The Latest Technology Trends in Eco-friendly Packaging Materials

친환경 포장 소재의 최신 기술 동향

Writer

유영선

(사)한국바이오소재패키징협회 회장 /
가톨릭대학교 생명공학과 교수

Contents

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 본론
1. 친환경 소재의 종류
2. 바이오 플라스틱 소재 종류 및 특징
3. 친환경 소재, 바이오 플라스틱 연구개발 동향
Ⅲ. 향후 해결과제 및 전망

Ⅰ. 서론

전 세계적으로 환경에 대한 관심 증가, 이산화탄소 저감, 지구 온난화 문제 등이 보다 중요시되면서, 기존 규제 일변도 정책, 생분해 플라스틱 중심으로 빠르게 분해가 되는 소재로 진행되고 있던 친환경 포장 소재에 대한 패러다임이 변화되고 있다.
이에 바이오 플라스틱에 대한 관심이 증가되고, 그중에서도 탄소 중립(Carbon neutral)형 식물체 바이오매스 소재 사용이 중요시되고 있고, 친환경 소재 중 바이오매스를 적용한 바이오 플라스틱, 친환경 포장재 및 천연물 소재를 적용한 제품은 소비자들의 환경에 대한 이슈와 연결되어 국내 포장재 산업의 새로운 활로가 될 것으로 기대된다. 이를 위해서는 비교적 초기 단계에 있는 국내 친환경 소재를 적용한 포장재 기술에 대해 기업, 대학, 연구기관 등에서 활발한 연구 및 산업화 노력이 이루어져야 할 것으로 보인다.
본고에서는 글로벌 규제, 정부 차원에서 추진하는 방안의 실현 가능성, 실현 가능 시기, 생분해 플라스틱의 장단점 등은 논외로 하고, 바이오 플라스틱 포장재를 중심으로 하여 적용이 가능한 친환경 포장 소재에 한정하여 논하기로 한다.

Ⅱ. 본론

특히 신종 코로나바이러스감염증(코비드-19)이 지속되는 상

[표 1] 바이오매스 종류 및 특징

구분	육상 식물		수중 식물
	곡물계	목질계	
종류	옥수수, 대두, 감자, 쌀 등 전분계열	나무, 종이, 펄프 등 셀룰로오스	대형조류, 해조류, 해양 미생물 등
수확 시기	1~2회 / 년	1회 / 6~8년	4~6회 / 년
생산량(ton/ha)	180	9	565
CO_2 고정화 능력(ton/ha)	5~10	4.6	36.7
활용 공정	간편	복잡(리그닌 제거 등)	간편
단점	식량 문제	산림 파손	수분 제거 공정
생육환경	햇빛, 수분, CO_2, 토양, 양분	햇빛, 수분, CO_2, 토양, 양분	햇빛, 수분, CO_2, 양분
기후 의존성	높음	높음	낮음

황에서 배달용품, 일회용품 등 플라스틱 사용량 급증에 따라 포장재 관련 폐플라스틱 처리 문제가 연일 부각되고 있어, 이에 대한 대책 마련을 위해 일각에서는 일회용품 사용량 줄이기의 일환으로 다회용품의 사용을 권장하지만 여전히 많은 곳에서는 일회용품을 사용하거나 필요로 하고 있다.

이러한 환경에 대한 관심과 일회용품에 대한 필요가 결합되어 친환경 소재, 바이오 플라스틱 등을 적용한 환경 친화형 제품에 대한 관심이 증가되고 있고, 특히 포장재의 경우 전체 시장 규모의 절반을 넘고, 대부분 일회용으로 사용되는 비중이 높기 때문에 친환경 포장 소재에 대한 관심, 개발 및 산업화가 절실한 시점으로 생각된다.

1. 친환경 소재의 종류

바이오매스, 바이오 플라스틱 등의 적용이 가능한 친환경 포장 소재는 크게 식물체 유래 천연물, 생분해 소재를 구분할 수 있고, 이를 적용한 바이오 플라스틱의 범주는 생분해, 산화생분해, 바이오베이스 플라스틱 및 천연물 자체를 이용한 제품으로 구분을 하고 있다.

특히 플라스틱 사용량을 줄이고 종이, 식물체 바이오매스 등으로 대체한 세제 포장, 식품 포장, 화장품 포장 등의 산업화 속도가 빨라지고 있다. 이러한 플라스틱을 종이, 바이오 베이스 플라스틱 등 식물자원으로 대체한 제품은 플라스틱 감량 및 탄소 중립(Carbon neutral)형 식물체 바이오매스를 사용하는 두 가지 효과를 가지고 있다.

이 중에서 바이오매스(biomass)는 생명체(bio)와 덩어리(mass)를 결합시킨 용어로 “양적 생물자원”이란 개념을 말하는데, 일반적으로 대기 중의 이산화탄소가 광합성에 의해 고정된 사탕수수, 옥수수, 임산물 등 식물자원, 미생물 대사산물, 클로렐라(chlorella), 스피룰리나(spirurina) 등 미생물 및 해조류를 총칭한다.

[표 2] 바이오 플라스틱 소재 종류 및 특성

구분	바이오 플라스틱					
	생분해 플라스틱		산화생분해 플라스틱	바이오베이스 플라스틱		천연 고분자
	천연물 계열	합성수지계열		결합형	중합형	
바이오매스함량	50(일본)-70%↑	일부 적용	일부 적용	인증기준: 20-25% 이상		90% 이상
사용원료	천연물, 미생물계	석유유래 원료 중합 합성	생분해촉매제, 식물체 바이오매스 등	천연물-고분자결합	천연물-단량체중합	종이, 펄프, 해조류, 식물체 부산물(농업, 임업 등), 담자균류 등
종류	PLA, TPS, PHA, AP, CA 등	PBS, PES, PVA, PCL, PBAT 등	Oxo bio PE, Oxo bio PP, Oxo bio PA 등	Bio PE, PioPP, Bio PET, Bio PA 등		
규격기준	ISO 14885, EN 13432, KSMISO 14855, ASTM D 6400 등		ASTM D 6954, UAE S5009 등	ASTM D 6866, CEN/TR 15932 등		-
장점	생분해 우수, 탄소저감 우수		분해기간 조절 가능, 물성 우수	탄소저감 우수, 강도 우수		탄소저감 우수, 생분해 우수
단점	고가, 물성저하, 내수성 취약, 유통 중 분해가능		산화분해 필요 (열 UV 등)	생분해 속도가 느림, 강도, 내수성 문제 가능성		물성저하, 내수성 취약, 유통 중 분해가능
시험분석	생분해(미생물)		산화분해 후, 생분해	유기탄소 정량		유기탄소 정량
생분해여부	최종 생분해			난분해(비분해)		생분해
생분해시험	6개월 이내 : 90%↑, 45일 이내 : 60%		6개월 이내 : 60%↑	-		6개월 이내 : 90%↑, 45일 이내 : 60%
플라스틱 사용여부	10% 이내 사용	O	베이스레진으로 사용			-
재활용 여부	어려움 / 수거시스템 필요		가능			가능(해리 등 필요)
원료 가격	4.0~6.5$		2.5~3.0$	2.5~3.0$	4.0~5.0$	-
주요 적용지역	유럽, 미국 등		동남아, 중동, 유럽 등	미국, 유럽, 아시아 등		-

현행 산업화된 제품과 미래에 새롭게 개발될 제품에 적용되는 친환경 소재는 가장 많이 사용되는 셀룰로오스 계열인 종이, 펄프가 있고, 전분 계열로는 옥수수 전분, 밀 전분, 쌀 전분 등이 있고 옥수수유, 대두유, 기타 식물유가 있다. 수중 바이오매스 자원으로는 조류, 대형 해조류, 그 외 해초와 해양 미생물 등이 있다. 또한 추수되지 않거나 상업적인 유통이 어려운 식물체인 줄기나 이파리 등 농업 작물찌꺼기도 적용이 가능한데 옥수수대, 밀짚, 볏짚, 사탕수수 부산물 등이 있다. 임업 폐기물로는 미리 솎아내고 죽은 나무를 제거하는 등의 수림 관리 작업에 의해 만들어지는 것뿐만 아니라 상업용의 침엽수, 활엽수 중 벌채되지 않았거나 벌목장에서 제외된 수림이 포함된다. 도시 쓰레기로

는 주거, 상업, 산업용의 이미 소비된 쓰레기로서 폐지, 판지, 폐가구, 작업장 쓰레기, 플라스틱 폐기물 등이 있다. 식물체 바이오매스 가공 과정에 걸쳐서 생겨나는 공정 폐기물로 총칭되는 부산물과 폐수가 있다. 예를 들면 제품이나 종이 제조 공정 부산물, 목재 처리 과정에서 생겨나는 톱밥, 나무껍질, 가지, 이파리 등이 있다. 최근에는 무한자원에 속하는 단년생 작물, 해조류, 산업 부산물을 사용하는 경우가 많고, 식용자원인 전분을 사용하는 것보다 비식용계 유기성 폐자원을 이용한 연구개발이 매우 활발하다.
이들 적용 가능 바이오매스를 [표 1]에 정리해 보았다.

2. 바이오 플라스틱 소재 종류 및 특징

바이오 플라스틱 소재 종류를 구분하고, 각 소재의 바이오매스의 함량, 사용 원료 및 종류, 주요 특징, 분해기작, 분해기간, 기존 난분해 고분자의 사용 여부를 [표 2]에 나타냈다.

2-1. 생분해 플라스틱

생분해 플라스틱은 ISO 14855, EN13432, KSM ISO 14855-1 등 관련 규격기준에 의하면 시험환경은 퇴비화 조건, 58±2℃, pH 7.0~9.0, 수분 70% 이상, 미생물 활동 저해 가스 없는 밀폐된 환경 등에서 미생물에 의해 분해되면서 시험물질의 탄소가 표준물질인 입경 20㎛ 이하 TLC grade 셀룰로오스 분말과 비교하여 이산화탄소로 전환되는 속도 및 전환율이 90% 이상 되어야 한다. 이는 자연환경과는 전혀 다른 퇴비 조건이라고 볼 수 있기 때문에 생분해 플라스틱을 자연환경에 6개월 이상 노출시킨다고 해도 미생물, 수분, 온도 등의 조건이 생분해 관련 규격 기준과는 너무 상이하기 때문에 생분해가 이루어지기는 어렵다고 알려져 있다.
다만 미생물에 의한 생분해는 매우 느리게 진행되지만, 산소, UV 등에 의한 산화분해는 진행이 되기 때문에 유통 중 조기 생분해 가능성, 물성 및 생산성 약화, 수분에 취약, 재활용 어려움 등의 문제점이 알려져 있기 때문에 주로 수거 및 회수 재활용이 어려운 분야, 조기 생분해 우려가 적은 일회용품 분야에 주로 적용이 되고 있다. 이러한 생분해 플라스틱은 물성, 생산성 문제를 극복하기 위하여 천연물계인 PLA(Poly Lactic Acid), TPS(Thermo Plastic Starch), CA(Cellulose Acetate) 등과 화학합성계인 PBS(Poly butylene succinate), PVA(Poly vinyl alcohol), PCL(Poly caprolactone), PBAT(Polybutylene adipate-co-terephthalate) 등과 혼합하여 사용하는 경우가 많다.

2-1-1. 천연물계 생분해 플라스틱

천연 고분자를 원료로 하는 생분해 플라스틱 소재 및 제품은 목질계 cellulose, hemicellulose, pectin 및 lignin류, 저장 탄수화물인 전분을 이용한 PLA(Poly lactic acid), TPS(thermo plastic starch) 등이 있고, 새우, 게 등의 껍질을 포함한 chitin질을 기초로 한 동물 유래의 것들이 있으며, 미생물 생산 고분자(microbial biopolymer)로는 PHA(poly hydroxyalkanoate), PHB(poly-β-hydroxybutyrate), PHV(poly-β-hydrolyvalerate), 이들의 공중합체인 PHB/PHV 등의 poly-alkanoates가 있다. 또한 해조류 추출물, 가식성 필름, 가식성 용기, 펄프 몰드 등 천연물 포장 제품도 천연물계 생분해 플라스틱 범주에 포함된다.

2-1-2. 화학합성계 생분해 플라스틱

화학 합성하여 얻는 생분해 플라스틱에는 PEU(Poly ester urethane), PGA(Ploy glycolic acid), PBT(Poly butylene terephthalate), PBS(Poly butylene succinate), PCL(Poly caprolactone), PBAT(Poly butylene adipate-co-terephthalate) 지방족 폴리에스터 등이 있으며, 이는 미생물 생산 고분자보다 생산이 비교적 수월하고 기존 플라스틱과 제조공정, 물성 및 응용분야가 유사하므로 산업화 가능성이 다른 생분해 플라스틱보다 높은 편이다. 단량체 중합형 플라스틱은 석유계 플라스틱과 생산공정이 유사하여 기존 플라스틱 생산기술을 활용할 수 있으므로 많은 석유화학기업 및 바이오 관련 기업에서 연구개발 및 사업화가 활발히 진행되고 있다.

2-2. 산화생분해 플라스틱

산화생분해 플라스틱은 고가인 기존 생분해 제품의 응용성 및 생산성 저하 문제, 광분해 제품의 최종 생분해가 어려운 점 등의 단점을 보완할 수 있고, 기존의 양산설비를 그대로 사용하여 설비에 대한 부담이 적은 장점 등의 이유로 최근 전 세계적으로 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다.

산화생분해 플라스틱은 기존 범용 플라스틱에 바이오매스, 산화생분해제, 상용화제, 생분해 촉진제, 자동산화제 등을 첨가하여 제품을 제조한다. 산화생분해 플라스틱은 열, 빛, 미생물, 효소, 화학 반응 등의 복합적 작용에 분해가 촉진된다. 산화생분해 플라스틱은 기존 생붕괴성, 생/광분해, 화학분해 등을 포함하는 개념으로, 기존 생붕괴성, 생광분해의 단점으로 지적된 완전 분해까지 분해기간을 1~5년으로 단축하기 위해 최근 분해 촉진제를 사용하며, 최종 생분해 기간 제어가 가능한 신개념 분해성 플라스틱이다. 현재 그 물성, 원가, 분해 기간 조절의 장점 등이 부각되어 연구 개발 및 산업용품, 화장품, 발효식품, 생활용품 등 유통기한이 2-3년 이상인 제품에 적용이 되고 있다. 특히 동남아시아 등 고온다습한 아열대 기후처럼 6개월 생분해 제품은 유통 중에 분해 가능성이 높고, 사막기후인 중동지역에 적용이 적합할 수 있는 특징이 있다.

2-3. 바이오 베이스 플라스틱

최근 탄소 중립형 식물체 바이오매스 유래 물질을 일정량 적용한 바이오 베이스 플라스틱은 탄소 중립, 지구온난화 관련 이슈가 있고, 기존 6개월 생분해 플라스틱의 물성 문제, 계면활성제 등 투과 문제, 내유성, 내수성, 유통 중 분해 가능성 등의 물성 유지 문제를 극복할 수 있는 장점이 있어 다양한 분야에 산업화가 진행되고 있다. 바이오 베이스 플라스틱은 바이오매스와 기존 난분해성 플라스틱을 중합하거나 가교 결합하는 방식으로 제품을 생산한다. 바이오 베이스 플라스틱은 분해성에 초점을 두지 않고 탄소 중립형 바이오매스를 적용하여 이산화탄소 저감을 통한 지구온난화 방지를 강조하고 있다. 바이오 베이스 플라스틱은 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장되고 있고, 적용하는 전분 등 식량자원의 사용에 대한 문제점의 대안으로 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수껍질, 사탕수수, 팜 부산물 등 풍부한 비식용계 부산물 자원을 원료 소재로 사용하고 있고, 물성이 우수하여 산업용품, 자동차, 건축, 토목, 포장재, 농원예 등의 다양한 분야까지 적용할 수 있는 장점이 있다.

2-4. 천연물 소재

천연물 소재를 이용한 제품은 종이 및 펄프 이용 제품이 대부분이었고, 전분, 해조류 추출물 등을 이용한 가식성 필름 분야 등 일부 분야에서 산업화가 이루어졌다. 최근에는 그 적용 제품 분야가 확대되어 가고 있는 추세이다. 최근 개발 및 산업화가 이루어지고 있는 천연물 제품은 식물체의 전분, 셀룰로오스 및 그 부산물을 물리화학적 방법으로 개질하여 사용하는 제품이고, 전분 등의 발포 특성을 이용하여 단열성을 부여한 제품도 있다. 기존에 존재하는 제품은 주로 종이, 펄프를 이용한 제품, 소시지 포장 등으로 가식성 필름을 사용하는 것이 주류를 이루었으나, 최근에는 식물체를 고압으로 압축 성형한 제품, 식용 전분을 이용하여 사용 후 먹을 수 있는 포장, 해조류 추출물인 풀루란, 알긴산 등을 이용한 다양한 가식성 필름 및 수용성 필름 분야 등으로 점차 확대되고 있는 추세이다.

3. 친환경 소재, 바이오 플라스틱 연구개발 동향

기존 친환경 소재로 생분해 플라스틱, 셀룰로오스 및 전분 등 천연물 소재 이용 제품은 인장강도, 신장률 등의 낮은 물리적 특성 및 가공성이 취약한 점, 내수성 및 내유성 문제, 유통기간 중 생분해 방지를 위한 최종 생분해 기간의 연장 필요성, 기존 제품 대체 및 응용분야 확대 지연, 범용 플라스틱 대비하여 지나치게 높은 가격, 재활용의 어려움 등이 문제시되었으나, 이 같은 문제를 보완한 제품의 연구개발이 활발하다. 또한 바이오 플라스틱의 산업적 활용 분야에는 기존 난분해 플라스틱에 식물제 바이오매스, 산화생분해제 등을 첨가하여 가공성, 내충격성 등의 물성을 개량한 제품, 천연물 자체를 이용한 제품들이 속속 출시되고 있다. 이러한 제품들은 기존 플라스틱의 물성, 가공성, 경제성, 친환경성 측면에서 매우 우수한 장점이 있다.

3-1. 국내 바이오 플라스틱 연구개발 동향

우리나라의 바이오 플라스틱 기술에 대한 연구는 선진국 수준에는 현저히 못 미치는 것으로 평가되어, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요하다. 또한 우리나라의 생분해성 제품 관련 규격기준인 KSM ISO 14855-1 등에서 생분해율은 6개월 이내 표준물질 대비 90%로, 미국과 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격하여 생분해 원천기술을 확보가 미흡한 국내 기업은 대부분 채산성이 맞지 않아 사업을 중단하고 있는 실정이다. 이에 따라 과거에 종량제 봉투의 국내 규격 기준을 완화하여, 생분해성 물질을 30% 첨가한 생붕괴성 플라스틱 규격 기준을 마련하고, 이를 종량제 봉투에 적용하였으나 인장, 신장 등 물성이 약하고, 생산성이 부족하여 현재는 사업화되지 않고 있다.

바이오 플라스틱의 기술 개발 및 실용화를 위해 초창기 국내에서는 SKC, 대상, SK케미칼, 롯데케미칼, 한화, 이래화학, 새한 등이 참여하여 왔다. 최근에는 기존 대기업 및 참여업체 등이 협소한 시장규모, 해외에 비하여 너무 높은 생분해 제품 관련 환경마크 인증규격 문제, 바이오매스 제품 원천기술 개발 미흡 등으로 인한 사업 보류, 중단, 인수/합병 등에 의해 많이 정비되어 현재 대량생산 및 상품화 단계의 대기업은 SK케미칼, 롯데케미칼, SKC 정도로 판단되고, 관련 기사에 따르면 CJ에서 PHA, SK지오센트릭에서 PBAT, BGF에코바이오에서 발포 PLA, 삼양사에서 이소소르

비드를 추진한다고 하지만 아직 대량 산업화 단계에는 미치지 못하였거나, 미미한 물량을 소화하고 있는 수준으로 보인다. 바이오 플라스틱 제품을 취급하고 있는 업체는 기술력 기반의 중소기업 위주로 산업화가 되고 있는 실정이다.

국내 연구개발 동향을 살펴보기 위하여 한국과학기술정보연구원의 NTIS에서 2022년 8월 13일 키워드 검색을 한 결과, 키워드를 친환경 소재로 검색한 결과는 3,205건으로 2022년 34건, 2021년 708건, 2020년 636건, 2019년 1,178건 등이었다.

또한 키워드를 친환경 & 포장으로 검색한 결과는 1,054건이었는데 포장시스템, 콘크리이트 포장 등이 포함되어 있어, 다시 소재를 키워드로 결과 내 검색을 한 결과 392건으로 친환경 소재 연구 및 친환경 소재 이용 포장 관련으로 많은 연구가 이루어져 있었다. 기타 단일 키워드 검색 결과 PLA 1,377건, PLA & 포장 102건, 셀룰로오스 2,082건, 셀룰로오스 & 포장 126건, 바이오매스 6,475건, 바이오매스 & 포장 275건, 전분 2,735건, 전분 & 포장 245건, 생분해 2,672건, 생분해 & 포장 219건, 그 외 PHA 1,338건, PBAT 97건 등으로 대단히 많은 연구개발이 이루어진 것으로 파악된다.

3-2. 해외 바이오 플라스틱 연구개발 동향

미국, 일본을 비롯한 유럽 각국에서는 바이오베이스 플라스틱 소재, 생분해 소재 개발을 위주로 하여 사업화를 추진하고 있다. 제품으로는 쇼핑백, 쓰레기 봉투, 진공성형 제품, 사출품, 농업용 필름, 완충재, 다층 필름, 기능성 필름 등의 다양한 용도의 바이오 플라스틱 관련 제품 실용화 개발 및 판매가 이루어지고 있다. 개발된 원료 소재는 천연물 및 생분해 관련으로 전분, 셀룰로오스, PLA, PCL, PHB, 지방족폴리에스테르, PGA, PBS, PBAT 등이 개발 사업화되고 있고, 산화생분해 계열로도 많은 개발 및 사업화가 진행되고 있다. 바이오 베이스 플라스틱 계열은 Bio PE, Bio PA, Bio PET, Bio PP 등이 있다. 원료 소재의 개발 및 산업화 국가는 미국, 독일, 영국, 이탈리아, 벨기에, 네덜란드, 스위, 일본 등이 많은데, 최근 중국의 약진이 눈에 띄고 있는데, JINHUI PBAT, HISUN PLA, TUNHE는 PLA, PBS, PBAT, PCL 등의 대량 생산 및 사업화를 활발하게 추진하고 있는 실정이다.

Ⅲ. 향후 해결과제 및 전망

전 세계적 문제점으로 대두된 기후변화, 지구온난화 및 화석연료 고갈의 주요 해결책 중 하나로, 바이오화학 산업이 급격히 성장하고 있으며 바이오 플라스틱과 같은 친환경 바이오 소재의 중요성이 점차 강조되고 있지만, 바이오 플라스틱 분야의 시장은 아직까지 석유계 플라스틱 시장에 비해 규모는 작다. 하지만, 현재 지속적으로 생산 및 수요가 증가하고 있으며 향후 기술 및 시장 측면에서 급격한 성장이 예상되어 시장 잠재력 및 성장성이 무한한 산업이라고 할 수 있다. 특히 포장재 분야는 그 범위가 넓고, 포장속의 내용물이 워낙 다양하기 때문에 특정한 소재만을 적용하여 광범위한 포장재에 적용하는 것은 불가능에 가깝기 때문에 내용물에 따라 친환경 포장 소재를 차별화하여 적용하는 방향으로 연구개발 및 산업화를 추진하는 것을 고려해야 할 것으로 생각된다. 어떤 소재든, 적용 제품분야든

100%, 단기간 내에 전체에 적용하는 급격한 변화를 유도하는 경우에는 현실적으로 적용이 어려운 측면, 혼란 야기 등의 문제점 발생소지가 있다. 기존 대안이라는 생분해 플라스틱 역시, 제품 물성, 생산성, 가격경쟁력 측면에서 어려움이 있고, 100%를 강조하기 보다는 바이오매스 함량이 25% 이상을 대체하여 이산화탄소를 저감하는 바이오 베이스 플라스틱, 점진적으로 플라스틱 사용량을 대체하는 단계적 추진 방법이 적합할 것으로 생각된다. 그동안 대한민국은 바이오 플라스틱, 친환경 소재 관련 연구개발 과제에 막대한 자금을 쏟아부었지만 개발 결과물이 산업화되지 못하고 사장되어 근간이 되는 소재가 대부분 수입산을 사용해야만 하는 실정이다. 이에 정부 연구개발 과제는 반드시 정부 지원금의 50% 이상을 산업화를 해야 하는 의무 조건을 부여하여, 그동안 수많은 개발 제품이 산업화되지 않고 사장되어도 아무런 영향을 받지 않고 또 다른 소재 연구개발을 추진하는 등 연구를 위한 연구가 되어 버리는 문제점을 개선시켜야 하는 의견을 제시하여 본다.

끝으로 지면 관계상 다루지 못하였지만, 향후 국내 및 해외에 다양한 품목에 분야에서 적용되는 친환경 소재 및 산업화된 다양한 제품을 소개할 수 있는 기회 및 친환경 포장 관련 시장에서 소위 그린워싱 제품 문제 및 자연환경에서 생분해 등 과학적 근거가 부족한 과대광고 등의 문제를 다룰 수 있게 되기를 희망한다. PW

〈참고 문헌〉.

1. Brown, D. T. “Plastic Waste Management,” Mustafa, N. (ed.) pp. 1–35. Marcel Dekker Inc., New York (1993).
2. Guillet, J. E., “Polymers and Ecological Problems,” Baum, B. and White, R.A. (eds.), Plenum Press, New York, pp. 45–60 (1973)
3. Chung, M. S., Lee, W. H., You, T. S., Kim, H. Y. and Park, K. M., “Manufacturing Multi-Degradable Food Packaging Films and Their Degradability,” Korean J. Food Sci. Technol., 35(5), pp. 877–883 (2003)
4. Huag JH, Shetty AS and Wang MS,. Biodegradable plastics, A review. Adv. Polym. Tech., 10, 23–30, 1990.
5. Doane, W. M., “USDA research on starch-based biodegradable plastics,” Starch, 44, 292–295, 1992.
6. You, Y. S., Oh, Y. S., Kim, U. S., Choi, S. W., “National Certification Marks and Standardization Trends for Biodegradable, Oxo-biodegradable, Bio based Plastics”, Clean Technology. in press.
7. Lee JW., "bio-plastics”, KISTI Market Report, 1(1), 24–27, 2011.
8. Korea National Environmen tal Technology Information Center(KONETIC)., market analysis report (2007. 11. 19)
9. You YS., 2014 The present and future of eco-friendly bio-plastics industry., the Monthly PACKAGING WORLD., 02, 102–105, 2014.
10. Biz service center for Global Environmental Regulation(COMPASS), analysis report No BSC Report 130–14–003, 2014.
11. KIST, Convergence Research Review, Vol 5. no. 12. 1–27, 2019
12. You YS., Trend of Eco-Packaging Technology, The Monthly PACKAGING WORLD., 201, 118–128, 2010.
13. Korean bio material packaging association, Available from: http://www.biopack.or.kr, Accessed August. 12, 2022
14. SMTECH “ Technology roadmap for SME 2021~2013, Available from: http://smroadmap.smtech.go.kr/s0402/file_down/page/1/target/roadmap_strategy/pid/2550” Accessed August. 13, 2022