

농산부산물인 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피를 이용한 산화생분해 바이오플라스틱 필름 개발

유영선, 김미경[†], 박명종[‡], 최성욱*

가톨릭대학교 생명공학전공
420-743 경기 부천시 원미구 지봉로 43
[†](주)바이오소재
420-743 경기 부천시 원미구 지봉로 43
[‡]콘프라테크(주)
413-180 경기 파주시 장명산길 241

(2014년 5월 23일 접수; 2014년 6월 24일 수정본 접수; 2014년 6월 23일 채택)

Development of Oxo-biodegradable Bio-plastics Film Using Agricultural By-product such as Corn Husk, Soybean Husk, Rice Husk and Wheat Husk

Young-Sun You, Mi-Kyung Kim[†], Myung-Jong Park[‡], and Sung-Wook Choi*

Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea
43, Jibong-ro, Wonmi-gu, Bucheon-si, Gyeonggi 420-743, Korea
[†]Bio Polymer Co. Ltd.
43, Jibong-ro, Wonmi-gu, Bucheon-si, Gyeonggi 420-743, Korea
[‡]Cornplatech Co. Ltd.
241, Jangmyeongsan-gil, Paju-si, Gyeonggi 413-180, Korea

(Received for review May 23, 2014; Revision received June 24, 2014; Accepted June 23, 2014)

요 약

식물로부터 유래하는 바이오매스를 25% 이상 함유하는 바이오 베이스 플라스틱은 탄소배출을 억제하는 효과가 있고, 한정된 자원인 석유의 소비량을 줄일 수 있으며, 산화생분해 첨가제를 추가 적용하면 폐기 후에는 미생물에 의해 생분해(Biodegradable)되기 때문에 친환경적인 소재이다. 본 연구에서는 폴리에틸렌에 산화생분해 첨가제, 4종류 식물체 바이오매스, 불포화 지방산, 구연산을 첨가하여 생분해성 및 물성변화를 관찰하였다. 초기 신장율과 인장강도 등의 물성이 우수한 자연에 분해되는 바이오 플라스틱 필름을 제조하여 식품포장재로서의 제품 안전성을 시험하였다. 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피의 식물체를 Air classifying mill로 분체한 후, 저밀도 폴리에틸렌, 선형저밀도 폴리에틸렌, 기타 첨가제를 고속혼합기에서 혼합한 후, 호퍼에 투입한 다음 용융혼합하면서 다이스로 압출하여 4 가지 다른 형태의 두께 50 μm의 바이오 필름을 제조하였다. 기계적 물성으로 인장강도 및 신장율을 측정하였으며, 생분해 실험을 실시하였다. 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피로 제조된 필름 중 소맥피로 제조된 필름의 인장강도 및 신장율이 가장 좋은 것으로 나타났다. 또한 산화생분해 시험방법에 의해 45 일간 생분해 테스트를 한 결과 표준물질인 셀룰로오스 분말 대비 51.5%의 생분해를 나타내었다.

주제어 : 바이오 플라스틱, 식품 포장 필름, 바이오 베이스 플라스틱, 바이오매스, 친환경 포장, 산화생분해 플라스틱

Abstract : Biomass-based plastics containing the biomass content higher than 25 wt% have been considered as environment-friendly materials due to their effects on the reduction in the CO₂ emission and petroleum consumption as well as biodegradability after use. This article described the effect of the additions of oxo-biodegradable additive, 4 kinds of plant biomass, unsaturated fatty acid, citric acid in the properties of polyethylene films. Bio films were prepared using a variety of biomasses and tested for feasibility as a food packaging film. Mechanical properties such as tensile strength and percent elongation at break were evaluated. Husk biomasses from such as corn, soybean, rice, and wheat were pulverized using air classifying mill (ACM)

* To whom correspondence should be addressed.

E-mail: choisw@catholic.ac.kr <http://cleantech.or.kr/ct/>

doi: 10.7464/ksct.2014.20.3.205 pISSN 1598-9721 eISSN 2288-0690

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

and four different types of packaging films with thickness of 50 μm were prepared using the pulverized biomass and low density polyethylene/linear low density polyethylene. The packaging film with wheat husk biomass was found to have greater mechanical properties of elongation and tensile strength than the other samples. Biodegradability of bio film was measured to be 51.5% compared to cellulose.

Keywords : Bio plastics, Food packaging film, Bio based plastics, Biomass, Eco packaging, Oxo-biodegradable plastics

1. 서론

환경에 대한 중요성을 인식하기 시작하면서, 환경을 오염시키지 않는 기술개발이 필수적인 상황이다. 우리 생활에 필수품이 된 플라스틱은 썩지 않아 환경오염의 주범이 되었으나, 최근 자연에 분해되는 플라스틱 기술개발이 활발해지고 있으며, 그 수요 또한 폭발적으로 증가하고 있다[1-3].

바이오 플라스틱(Bio plastics)은 크게 생분해 플라스틱(biodegradable plastics), 산화생분해 플라스틱(oxo-biodegradable plastics) 및 바이오 베이스 플라스틱(bio based plastics)로 나누어지는데, 이중 바이오 베이스 플라스틱에 산화생분해 첨가제가 더 포함된 산화생분해 플라스틱은 옥수수 등 식물로부터 유래하는 바이오매스를 25% 이상 함유하는 플라스틱에 추가로 산화생분해 첨가제를 첨가한 플라스틱으로, 그 원료인 바이오매스가 광합성에 의해 생성되는데 이 과정에서 대기 중의 이산화탄소를 필요로 한다. 따라서 탄소배출을 억제하는 효과가 있고, 한정된 자원인 석유의 소비량을 줄일 수 있으며, 폐기 후에는 미생물에 의해 분해되고, 특히 물성개선 및 가격경쟁력 유지 측면에서 친환경적인 소재로 각광을 받고 있다[4,5].

바이오매스로 사용되는 식물체 원천(plant source)은 일반적으로 대기중의 탄소가 광합성에 의해 고정된 식물자원, 미생물 대사산물 등이 사용되지만, 산업용 플라스틱 원료 차원에서는 기존의 생분해 플라스틱을 바이오매스 원천의 범주에 포함시켜 사용되기도 한다. 가장 많이 사용되는 원천은 초본 에너지 작물(스위치그래스, 미스컨터스, 대나무, 사탕수수, 톨레스큐, 코치아 개밀 등), 짧은 주기의 목본 작물(포플러, 버드나무, 은단풍, 미루나무, 녹색 물푸레나무, 검정호두나무, 풍나무, 시카모어 등), 산업작물(커피와 짚류, 리시놀산 추출용 피마자 등), 농작물(옥수수 전분, 옥수수유, 대두유, 대두가루, 밀전분, 기타 식물유 등), 수중 자원(조류, 대형 해조류, 해초, 해양 미생물 등), 농업작물 찌꺼기(옥수수대, 밀짚, 벼짚 등), 임업 폐기물(벌목장에서 제외된 수립), 유기성 도시쓰레기(폐지, 판지, 폐가구, 플라스틱 폐기물 등), 부산물과 폐수(톱밥, 나무껍질, 등) 기타 농장이나 육류 가공 작업에서 생겨나는 쓰레기, 에너지를 포함한 여러 원천이 사용되고 있어 이를 활용한 연구개발이 매우 활발하게 진행되고 있다[6-8].

친환경 소재로 주목을 받고 있는 바이오 플라스틱 중 바이오 베이스 플라스틱은 기존 생분해 플라스틱의 단점으로 지적되어 온 조기 생분해문제, 물성저하, 가격경쟁력, 재활용의 어려움을 극복할 수 있어 급격히 산업화가 진행되고 있다. 미국내에서 유명한 환경친화 기업인 스위스 네슬레 계열사 '에로헤드'는 기존제품에 비해 플라스틱을 30%나 적게 사용한

생수병을 시판하고 있으며, 플랜트 바틀(plant bottle)은 기존 PET원료에 사탕수수에서 추출한 바이오 에탄올을 약 30% 첨가 사용한 페트병으로 화제가 되었으며, 한국후지제록스에서 바이오매스 플라스틱을 복합기 내부의 드럼 카트리지 커버에 사용하여 생성부터 폐기까지 발생하는 이산화탄소 배출량을 기존 플라스틱 제품 대비 16% 가량 줄이고 있다. 삼성전자는 옥수수 전분계 PLA를 40% 첨가하여 제조한 휴대폰을 국내 및 유럽시장에 출시하여 판매하고 있으며, 그 외에도 휴대용 찬합류, 유아용세트, 바이오 비닐, 식품용기, 농업용 멀칭필름, 각종 1회용품 등 비롯한 식품의 용기분야와 자동차 및 건축재 분야에도 바이오 플라스틱의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 최근 아랍에미리트(UAE)는 산화생분해 관련 규제법안을 전면 확대 시행하였다. 2014년 1월 1일부터 산화생분해(oxo-biodegradable) 포장재 및 제품만을 UAE 역내 수입 및 유통이 가능하게 하고 난분해 플라스틱 사용을 금지하여 세계 각국에서 그에 대한 대응을 하기 위해 고심하고 있어 전세계의 주목을 받고 있다.

하지만 바이오 플라스틱은 아직까지 사용범위가 제한된 편이다. 원가상승으로 기존 플라스틱 제품에 비해 2~3배 가량 비싸고, 전자제품 및 산업용품 등에서 요구되는 수준의 물성, 강도를 유지하는 것 등 해결해야 하는 문제가 남아 있다.

최근에 플라스틱에 벗짚, 왕겨, 톱밥 분쇄물과 함께 전분을 첨가시킨 조성물을 이용하여 제조된 1회용 플라스틱 용기 등이 개발되어 있어 사출제품, 시트 및 진공성형 제품의 물성 개선에는 효과가 있으나 얇은 박막 포장재로 사용하기 위한 필름 형태로 제작되는 경우 제조된 필름의 물리적 성질이 떨어지는 단점이 있다[9,10]. 또한 생분해성 고분자의 초기분해에 의해 물성이 급격히 저하되는데, 분해속도 조절에 대한 관한 연구보고가 있고[11], 물성 개량을 위하여 PLA에 나노크레이를 보완 사용하는 연구[12] 등이 지속적으로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 초기 신장율과 인장강도 등의 물성이 우수하고 탄소중립형 바이오매스 및 산화생분해 첨가제가 포함된 포장재를 제조하여 식품포장용 필름으로서 사용한 후의 환경친화성을 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1. 식물체 바이오매스를 사용한 마스터배치 제조

바이오 원료 펠릿 및 바이오 필름을 제조하기 위한 농산부산물 유래 식물체 바이오매스인 소맥, 왕겨, 옥피, 대두피를 ACM (air classifying mill) 분체기(Figure 1)를 사용하여 분체하였다.

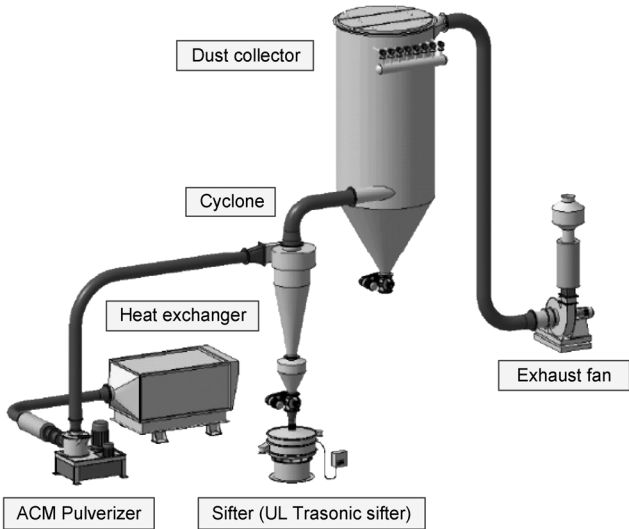


Figure 1. Schematic diagram of air classifying mill (ACM) machine.

분쇄한 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피 분말(80~400 mesh)을 원통회전식건조기(D560, Hwain Machinery, Wonju, Korea)를 사용하여 100 ± 10 °C에서 30분간 수분 함량 10% (w/w) 이하로 열풍 건조하였다. 건조물을 믹서(JS-500, JinsanPRM, Siheung, Korea)에 투입한 후, 윤활 효과와 표면 개질 효과를 위해 스테아린산 아연 및 스테아린산 칼슘(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 투입하여 코팅이 되도록 하였고, 황제(DA-01, Sungu Co. Ltd., Siheung, Korea), 무기 필러(1T CaCO₃, Omiya oorea, Hambaek, Korea), 과산화물(CYASORB, Needfill, Inc., Seoul, Korea), 제2철이온, 선형저밀도폴리에틸렌, 불포화지방산(soybean oil, ottogi Co. Ltd., Anyang, Korea), 왁스(LC-102N, Lion Chemtech, Daejeon, Korea), 전분(corn starch, Cornproduct-korea, Bupyeong, Korea) 그리고 유기산(citric acid, APS Co. Ltd., Ansan, Korea) (Table 1)을 믹서에 투입한 다음 500 rpm, 100 ± 10 °C를 유지하면서 50분간 2차 건조를 수행하였다. 이

Table 1. Composition of master batch

Function	Recipes	Materials
Biomass plant powder	40~50%	Wheat husk, Rice husk, Soybean husk, Corn husk
Inorganic filler	20~30%	CaCO ₃
Oxo-biodegradat ion accelerator	0.1~1.0	Benzoyl peroxide, Benzophenone, Ferric ion
Binder resin	20~30	Linear low density polyethylene (LLDPE)
Waxes	1.5	Unsaturated fatty acid
Lubricant	1.0~3.0%	Waxes
Biomass polymer	5~10%	TPS (Thermoplastics starch)
Oxidation accelerator	0.1~1.0%	Organic acids (malic acid, citric acid etc)

후 압출성형기(JTE-58HS, Tween Extruder, JinsanPRM, Korea)를 이용하여(다이 직경: 58 mm, 롤 비율(길이/직경): 40, 배럴 온도: 170 °C, 스크류 회전속도: 800 rpm, 스크류 니딩존 3개, 리버존 2개, 진공벤트존 1개, 오픈벤트존 1개) 스트랜드를 만들었고, 수분 재흡수 문제를 위해 위해 공랭식으로 냉각한 다음, 이를 2-3 mm 크기로 커팅하여 바이오 펠릿을 제작하였다. 마스터배치를 제조하는 모식도는 Figure 2에 나타내었다.

2.2. 필름의 제조

제조된 바이오 펠릿, 저밀도 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE, 5315, Hanwha Chemical Corporation, Seoul, Korea), 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE, 7000F, Honam Petrochemical corporation, Seoul, Korea) 및 선형저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE, UF315, Honam Petrochemical corporation, Seoul, Korea)을 혼합한 후 스크류 온도 200 °C에서 필름성형기(BS-55, Boosung,

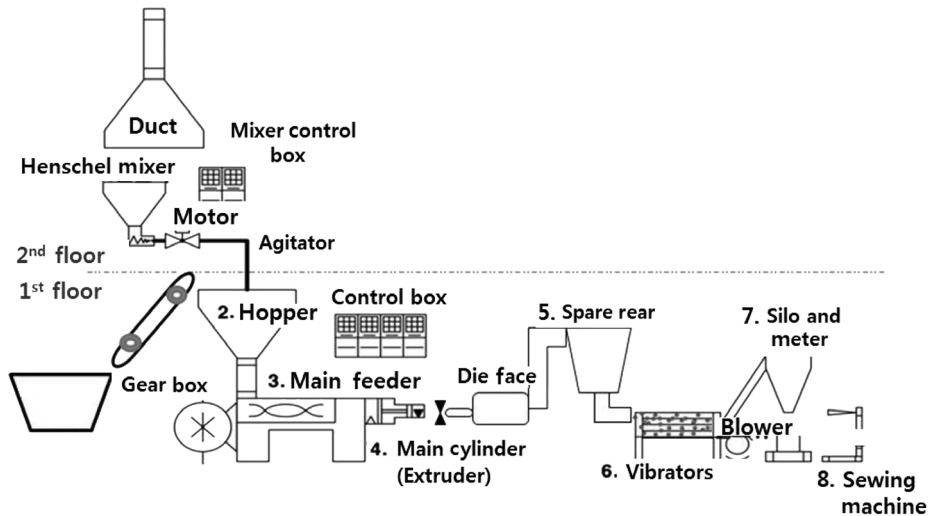


Figure 2. Schematic diagram of M/B production.

Table 2. Composition of bio films

Biomass type	Composition (%)			
	Bio pellet M/B	LDPE	HDPE	LLDPE
Corn husk	40	5	50	5
Soybean husk	40	5	50	5
Rice husk	40	5	50	5
Wheat husk	40	5	50	5
Control	-	5	90	5

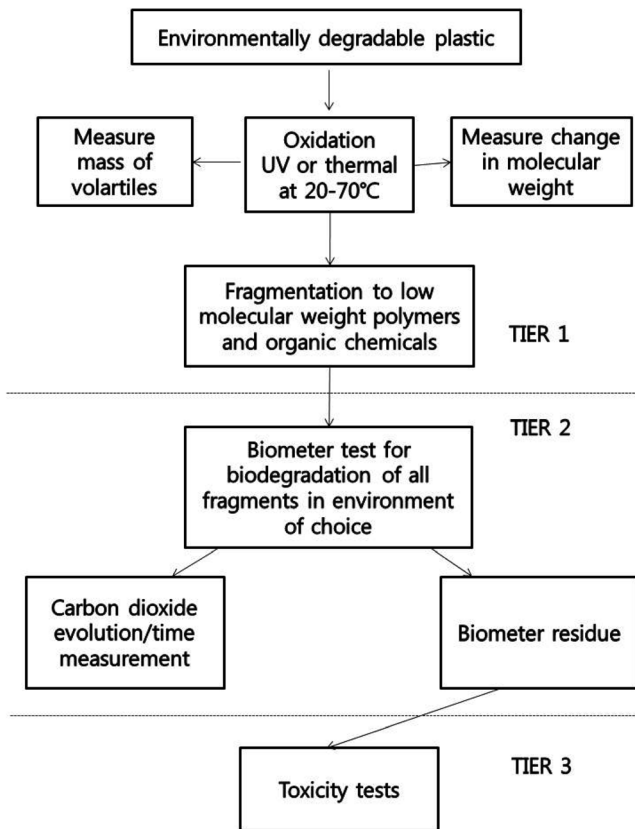


Figure 3. Diagram of standard guide for exposing and testing by oxidation and biodegradation (ASTM D 6954-04).

Hanam, Korea)로 압출하여 두께 50 μm의 바이오 필름을 제조하였다. 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피를 이용한 마스터배치를 이용하여 각각 제조한 바이오 필름의 인장강도, 신장율의 물성을 비교하였고, 원료 사용 비율은 Table 2에 나타내었다. 인장강도와 신장율은 만능시험기(universal testing machine, UTM, Daekyung Tech, Incheon, Korea)를 이용하여 측정하였다.

2.3. 식품포장재로서의 제품 안전성 실험

KFDA의 규정에 따라 앞서 언급한 배합과 방법에 의해 제조된 소맥피 이용 바이오 필름의 중금속 함량(mg/L), 과망간산칼륨 소비량(mg/L), 납 함량(mg/kg), 증발잔유물(mg/L), 카드뮴 함량(mg/kg) 등을 식품공전의 기구 및 용기·포장의 기준·

규격 중 합성수지제 시험방법[13]에 의거하여 측정함으로써 식품포장재로서의 적합성 여부를 판정하였다.

2.4. 표면 측정

농산부산물 바이오매스의 분산성, 표면, 결합상태를 측정하기 위해 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM) 및 광학현미경으로 옥피, 소맥피, 왕겨, 대두피 분체 분말 및 소맥피 이용 바이오 필름의 표면을 관찰하였다.

2.5. 바이오매스 유래 유기탄소 함량 측정

바이오매스 유래 유기탄소 함유 비율을 측정하기 위해 미국의 공인 시험방식인 ASTM D 6866(유럽 공인 방식 명칭 CEN-16137)[14] 방법으로 시험하는 미국 BETA연구소에 의뢰하였다.

2.6. 생분해성 평가

생분해성 평가는 산화생분해 평가방법인 ASTM D6954-04 방법[15]에 따라 테스트 하였다. 분해성 평가는 Figure 3과 같이 3단계로 구분되며, 1단계에서는 ASTM D 5208-01 CYCLE A방법[16]으로 UVA 340 nm로 100시간 처리하여 화학적 분해를 시킨 후, UV처리된 시료의 생분해도를 KSM-3100-1의 방법으로 퇴비화 조건에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 식물체 바이오매스 분체 시험

바이오매스 분체를 마스터배치로 제조하기 위해서는 식물체 부산물인, 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피를 ACM을 이용하여 분쇄하였고, 분쇄상태에 따른 바이오 필름의 물성을 확인하기 위해 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피의 입도를 분석하였다.

ACM은 공기 분급작용을 이용하여 충격분쇄의 원리에 따라 작동, 분쇄, 입도조절이 가능하다. ACM은 회전속도에 의해 발생하는 구심력 및 원심력을 이용하여 미분말을 공기와 함께 위로 올라가고 큰 입자는 원심력에 의해 분급기(classifier)를 통과하지 못하고 다시 분쇄가 이루어지면서 일정한 크기의 분쇄물을 얻을 수 있다.

ACM을 사용하여 얻은 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피의 미분말은 입도분석기(Microtrac S3500)를 사용하여 입도분포를 측정하였고, 바이오매스 종류별 입도분포도는 Figure 4에 표시하였다.

ACM으로 1차 분쇄한 결과 평균 45 μm 정도의 크기로 분쇄가 된 것을 확인할 수 있었다. 45 μm 이하로 더 작게 분쇄할 수 있으나, 분쇄기 내부의 병목현상으로 인해 45 μm로 분쇄하는 것이 최적의 입도 크기인 것을 확인하였다. 식물체 분체의 성질을 확인하기 위해 입도를 현미경 및 SEM으로 표면 관찰하였고, Figure 5에 표시하였다. 옥피, 대두피, 소맥피의 경우 분말화가 고르게 되었지만, 왕겨의 경우 입경크기가 큰 입자가 보였다. 이는 왕겨중에 실리카 함량이 많아 분말화가 고르게 되지 않는 것으로 판단되었다.

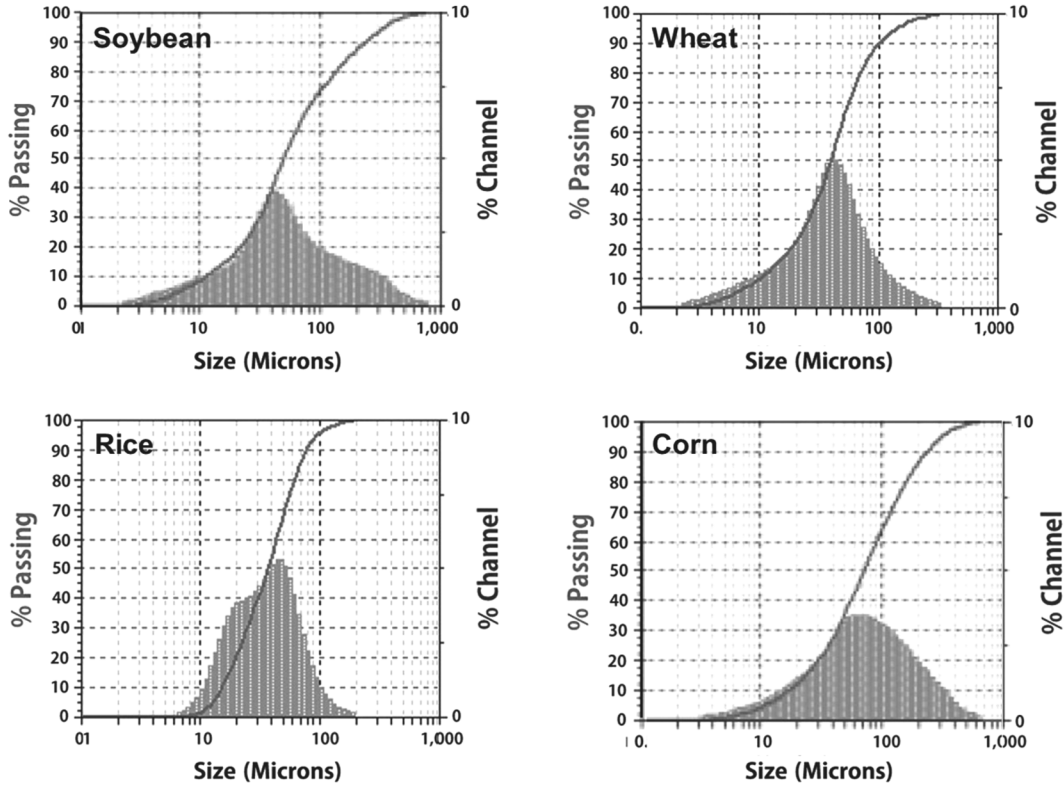


Figure 4. Grain size analysis of soybean, wheat, rice, and corn husk powders.

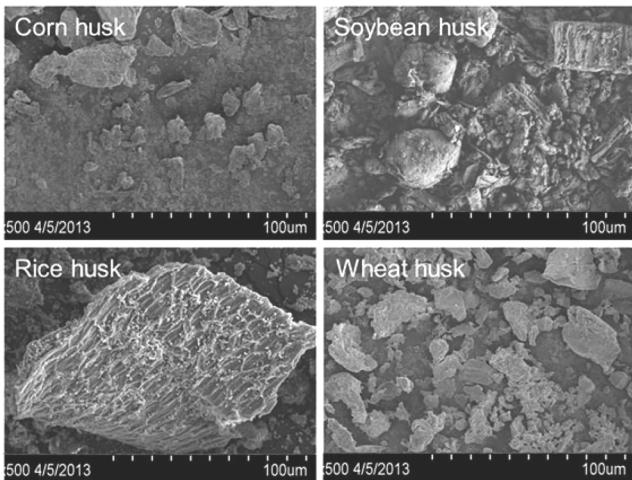


Figure 5. SEM Image of corn husk, soybean husk, rice husk and wheat husk powder.

3.2. 식품포장재로서의 바이오 필름의 물성

생산기술연구원 패키징기술센터에 ASTM D 882방법에 따라 바이오매스 종류별로 옥피, 대두피, 왕겨, 소맥피 M/B 40%와 LLDPE 60%를 혼합하여 제조한 바이오 필름을 25 × 102 mm로 제단한 샘플에 대해서 기계적 물성(인장강도, 신장율)을 측정하였다. 그 결과는 Table 3에 나타내었다.

일반적인 저밀도 폴리에틸렌의 인장강도 및 신장률은 16.9 MPa와 300% 이상으로 나타났다. 추가로 바이오매스인 옥피,

Table 3. Tensile strength and elongation at break of bio films

	Tensile strength (MPa)	Percent elongation (%)
Corn husk film	13.4	180.15
Soybean husk film	11.8	245.63
Rice husk film	10.4	225.42
Wheat husk film	16.7	290.51
Control	16.9	301.43

대두, 왕겨, 소맥피를 넣고 필름을 제조한 결과 일반 저밀도 폴리에틸렌과 물성이 비슷한 것으로 나타났다. 그 중에서 소맥피의 경우 인장강도가 옥피나 대두피에 비해 높은 수치를 나타내었다. 또한 신장을 시험에서도 다른 바이오매스보다 월등히 높은 신장을 수치를 나타냈다.

옥피의 경우 물성이 개량되지 않는 생전분이 8% 이상 포함되어 있고, 왕겨의 경우 조성성분 중 탈크가 12~20% 포함, 대두피의 경우 조섬유의 함량이 30%정도이고 고분자 물성에 악영향을 주는 단백질이 일부 포함되어 최종필름 물성 저하에 영향을 미친 것으로 판단된다.

또한, 입도분포가 가장 균일하였고, 물성이 우수한 소맥피를 대상으로 필름을 제조하였다. 필름 A는 입경사이즈가 중간 부분의 소맥피 분말 평균 입경 19 µm 부위만을 선별하여 이용한 M/B로 제조하였고, 필름 B는 나머지 분말을 이용한 M/B로 제조하였다. 각 필름의 인장강도, 신장율은 필름 A가

Table 4. Tensile strength and elongation of bio based film by using wheat husk

	Film A	Film B
Tensile strength (MPa)	17.3	16.5
Elongation (%)	293.62	287.68

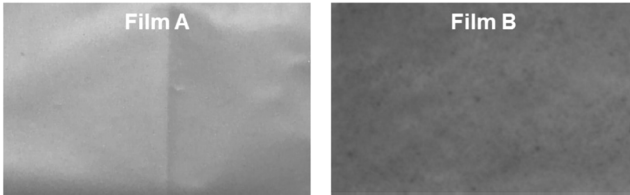


Figure 6. Bio based films by using wheat husk powder of various grain size.

약간 우수하였고(Table 4), 필름표면을 관찰한 결과 필름 A는 표면이 매끄럽고 갈변도가 심하지 않은 반면, 필름 B는 표면이 거칠고 갈변도가 심하여 육안으로도 식별이 가능하였다(Figure 6). 각각의 시험은 5회 반복을 하여 평균을 냈다.

3.3. 바이오매스 유래 유기탄소 함량 평가

ASTM D 6866시험법을 이용하여 BETA연구소에서 유기탄소 함량평가를 실시하였다. ASTM D 6866 시험방법은 2002 년도부터 미국 농무성(USDA) 주관으로 시작된 플라스틱 고분자 중 유기탄소의 함량을 측정하여 바이오매스 함량을 정하는 방법으로 세계적으로 널리 사용되는 시험규격이다. 탄소는 질량이 조금씩 다른 ¹²C, ¹³C, ¹⁴C의 동위원소를 가지고 있다. 이들 동위원소 중 ¹⁴C는 시간이 지나면 다른 원소로 변하는 불안정 동위원소 중에 하나이지만 나무와 같은 바이오매스에는 여전히 ¹⁴C가 일부분이 남아있다. 이와는 다르게 화석연료로 만들어진 수지는 ¹⁴C를 포함하지 않는 차이점을 이용하여 바이오매스의 함량을 측정한다.

ASTM D 6866 시험규격은 제품내 유기탄소 함량을 측정하는 규격으로 현재 국내 인증기관이 없는 관계로 인증대행기관을 미국 BETA연구소를 통하여 샘플 25 g으로 시험을 진행하였다. 시험결과 소맥피를 이용한 바이오 필름 내 유기 탄소함량은 40%로서 미국 농무성 인정기준인 25%보다 높은 것으로 나타났다.

3.4. 식품포장재로서의 제품 안전성

소맥피를 첨가하여 제조된 플라스틱 포장재인 소맥피 이용 바이오 필름의 안정성을 식품공전제 7. 기구 및 용기포장에 관한 기준 및 규격에 따라 평가한 시험결과를 Table 5에 정리하였다.

재질시험에서 Pb, Cd, Hg, Cr⁶⁺은 검출되지 않았으며, 용출 시험결과 중금속 및 과망간산칼륨, 증발잔류물이 규격기준에 알맞은 것으로 나타났다.

Table 5. Safety analyses on the bio based film as food packaging materials

Content	Unit	Test result	Criterion	
Lead (Pb)	mg/kg	Not detected	≤ 100 (Summation of Pb, Cd, Hg, Cr ⁶⁺)	
Cadmium (Cd)		Not detected		
Mercury (Hg)		Not detected		
Chrome (Cr ⁶⁺)		Not detected		
Heavy metals (As Pb)	mg/L	≤ 1.0	≤ 1.0	
Potassium permanganate		1	≤ 10	
Leftovers after drying		4% acetic acid	3	≤ 30
		water	3	≤ 30
		n-heptane	2	≤ 150
	20% ethanol	3	≤ 30	

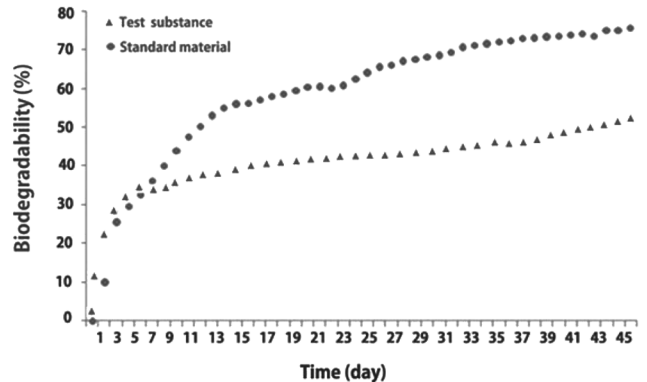


Figure 7. Curve of biodegradability calculated by the average carbon dioxide emissions.

3.5. 생분해도 테스트

산화생분해 방법에 의한 45일간의 생분해성 평가 결과를 Figure 7에 나타내었다. 본 연구에 의해 제조된 바이오 필름의 이산화탄소 방출량에 의해 계산된 평균 생분해도는 39.2%로 나타났다. 특히 8일 이후부터 본 연구에 의해 제조된 소맥피 이용 바이오 필름의 경우 생분해도는 거의 일정하게 분해되는 것을 확인할 수 있었다. 표준물질에 비해 51.5%의 생분해도를 나타내었다.

4. 결론

국내외적으로 바이오 플라스틱에 대한 개발 및 산업화가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 바이오 플라스틱은 유한자원인 석유계 원료를 대체하는 소재로 주목을 받으며, 특히 탄소 중립(Carbon neutral)형 식물체 바이오매스는 지구의 이산화탄소 총량을 증가시키지 않는 점에서 주목을 받고 있다. 하지만 바이오매스중 전분의 경우 식량자원 사용이란 문제점이 대두되어 그 사용을 줄이고, 최근 셀룰로오스, 폐지, 볏짚, 옥수수 껍질 등 비식용 자원을 소재로 한 연구개발이 활발하게 진행이 되고 있다. 본 논문에서는 농산부산물중 옥피, 대두피,

왕겨, 소맥피를 이용하여 산화생분해 필름을 개발하였다. 이 중에서 소맥피를 이용한 필름의 인장강도 및 신율이 가장 우수하였다. 또한 산화생분해제, 지방산 등을 적용하여 제조한 소맥피 필름의 생분해도를 45일간 측정된 결과 셀룰로오스 대비 51.5%의 생분해를 나타내어 올해초 시행된 국제환경규제 규격기준인 ASTM D 6494를 기준으로 제정한 UAE D 5009의 기준에도 적합하여 향후 국내 산업화 추진 및 해외수출이 용이할 것으로 기대된다.

감사

본 논문은 2013년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원, 경기도 기술개발사업의 사업비지원(과제번호 C111115) 및 농림수산식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 313030-3)으로 수행되었습니다.

References

- Guillet, J. E., "Polymers and Ecological Problems," Baum, B., and White, R. A. (eds.), Plenum Press, New York, 1973, pp. 45-60.
- Brown, D. T., "Plastic Waste Management," Mustafa, N. (ed.), Marcel Dekker Inc., New York, 1993, pp. 1-35.
- Garcia, C., Hernandez, T., and Costa, F., "Comparison of Humic Acids Derived from City Refuse with More Developed Humic Acids," *Soil Sci. Plant. Nutr.*, **38**, 339-346 (1992).
- Huang, J. C., Shetty, A. S., and Wang, M. S., "Biodegradable Plastics, A Review," *Adv. Polym. Technol.*, **10**, 23-30 (1990).
- Bloembergen, S., David, J., Geyer, D., Gustafson, A., Snook, J., and Narayan, R., "Biodegradation and Composting Studies of Polymeric Materials. In: Biodegradable Plastics and Polymers," Doi, Y., and Fukuda, K. (eds.). Osaka, 1993, pp. 601-609.
- Doane, W. M., "USDA Research on Starch-based Biodegradable Plastics," *Starch*, **44**, 292-295 (1992).
- Scott, G., "Photo-biodegradable Plastics: Their Role in the Protection of the Environment," *Polym. Degrad. Stabil.*, **29**, 135-154 (1990).
- Albertsson, A. C., Barenstedt, C., and Karlsson, S., "Susceptibility of Enhanced Environmentally Degradable Polyethylene to Thermal and Photo-oxidation," *Polym. Degrad. Stabil.*, **37**, 163-171 (1992).
- Lee, S. I., Sur, S. H., Hong, K. M., Shin, Y. S., Jang, S. H., and Shin, B. Y., "A Study on the Properties of Fully Biophotodegradable Composite Film," *J. Int. Industrial Technol.*, **29**, 129-134 (2001).
- Chung, M. S., Lee, W. H., You, Y. S., Kim, H. Y., and Park, K. M., "Manufacturing Multi-Degradable Food Packaging Films and Their Degradability," *Korean J. Food Sci. Technol.*, **35**(5), 877-883 (2003).
- Lee, W. K., "Carbon Dioxide-reducible Biodegradable Polymers," *Clean Technol.*, **17**(3), 191-200 (2011).
- Jang, S. H., "A Study on Morphology and Mechanical Properties of Biodegradable Polymer Nanocomposites," *Clean Technol.*, **19**(4), 401-409 (2013).
- KFDA. Food Codes, Korean Food and Drug Administration, Seoul, Korea, 2001, pp. 28-60.
- ASTM D 6866-10, "Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis," USA (2010).
- ASTM D 6954-04, "Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation," USA (2004).
- ASTM D 5208-01, "Standard Practice for Fluorescent Ultraviolet (UV) Exposure of Photodegradable Plastics," USA (2001).