

## 항균, 신선도 기능을 부여한 투명 산화생분해 필름 개발

최성욱<sup>1</sup> · 이근우<sup>2</sup> · 유지예<sup>3</sup> · 유영선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>가톨릭대학교 생명공학전공

<sup>2</sup>(주)바이오캡코리아

<sup>3</sup>(주)바이오소재

## Development of Thin, Transparent Oxo-Biodegradable Film with Antibacterial and Freshness Agent

Sung-Wook Choi<sup>1</sup>, Kun-Woo Lee<sup>2</sup>, Ji-Ye Yu<sup>3</sup>, and Young-Sun You<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea, Bucheon, 14662, Korea

<sup>2</sup>Biochemkorea Co.,Ltd, Bucheon, 14523, Korea

<sup>3</sup>Bio Polymer Co. Ltd., Bucheon, 14662, Korea

**Abstract** This article described the development of transparent antimicrobial oxo-biodegradable (AOB) film with the function of enhanced freshness of food by employing oxo-biodegradable masterbatch (MB) and antimicrobial MB together with organic metal salt, organic acid, or unsaturated fatty acid. Antibacterial test of the AOB film with the different contents of the antimicrobial MB resulted in the significant freshness extension of plum. Tensile strength and elongation rate of the AOB films before UV treatment were similar to those of polyethylene films used as control. The reduced mechanical properties of AOB film after UV treatment (340 nm) suggested that the AOB film could be degraded by oxo biodegradation. The developed AOB films can effectively prevent decomposition of food by providing antibacterial function and preserving freshness.

**Keywords** Bio plastics, Food Packaging film, Eco packaging, Oxo-biodegradable plastics, Freshness

### 서 론

환경에 대한 중요성을 인식하기 시작하면서, 환경을 오염시키지 않는 기술개발이 필수적인 상황이다. 우리 생활에 필수품이 된 플라스틱은 썩지 않아 환경오염의 주범이 되었으나, 최근 자연에서 분해되는 플라스틱 기술개발이 활발해지고 있으며, 그 수요 또한 지속적으로 증가하고 있다.<sup>1-3)</sup>

바이오 플라스틱(Bio plastics)은 크게 셀룰로오스 대비 6개월 이내에 90% 이상 생분해되는 생분해 플라스틱(Bio degradable plastics), 셀룰로오스 대비 6개월 이내에 60% 이상

생분해되는 산화생분해 플라스틱(oxo-biodegradable plastics) 및 식물체 바이오매스의 유기탄소 기준으로 25% 이상 함유된 바이오 베이스 플라스틱(bio based plastics)으로 구분할 수 있다.<sup>4)</sup> 탄소중립(Carbon neutral)형 식물체 바이오매스는 대기 중의 이산화탄소를 이용한 광합성 작용으로 생성된다. 따라서 성장기에 이산화탄소를 감소하기 때문에 탄소배출을 억제하는 효과가 있고, 한정된 자원인 석유의 소비량을 줄일 수 있다. 특히 산화생분해 및 바이오 베이스 플라스틱은 물성개선 및 가격경쟁력 유지 측면에서, 친환경적인 소재로 각광을 받고 있다.<sup>4,5)</sup>

이렇게 친환경 소재로 주목을 받고 있는 바이오 베이스 플라스틱은 기존 생분해 플라스틱의 단점으로 지적되어 온 조기 생분해문제, 물성저하, 가격경쟁력, 재활용의 어려움을 극복할 수 있어 급격히 산업화가 진행되고 있다.<sup>4,6)</sup> 하지만 바이오 플라스틱은 아직까지 사용범위가 제한된 편이다. 원가

\*Corresponding Author : Young-Sun You  
Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea,  
Bucheon 14662, Korea  
Tel : +82-2-6238-6283, Fax : +82-32-344-6283  
E-mail : tawake@catholic.ac.kr

상승으로 기존 플라스틱 제품에 비해 3~5배 가량 비싸고, 전자제품 및 산업용품 등에서 요구되는 수준의 물성, 강도를 유지하는 것 등 해결해야 하는 문제가 남아 있다. 특히 얇은 박막 포장재로 사용하기 위한 필름 형태로 제작되는 경우 제조된 필름의 물리적 성질이 떨어지는 단점이 있다.<sup>4,7-9)</sup>

패키징이라는 것은 내용물, 포장재, 연결요소들로 이루어져 있으며, 현대적 관점에서 패키징이란 제품의 생산에서 소비에 이르기까지 수송, 보관, 하역, 판매, 사용 등의 제반 과정에서 제품의 가치 및 상태를 보호하고 판매를 촉진하기 위해 적절한 재료 용기 등을 사용하여 상품으로서 가치를 부여하는 방법 또는 기술을 말한다.

따라서 패키징을 산업화 측면에서 고려할 때 물성, 가격 경쟁력이 중요한 요인이기 때문에 이에 적합한 산화생분해성 플라스틱 제품개발 및 상용화가 활발하다.<sup>10)</sup> 특히 인도네시아, 말레이시아, 베트남 등 동남아 및 UAE, 사우디아라비아 등 중동 지역의 경우 산화생분해 플라스틱의 산업화 적용이 매우 활발하다. 또한 동남아 지역에서는 열대몬순기후 지역으로 너무 빠른 생분해는 포장재 유통중 분해가능성이 높고, 또한 미생물, 벌레 등의 성장이 빨라 최종 생분해 기간이 1~2년 정도인 산화생분해 플라스틱에 추가적으로 항균, 신선도 기능이 부여된 제품에 대한 요구가 증가되고 있다.

신선도 패키징은 저장성 향상을 통해 소비자 및 식품업계의 이익이 증대되고, 가공성 향상을 통해 내용물의 품질이 개선된다. 따라서 효과적 포장을 위해 내용물에 대한 이해가 매우 중요해졌고, 관련 전반에 관한 지식이 필요하게 되었다.<sup>6)</sup>

기존에는 유해 미생물 발생을 줄이고 식품의 저장성을 연장하기 위해 가열이나 건조, 냉장·냉동, 당장, 그리고 염장 등의 단위기술을 이용하여 왔으나, 이들 기술이 신선편이 농산물과 같이 수분함량이 높고 변패하기 쉬운 제품에 적합한 것은 아니다. 또한 밀봉포장 식품의 경우 열처리나 다른 방법에 의해 살균되었다고 하더라도 포장 결함이나 개봉 후 재 저장시 미생물 오염 가능성이 매우 높다.<sup>11)</sup> 따라서 이러한 문제점을 보완하고자 최근 기능성 포장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기능성 포장(Active packaging)이란 식품의 초기 품질을 유지함과 동시에 안전성 및 향미 특성을 향상시키거나 저장성을 연장하기 위해 포장조건을 변화시키는 새로운 포장형태이다.<sup>12)</sup> 이러한 포장 형태에는 항균, 원적외선, 방담, 통기성, 미약전류, 에틸렌 가스 흡착 또는 분해, MA (Modified Atmosphere) 또는 CA (Controlled Atmosphere)와 같은 기체 조성변화, 수분, 온도 등이 있다.<sup>13)</sup>

본 연구에서는 초기 신장율과 인장강도 등의 물성이 우수한 산화생분해 첨가제 및 항균 신선도 첨가제가 포함된 포장재를 제조하여 식품포장용 필름으로서 사용적합성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 생분해 촉매제를 사용한 산화생분해 마스터배치 제조

산화생분해성(oxo-biodegradable) 기능을 갖는 마스터배치(masterbatch, MB) 제조를 위한 성분들과 배합량을 Table 1에 나타내었다. 무기 필러(1T CaCO<sub>3</sub>, Omiya Korea, Hambak, Korea), 산화제2철(Fe<sup>2+</sup>, Naram, Seoul, Korea), 불포화지방산(Oleic acid, APS, Ansan, Korea), 왁스(LC-102N, Lion chemtech, Daejeon, Korea), 유기산(Citric acid, Hanaeum Co. Ltd., Ansan, Korea), 열가소성 전분(TPS, Bio Polymer, Bucheon, Korea) 및 바이너 레진으로 저밀도 폴리에틸렌(LDPE 5321, Hanhwa, Seoul, Korea)을 믹서(JTM-500, Henschel mixer, JinsanPRM, Korea)에 투입한 다음 500 rpm으로 100±10°C에 도달할 때까지 혼합 및 수분 건조를 수행하였다. 이 후 다이 직경 58mm, L/D 40:1, 스크류 니딩존 3개, 리버스존 2개, 진공 벤트존이 2개인 트윈 압출기(JTE-58HS, Tween extruder, JinsanPRM, Korea)를 이용하여 배럴 온도 170°C, 스크류 회전속도 500rpm으로 물리적, 화학적 반응이 일어난 굵은실 형상을 만들었고, 수분 재흡수 문제 방지를 위해 공랭식으로 냉각한 다음, 이를 2~3 mm 크기로 절단하여 산화생분해성 마스터배치(OB M/B)를 제조하였다.

### 2. 항균 신선도 마스터배치 제조

액상 항균제와 신선도 용액(EH-X Soln, Biopolymer Co. Ltd., Buchon, Korea)을 이용한 항균신선도 마스터배치(anti-microbial MB) 제조는 산화금속 중 이산화 티타늄(TiO<sub>2</sub>, Swct Co. Ltd., Seoul, Korea), 항균제(Bactoster-alexin, Biochemkorea Co. Ltd., Bucheon, Korea), 사방산나트륨(Sodium tetraborate, Swct Co. Ltd., Seoul, Korea), 염화마그네슘(Magnesium chloride, Ynct Co. Ltd., Seoul, Korea), 저밀도 폴리에틸렌(LDPE 5321, Hanhwa, Seoul, Korea), 겨자유(Mustard oil, Indoshop Co. Ltd., Seoul, Korea)의 재료를 믹서에 투입한 다음 500 rpm, 100±10°C를 유지하면

Table 1. Composition of OB M/B

Function	Recipes	Materials
Inorganic filler	10.0%	CaCO <sub>3</sub> , Talc
Metal salt	2.0%	Fe, Al, Mn
Binder resin	75.0%	Low density polyethylene (LDPE)
Unsaturated fatty acid	2.0%	Oleic acid, Linoleic acid
Lubricant	2.0%	Waxes
Oxidation accelerator	2.0%	Organic acids (Citric acid, Malic acid etc)
Plant Biomass	7.0%	Starch, Cellulose etc.

서 50분간 건조를 수행하였다. 다이스 직경 58 mm 및 L/D 40:1의 트윈 압출기를 투입하여 온도 180°C 스크류 회전속도 800 rpm으로 열화학반응 등을 시키면서 토출구로 토출시키고, 토출구로 나오는 굵은 실 형상의 스트랜드를 컨베이어 벨트를 통해 이송하면서 냉각 및 건조시킨 후, 2~3 mm로 절단하여 항균 신선도 마스터배치(A M/B)를 제조하였다. A M/B의 조성은 아래 Table 2와 같다.

**3. 항균 신선도 기능을 부여한 부여 투명 산화생분해 필름의 제조**

제조된 산화생분해성 OB M/B (0.5~2.0%), 항균 신선도 기능을 부여한 A M/B (5%) 및 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) (7000F, Lotte Chemical Co. Ltd., Seoul, Korea) 80~90% 및 선형저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE) (UL814, Lotte Chemical Co. Ltd., Seoul, Korea) 10%를 혼합한 후 스크류 온도 200°C로 조절한 필름성형기(BS-55, Boosung, Hanam, Korea)로 압출하여 두께 20 μm의 항균 및 신선도 기능이 부여된 투명한 산화생분해 복합필름(antimicrobial oxo-biodegradable film; AOB film)을 제조하였으며, 대조구 필름(control film)은 폴리에틸렌을 이용하여 제조하였다. 제조한 필름의 인장강도, 신장율을 UTM (Universal Testing Machine) (DTU, Daekung Tech, Incheon, Korea)을 이용하여 측정함으로써 물성을 비교하였고, 원료 사용 비율은 Table 3에 나타내었다.

**4. 산화분해성 평가**

산화분해성 시험은 ASTM D3826-98<sup>14)</sup> 방법에 따라 이루어졌다. 필름 시료(25 mm × 100 mm)를 UV 340 nm에서 100시간까지 노출시킨 다음 UTM(DTU, Daekyung Tech, Incheon, Korea)을 사용하여 UV에 노출시킨 필름의 인장강도와 신장율을 3반복 측정하여 평균값을 구하였다. UV 램프와 필름 간 거리는 10 cm였다.

**5. 곰팡이에 의한 필름의 생분해성 평가**

ASTM G21-96 방법<sup>15)</sup>에 따라 필름의 곰팡이에 의한 생분해성을 평가하였다. *Aspergillus niger*, *Penicillium piniphilum*, *Chaetomium globosum*, *Gliocladium virens* 및 *Aureobasidium pullulans*의 포자가 같은 비율로 들어있는 현탁액 (6.0±5.3 log spores/mL)을 접종원으로 사용하였다. 외부 미생물 오염이 되지 않도록 무균상태의 크린벤치 안에서 멸균된 탄소원이 없는 고체 한천 배지위에 AOB film 및 control film을 13 mm × 80 mm 크기로 절단한 시편을 올려 놓고, 시편과 배지 전체가 젖도록 혼합포자 현탁액 1 mL를 배지에 투입한 다음, 살균된 유리봉을 이용하여 배지 표면에 도포시킨 후 뚜껑을 덮은 다음, 30°C, 상대습도 85% 조건에

**Table 2.** Composition of A M/B

Item	Recipes	Materials
Oxidized metal	1.0%	SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , ZnO, KHSO <sub>5</sub>
Antimicrobial agent	3.0%	Bactoster-alexin
Catalyst	6.0%	Sodium bicarbonate, Sodium tetraborate, Magnesium chloride
Binder resin	77.0%	Low density polyethylene (LDPE)
EH-X Soln	10.0%	-
Essential oil	3.0%	Mustard, cinnamon etc.

**Table 3.** Compositions of AOB and control films

	Composition (%)			
	OB MB	A MB	HDPE	LLDPE
AOB Film 1	0.5	5.0	84.5	10.0
AOB Film 2	1.0	5.0	84.0	10.0
AOB Film 3	1.5	5.0	83.5	10.0
AOB Film 4	2.0	5.0	83.0	10.0
Control film	-	-	90.0	10.0

**Table 4.** Evaluation of film degradability by fungi

The growth in a sample of observed	Grade
None	0
Signs of growth and development (10% less)	1
A little bit of growth and development (10~30%)	2
A medium of growth and development (30~60%)	3
Overcrowded growth and development (60~100%)	4

서 120일간 배양하면서 시료에 곰팡이가 뒤덮인 정도에 따라 0~4단계로 아래의 Table 4와 같이 평가하였다.

또한 접종된 시료를 120일간 배양하면서 40일마다 시료를 꺼내 곰팡이 생육정도에 따른 시료의 무게 감량율을 계산하였다. 무게 감량율을 계산은 아래 수식으로 결정하였다.

$$\text{무게감량율(\%)} = \frac{(\text{원시료의 무게} - \text{시료채취후 무게})}{\text{원시료의 무게}} \times 100$$

무게 측정을 위해 시료를 105°C 열풍 건조기를 이용해 중량이 변하지 않을 때까지 건조시켰다. 시료 채취 후 무게는 시편을 배지로부터 꺼내어 1 중량% 염화제이수은 용액에 2분간 침지함으로써 1차 살균을 하고, 다시 85°C의 증류수로 세척한 다음 75% 알코올을 뿌려 2차 살균하여 필름의 표면에 생육한 곰팡이를 제거한 후 건조하여 그 무게 값으로 구하여졌다.

**6. 항균성 평가**

항균력 실험은 진탕 플라스크방법(Shaking flask method)을 사용하였고, A M/B 0%, 3%, 5%, 및 7%을 함유한 필름의 항균력 실험을 하였다. 실험 방법으로는 100 mL 삼각 플라스크에 TSB용액 100 mL와 각 균주(*E. coli*, *S. aureus*)를 1백금이 넣고 진탕 후 배양시켰다. 다음날 시험을 위해 생리식염수를 시험관에 각 9 mL씩 넣어놓았다. 배양시켜 놓은 배지에 1 mL 접종하였다. 다음 테스트할 용액 9 mL에 활성화된 균을 시험관에 넣어 접종한 후, 접종한 시험관을 진탕시킨 후 배양하였다. 24시간 후, 배양시켜놓은 초기 균수를 측정하였다. 배양된 각 시험관의 용액들을 1 mL씩 채취하여 생리식염수 9 mL에 희석한 다음, 희석한 용액을 평판배지에 1 mL씩 접종하여 배양시켰고, 다음날 배양시켜 놓은 샘플들을 꺼내어 균수를 측정하였다.

또한, 실험구 필름으로 A M/B 5%, OB M/B 1%, HDPE 84%, LLDPE 10%로 제조된 AOB film 2 및 대조구 필름을 필름질착법(JIS Z2801:2000)을 이용하여 제조하였으며, 항균실험을 진행하였다. 그 방법으로는 먼저 대조구 필름과 실험구 필름의 표면을 70% 에탄올로 살균하여 준비한 후, 균액을 0.4mL씩 채취하여 대조구와 실험구 필름 위에 접종하였다. 접종한 시편을 인큐베이터에서 배양시키고 Stomacher pouch를 사용하여 배양시킨 균을 회수한 뒤, 회수한 균액을 1 mL 채취하여 배지에 도포한 후 배양시켰고 마지막으로 콜로니 카운터를 사용하여 균수를 측정하였다.

**7. 신선도 기간연장 평가**

자두의 부패, 변패는 냄새 및 색상 변화를 통해서 확인이 용이하기 때문에 Park 등이 저장기간중 포장된 자두를 Lopez-Galvez 등의 방법에 의해 5단계 점수를 부여(0=없음, 1=약간, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함)한 방법<sup>16)</sup>에 따라 평가를 하였다. 본 논문의 신선도 기간 연장 실험은 자두를 A M/B 5% 및 OB M/B 1%를 함유한 AOB film으로 포장한 후 상온에 저장하면서 육안 검사를 실시해 1=완전히 상함, 2=약간 상함, 3=좋음으로 평가하였다. 대조구는 A M/B 및 OB M/B를 적용하지 않은 PE film을 control로 사용하였다.

**8. 식품포장재로서의 제품안전성 평가**

KFDA의 규정에 따라 AOB film 2의 중금속 함량(mg/L), 과망간산칼륨 소비량(mg/L), 납 함량(mg/kg), 증발잔류물(mg/L), 카드뮴 함량(mg/kg) 등을 식품공전의 기구 및 용기·포장의 기준·규격 중 합성수지제 시험방법<sup>17)</sup>에 의거하여 측정함으로써 식품포장재로서의 적합성 여부를 판정하였다.

**9. 유럽 RoHS 기준에 의한 안전성 실험**

유럽의 RoHS 기준에 따르면 크롬, 브롬계난연제(PBB, PBDE) 등 유해물질이 포함된 제품은 판매할 수 없다. 이에 맞춰 AOB film 2를 한국화학융합 시험 연구원의 KSC IEC 62321 방법에 따라 규제물질(납, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, PBBs, PBDEs 등)의 함량 측정을 의뢰하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 항균, 신선도 기능 부여 산화생분해성 필름의 물성**

함량별 산화생분해성 OB M/B (0.5~2.0%), A M/B 5%, HDPE (83.0~84.5%), LLDPE 10%를 혼합하여 제조한 항균 신선도 기능을 부여한 산화생분해 복합필름(AOB film) 4종 및 대조구 필름(Control film)을 ASTM D 882<sup>18)</sup> 방법에 따라 25×102 mm로 재단한 샘플에 대해서 기계적 물성(인장강도, 신장율)을 3반복 측정 후, 평균값을 Table 5에 나타내었다. AOB film과 control film의 인장강도 및 신장율은 유사함을 알 수 있었다.

**2. AOB film의 산화분해 성능 평가**

AOB film 1-4 및 control film을 UV 340 nm에서 100시간 조사하면서 20시간마다 샘플링하여 인장강도와 신장율을 3반복 측정 후 평균값을 분석한 결과를 아래의 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. OB M/B 0.5%에서 2.0%로 함량이 높아질수록 인장강도와 신장율이 모두 줄어들어 물성 감소율이 높아졌다. 물성 감소를 계산은 UV 처리 후 및 처리 전 수치의 백분율로 계산하였다.

이 중 인장강도 감소율을 보면, OB M/B를 0.5% 처리한 AOB film 1은 100시간 처리해도 44.23%로 감소율이 낮았으며, OB M/B를 1.0% 처리한 AOB film 2의 경우 인장강도 감소율은 91.19%, OB M/B 1.5% 처리한 AOB film 3의 감소율은 94.28%로 나타났으며, OB M/B 2.0% 처리한 AOB film 4는 100시간 처리 후 인장강도를 측정할 수 없을 정도로 약화되었으며, 높은 산화분해 성능을 갖음을 확인하였다. Control film의 인장강도 감소율은 34.68%이었다.

또한 UV 처리시간별로 신장율이 점점 감소하였으며, AOB film 1은 100시간 처리 후에도 34.16%로 신장율 감소가 크

**Table 5.** Tensile strength and elongation of AOB and control films

	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
AOB film 1	40.20	998.97
AOB film 2	37.68	980.78
AOB film 3	37.58	960.56
AOB film 4	40.76	958.72
Control film	39.56	987.54

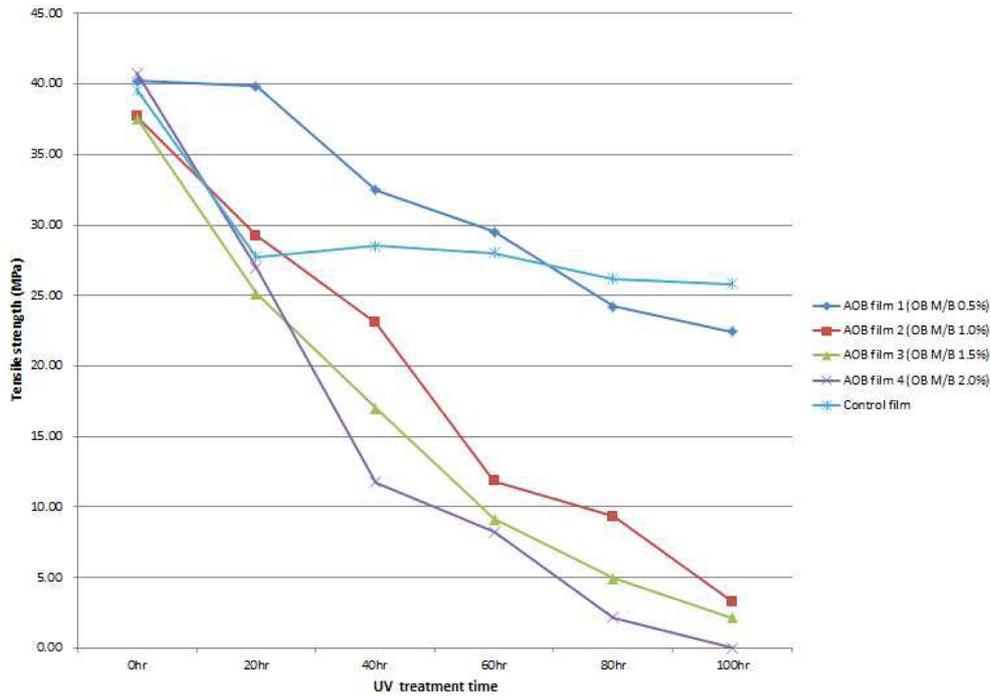


Fig. 1. Effect of UV radiation time on tensile strength of AOB films.

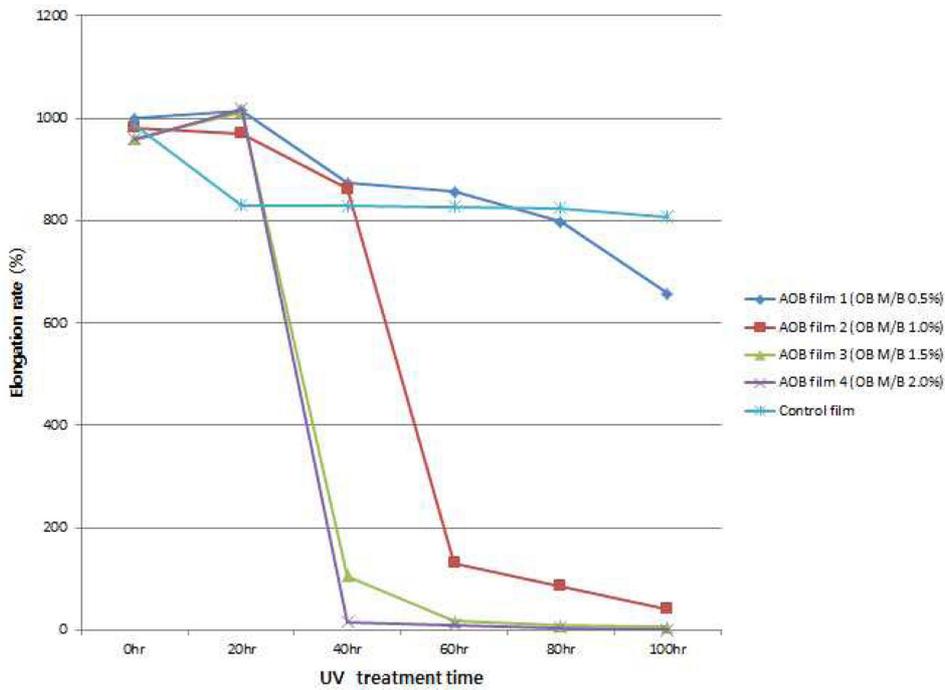


Fig. 2. Effect of UV radiation time on elongation of AOB films.

지 않았고, AOB film 2는 95.86%, AOB film 3은 99.33%, AOB film 4는 신장율을 측정할 수 없을 정도로 약화되었는데, AOB film 1에 비해 AOB film 2-4는 신장율 감소율이

높음을 알 수 있었다. Control film의 신장율 감소는 18.19%이었다. 따라서, 고가인 OB M/B를 적게 사용하였고, 인장강도 및 신장율 감소가 90% 이상인 AOB film 2가 가격

**Table 6.** Growth rates of fungi on AOB films

	Growth rate		
	40days	80days	120days
Control film	0	0	0
AOB film 1	1	2	3
AOB film 2	1	3	4
AOB film 3	2	3	4
AOB film 4	3	4	4

**Table 7.** Weight changes of the films by fungal biodegradability

Material	Weight change (%)		
	40days	80days	120days
Control film	0.1	0.1	0.1
AOB film 1	2.8	13.7	38.6
AOB film 2	3.8	18.2	41.5
AOB film 3	5.5	33.8	47.9
AOB film 4	6.7	41.9	56.7

**Table 8.** Antibacterial test of A M/B by shaking flask method

A M/B Concentration	Antimicrobial rate	Remark
0	-	
3	42.7%	
5	99.99%	MIC
7	99.99%	

	Control	AOB film 2
24hrs		

**Fig. 3.** Antibacterial test of AOB film 2 prepared by film adhesion method.

경쟁력을 고려할 때 산업화에 가장 적합할 것으로 판단되었다. AOB film 1의 경우 가격 경쟁력은 우수하지만, 산화분해 기능이 약한 단점이 있었다.

**3. 곰팡이에 의한 필름의 생분해성**

곰팡이 생육정도를 Table 6에 나타내었다. Control film의 경우 배양일수 경과에 따라 곰팡이 생육이 거의 되지 않은 반면에 AOB film 1~4는 곰팡이가 생육함을 볼 수 있었다. 이로써 AOB film 1~4는 control film에 비해 높은 곰팡이 생분해성을 가졌음을 알 수 있었다. 또한, 곰팡이 생육정도는 AOB film 4>3>2>1의 순서로 생육이 활발하여 산화생

**Table 9.** Colony count result of films by adhesion method

	Control	AOB film 2
0hr	$2.4 \times 10^5$	$2.4 \times 10^5$
24hr	$2.2 \times 10^7$	<10
Antimicrobial rate	-	99.9%



**Fig. 4.** Freshness test of plums for 30days at room temperature.

분해성 OB M/B의 양에 의존함을 알 수 있었다. 곰팡이에 의한 필름의 생분해에 따른 무게 감량 정도는 Table 7에 나타내었다. Control film의 경우 배양일수 경과에 따른 무게 감량이 거의 보이지 않은 반면에 AOB film의 경우에는 120일 이후 절반 가까이 감소함을 볼 수 있었다. 이로써 AOB film들이 control film에 비해 높은 곰팡이 생분해성을 가졌음을 알 수 있었다. 또한 OB M/B 함량이 많을수록 무게가 더 많이 감량된 것으로 보아 질량 감소가 OB M/B의 양에 의존함을 알 수 있었다.

**4. 항균성 평가**

진탕 플라스크 방법을 사용하여 A M/B 농도별 항균력 실험을 하였는데, 그 결과 Table 8와 같이 농도별로 감소율이 다르게 나온 것을 확인할 수 있었다. 항균시험 결과 A M/B의 MIC(Minimum Inhibitory Concentration)값은 5%인 것으로 확인되었다. A M/B를 5% 첨가한 AOB film 2만을 따로 필름 밀착법(JIS Z2801:2000)을 통해 실험을 하여 최종적으로 확인하였다. 그 결과, Fig. 3과 Table 9에서 나타난 것처럼 대조구에 비해 실험구 필름의 항균작용이 우수

**Table 10.** Safety analysis on the AOB film 2 as food packaging materials

Content		Unit	Test result	Criterion
Lead (Pb)		mg/kg	Not detected	≤100 (Summation of Pb, Cd, Hg, Cr <sup>6+</sup> )
Cadmium (Cd)			Not detected	
Mercury (Hg)			Not detected	
Chrome (Cr <sup>6+</sup> )			Not detected	
Heavy metals (As Pb)		mg/L	≤1.0	≤1.0
Potassium permanganate			2	≤10
Leftovers after drying	4% acetic acid		3	≤30
	water		4	≤30
	n-heptane		6	≤150
	20% ethanol		4	≤30

**Table 11.** Safety analysis on the AOB film 2 as RoHS standard

Content	Unit	Test result	MDL	Test Methods	
Lead(Pb)	mg/kg	Not detected	5	*1	
Cadmium(Cd)		Not detected	0.5		
Mercury(Hg)		Not detected	0.5		*2
Chromium(Cr)		Not detected	0.5		*3
Total-PBBs		Not detected	-	*4	
Mono-BB		Not detected	10		
Di-BB		Not detected	10		
Tri-BB		Not detected	10		
Tetr-BB-		Not detected	10		
Hexa-BB		Not detected	10		
Hepta-BB		Not detected	10		
Octa-BB		Not detected	10		
Nona-BB		Not detected	10		
Deca-BB		Not detected	10		
Total-PBDEs		Not detected	-		
Mono-BDE		Not detected	10		
Di-BDE		Not detected	10		
Tri-BDE		Not detected	10		
Tetr-BDE-		Not detected	10		
Hexa-BDE		Not detected	10		
Hepta-BDE		Not detected	10		
Octa-BDE		Not detected	10		
Nona-BDE		Not detected	10		
Deca-BDE		Not detected	10		

\*1. IEC 62321-5 Ed.1.0 : 2013 (AAS), \*2. IEC 62321-4 Ed.1.0 : 2013 (AAS), \*3. IEC 62321 Ed.1.0 : 2008 (UV/Vis), \*4. IEC 62321 Ed.1.0 : 2008 (GC/MS).

한 것을 확인하였다.

**5. 신선도 기간연장 평가**

AOB film 2의 신선도 기간 연장효과를 알아보기 위하여,

control film 및 AOB film 2에 자두 40개씩 개발 포장한 다음, 30일동안 상온에서 저장하면서 육안 관찰한 결과, control film에 포장한 자두는 전체 40개 중 육안 관찰 결과 좋음 13개, 약간 상함 10개, 완전히 상함 17개로 상태가 좋

은 자두가 32.5%였고, AOB film 2에 포장한 자두는 전체 40개 중 육안 관찰 결과 좋음 21개, 약간 상함 10개, 완전히 상함 9개로 상태가 좋은 자두가 52.5%로 어느 정도 자두의 신선도 기간 연장에 효과가 있음을 알 수 있었다. 실험 종료후 사진은 Fig. 4와 같다.

## 6. 식품포장재로서의 AOB film 안전성

한국식약처 규격 기준에 따른 식품포장재에 적용하는 경우 안전성 여부를 파악하기 위하여 식품공전 제 7 기구 및 용기 포장에 관한 기준 및 규격에 따라 평가를 의뢰하였고, 그 시험결과를 Table 10에 정리하였다. 재질시험에서 Pb, Cd, Hg, Cr<sup>6+</sup>은 검출되지 않았고, 용출시험결과 중금속 및 과망간산칼륨 용출량이 기준치 이하로 규격기준에 적합하여 식품포장재로 사용에 문제가 없음을 알 수 있었다.

## 7. 유럽 RoHS 기준에 의한 안전성

KS C IEC 62321 시험 방법에 따라 측정된 결과 불검출로 나타나, AOB film 2는 유럽 RoHS 기준에 적합하였다. 측정결과는 Table 11에 나타내었다.

## 요 약

본 논문에서는 신선도 유지 기능을 부여한 새로운 형태의 산화생분해성 필름 개발에 관하여 서술하였다. 생분해 촉매제로 유기 금속염, 유기산, 불포화 지방산등을 함유한 산화생분해성 및 항균신선도기능을 부여한 M/B를 각각 제조한 후, 이를 플라스틱 레인에 첨가하여 항균 및 신선도 기능의 산화생분해 복합필름(AOB film)을 제작하였다. 제조된 항균신선도 A M/B의 항균력 시험은 진탕 플라스크 방법을 사용하여 농도별 시험을 실시하였다. A MB 5% 첨가한 AOB 필름은 별도로 필름 밀착법을 통해 제조하여 실험한 결과, 필름의 항균작용이 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 자두를 대상으로 한 신선도 유지기능 평가 결과, A M/B 5% 첨가한 AOB 필름이 대조군 필름에 비하여 신선도 유지 효과가 우수하였다. 또한 산화생분해성을 평가하기 위하여, UV 340 nm로 처리한 필름의 인장강도 및 신장율을 측정된 결과, AOB 필름의 물성 감소율이 우수하였으며, 이는 산화생분해 특성을 갖는 것을 의미한다. 결론적으로 항균 및 신선도 기능의 산화생분해성(AOB) 복합필름은 식품 유통과정에서 발생할 수 있는 식품의 부패를 방지하는 측면에서 긍정적인 효과를 가져올 수 있을 것으로 판단되어진다.

## 감사의 글

본 논문은 2016년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원, 2017 경기도 바이오 천연패키징 개발사업(과제번호 3095)

및 농림식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 313030-3, 316058-3)의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Guillet, J. E. 1973. *Polymers and Ecological Problems*, Baum, B. and White, R. A. (eds.), Plenum Press, New York, pp. 45-60.
- Brown, K. T. 1993. *Plastic Waste Management*, Mustafa, N. (ed.) Marcel Dekker Inc., New York, pp. 1-35.
- Garcia, C., Hernandes, T., and Costa, F. 1992. Comparison of humic acids derived from city refuse with more developed humic acids. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38: 339-346.
- You, Y. S., Oh, Y. S., Hong, S. H., and Choi, S. W. 2015. International trends in development, commercialization and market of bio-plastics. *Clean Technol.* 21: 141-152.
- Huang, J. H., Shetty, A. S., and Wang, M. S. 1990. Biodegradable plastics: A review. *Adv. Polym. Technol.* 10: 23-30.
- Bloembergen, S., David, J., Geyer, D., Gustafson, A., Snook, J., and Narayan, R. 1993. Biodegradation and composting studies of polymeric materials. In: *Biodegradable Plastics and Polymers.*, Doi, Y. and Fukuda, K. (eds.), Osaka, 601-609.
- Lee, S. I., Sur, S. H., Hong, K. M., Shin, Y. S., Jang, S. H. and Shin, B. Y. 2001. A study on the properties of fully biophotodegradable composite film. *J. Inst. Industrial Technol.* 29: 129-134.
- Ghung, M. S., Lee, W. H., You, Y. S., Kim, H. Y. and Park, K. M. 2003. Manufacturing multi-degradable food packaging films and their degradability. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 877-883.
- Bloembergen, S., David, J., Geyer, D., Gustafson, A., Snook, J., and Narayan, R. 1993. Biodegradation and composting studies of polymers, Doi Y and Fukuda K (editor), 601-609.
- You, Y. S., Kim, Y. T., Park, D. S., and Choi, S. W. 2017. Development of oxo-biodegradable transparent bio films using biomass and biodegradable catalyst. *Clean Technol.* 23: 133-139.
- Lee, J. W., Hong, S. I., Son, S. M., and Ghang, Y. H. 2003. *Korean J. Food Preserv.* 10: 574-583.
- Vermeiren, L., Devileghere, F., Beest, M., Kruijff, N., and Debevere, J. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 777-786.
- You, Y. S. 2016. Trends of fresh-cut agricultural product packaging. *The Monthly Packaging World*, 281: 54-59.
- ASTM D3826-98. 1998. Standard practice for determining degradation end point in degradable polyethylene and polypropylene using a tensile test. American Society of Testing and Materials, Philadelphia, USA.
- ASTM G21-96. 1996. Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi. Annual book of ASTM standards. American Society of Testing and Materials, Philadelphia, USA.
- Paik, J. S., Dhanasekharan, M., and Kelly, M. J. (1998) Anti-

microbial activity of UV-irradiated nylon film for packaging applications. *Packaging Technol. Sci.* 11: 179-187.

17. KFDA, 2001. Food codes. Korean Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p. 28-60.

18. ASTM D882-12. 2012. Standard test method for tensile pro-

erties of thin plastic sheeting. annual book of ASTM standards. American Society of Testing and Materials, Philadelphia, USA.

투고: 2017.11.10 / 심사완료: 2017.12.06 / 게재확정: 2017.12.13