CLEAN TECHNOLOGY, Vol. 21, No. 1, March 2015, pp. 1~11

총 설

생분해, 산화생분해, 바이오 베이스 플라스틱의 세계 주요 국가 인증마크 및 규격기준 동향

유영선, 오유성†, 김운수‡, 최성욱*

가톨릭대학교 생명공학전공
4420-743 경기 부천시 원미구 지봉로 43
†(주)바이오소재
420-743 경기 부천시 원미구 지봉로 43
‡(주)포텍
718-813 경북 칠곡군 약목면 교리 463-6

(2015년 1월 21일 접수; 2015년 3월 4일 수정본 접수; 2015년 3월 4일 채택)

National Certification Marks and Standardization Trends for Biodegradable, Oxo-biodegradable and Bio based Plastics

Young-Sun You, You-Sung Oh†, Un-Su Kim‡, 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
‡Poetech Co. Ltd.
463-6 Gyo-ri, Yakmok-myeon, Chilgok-gun, Gyoengbuk 718-813, Korea

(Received for review January 21, 2015; Revision received March 4, 2015; Accepted March 4, 2015)

요 약

최근 환경문제를 해결하기 위하여, 생분해, 산화생분해, 바이오베이스 등 바이오 플라스틱에 대한 산업적인 관심이 증가되고 있다. 기존의 중요한 문제로 지적된 낮은 기계적물성과 비싼 제조 비용 문제는 해결되고 있다. 석유 유래 플라스틱의 대안으로서 바이오플라스틱은 다양한 제품으로 개발되어 적용되고 있다. 바이오플라스틱의 활발한 보급을 위해서, 각국은 인증 마크와 표준 제도를 운영하고 있다. 본 총설에서는 최근의 상업적 및 국제 인증 마크에 대한 최근의 동향을 살펴보고자 한다.

주제어 : 생분해 플라스틱, 산화생분해 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱, 국제규격, 인증마크

Abstract : To address recent environmental pollution, bio plastics such as biodegradable, oxo-biodegradable, and bio-based plastics have attracted much attention in a variety of industrial fields. The critical disadvantages of the weak mechanical strength and expensive product cost were gradually solved by extensive researches. As an alternative for petroleum-based plastics, the bio plastics have been applied to various items. To popularize the bio plastics, certification marks and technical standardization have been developed in the world. This article provide an over view on the recent trend on the commercialization and national certification marks.

Keywords : Biodegradable plastics, Bio based plastics, Oxo-biodegradable plastics, International standardization, Certification mark

1. 서 론

인류의 가장 큰 선물이라는 플라스틱은 요즘 들어 각종 폐기물 등의 소각이나 매립에 따른 환경호르몬 누출, 다이옥신 검출, 폐기물의 불완전 연소에 의한 대기오염 발생 등과 같은 심각한 환경오염의 원인으로 지목되었다. 이러한 플라스틱 폐기물의 문제를 해결하기 위하여, 제품 제조 및 사용시에는 플

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail: choisw@catholic.ac.kr http://cleantech.or.kr/ct/

doi: 10.7464/ksct.2015.21.1.001 pISSN 1598-9712 eISSN 2288-0690

라스틱 고유의 장점을 그대로 유지하고, 폐기시에는 이산화탄소 발생을 감소시킬 수 있는 바이오 플라스틱에 대한 연구가 활발한 상황이다[1-4]. 대표적인 바이오 플라스틱인 생분해 플라스틱은 내열성, 물성. 가격적인 측면에서 약점이 있는데, 최근에는 이러한 생분해 플라스틱의 단점을 극복한 다양한 바이오 플라스틱 제품이 출시되고 있다. 전 세계 각국에서 기존 플라스틱과 비슷한 물성과 가격경쟁력을 갖고, 인체에 무해하면서도 재활용이 용이한 바이오 플라스틱 제품 개발에 박차를 가하고 있다.

또한 이산화탄소 저감, 자연계에서 분해되어 환경 부하가 적게 되는 대체품 연구 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 그러한 연구결과로 상당수의 생분해 플라스틱(biodegradable plastics), 산화생분해 플라스틱(oxo-biodegradable plastics), 탄소저감형 바이오 베이스 플라스틱(bio based plastics) 등의 친환경 고분자 물질이 출시되었다. Figure 1은 바이오 플라스틱의 적용 상품을 보여준다[5-8]. 전 세계적인 친환경에 대한 시장의 요구와, 기업의 연구개발 속도에 힘입어, 바이오 플라스틱은 금세기 초 세계 플라스틱 시장의 1~5%를 차지하는 수준이었으나, 2016년 이후에는 10% 이상을 점유하는 산업으로 성장할 것으로 전망된다. 특히 산화생분해, 바이오 베이스 플라스틱의 약진으로 그 시장은 예상보다 훨씬 빨리 성장할 가능성이 매우 높다[9,10].

이러한 친환경 바이오 플라스틱의 보급을 원활하게 하기 위하여 세계 각국에서는 난분해 플라스틱에 대한 사용 규제와 더불어 바이오 플라스틱의 식별표시제도를 운영하였다. 이런 식별표시제도는 소비자들이 기존 제품과 구별하기 쉽게 하기 위한 목적으로 만들어졌으며, 국가별로 적용하는 기준이 차이가 있는 경우가 많아, 일부의 경우에는 규격기준 및 식별표시제도의 국가간 교차인증을 하는 제도를 시행하고 있다. 인체 무해성, 재활용성, 생분해, 탄소저감, 에너지 저감형, 환경경영인증, 친환경 농산물, 친환경 건축물 인증 등으로 다양한 규격기준 및 인증제도가 운영되고 있다[11,12].

이에 본 고에서는 이러한 식별표시제도와 규격기준에 대해 생분해 플라스틱, 산화생분해 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱을 중심으로 정리하였다.

2. 바이오 플라스틱

2.1. 바이오 플라스틱의 종류 및 특징

원료, 분해 작용, 생산방법에 따라 바이오 플라스틱은 생분해 플라스틱, 산화생분해 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱으로 나눌 수 있으며, 각각의 특징을 Table 1에 정리하였다[13-19]. 바이오 플라스틱을 규격기준에 따라 분류를 한다면 생분해 플라스틱은 표준물질인 셀룰로오스 대비 6개월에 90% 이

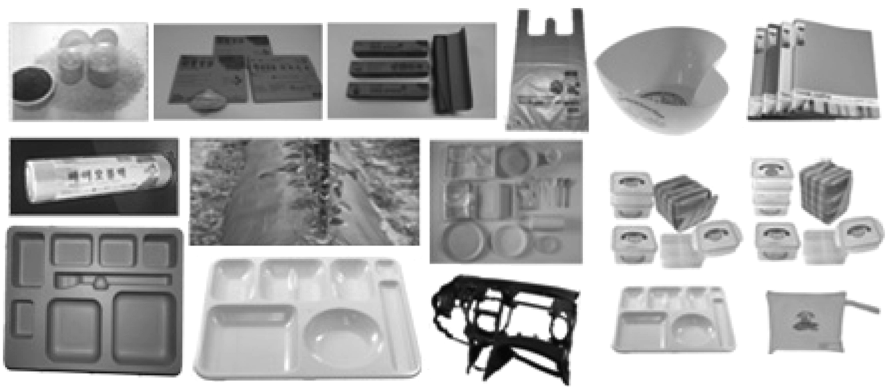

Figure 1. Various products prepared from bio plastics[12].

Table 1. Features of various types of bio plastics

Division	Bio-plastics				
	Biodegradable plastics		Oxo-Biodegradable plastics	Bio-based plastics	
	Natural systems	Petroleum Base		Combined	Polymerized
Biomass content	More than 50-70%	-	-	More than 20-25%	
Variety	PLA, TPS, PHA, AP, CA etc.	PBS, PES, PVA, PCL, PBAT etc.	Oxo-PE, Oxo-PP, Oxo-PA etc.	Bio-PE, Bio-PP, Bio-PET, Bio-PA etc.	
Standard	ISO 14855, ASTM D 6400, EN13432, KS M 3100-1, etc.		ASTM D 6954, UAE S 5009, KBMPOBP-001, SPCR 141, etc.	ASTM D 6866, etc.	
Degradation mechanisms	Microbial degradation		Microbial degradation following oxidative degradation	-	
Biodegradation period	Within 6 months 90%, Within 45 days 60%		36 months or less Within 6 months 60%	-	

상, 산화생분해 플라스틱은 셀룰로오스 대비 36개월에 90% 이상이 분해되어야 하며, 바이오 베이스 플라스틱은 분해기간과는 상관없이 바이오매스 함량을 측정하여 분류한다.

2.2. 바이오 플라스틱의 종류 및 특징

2.2.1. 생분해 플라스틱

생분해 플라스틱은 바이오매스로부터 전처리 및 당화과정을 거쳐 당을 제조하고, 이를 발효과정을 통해 고분자 단량체(monomer)를 생산하고 이 단량체를 중합하는 방식과 석유화학 유래물질을 이용하여 제조하는 방식의 두 종류가 있다. 대표적인 생분해 플라스틱으로는 PLA (poly lactic acid), TPS (thermo plastic starch), 미생물 생산 고분자(microbial biopolymer)인 PHA (polyhydroxyalkanoate), PHB (poly-β-hydroxybutyrate), PHV(poly-β-hydrolyvalerate) 및 이들의 공중합체인 PHB/PHV 등의 poly-alkanoates가 있다. 또한 단량체를 화학 합성하여 얻는 바이오 플라스틱에는 지방족 폴리에스터, PCL (polycaprolactone), PGA(poly-glycolic acid) 등이 있다.

2.2.2. 산화생분해 플라스틱

산화생분해 플라스틱은 기존 범용 플라스틱에 바이오매스, 산화생분해제, 상용화제, 생분해 촉진제, 자동산화제 등을 첨가하여 제조한다. 분해는 열, 광, 미생물, 효소, 화학 반응 등의 복합적 작용으로 인해 진행된다. 산화생분해 플라스틱은 기존 생붕괴성, 생/광분해, 화학분해 등을 포함하는 개념으로, 기존 생붕괴성, 생광분해의 단점으로 지적된 완전분해기간을 1~5년으로 단축하기 위해 분해 촉진제를 사용하며, 최종 생분해 기간을 제어할 수 있다는 장점을 갖는다[13-15].

2.2.3. 바이오 베이스 플라스틱

최근 산업화가 급속히 진행되고 있는 바이오 베이스 플라스틱은 사탕수수와 같은 바이오매스에서 당화과정을 거쳐 단량체를 생산하고 이 단량체를 중합하는 방식의 중합형 바이오 베이스 플라스틱과 이런 중합형 바이오 베이스나 생분해 플라스틱 또는 바이오매스를 가소화한 물질에 기존 난분해성 플라스틱을 가교결합 시키는 결합형 바이오 베이스 플라스틱이 있다. 바이오 베이스 플라스틱은 분해성에 초점을 두지 않고 탄소중립형 바이오매스를 일부 또는 전부 적용하여 이산화탄소 저감을 통한 지구온난화 방지를 강조하고 있다. 바이오 베이스 플라스틱은 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용범위가 확장되고 있고, 식량자원의 사용에 대한 문제점을 해결하기 위해 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수 껍질 등 풍부한 비 식용 부산물 자원을 바이오 플라스틱 원료 소재로 사용하고 있다. 최근 산업용품, 자동차, 건축, 토목, 매립형 제품, 및 포장재 분야까지 적용 분야가 급속도로 확대 되고 있다[16-18].

대표적인 제품이 Bio-PE, Bio-PET로 원천 소재는 석유화학 유래 원료가 아닌 사탕수수, 옥수수 등 식물체 바이오매스를 일부 또는 전부를 적용하고 있다. 이들은 분해기간이 정해져 있지 않아 난분해 플라스틱으로 분류되기 때문에, 바이오 베이스 플라스틱이란 용어보다 바이오매스 유래 난분해 플라스틱이라고 명명하기도 한다. 특히 PBAT (poly butylene adipate-co-terephatalate), PBS (poly butylene succinate), PCL (poly-caprolactone) 등 석유화학 유래 생분해 플라스틱은 유기탄소를 함유하지 않아 바이오 베이스 플라스틱으로 인정받지 못하고 있다.

3. 바이오 플라스틱의 식별표시 제도

친환경 제품의 확대보급과 소비자들이 쉽게 기존 석유유래 난분해 플라스틱 제품과 바이오 플라스틱 제품을 구분하게 할 수 있도록 세계 각국에는 여러 가지 표준안과 로고를 사용하고 있다. 생분해 플라스틱은 이러한 식별표시제도를 1979년 독일에서 처음 시행하여 가장 오래되었고, 그 이후에 다양한 국가에서 시행하고 있다. 바이오 베이스 플라스틱과 산화생분해 플라스틱은 그 역사가 짧아서, 인증제도를 시행하고 있는 국가가 생분해 플라스틱인증에 비해 적은 편이지만 빠른 속도로 확산되고 있다.

현재 바이오 플라스틱의 국제간 유통을 원활하게 할 수 있도록 하고, 보급을 촉진하기 위하여 각국의 식별 표시 제도를 국제적으로 표준화하려는 움직임이 있다. 생분해 플라스틱의 경우, 미국-독일(2000년 11월), 일본-독일(2001년 3월), 일본-미국(2001년 4월)의 2개국 간의 각서를 체결하였다. 다음에 상호 인증을 위하여 미국, 독일, 및 일본 3개국 간에 각국의 식별 표시 제도에 통합성을 부여하기 위하여 협력하는 협정에 조인하였으나 활성화되어 있지 않다(2001년 12월). 각국의 생분해 플라스틱 인증 제도의 차이는 다음과 같다. 일본의 규격 기준에서는 '생분해'에 머무르는 반면, 미국 및 독일에서는 '퇴비성'이라는 표현을 사용한다. 즉 일본은 미국과 독일에는 없는 환경 안전성(분해물 안정성 경구 독성 환경 독성)을 제정하였으나, 퇴비화 과정에 있어 붕괴성과 퇴비 품질에 관한 기준이 없는 것이다. 이는 사회적인 기반 시설인 퇴비화 시설의 정비가 일본에서는 늦어지고 있음을 반영한다. 일본 생분해 플라스틱 연구회(BPS)는 그린 프라(グリンプラ) 식별 표시 제도의 국제 통합성을 중요한 과제로 책정하고, 반드시 합의에 이르기를 바라고 있다. BPS는 그린프라 식별표시제도가 ISO에서 국제 표준화되고, 일본 내에서도 JIS화를 목표로 하고 있으나 활성화되지 못하고 있다[11].

3.1. 생분해 플라스틱

생분해 플라스틱의 식별표시 제도로 에코마크를 부여하고 있다. 이는 소비자가 환경 부하가 적은 친환경 플라스틱과 일반 플라스틱과 식별할 수 있게 하는 제도이다. 환경마크 제도는 1979년 독일에서 처음 시행되어 현재 일본, 캐나다, 유럽연합(EU), 싱가폴, 인도 등 30여개 국가에서 실시되고 있다. 아시아에는 한국의 '환경마크', 일본의 '그린 프라', 북미에는 캐나다의 'Environmental Choice', 미국의 'Compostable Logo', 유럽에는 벨기에의 'OK Compost', 독일의 'DIN CERTO', 핀란드의 'Apple Core' 등의 친환경 플라스틱 식별 표시 제도가

Figure 2. Certification marks of biodegradable plastics.

있다. 현재 미국의 BPI (international bio-degradable products institute), 독일의 DIN CERTO 및 일본의 BPS(생분해 플라스틱 연구회)라는 인증기관 사이에 협정을 체결하여, 인정 기준의 국제적 통합에 대한 논의를 진행하고 있다. 최종적으로는 국제 표준 기구(international standard organization, ISO)에서의 국제적 통합성이 요구된다.

한편 처음의 생분해 플라스틱 인증은 산업용 Compostable 인증이었는데, 2003년 벨기에에서 처음으로 가정용 Compostable 인증을 시작했다. 가정용 Compostable 인증은 플라스틱 포장재 및 폐기물들을 상업적으로 퇴비화하는 대신에, 인증마크가 붙은 포장재나 폐기물들을 가정용 퇴비화통에 모아서 퇴비화를 시킬 수 있게 하는 인증이다. 이 가정용 Compostable 인증은 유럽과 미국을 중심으로 활발하게 운영되고 있다. Figure 2는 주요국가의 생분해 플라스틱 인증마크를 보여주고 있다.

3.1.1. 독일

1979년 전 세계적으로 가장 먼저 식별 표시 제도를 운영한 독일은 EU 13432(포장 자재의 퇴비성에 관한 시험 계획 및 규격)를 바탕으로 한 DIN EN 13432를 규격기준을 제정했다. DIN CERTCO는 규격기준에 따라 퇴비화 가능(kompostierbar)에 대한 심사를 진행하고, 심사를 통과한 인증 제품은 로고와 마크를 부착하여 일반 플라스틱 제품과 구별할 수 있게 했다[11]. DIN CERTCO는 2012년부터 기존의 산업용 퇴비화 인증과 벨기에의 The OK Compost Home 인증을 토대로, 가정용 퇴비화 인증인 the DIN-Geprüft Home Compostable를 제정하여 운영하고 있다. 하지만 유럽연합(EU)과 벨기에의 인증이 있어서 넓게 보급되지는 못하고 있는 실정이다.

3.1.2. 유럽연합(EU)

The international biodegradable polymers association and working groups (IBAW)에서 설립한 European Bioplastics에서는 2012년 독일의 DIN CERTCO, 벨기에의 Vincotte와 협의를 통해 유럽연합에서 통용할 생분해 플라스틱 인증인 the seedling logo를 제정하였다. 이 인증은 독일, 네덜란드, 스위스, 폴란드, 영국 등에서 사용이 되며, 상호협약을 맺은 Vincotte의 OK Compost 인증과 지역을 할당하여 시행을 하고 있다.

3.1.3. 벨기에

벨기에의 Vincotte는 EN 13432를 기준으로 하여 The OK Compost라는 식별마크를 1995년부터 시행하고 있다. The OK Compost마크는 European Bioplastics의 Seedling logo와 더불어 유럽에서 가장 많이 사용하는 인증이다. Vincotte의 가정용 퇴비화 인증인 The OK Compost Home은 2003년 전세계에서 처음으로 시행이 됐으며, 기존 산업용 퇴비화와 다르게 가정에서 퇴비화할 수 있다는 것을 장점으로 하여 현재는 전 유럽과 북미에서 활발하게 통용되는 인증이다.

3.1.4. 미국

미국은 1989년 ASTM D 6400을 인증 기준으로 하는 제도를 발족했다. 인증 및 로고 발행 기관은 BPS (biodegradable product institute)와 USCC (U. S. compost council)이다. Compostable까지 추진하는 것이 특징이며 주로 코팅용지와 천연물계열의 제품을 다루고 있다. 미국의 퇴비화 인증마크는 주로 미국과 캐나다에서 사용된다. 이 밖에 시애틀, 워싱턴 등지의 퇴비회사들이 운영하는 Cedar Grove에서도 Composting logo 인증을 부여하고 있는데, full-scale testing을 진행하여 위의 BPS와 USCC에서 발행하는 인증보다 인증발행이 수월하지 않다.

3.1.5. 한국

KSM 3100-1을 인증기준으로 하여 1992년 6월부터 시행하고 있다. 환경부와 한국환경산업기술원이 담당 운영하고 있다. 바이오매스 기반 생분해 플라스틱 70% 이상이라는 기준은 외국과 동일하지만, 추가적으로 플라스틱 이외의 고분자를 사용해야 단서 조항이 있는 것이 특징이다[11].

3.1.6. 일본

그린프라 식별 표시 제도는 생분해 플라스틱 제품의 제품구성, 생분해, 환경 안전성의 기준을 만족하는 플라스틱 제품에 생분해 플라스틱 제품으로, 심벌 마크, 로그의 사용을 인증하고, 등록을 명시하여 다른 일반플라스틱 제품과 식별하는 제도이다. 바이오매스 기반 생분해 레진 사용량이 50% 이상으로 다른 국가의 70% 이상보다 약간 완화를 한 특징이 있다[11].

3.1.7. 기타

이 밖에도 세계 각국에서는 ASTM D6400, ASTM D6868, EN 13432를 기준으로 하여 생분해 플라스틱 인증을 제정하여 시행하고 있다. 오스트레일리아와 뉴질랜드에 위치한 australasian bioplastics association (ABA)는 Australian seedling logo를 운영하고 있으며, 이탈리아의 consorzio italiano compostatori (CIC)는 EN 13432를 기준으로 한 CIC logo를 시행하고 있으며, 스웨덴은 스웨덴 국립시험연구협회 SITAC (service industries training advisory council)에서 생분해 플라스틱의 퇴비화 인증인 SP's logo for biodegradable products를 운영하고 있다.

Figure 3. Certification marks of oxo-biodegradable plastics.

3.2. 산화생분해 플라스틱

산화생분해 플라스틱은 십 수년 전부터 다양한 연구개발이 이루어져, 생분해 플라스틱의 단점인 빠른 생분해 특성과 낮은 물성, 내열성 및 내한성과 가격경쟁력 부족 등을 보완하려는 움직임이 활발하였다. 산화생분해 관련한 규격기준인 ASTM D6954: 2004에서 산화생분해의 정의 및 시험방법 등이 규정되었으나[20], 최종 생분해 기간이 명시되지 않아 그 기준이 애매한 측면이 있어 국제적으로 인정을 받지 못하고 있었다.

그러나 최근 United arab emirates (UAE)에서 산화생분해 관련 규격기준인 UAE standard 5009:2009 (standard & specification for oxo-biodegradation of plastic bags and other disposable plastic objets)를 제정하였고[21], 2014년 1월 1일부터 전면 시행하여 산화생분해 포장재 및 제품만 UAE 역내 수입 및 유통을 허용하고 비분해 포장재 사용을 금지하면서 다시금 산화생분해 플라스틱이 재조명되고 있다[22].

UAE외에도 미국, 영국, 스웨덴, 싱가폴, 한국 등은 산화생분해 규격기준을 마련하여 시행 중에 있으며, 프랑스, 이탈리아, 파키스탄, 인도 등은 관련 기준 마련을 준비하고 있다. 현재 시행중인 산화생분해 플라스틱 인증라벨을 Figure 3에 나타내었다.

3.2.1. UAE

UAE는 환경보호를 위해 2009년부터 관련 법안제정작업을 시작하여 2012년 1월부터 일회용품, 쓰레기 봉투에 대해 규제를 시행 선포한 이후, 2014년 1월 1일부터는 거의 전 분야에 속하는 15개 적용 분야(Table 2)를 선정하였다. 일반 플라스틱을 사용한 포장재, 일회용품, 생활용품 등의 UAE 역내 수입 및 유통을 전면 금지하고, 산화생분해 플라스틱을 사용한 제품만을 허용하고 있어 전 세계의 주목을 받고 있다.

UAE 역내에 제품을 판매 및 유통을 하려면 일반 플라스틱 제품의 경우 벌금을 내야 하고, 그렇지 않으면 산화생분해 플라스틱 제품을 적용하여야 한다. 관련 법안은 UAE minister Desision No118에 의해 발효되고, UAE S 5009:2009 기준에 의해 ECAS (emirates conformity assessment system)에 인증 등록하여 제품을 의무적으로 등록하여야 하고, 또한 Figure 3의 인증라벨을 표시하여야 한다. 현재까지 UAE에 산화 생분해 원료 첨가제 제조업체는 Table 3과 같으며[22], 현재 등록된 회사는 8개이고, 한국에서는 (주)바이오소재가 세계 9번째로 신청하여 심사가 진행 중이다.

Table 2. List of items selected in UAE

No	Items
1	All carrier bags (Including shopping bags, garbage bags, garment bags, and any disposable bags)
2	Courier and security bags
3	Mailing order bags (Magazines and newspapers bags)
4	Disposable cutlery such as plastic plate and plastic cups
5	Bubble wrap & cushioning packaging
6	Plastic wrap
7	Overwrap packaging
8	Stretch film
9	Cling flm
10	Shrink film
11	Plastic liner for cartons
12	Personal care products made of plastic materials such as gloves, shoe covers, aprons and any disposable personal care products
13	Plastic bags for seedlings
14	Polyethylene sheets in rolls such as table covers
15	Bags used packaging bread, nuts, sweets and all bakery items

Table 3. Manufacturers registered in UAE

No	Company
1	Symphony Environmental Technologies Plc
2	Wells Plastic Ltd
3	Willow Ridge Plastics Bin Hilal Enterprises
4	REDA INDUSTRIAL MATERIALS
5	EnerPlastics L.L.C.
6	KAUKAWALA GENERAL TRADING FZC.
7	ADD-X BIOTECH (Sweden)
8	Rakha Al-Khaleej International L.L.C
9	Bio Polymer Co., Ltd. (Korea)

UAE S 5009:2009의 산화생분해 플라스틱은 단계별 시험을 실시하여 1단계 산화분해 시험을 통해 무생물적 분해 여부를 측정하며, 기계적 강도 5% 이하, 분자량 감소 5,000 Dalton 이하, 무생물적 분해 후 겔(gel) 잔사 함량 5% 이하, 중금속 함량 기준치 이하 여부를 측정한 다음, 2단계로 ISO14855에 따른 호기적 생분해 시험을 하여 6개월 내에 60%의 유기탄소가 이산화탄소를 전환되어야 한다[20-23]. 이러한 시험 데이터 등을 첨부하여 UAE에 등록을 의무화하고 있으며, 등록을 하지 않는 사용불가 물질 사용시 과태료로 30,000 UAE 디르함(약 8,220달러)을 부과하는 것으로 알려져 있으며, 여러 가지 품목을 수출하는 경우 거액의 과태료를 부과하고 있어 강력한 국제 무역장벽으로 작용하고 있는 실정이다[11,21].

3.2.2. 영국

영국의 산화생분해 플라스틱 협회인 OPA (oxo-biodegradable plastics association)는 미국의 ASTM D6954에 기반을 둔 영국 자체 표준인 BS 8472를 제정하여 산화생분해 플라스틱에 대한 인증제도를 시행하고 있다. BS 8472는 ASTM D6954와 같이 3단계의 시험방법으로 나눠서 진행을 하며, 1단계는 산화분해, 2단계는 ISO 17556방법의 생분해 시험, 3단계는 Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test인 OECD 208에 따른 시험으로 이루어져 있다.

BD 8472의 특이점은 ASTM D 6954 등 다른 규격기준과 달리 산화분해에 의한 분자량 감소에 대해 정량화하지 않고, ISO 4892-3의 전처리 이후 시료를 엄지와 검지에 끼운 후 비벼서 분해를 측정하는 등 정성적인 분석을 하는데 있으며. 시험방법에 대한 정량적인 통과 또는 실패의 기준 역시 없다[24].

3.2.3. 스웨덴

스웨덴 SITAC (SP technical research institute of sweden)는 2010년부터 자체 표준인 SPCR141을 기준으로 산화생분해 플라스틱 인증인 SP인증을 부여하기 시작했다. SPCR141 역시 미국의 ASTM D 6954를 기준으로 하여 제정이 되었으며, UAE S 5009와도 유사하다. 여타 산화생분해 인증과 마찬가지로 3개의 Tier로 나누어 시험을 진행하며, 다른 인증과는 통과기준에서 약간의 차이가 있다. 분자량 시험의 경우 10,000 Dalton, 겔 잔사의 경우 10%, 생분해 테스트는 ISO 14852방식으로 24개월에 60% 이상 등 UAE의 산화생분해 인증보다는 범위가 넓은 편이다. 3단계에서는 OECD 208에 기반을 둔 SP method 4149법에 의해 잔류물의 식물성장독성 테스트를 진행한다[25].

3.2.4. 미국

미국의 시험분석기관인 Biosystems America에서 ASTM D 6954를 표준으로 산화생분해 플라스틱 인증을 부여하고 있다. 현재 인증로고가 없는 상태로 HandwrapIV사의 스트레치 필름(stretch films), ProlifeTM사의 상품명 Genesys®의 스트레치 필름, Wells plastics 사의 상품명 Reverte의 LDPE 필름의 3가지 제품에 대한 인증만 부여한 상태이다[26].

3.2.5. 싱가폴

싱가폴의 환경위원회(singapore environment council)의 the singapore green labeling scheme (SGLS)은 산화생분해 플라스틱 제품에 singapore green label을 부여한다. SGLS은 새로운 표준을 만들지는 않았지만 기존의 시험방법을 이용하여 인증을 발급하고 있다. SGLS 역시 다른 인증들과 유사하게 산화분해 테스트를 진행하며, 분자량 1만 dalton 이하, 기계적 강도 5% 이하, 겔 잔사 5% 미만으로 규정하고 있다. 또한 중금속 함량도 UAE S 5009와 같은 방식으로 시험을 진행하며, 환경독성테스트는 스웨덴의 SPCR141처럼 OECD 208법을 따른다. 이 인증의 특이한 점은 생분해 테스트를 생략하는 데 있다. SGLS는 일반적으로 알려진 바와 같이 분자량 1만 dalton 이하의 고분자는 미생물에 의해 분해가 되기 때문에 따로 생분해 테스트를 진행하지 않는다고 한다[27].

3.2.6. 한국

한국의 (사)한국바이오소재패키징협회(KBMP)의 경우 2014년 자체 산화생분해 플라스틱 인증시험방법인 KBMP D oxo-001을 제정하고 이를 따르는 인증표준안인 KBMP OBP-001을 마련하였다. KBMP OBP-001역시 다른 나라의 인증들과 같이 ASTM D 6954를 기준으로 하여 UAE S 5009 등의 방식을 포함한 표준이다. 한국의 산화생분해 플라스틱 인증의 큰 특징은 산화분해 플라스틱 인증인 KBMP ODP-001를 보유하고 있다는 점이다.

일반적으로 산화생분해 첨가제를 사용하여 물성과 가격, 특히 투명도를 기존 난분해 플라스틱과 유사하게 제조하기 위해서는 KBMP OBP-001의 45일 이내 30% 생분해의 기준을 맞출 수 없다. 따라서 산화생분해 첨가제를 사용하여 최종단계에서 생분해 되는 제품에 KBMP OBP-001의 인증을 사용할 수 없는 문제가 발생하며, 이를 해결하기 위하여 KBMP는 산화생분해 첨가제를 사용하되 생분해 기준을 KBMP OBP-001에 맞출 수 없는 제품에 한하여 산화분해 인증을 부여하고 있다[12].

3.3. 바이오 베이스 플라스틱

세계적으로 생분해 플라스틱보다는 이산화탄소 저감에 중점을 두고 있는 바이오 베이스 플라스틱으로 그 패러다임이 변화하고 산업화가 빠르게 진행되고 있다. 이에 따라 미국에서는 바이오매스 함량 시험방법인 ASTM D 6866을 제정하여[28], 세계적으로 가장 빠른 2002년부터 미국 농무성 및 BMA를 중심으로 바이오 베이스 제품에 대한 인증라벨을 운영하고 있다. 이어서 미국의 ASTM D 6866 방법의 기준으로 2006년 일본, 2009년 벨기에, 2010년 독일, 2011년 한국에서 바이오 베이스 플라스틱에 대한 인증라벨을 제정 운영하고 있다. 이러한 추세는 매우 빠르게 각국으로 확산이 될 전망이다[11].

3.3.1. 미국

2002년 미국 농무성(USDA)을 중심으로 농업법(farm security and rural investment act of 2002) 개정으로 바이오 제품 우선조달 프로그램이 시행되면서 세계 최초로 BMA (bio based manufactures association)을 통하여 바이오 베이스 인증라벨을 시행하기 시작하였다. 미국의 경우 바이오매스 함량별로 인증라벨을 부여하다가, 최근에는 구체적인 바이오매스 함량을 표기하고 있으며, 용기, 뚜껑 및 그 제품의 포장재의 바이오매스 함량까지 별도로 인증라벨에 표기하고 있다[11].

3.3.2. 일본

BP 마크 표시제도는 2006년부터 바이오매스 사용량 25% 이상 제품을 대상으로 (사)일본바이오플라스틱협회(JBPA)에서 BP마크를 부여하고 있다. 특징적인 것은 다른 국가는 바이오 베이스 제품(biobased product)이란 용어를 사용하는데,

일본은 다른 국가들과는 달리 바이오매스 플라스틱(Biomass plastics)이란 용어를 사용하고 있다. 일본의 경우 일본유기자원협회를 통한 유사개념의 인증라벨이 있는데, 바이오매스 사용량의 하한선을 지정하지 않고 있는 특징이 있다[11].

3.3.3. 벨기에

벨기에의 Vincotte는 2009년부터 바이오매스 20% 이상 함유된 제품을 기준으로 그 함량에 따른 별도의 OK biobased란 인증 라벨을 운영하고 있다. OK biobased 인증은 바이오매스 함량별로 20~40%, 40~60%, 60~80%, 80% 이상의 4단계에 나눠서 운영을 하고 있다[11].

3.3.4. 독일

독일은 미국 시험기준 ASTM D 6866 및 자체 시험기준 CEN/TR 15932에 의한 규격 및 “BIOBASED” 인증라벨을 운영하고 있으며 벨기에와 마찬가지로 바이오매스 20% 이상 함유된 제품에 인증을 부여하고 있다[11].

3.3.5. 한국

한국의 KBMP는 2010년 하반기부터 약 1년간 바이오매스를 적용한 포장재, 제품에 인증 로고를 시험 운영하여 왔다. 대상 제품도 비닐 필름 제품, 사출품, 식품용기, 생활용품 등 바이오매스를 적용한 다양한 제품에 인증로고를 부여하고 유통중 크레임, 인장강도, 신장률 등 물성 저하, 인체무해성 등 여러 항목을 체크하였다. 그 관련 기업도 미니스탑, 아모레퍼시픽, 스타벅스, 에뛰드, 농협, KBMP 회원사 제품 등 다양한 업체, 다양한 제품을 적용하여 문제가 없음을 확인하였다.

이후 KBMP는 미국 시험기준 ASTM D 6866, 자체 시험기준 KBMP 0107 및 유기물 TGA 분석을 통하여 바이오매스 25% 이상 함유 제품과 투명 발포제품의 경우에는 바이오매스 15% 이상 제품에 “BIOBASED” 인증라벨을 운영하고 있으며, 인증라벨 표시 방법은 뚜껑, 용기, 제품 포장재를 대상으로 각각 별도 운영하고 있다. 현재 KBMP의 BP라벨은 SK케미칼, 에이유, 콘프라테크, 롯데케미칼, 바이오소재연구소, 앤투앤, SH글로벌, 보스팩, 삼박, 태승테크, 에코마스터, 중원, 대원포장산업, 비피코리아, 일신웰스, 세화피앤씨, (주)바이오소재 등 24개사에서 보유하고 있으며 지속적으로 증가 추세이다.

또한 한국환경산업기술원에서는 2013년 2월 25일 개정 고시하여 바이오매스 합성수지 제품에 환경표지를 부여하기 시작하였다. 이는 환경 인증 확대의지를 보여준 것으로 매우 바람직한 현상으로 보여진다. 다만 전분, 셀룰로오스, 목분 등의 천연 고분자 사용제품은 제외하고 있으며, 성형원료의 전과정 단계에서 “탄소배출량은 화석연료로부터 제조한 원료보다 낮아야 한다”라는 조항 등이 있어, 국제 표준 규격과는 조금 다른 기준을 적용하고 있다[11].

4. 바이오 플라스틱 시험 규격 및 방법

바이오 플라스틱 시험규격 및 방법에 대해 생분해, 산화생분해, 바이오 베이스 플라스틱으로 구분하여 Table 4에 나타내었다[12,20-28].

Table 4. Test methods of bio plastics

Division	Biodegradable plastics	Oxo-biodegradable plastics	Bio-based plastics
Organization - Test method - Geographical value	**European Bioplastics** - EN 13432, ASTM D 6400, etc. - Germany, Netherland, Switzerland, Poland and the UK **Vinçotte** - EN 13432 - Belgium, France, Italy, Spain and the UK **DIN CERTCO** - EN 13432, ASTM D 6400, EN 14995, ISO 17088 and AS 4736 **BPI** - ASTM D 6400 and ASTM D 6868 - USA and Canada **JBPA** - Green PLA certification scheme - Japan **ABA** - AS 4736 - Australia and New Zealand Etc.	**ESMA** - UAE S 5009 - UAE **OPA** - BS8472 - The UK **SITIC** - SPCR 141 - Sweden **Biosystems America** - ASTM D 6954 - USA **SGLS** - ASTM D 5208, EN 13432, OECD 207 - Singapore **KBMP** - KBMP OBP-001 - Korea	**USDA** - ASTM D 6866 - USA **JBPA** - ASTM D 6866 - Japan **Vincotte** - ASTM D 6866 - Belgium **DIN CERTCO** - CEN/TR 15932, ASTM D 6866 - Germany **KBMP** - KBMP 0107, ASTM D 6866 - Korea

4.1. 생분해 플라스틱

1990년대 후반 ISO TC61의 SC5에서 생분해 고분자에 대한 논의가 활발히 이루어져 ISO에서도 활성 오니 및 퇴비화 조건에서의 호기적 생분해도 측정방법을 도입하여 규격화 운영하고 있다. 플라스틱 물질을 수계 호기적 배양액에서 생분해도를 측정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 산소소비량 측정)인 ISO 14851, 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으로 생분해도를 측정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 이산화탄소 발생량 측정)인 ISO 14852, 플라스틱 물질을 제어된 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법(이산화탄소 발생량을 측정)인 ISO 14855 등이 생분해 시험법으로 인정되고 있으며, 그 중에서도 “ISO 14855”[18]가 가장 널리 사용되고 있다.

ISO 14855를 기준으로 각국에서 관련 기준을 만들어 운영하고 있는데, 미국 ASTM D 5338, 유럽 EN 13432, 한국 KSM 3100-1, 중국 GBT 19277, 일본 JIS K 6953이 있다. 이들은 모두 ISO 14855와 같이 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법이다. 상기 시험방법은 생분해도 시험방법을 규정한 것이며, 생분해 플라스틱 제품에 대한 시험기간, 분해도 등 인증기준은 아래와 같이 국가별로 차이가 있다. 한

국은 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해, 미국은 6개월 이내, 기준물질 대비 60% 이상 분해, EU는 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해, 일본과 독일은 6개월 이내, 절대치 대비 60% 이상 분해이다.

4.2. 산화생분해 플라스틱

산화생분해 플라스틱의 분해도는 일차적으로 자연 상태에서 플라스틱의 원료인 폴리머보다는 충전된 물질(전분 등)이 분해되는 정도를 파악하게 되는데, 사용방법으로는 충전된 전분이나 폴리카프로락탐(PCL) 등의 바이오매스 함량을 여러 실험 장치를 이용하여 직접 정성적・정량적으로 분석하는 방법이 있으며, 생분해 플라스틱과 같은 미생물학적인 방법이 적용될 수도 있다. 플라스틱 내에 충전된 전분의 정량적 분석 방법으로는 열중량분석(thermo gravimetric analysis, TGA)이나 Spectrophotometer를 사용하는 방법과 FT-IR을 이용하여 전분 특유의 Carbohydrate peak로부터 분석하는 방법 등이 있다. 또한 분자량 감소율을 측정하여 미생물에 의한 분해 가능 여부를 추론한다. 최종적인 미생물에 의한 분해성 시험은 생분해 분해 방법과 동일한 방법으로 측정한다.

미국은 산화생분해 규격 및 시험방법인 ASTM D 6954를 제정하여 적용하고 있다. 이는 열분해, 광분해 및 생분해에 의한 분해 반응, 고분자 물성 관련한 기준을 마련하였는데 그 시험방법은 1단계에서는 20~70도에서 열분해, 산화분해, UV에 의한 광화학분해에 의한 분자량 감소 및 유기화합물로 붕괴되는 것을 시험하고, 2단계에서는 생분해에 의한 이산화탄소 발생량 시험, 3단계에서 독성시험을 하게 되어 있다.

최근 UAE 규격기준은 UAE S 5009:2009로써 여러 가지 국제 규격기준을 토대로 만들어 졌는데, ISO 14851(수계배양액의 호기적 생분해-폐쇄 호흡계 산소소모량), ISO 14852(수계배양액의 호기적 생분해-발생 이산화탄소량 측정), ISO 14855-1(콤포스트 조건내 호기성적 생분해도 및 붕괴도-발생 이산화탄소량 측정), ISO 14855-2(생분해), ASTM D 6954(산화생분해), ASTM D 883(플라스틱 관련 학술 용어정의) 및 BS 8472 (Non toxicity, ASTM D6954유사-영국 표준협회)의 기준을 근거로 제정되었다.

요약하면 생분해가 어려운 사막기후인 UAE는 열 및 UV를 통한 산화생분해를 기본으로 하고 있으며, 먼저 UAE 기후조건에서 산화분해가 되고 이후 산화분해된 파티클은 물, 이산화탄소 및 바이오매스로 분해가 되어야 하고 있고, 물성 감소, 분자량 감소, 중금속 관련 규정 등 상세한 측정방법, 기준까지도 망라하고 있다. Table 5에 현재 사용 중인 산화생분해 플라스틱의 규격기준의 차이점을 간략하게 정리하였다[12,24-27].

4.3. 바이오 베이스 플라스틱

2002년부터 미국 농무성(USDA) 주관으로 시작한 베이오 베이스 플라스틱 중 바이오매스 함량을 측정하는 방법으로 세계적으로 미국 ASTM D6866 시험기준이 가장 널리 사용이 되고 있다. ASTM D6866은 탄소화합물 중의 탄소의 극히 일부에 포함된 방사성 동위원소인 14C의 조성비를 측정하는 방법으로 방사성탄소 측정방법에 대해 규정한다.

본 가정은 14C, 즉 탄소의 방사성 동위원소가 일단 더 이상 생명 유기체의 구성성분이 아니게 되면 반감기가 5,730년이

Table 5. Requirements and standards for oxo-degradable plastics

Division	Oxidative degradation	Degradation	Environmental safety
ASTM D 6954 (USA)	Material characteristics: - 5% or less elongation at break - Average molecular weight of 5,000 or less	Biodegradation: - 60% for homopolymers - 90% for heteropolymers Disintegration: Not included	Heavy metals: The untreated material may not exceed the heavy metal limits as prescribed by the EPA Toxicity: No requirements
UAE.S 5009 (UAE)	Material characteristics: - 5% or less elongation at break - Average molecular weight of < 5,000 - Gel fraction of < 5% within 4 weeks	Biodegradation: - 60% biodegradation within 6 months Disintegration: Not included	Heavy metals: The untreated material may not exceed the heavy metal limits as prescribed by EN 13432 Toxicity: Not included
BS 8472 (The UK)	Material characteristics: Material must break or fragment after embrittlement testing	Biodegradation: No requirements Disintegration: Not included	Heavy metals: Not included Toxicity: No requirements
SPCR 141 (Sweden)	Material characteristics: - 5% or less elongation at break - Average molecular weight of < 10,000 - Gel fraction of < 10% within 4 weeks in case of thermal peroxidation at 70℃	Biodegradation: - 60% for homopolymers - 90% for heteropolymers within 24 months Disintegration: - 90% disintegration within 24 months	Heavy metals: The untreated material may not exceed the heavy metal limits as prescribed by EN 13432 Toxicity: 90% germination and biomass yield with plants compared to the control
KBMP OBP-001 (Korea)	Material characteristics: - 5% or less elongation at break - Average molecular weight of < 5,000 - Gel fraction of < 5% - Whether to generate Carbonyl Group - Biomass contents >25% *can choose 1 of gel, carbonyl, biomass.	Biodegradation: - 30% biodegradation within 45days Disintegration: Not included	Heavy metals: The untreated material may not exceed the heavy metal limits as prescribed by EPA Toxicity: Not included

라는 것이다. 이것은 14C가 완전히 붕괴했기 때문에 더 이상 화석 연료에는 14C가 남아있지 않다는 것을 의미한다. 반면, 나무와 같은 최근의 바이오매스에는 14C 일부분이 여전히 남아있다. 사실상, 생물기원 물질은 14C를 포함하지 않는 화석 연료와 같은 다른 물질과 쉽게 구분될 수 있는 충분히 특징적인 양의 14C를 포함한다고 말할 수 있다. 바이오매스의 14C의 양은 잘 알려져 있기 때문에 생물 기원 탄소의 비율은 시료 중의 총 탄소의 양을 이용하여 쉽게 산정할 수 있다. 이 방법은 기체, 액체, 고체 연료를 포함하는 어떤 유형의 혼합 연료에도 적용될 수 있다. 그러나 실제로 ASTM D6866 방법으로 시험분석을 할 수 있는 분석 기관이 극히 한정되어 있는 단점이 있어, TGA 방법으로 유기물 측정을 하는 방법 등을 병행하고 있는 실정이다. 향후, 보다 간편하고 여러 시험 분석기관에서 분석을 할 수 있는 시험방법의 개발이 필요한 실정이다.

5. 난분해성 플라스틱 사용에 대한 국내외 규제현황

2002년 2월 4일에 공포된 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률(법률 제 6653호)의 개정 법률” 취지에서와 같이, 폐기물을 생산 단계에서부터 억제하기 위해 포장 재질 및 포장 방법에 대한 기준과 일회용품 사용 억제를 강화하는 것이 전체적인 추세이며, 대중음식점이나 대형 유통 판매업소 등에서 사용하는 일회용품에 관한 규제도 점차 강화되고 있다. 플라스틱에 관련된 환경 법규는 이미 20년 전인 1979년에 발효되어 폐합성수지의 수거, 처리, 비용분담 등에 관한 사항을규정하고 국민과 정부, 사업자의 역할을 각각 부여하였다. 이 법에 따라 합성수지 분담금 제도가 처음으로 시행되었으며 한국자원재생공사(현재 한국환경자원공사)가 농촌의 폐비닐과 농약병을 수거하는 업무를 전담하기 위해 설립되었다.[29]

합성수지 재질 포장재의 사용량을 줄이기 위해서 생산량에 대비하여, 청과, 축산, 수산물의 받침접시는 ‘03년 10%, ‘05년 20%, ‘07년 25% 이상으로 매년 사용량을 줄였으며, 계란 난좌는 ‘03년 60%, ‘05년 70%, ‘07년 80% 이상으로 사용량을 규제하였다. 면류 용기를 합성수지가 아닌 재질로 대체 의무부과를 ‘3년 20%, ‘05년 30%, ‘07년 35% 이상으로 하여 가시적인 성과를 냈다.

다른 나라에서도 이미 일회용 봉투나 스치로폼으로 만든 도시락 용기 등의 사용을 규제하고 있으며 플라스틱의 폐기 처리에 관한 문제 때문에 각국에서는 쇼핑백, 플라스틱제 병에 생분해를 의무화하는 국가가 증가하고 있다[30].

미국에서는 Minnesota, Florida, Maine 등 3개 주에서 난분해성 플라스틱의 사용을 규제 중이며 New York, Pennsylvania, Wisconsin 등 3개 주에서 실시검토를 하고 있다. 뉴욕의 경우 2013년부터 스티로폼 용기 제조 및 사용을 규제하는 법안을 마련하여 2015년 7월부터 전면 시행에 들어가며, 캘리포니아주의 경우 2014년부터 일회용 비닐봉투 사용을 금지하였다.

멕시코는 최근 고체쓰레기에 대한 법률을 제정하여 일반 플라스틱 봉지 생산 시 최소 10% 이상의 재생원료를 사용하도록 의무화하였으며, 2009년 8월 19일부터 무료로 플라스틱 비닐봉지를 제공하는 것을 금지하였다. 생분해 플라스틱 비닐봉지의 경우 아직은 사용할 것을 권고하는 개정안만 공포된 상태이다[12].

일본의 경우 1991년 재활용법을 제정하여 사업자, 공급자가 기본적으로 원료의 재사용을 표시하고 분해가 쉬운 재질사용을 규정하였으며, 2000년부터 분해성 플라스틱을 제외한 모든 플라스틱의 재활용을 의무화 했다[29,30].

독일의 Kassel, Bonn 등 다수의 지자체의 경우 난분해성 플라스틱 소재 일회용품에 kg당 3DM의 폐기물세를 부과하였다. 또한 지방정부에서 일회용품 사용억제를 위해 지방소비세, 패스트푸드 포장세를 부과하기도 한다[12].

이탈리아의 경우 쇼핑백과 플라스틱 병에 분해성 플라스틱 사용을 1999년부터 의무화하였고, 2011년부터 일반 비닐봉투 사용을 전면 금지시켰다. 벨기에, 덴마크, 스위스, 오스트리아는 합성수지, 종이 쇼핑백, 1회용 품에 세금을 부과하고 있으며, 영국의 경우 2006년부터 환경인센티브제를 도입하여 플라스틱 봉투의 재사용을 강조하고 있다. 프랑스는 2016년부터 비닐봉지의 사용을 금지하는 법안을 마련하여, 생분해 플라스틱 봉투와 종이 봉투만 사용을 허가할 예정이다[29,30].

대만의 경우 식품 접객업소에 재활용 장려 및 플라스틱 사용의 자제를 유도하고 있으며, 식당, 백화점, 수퍼마켓, 편의점, 패스트푸드 점을 포함한 약 75,000여 시설에서 플라스틱 봉지의 무료 배포와 일회용 식기류의 사용을 금지하였다. 필리핀의 마카타시의 경우 2013년 6월 20일 비닐봉지 사용을 전면 금지하였으며, 필리핀 군대는 2012년부터 비분해성 식품용기의 사용을 금지하였다. 르완다, 소말리아, 탄자니아 등에서도 플라스틱 봉투의 사용을 금지하였다[12].

카타르는 2009년 음식점에 플라스틱, 스티로폼 용기, 인쇄된 종이류 사용을 금지하고 2013년 4월 발포 플라스틱, 코르크제 컵도 사용을 금지시켰다. UAE는 2014년 1월 1일자로 일반 플라스틱 수입 및 유통을 전면금지하고 15개 제품군에 산화생분해 플라스틱 제품만 사용하도록 하였다[29,30].

이러한 난분해성 플라스틱의 규제가 확산되고 있지만, 일부 국가에서 바이오 플라스틱을 포함한 전체 일회용품에 대해 과세를 하는 정책으로 감량, 재활용 측면이 강조되는 경우도 있다.

한편 규제가 완화되는 경우가 있다. 중국은 “백색오염”이라 불리며 14년 동안 생산, 사용이 금지되어 왔던 플라스틱 포장용기에 대한 금지조치를 2013년 2월 해제했다. 한국의 경우에도 2003년 7월 스티로폼 일회용 도시락 사용을 전면 규제하였다가 2008년 규제를 해제한 바 있다. 2011년 캘리포니아에서는 생분해 쇼핑백도 사용금지를 하였다가 최근 다시 규제 관련 정책이 재추진 되고 있고, 이탈리아에서는 생분해 쇼핑백에도 100리라를 과세하기도 한다[12].

이렇게 규제가 완화되거나 생분해 플라스틱에도 규제를 하는 이유는, 생분해 플라스틱의 경우 물성, 가격, 조기 생분해 위험성 등 단점이 많기 때문이며, 이런 이유로 생분해 쇼핑백은 거의 사용이 되지 않는 경우가 많은 것이 현실이다.

또한 국내외에서는 생분해 등 친환경 플라스틱의 재활용이

어렵다는 측면에서 오히려 더 비 친환경이라는 의견도 있어, 다른 고분자와 잘 혼합하여 사용이 되는 상용성 및 재활용 용이성이 부여된 제품이 향후 시장을 주도해 갈 것으로 예상된다. 현재 분해성 플라스틱의 국제적인 규제의 흐름을 보면 UAE를 필두로 프랑스, 이탈리아, 파키스탄, 인도 등에서 산화생분해 플라스틱 포장재 사용에 대한 법령을 제정 중이다. 이는 분해성 플라스틱 중 기존 난분해 플라스틱을 대체할 수 있는 유일한 소재가 산화생분해 플라스틱이라는 것을 알 수 있는 하나의 흐름이다.

6. 결 론

생분해 플라스틱, 산화생분해 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱 등 바이오 플라스틱은 친환경에 대한 시장의 요구와 탄소세 도입 등 국제적인 규제 및 기업들의 개발 노력에 의해 단기간에 큰 성장을 이루었다. 1990년대부터 2000년 초에는 친환경 플라스틱이라고 하면 생분해 플라스틱만을 떠올리는 것이 대부분일 정도로 생분해 플라스틱을 중심으로 시장에 평가를 받아 왔다. 하지만 생분해 플라스틱은 기존 플라스틱보다 낮은 물성 및 고가의 가격 등의 문제를 극복하지 못하여 시장 점유율이 증가할 수 없었다. 이런 단점을 극복한 산화생분해 플라스틱과 바이오 베이스 플라스틱은 친환경 플라스틱의 시장에 활로를 개척하였고, 향후 5년 이내에 식품 포장재, 농업 및 원예용품 분야, 건축 토목 분야, 조경분야, 산업용 포장재, 문구 파일 분야, 산업용품, 소가전 등 다양한 분야에서 기존 고분자 시장의 10% 이상을 점유할 것으로 예상된다.

전 세계적으로 바이오 플라스틱에 대한 다양한 식별표시제를 운영하고 있으며, 일부 국가에서는 기존 플라스틱의 사용 규제를 하고 있는 실정이다. 하지만 우리나라는 아직까지 바이오 플라스틱에 대한 이해가 많이 부족한 상황이며, 체계적인 교육을 받을 수 있는 기관도 전무한 것이 현실이다. 환경부 산하 한국환경산업기술원에서 제정한 바이오 베이스 플라스틱 인증인 EL 727을 살펴보면 바이오매스에 대한 정의부터 인증방법까지 시장의 요구와는 거리가 있는 내용이 들어있다. 이는 정부의 바이오 플라스틱에 대한 무지와 세계적인 흐름에 대한 인식이 없다는 것을 반영한다. UAE 환경부 ESMA에서는 2012년부터 세계 각국에 산화생분해 인증을 실시하여 강제적인 규정으로 위반 시 벌금을 부과할 것을 알렸다. 하지만 우리의 대응은 2014년 법이 시행된 시점에서야 기업단위에서 시작되었고, 거기에 따른 정부의 지원 및 대응은 전무한 실정이다.

아직까지 바이오 플라스틱은 원가절감, 생산성 향상, 물성강화, 생분해 기간의 조절, 기능성 추가 등 많은 연구를 필요로 하고 있다. 친환경을 요구하는 세계 시장에서 우리가 살아남기 위해서는 기업의 개발의지와 노력이 필요하다. 그리고 바이오 플라스틱 관련 교육기관의 확충, 개발지원, 난분해 플라스틱의 규제 법안 등 정부차원에서의 지원이 필요하다. 마지막으로 기업, 정부, 지방자치단체 및 개인인 소비자 입장에서는 환경보호의 수혜자 측면에서 추가되는 사회적 비용을 분담하여야 할 것으로 생각이 된다.

감 사

본 논문은 2014년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원 및 농기평 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 313030-3)으로 수행되었습니다.

References

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. Garcia, C., Hernandes, 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).
4. 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).
5. Huag, J. H., Shetty, A. S., and Wang, M. S., “Biodegradable Plastics,” *A Rev. Adv. Polym. Technol*., **10**, 23-30 (1990).
6. Doane, W. M., “USDA Research on Starch-based Biodegradable Plastics,” *Starch*, **44**, 292-295 (1992).
7. Lee, J. W., “Bio-plastics,” *KISTI Market Report*, **1**(1), 24-27 (2011).
8. Korea National Environmental Technology Information Center (KONETIC) Market Analysis Report (2007. 11. 19).
9. Expert Group Meeting “Environmental Degradable Polymers and Sustainable Development,” Sep. 5-6, 2002 ICS-UNIDO-Development of Plastics Manufacturing Industry in Europe, Dr. Ingo Sartorius.
10. The Freedonia Group, Inc., “World Bio plastics,” Industry Study 2548 (2009).
11. You, Y. S., “Bio Plastics Standardization and Eco Label System Trend in Domestic and Foreign Country,” *The Monthly Packaging World*, **251**, 03:51-63 (2014).
12. Korean Bio Material Packaging Association, Available from: http:// www.biopack.or.kr, Accessed (2014).
13. Scott, G., “Photo-biodegradable Plastics: Their Role in the Protection of the Environment,” *Polym. Deg. Stabil.*, **29**, 136-143 (1990).
14. Albertsson, A. C., Barenstedt, C., and Karlsson, S., “Susceptibility of Enhanced Environmentally Degradable Polyethylene to Thermal and Photo-oxidation,” *Polym. Deg. Stabil*., **37**, 163-168 (1992).
15. You, Y. S., Kim, M. K, Park, M. J., and Choi, S. W., “Development of Oxo-biodegradable Bio-plastics Film Using Agricultural By-product such as Corn husk, Soybean Husk, Rice Husk and Wheat Husk,” *Clean Technol.*, **20**(3), 205-211 (2014).
16. Jegal, J. G., Jo, G. M., and Song, B. G., “Research Trends

of Biomass Based Polymeric Materials," *Polym. Sci. Technol.,* **19**(1), 307-317 (2008).
17. You, Y. S., "Trend of Eco-Packaging Technology," *The Monthly Packaging World*, **201**, 118-128 (2010).
18. You, Y. S., "The Present and Future of Eco-friendly Bio-plastics Industry," The Monthly Packaging World, **2**, 102-105 (2014).
19. Biz Service Center for Global Environmental Regulation (COMPASS) Analysis Report No BSC Report 130-14-003 (2014).
20. ASTM D 6954 "Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation," USA (2004).
21. UAE S 5009 "Standard & Specification for Oxo-Biodegradation of Plastic Bags and other Disposable Plastic Objets," UAE (2009).
22. UAE, Regulation and Response Status of Oxo Biodegradable Plastics, Business Sevice Center for Global Environmental Regulation, Compass Report, 130-14-003 (2014).
23. ISO 14855 "Determination of Ultimate Aerobic Biodegradability and Disintegradation of Plastic Materials-Method by Analysis of Evolved Carbon Dioxide,"
24. Oxo-biodegradable Plastics Association, Available from: http://www.biodeg.org, Accessed (2014).
25. Service Industries Training Advisory Council, Available from: http: http://www.sitac.se/, Accessed (2014).
26. Biosystems America, Available from: http://preview.biosystemsamerica.com, Accessed (2014).
27. The Singapore Green Labeling Scheme, Available from: http://www.sec.org.sg, Accessed (2014).
28. ASTM D 6866 "Standard Test Methods for Determining the Bio based Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis," USA (2010).
29. Han, J. G., "Bio-plastic Technology and Market Trends," *The Monthly Packaging World*, **5**, 57-67 (2011).
30. Biotech Policy Research Center, "BT-Technology Trends Report," **180**, 52-57 (2012).