 0.07 ^{ab}	1.3193 ± 0.09 ^a
3	1.0375 ± 0.03 ^{ab}	1.3365 ± 0.07 ^{bc}	1.4026 ± 0.03 ^a	1.5308 ± 0.07 ^{ab}	1.3026 ± 0.08 ^a
4	1.0526 ± 0.02 ^a	1.3360 ± 0.03 ^{bc}	1.3698 ± 0.08 ^a	1.3178 ± 0.08 ^c	1.2261 ± 0.11 ^{ab}
5	1.0250 ± 0.02 ^{ab}	1.3881 ± 0.09 ^{ab}	1.4776 ± 0.09 ^a	1.5417 ± 0.11 ^{ab}	1.2584 ± 0.08 ^a
6	1.0094 ± 0.04 ^{ab}	1.1297 ± 0.14 ^d	1.3334 ± 0.08 ^a	1.3828 ± 0.09 ^{bc}	1.2156 ± 0.10 ^{ab}
7	0.9344 ± 0.09 ^{ab}	0.8620 ± 0.03 ^c	1.3172 ± 0.12 ^a	1.3859 ± 0.04 ^{bc}	1.2688 ± 0.04 ^a
8	0.9110 ± 0.16 ^b	0.6521 ± 0.38 ^f	0.7542 ± 0.45 ^b	1.5146 ± 0.05 ^{ab}	1.2646 ± 0.10 ^a
9	0.7156 ± 0.13 ^c	-	0.5854 ± 0.29 ^c	1.1389 ± 0.60 ^d	1.1995 ± 0.11 ^{ab}
10	0.6930 ± 0.35 ^c	-	-	-	0.9313 ± 0.16 ^c
11	0.6750 ± 0.34 ^c	-	-	-	1.0854 ± 0.21 ^b
12	0.6156 ± 0.36 ^c	-	-	-	0.8453 ± 0.04 ^c

Each value is a mean for four replicates.

^{a-f}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

Table 11. Percent elongation of the oxidized potato starch(10%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Percent elongation (%)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	179.35 ± 15.16 ^a	130.47 ± 14.19 ^a	152.62 ± 14.43 ^a	133.88 ± 1.91 ^a	130.00 ± 10.13 ^a
1	165.77 ± 26.98 ^{ab}	127.21 ± 6.95 ^a	123.72 ± 13.43 ^b	114.98 ± 10.54 ^b	131.94 ± 3.91 ^a
2	164.03 ± 16.82 ^{ab}	127.43 ± 13.13 ^a	127.44 ± 9.29 ^b	128.55 ± 6.24 ^{ab}	113.34 ± 10.58 ^{ab}
3	167.76 ± 23.79 ^{ab}	124.16 ± 10.29 ^a	120.48 ± 3.28 ^b	109.59 ± 3.37 ^b	112.42 ± 9.63 ^{ab}
4	166.40 ± 5.42 ^{ab}	125.61 ± 6.53 ^a	122.64 ± 8.00 ^b	116.58 ± 14.73 ^{ab}	110.54 ± 11.45 ^{ab}
5	166.25 ± 29.97 ^{ab}	123.17 ± 8.99 ^a	117.29 ± 5.57 ^b	113.88 ± 11.53 ^b	107.22 ± 8.86 ^{ab}
6	138.05 ± 26.21 ^{ab}	75.12 ± 20.20 ^b	120.96 ± 4.56 ^b	109.15 ± 12.36 ^b	99.78 ± 16.87 ^b
7	147.20 ± 11.00 ^{ab}	33.33 ± 9.24 ^c	114.44 ± 19.74 ^b	113.12 ± 9.51 ^b	116.09 ± 8.26 ^{ab}
8	120.90 ± 60.05 ^b	5.55 ± 3.21 ^d	17.92 ± 15.77 ^c	113.34 ± 7.91 ^b	118.25 ± 14.55 ^{ab}
9	45.48 ± 40.13 ^c	-	3.90 ± 1.95 ^c	53.58 ± 34.25 ^c	108.18 ± 4.86 ^{ab}
10	14.17 ± 12.36 ^c	-	-	-	50.27 ± 32.52 ^d
11	9.73 ± 5.45 ^c	-	-	-	74.02 ± 34.85 ^c
12	9.04 ± 5.37 ^c	-	-	-	27.83 ± 8.06 ^d

Each value is a mean for four replicates.

^{a-d}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

Table 12. Strain energy of the oxidized potato starch(10%)-polyethylene films by the heat treatment at 70°C for 12 weeks

Weeks	Strain energy (kgf · mm)				
	Type of film				
	Native/PE	0.5 OX/PE	1.0 OX/PE	1.5 OX/PE	2.0 OX/PE
0	53.43 ± 3.87 ^a	43.29 ± 5.50 ^b	58.13 ± 6.07 ^a	53.58 ± 1.14 ^a	44.28 ± 4.73 ^{ab}
1	49.73 ± 10.23 ^{ab}	53.54 ± 3.95 ^a	50.33 ± 6.25 ^{ab}	49.99 ± 7.60 ^{ab}	51.39 ± 2.60 ^a
2	49.74 ± 5.14 ^{ab}	49.06 ± 6.61 ^{ab}	49.61 ± 4.83 ^{ab}	53.09 ± 5.39 ^a	42.02 ± 6.35 ^{ab}
3	53.48 ± 9.26 ^a	47.46 ± 3.86 ^{ab}	47.38 ± 2.81 ^{ab}	45.56 ± 3.19 ^{ab}	40.82 ± 3.49 ^{ab}
4	53.99 ± 1.66 ^a	47.99 ± 2.81 ^{ab}	47.49 ± 2.98 ^{ab}	42.68 ± 8.06 ^b	37.76 ± 6.87 ^b
5	53.01 ± 9.15 ^a	48.99 ± 3.80 ^{ab}	48.70 ± 3.50 ^{ab}	48.78 ± 8.32 ^{ab}	37.31 ± 4.46 ^b
6	42.58 ± 10.19 ^{ab}	24.27 ± 8.18 ^c	45.74 ± 4.88 ^b	41.22 ± 4.75 ^b	33.86 ± 7.91 ^{bc}
7	42.18 ± 7.36 ^{ab}	8.69 ± 2.74 ^d	42.48 ± 10.39 ^b	42.72 ± 4.20 ^b	40.83 ± 2.83 ^{ab}
8	35.87 ± 19.78 ^b	3.20 ± 2.68 ^d	4.70 ± 4.44 ^c	46.69 ± 5.27 ^{ab}	42.05 ± 7.73 ^{ab}
9	11.05 ± 10.90 ^c	-	0.47 ± 0.23 ^c	17.65 ± 12.26 ^c	35.92 ± 2.00 ^b
10	2.95 ± 2.88 ^c	-	-	-	14.53 ± 11.79 ^{dc}
11	1.73 ± 1.00 ^c	-	-	-	24.28 ± 14.55 ^{cd}
12	1.44 ± 0.86 ^c	-	-	-	6.96 ± 2.22 ^c

Each value is a mean for four replicates.

^{a-c}Means with different superscript within the same column are significantly different(p<0.05).

로 제조한 필름은 tensile strength, percent elongation, strain energy 모두가 11주 이후에 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 한편 0.5% 활성염소를 처리한 산화 전분으로 제조한 필름은 8주 이후부터 기계적 성질들이 유의적으로 감소하였고, 1.0%, 1.5% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 각각 9주, 10

주이후부터 유의적으로 기계적 성질들이 감소하였다(p<0.05). 2.0% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 10주이후부터 기계적 성질들이 감소하기 시작하였으나 12주까지 그 감소의 폭이 크지 않았다. 표에 기계적 특성값이 나타나지 않은 경우는 필름이 열처리에 의해 열분해되어 필름이 부서지면서 기계

적 특성값을 측정하지 못한 경우이다. 2.0% 활성염소를 처리한 전분을 제외한 산화 감자 전분으로 제조한 필름은 열처리 후 11주나 12주에 그들의 기계적 강도가 상실될 정도로 열분해 되었음을 확인할 수 있었다. 산화 감자 전분을 10% 함유하여 제조한 필름에서의 변화를 살펴보면(Table 10, Table 11, Table 12) 무처리 감자 전분으로 제조한 필름은 tensile strength, percent elongation, strain energy 모두 9주 이후부터 약간씩 감소되었다. 반면 0.5% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 6주 이후부터 대부분 기계적 성질들이 유의적으로 감소되어 9주 이후부터는 기계적 성질들을 측정할 수 없을 정도로 필름이 부서졌고 1.0%, 1.5%, 2.0% 활성염소를 처리한 전분으로 제조한 필름은 각각 8주, 9주 10주 이후부터 기계적 성질들이 유의적으로 감소하였다. 이것으로 보아 2.0% 활성염소를 처리한 전분을 제외하고는 산화시킨 감자 전분으로 제조한 필름이 무처리 감자 전분으로 제조한 필름보다 더 빨리 열분해되며 산화 전분의 카르복실기 함량이 낮은 전분으로 제조한 필름이 더 쉽게 산화적 분해가 일어났음을 알 수 있다. 2.0% 활성염소를 처리한 전분으로 제조된 필름의 분해가 무처리 전분으로 제조된 필름의 분해보다 지연된 것은 고농도의 활성염소 처리시 전분에 카르보닐기의 중간 산화물이 거의 존재하지 않고 하이드록실기가 거의 카르복실기로 산화되므로써 그 이후의 산화 속도가 느려진 반면 오히려 무처리 전분으로 제조한 필름에서는 전분에 있는 하이드록실기가 더 쉽게 산화되었기 때문으로 생각되었다. 그리고 무처리 감자 전분을 10% 함유하여 제조한 경우에는 전분 함량의 증가로 하이드록실기의 산화가 더 용이하게 되어 더 빨리 열분해됨이 관찰되었다. 따라서 산화적 분해를 촉진시키기 위한 분해성 필름의 제조에서는 카르보닐기의 생성량을 고려하여 산화 전분을 제조하는 것이 중요하다고 본다.

요 약

0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% active Cl/g starch를 포함하는 NaOCl용액으로 감자 전분을 산화시킨 후, 이 전분을 각각 5%와 10% 함유한 PE cast 필름을 제조하여 이들의 기계적 특성 및 열분해도를 무처리 감자 전분으로 제조한 필름들과 비교하였다. 산화 전분의 카르복실기 함량은 사용한 활성 염도 농도에 비례하여 증가하였다. 전분을 산화시켜도 결정성영역에는 큰 변화를 주지 않았고 전분 입자의 형태에도 큰

영향을 미치지 않음이 X-선 회절도와 주사전자현미경으로부터 관찰되었다. Starch-PE필름의 색도에서는 10%-2.0 OX/PE를 제외한 필름들 간에 L, a, b 값에 유의적인 차이가 없었다. Instron으로 측정된 필름의 기계적 특성에서는 0.5%와 1.0% 활성염소를 처리한 산화 감자 전분으로 제조한 필름이 무처리 감자 전분으로 제조한 필름보다 tensile strength, strain energy와 같은 기계적 성질들이 더 높게 나타났다. FT-IR과 Instron으로 측정된 필름의 열분해 특성에서는 2.0% 활성염소를 처리한 전분을 제외하고는 산화시킨 감자 전분으로 제조한 필름이 무처리 전분으로 제조한 필름보다 더 빨리 열분해되었다.

감사의 글

본 연구는 1998-1999년도 한국과학재단 핵심전문 연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한 본 연구에 도움을 주신 (주)삼양 제넥스 연구소에도 감사드립니다.

문 헌

- 김성철 . 1997. 고분자공학 II. 최증당. pp322-331
 김수현 . 1997. 분해성 고분자 . 섬유기술과 산업 1(2): 223-233
 김영옥 , 조원영 , 조동만 . 1994. 전분 충전형 생분해성 플라스틱의 특성 . 고분자과학기술 5(1): 19-23
 김영하 . 1994. 국내 분해성 고분자의 개발현황 . 고분자과학기술 5(1): 3-4
 이신영 , 변유량 , 조형용 , 유주현 , 이상규 . 1984. 쌀 전분의 현탁액과 호화액의 유동거동 . 한국식품과학회지 16(1): 29-36
 이용현 . 1991. 생분해성 고분자의 연구개발 동향 . 고분자과학기술 2(5): 319-331
 Albertsson, A.C. and Z.G. Banhidi. 1980. Microbial and oxidative effects in degradation of polyethylene. *J. Appl. Polym. Sci.* 25: 1655-1671
 ASTM. 1991. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. ASTM designation D 882-90. In: *Annual book of ASTM standards*. 08.01. American Society for Testing Materials. Philadelphia, PA
 Boruch, M., Lodz. 1985. Transformations of potato starch during oxidation with hypochlorite. *Stärke* 37: 91-98
 Evangelista, R.L., Z.L. Nikolov, S. Wei, J. Jane and R.J. Gelina. 1991. Effect of compounding and starch modification on properties of starch-filled low-density polyethylene. *Ind. Eng. Chem. Res.* 30: 1841-1846
 Forssell, P., A. Hamunen, K. Autio, T. Suortti and K. Poutanen. 1995. Hypochlorite oxidation of barley and potato starch. *Stärke* 47: 371-377
 Hebeish, A., A. Thalouth, R. Refai and A. Ragheb. 1989. Synthesis and characterization of hypochlorite oxidized starches. *Stärke* 41: 293-298

- Kim, M., A.L. Pometto III, K.E. Johnson and A.R. Fratzke. 1994. Degradation studies of novel degradable starch-polyethylene plastics containing oxidized polyethylene and prooxidant. *J. Environ. Polym. Degra.* 2: 27-38
- Kim, M. and A.L. Pometto. 1998. Thermal- and biodegradation of starch-polyethylene films containing high molecular weight oxidized-polyethylene. *J. Food Sci. Nutr.* 3: 27-35
- Komiya, T., S. Nara and M. Tsu. 1986. Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Stärke* 38: 9-13
- Leaversuch, R. 1987. Industry weighs need to make polymer degradable. *Modern plastics* 52-55
- Loomis, G.L., A.R. Hopkins and E.R. George. 1993. Starch-based materials. In: *Biodegradable polymers and packaging*. C. Ching, D.L. Kaplan and E.L. Thomas (eds.). pp43-51
- Morwitz, W. 1990. *AOAC methods of analysis*. 15th ed. Washington
- Potts, J.E., R.A. Clendinning, W.B. Ackart and W.D. Niegisch. 1973. *Polymer and Ecological problems*. Plenum press, New York p. 61
- Radly, A. 1982. *Food industry in industrial uses of starch and its derivatives* (Vol. 3). Applied Sci. Pub. LTD. pp 51-116
- SAS Institute, Inc. 1995. *Statistical Analysis System. User's Guide*, Version 6. SAS Institute, Inc., Cary, NC
- Whistler, R.L. 1964. *Oxidation in method in carbohydrate chemistry* (Vol. 3). Academic Press, New York. pp165-185
- Wing, R.E. 1994. Oxidation of starch by thermochemical processing. *Stärke* 46: 414-418
- Zobel, H.F. 1964. X-ray analysis of starch granular starches. In: *Methods in carbohydrate chemistry* (vol. 4). R.L. Whistler (ed). Academic Press, New York. pp. 109-113