국내외 바이오 플라스틱 식별표시, 시험규격 및 난분해성 플라스틱 규제현황

유영선[1], 이소영[2]

[1]가톨릭대학교 생명공학전공, [2]가톨릭대학교 화학전공

International Certification Marks, Standardization of Bioplastics and Current regulation situation of Non-degradable Plastics

Young-Sun You[1], So-Young Lee[2]

[1]Division of Biotechnology, The Catholic University of Korea

[2]Division of Chemistry, The Catholic University of Korea

* Corresponding authors:

Dr. Hanju Rhee, Ph.D.

Tel: +82-2-6943-4141; Fax: +82-2-6943-4109; E-mail: hjrhee@kbsi.re.kr

Prof. Jin-Kyu Rhee, Ph.D.

Tel: +82-2-3277-4297; Fax: +82-2-3277-4508; E-mail: jkrhee@ewha.ac.kr

1. 서론

80년대부터 급격히 고갈된 화석에너지를 대체하기 위하여 고려되어 왔던 바이오 플라스틱은 최근 들어 세계적으로 2020년 배출 전망치의 30% 감축을 계획하고 있는 온실가스 효과에 따른 지구온난화 방지 정책과 산업 및 가정용 플라스틱 쓰레기에 의한 환경오염 방지라는 시대적 요구에 따라 더욱 더 중요성이 강조되고 많은 연구 개발이 진행되고 있다. 특히 산업 및 가정용 고분자의 폐기에 따른 환경오염 문제는 내구성이 타 소재에 비하여 큰 장점으로 인식되어 발전하였던 플라스틱 산업에 오히려 큰 걸림돌로 작용되었고 플라스틱 산업 전체를 다시 돌아보는 계기가 되었다. 이러한 문제를 해결하고자 대두된 여러 정책 중 가장 바람직한 대안으로 대두되고 있는 바이오 플라스틱산업은 기존의 플라스틱제품이 지니고 있는 환경오염에 대한 사회적 비용을 감소시키며 새로운 소재의 개발이라는 차원에서 최근 눈길을 끌고 있는 화이트 바이오 핵심기술의 일환으로 2020년에는 산업규모가 380억 불로 성장이 예상되는 미래지향적 산업이라 할 수 있다.

플라스틱 소재가 우수한 기능 및 저렴한 가격으로 풍요로운 일상생활에 큰 공헌을 해 온 반면 대량의 폐비닐, 스티로폼, 플라스틱 용기 등의 소각이나 매립에 따른 환경호르몬 누출, 맹독성의 다이옥신 검출 폐기물의 불완전 연소에 의한 대기오염 발생 등과 같은 심각한 환경오염의 원인으로 대두되고 있다. 현재 세계적으로 소각 및 폐기가 어려운 고분자 폐기물은 2010년에 이르러서는 전체 쓰레기의 12%를 상회하는 것으로 추정되며 오히려 더 늘어날 전망을 보임에 따라 유지, 소각, 생분해성 소재 사용 등 고분자 폐기물에 대한 전반적인 관리체계가 정부, 산업계 및 학계에서 부단히 연구 중에 있고 지속 가능한 순환형 시스템의 구축의 일환으로

바이오 플라스틱 개발이 가장 현실성 있는 대안으로 대두되고 있다[1].

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. 현재 식품 포장재, 산업용품, 농업용품, 생활용품, 자동차, 산업용품 등 매우 다양한 분야에서 바이오 플라스틱 제품이 적용이 되고 있다[2-5].

이러한 친환경 바이오 플라스틱의 보급을 원활하게 하기 위하여 세계 각국에서는 난분해 플라스틱에 대한 사용 규제와 더불어 바이오 플라스틱의 식별표시제도를 운영하고 인증라벨을 부여하고 있다. 이러한 인증라벨은 소비자들이 기존 제품과 구별하기 쉽게 하기 위한 목적으로 만들어졌으며, 국가별로 적용하는 기준이 차이가 있는 경우가 많아, 일부의 경우에는 규격기준 및 인증 라벨의 국가간 교차인증을 하는 제도를 시행하고 있으나 활발하지는 못한 현실이다. 인체 무해성, 재활용성, 생분해, 탄소저감, 에너지 저감형, 환경경영인증, 친환경 농산물, 친환경 건축물 인증 등으로 다양한 규격기준 및 인증제도가 운영되고 있다[6].

본고에서는 바이오 플라스틱의 정의와 국가별 식별표시 제도 및 인증라벨, 시험 규격 및 방법을 중심으로 정리하였으며 난분해성 플라스틱 사용에 대한 국내외의 규제 현황에 대해서도 설명하였다.

2. 바이오 플라스틱의 정의

2.1 생분해 플라스틱

생분해 플라스틱은 바이오매스로부터 전처리, 당화과정을 거쳐 당을 제조하고, 이를 발효과정을 통해 산업상 사용이 용이한 고분자 단량체(monomer)를 생산하고, 이 단량체를 중합하거나 석유화학 유래물질을 이용하여 제조하는 두 종류가 있다. 현재 대표적인 생분해 플라스틱인 PLA는 전분을 발효시켜 젖산(lactic acid)을 만들고, 그 젖산을 중합하여 제조하고 있다. 천연 고분자를 원료로 하는 cellulose, hemicellulose, pectin, 및 lignin 류와 저장 탄수화물인 전분 등 식물에서 유래하는 것으로 PLA, TPS(thermo plastic starch) 등과 새우, 게 등의 껍질을 포함한 chitin질을 기초로 한 동물 유래의 것들이 있으며, 미생물 생산 고분자(microbial biopolymer)에는 PHA(poly hydroxyalkanoate), PHB(poly-β-hydroxybutyrate), PHV(poly-β-hydrolyvalerate), 이들의 공중합체인 PHB/PHV 등의 poly-alkanoates가 있다. 또한 단량체를 화학 합성하여 얻는 생분해 플라스틱에는 지방족 폴리에스터, PCL, PGA(poly glycolic acid) 등이 있으며, 이는 미생물 생산 고분자보다 생산이 비교적 수월하고 기존 플라스틱과 물성 및 응용분야가 유사하므로 개발 시 시장진입의 용이성을 가지고 있어 상업화 가능성이 다른 생분해 플라스틱보다 높은 편이다. 바이오매스 유래 단량체 중합형 플라스틱은 석유계 플라스틱과 생산공정이 유사하여 기존 플라스틱 생산기술을 활용할 수 있으므로 많은 석유화학기업 및 바이오 관련 기업에서 연구개발이 활발히 진행되고 있다[7].

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. 또한 산화생분해 플라스틱은 기존 범용 플라스틱에 바이오매스, 산화생분해제, 상용화제, 생분해 촉진제, 자동산화제 등을 첨가하여 제품을 제조한다. 열, 빛, 미생물, 효소, 화학 반응 등의 복합적 작용에 의해 분해가 촉진된다.

산화생분해 플라스틱은 기존 생붕괴성, 생/광분해, 화학분해 등을 포함하는 개념이다. 기존 생붕괴성, 생광분해의 단점으로 지적된 완전분해까지 분해기간을 1~5년으로 단축하기 위해 최근 분해 촉진제를 사용하며, 최종 생분해 기간 제어가 가능한 신개념 분해성 플라스틱이다. 현재 그 물성, 원가, 분해 기간 조절 등의 장점이 부각되어 연구 개발 및 제품화가 활발하다[7].

2.3 바이오베이스 플라스틱

최근 산업화가 급속히 진행되고 있는 바이오 베이스 플라스틱은 바이오매스와 기존 난분해성 플라스틱을 중합하거나 가교 결합하는 방식으로 제품을 생산한다. 바이오 베이스 플라스틱은 분해성에 초점을 두지 않고 탄소중립형 바이오매스를 일부 적용하여 이산화탄소 저감을 통한 지구온난화 방지를 강조하고 있다. 바이오 베이스 플라스틱은 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장되고 있고, 식량자원의 사용에 대한 문제점을 해결하기 위해 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수 껍질, 사탕수수, 팜부산물 등 풍부한 비식용계 부산물 자원을 바이오 플라스틱 원료 소재로 사용하고 있으므로, 산업용품, 자동차, 건축, 토목, 매립형 제품, 포장재, 농원예 등의 다양한 분야까지 적용이 되고 있다[7].

3. 바이오 플라스틱의 식별표시 제도 및 인증라벨

친환경 제품의 확대보급과 더불어 소비자들이 쉽게 기존 석유유래 난분해 플라스틱 제품과 바이오 플라스틱 제품을 구분하게 할 수 있도록 세계각국에는 여러 가지 표준안과 인증마크를 사용하고 있다. 생분해 플라스틱의 식별표시제도의 경우 1979년 독일에서 처음 시행하였으며, 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)[8].

3.1 생분해 플라스틱

각국의 생분해 플라스틱 인증 제도의 차이는 다음과 같다. 일본의 규격 기준에서는 '생분해'에 머무르는 반면, 미국 및 독일, 벨기에에서는 '퇴비성(compostability)'이라는 표현을 사용한다. 즉 일본은 미국과 독일, 벨기에에는 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[8]. 주요국가의 생분해 플라스틱 인증마크를 Figure 1에서 보여주고 있다[9].

Figure 1. 삽입

유럽을 중심으로 채택하고 있는 compostability는 대표적인 국가로 독일, 벨기에, 미국이 있으며 이와 관련한 인증 마크는 Figure 2에 따로 정리하였다.

Figure 2. 삽입

처음의 생분해 플라스틱 인증은 산업용 Compostable 인증이었으나 벨기에에서 2003년 처음으로 가정용 Compostable 인증을 시작했다. 플라스틱 포장재 및 폐기물들을 상업적으로 퇴비화하는 대신에, 가정용 Compostable 인증마크가 붙은 포장재나 폐기물들은 가정용 퇴비화통에 모아서 퇴비화를 시킬 수 있다. 이 가정용 Compostable 인증은 유럽과 미국을 중심으로 활발하게 운영되고 있다.

3.1.1 독일

독일은 1979년 전세계적으로 가장 먼저 식별 표시 제도 운영을 시작하였으며, EU 13432(포장 자재의 퇴비성에 관한 시험 계획 및 규격)를 바탕으로 한 DIN EN 13432를 규격기준으로 제정했다. DIN CERTCO는 규격기준에 따라 Kompostierbar(퇴비화 가능)에 대한 심사를 진행하고, 심사를 통과한 제품은 로고와 인증마크를 부착하여 일반 플라스틱 제품과 구별할 수 있게 했다[8]. 한편 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 이미 유럽연합(EU)과 벨기에의 인증이 사용되고 있어 넓게 보급되지는 못하고 있는 실정이다[9]. 독일의 바이오매스 기반 생분해 수지 함량 기준은 70% 이상이다.

3.1.2 미국

미국은 1989년 ASTM D 6400을 인증 기준으로 제정하여 사용하기 시작했다. 인증 및 로고 발행 기관은 BPS (Biodegradable Product Institute)와 USCC (U. S. Compost Council)이다. 주로 코팅용지와 천연물계열의 제품을 다루고 Compostable까지 포함하는 것이 특징이며, 미국의 퇴비화 인증마크는 주로 미국과 캐나다에서 사용된다. 이 밖에 시애틀, 워싱턴 등지의 퇴비회사들이 운영하는 Cedar Grove 에서도 Composting logo 인증을 부여하고 있는데, full-scale testing을 진행하여 위의 BPS와 USCC에서 발행하는 인증보다 인증발행이 수월하지 않다[9]. 미국의 바이오매스 기반 생분해 수지 함량 기준은 70% 이상이다.

3.1.3 벨기에

벨기에의 Vincotte는 1995년부터 EN 13432를 기준으로 하여 The OK Compost 인증마크 발행을 시행하고 있다. The OK Compost 마크는 European Bioplastics의 Seedling logo와 더불어 유럽에서 가장 많이 사용되는 인증이다. 2003년에는 Vincotte의 가정용 퇴비화 인증인 The OK Compost Home이 전세계에서 처음으로 시행이 됐으며, 기존 산업용 퇴비화와 다르게 가정에서 퇴비화할 수 있다는 것을 장점으로 하여 현재는 전 유럽과 북미에서 활발하게 통용되고 있다[9].

벨기에의 바이오매스 기반 생분해 수지 함량 기준은 70% 이상이다.

3.1.4 일본

일본의 그린프라 식별 표시 제도는 제품 구성, 생분해, 환경 안전성이 생분해 플라스틱 제품의 기준을 만족하는 플라스틱 제품에 인증마크, 로고의 사용을 허가하고, 등록을 명시하여 소비자들이 다른 일반플라스틱 제품과 생분해 플라스틱 제품을 식별할 수 있게 하는 제도이다. 다른 국가의 경우 바이오매스 기반 생분해 플라스틱 사용량 70% 이상이 기준인 반면 일본의 경우 50% 이상으로 기준을 완화한 특징이 있다[8].

3.1.5 한국

한국은 KSM 3100-1을 인증기준으로 하여 1992년 6월부터 인증을 시행하고 있으며 환경부와 한국환경산업기술원이 담당 운영하고 있다. 바이오매스 기반 생분해 플라스틱 70% 이상이라는 기준은 일본을 제외한 다른 여러 국가들과 동일하지만, 추가적으로 플라스틱 이외의 고분자를 사용해야 한다는 조항이 있는 것이 특징이다[8].

3.1.6 기타

이 밖에도 세계 각국에서는 생분해 플라스틱 인증을 ASTM D6400, ASTM D6868, EN 13432를 기준으로 하여 제정, 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 있다. 한편 스웨덴은 스웨덴

국립시험연구협회 SITAC(Service Industries Training Advisory Council)에서 생분해 플라스틱의 퇴비화 인증인 SP's logo for biodegradable products를 운영하고 있다[9].

3.2 산화생분해 플라스틱

생분해 플라스틱의 단점인 빠른 생분해 특성과 낮은 물성, 내열성 및 내한성과 가격경쟁력 부족 등을 보완하기 위해 수 십년간 산화생분해 플라스틱의 연구개발이 활발하였다. 산화생분해 관련한 규격기준인 ASTM D6954: 2004에서 산화생분해의 정의 및 시험방법 등이 규정되었으나, 최종 생분해 기간이 명시되지 않아 그 기준이 애매한 측면이 있어 국제적으로 인정을 받지 못하고 있었다[10] .

그러나 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, 2014년 1월 1일부터 전면 시행하였다. 이에 따라 산화생분해 포장재 및 제품의 경우에만 UAE 역내 수입 및 유통을 허용하고 비분해 포장재 사용을 금지하면서 산화생분해 플라스틱이 재조명되고 있다[11,12].

UAE외에도 미국, 영국, 스웨덴, 싱가포르, 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[9] .

Figure 3. 삽입

3.2.1 UAE

UAE는 2009년부터 환경 보호를 위해 관련법안 제정작업을 시작하여 2012년 1월부터 일회용품, 쓰레기 봉투에 대한 규제를 시행, 선포한 이후, 2014년 1월 1일부터는 거의 전 분야에 해당하는 15개 적용 분야(Table 1)를 선정하였다. 이로써 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. 관련 법안은 UAE minister Decision No118에 의해 발효되었다

따라서 UAE 역내에 제품을 판매 및 유통을 하려면 산화생분해 플라스틱을 적용한 제품이어야 하며, 일반 플라스틱 제품의 경우나 등록하지 않은 사용불가 물질의 사용시 과태료 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[8,11].

산화생분해 플라스틱의 경우 UAE S 5009:2009 기준에 의해 ECAS(Emirates Conformity Assessment System)에 제품을 의무적으로 인증 등록하여 Figure 3의 인증라벨을 표시하여야 한다. 현재까지 UAE에 산화 생분해 원료 첨가제 제조업체는 Table 2와 같으며, 현재 등록된 회사는 8개이고, 한국에서는 ㈜바이오소재가 세계 9번째로 신청하여 심사가 진행 중이다[9,12] .

Table 1. 삽입

Table 2. 삽입

3.2.2 미국

Biosystems America는 미국의 시험분석기관으로, ASTM D 6954를 표준으로 하여 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[14].

3.2.3 스웨덴

2010년부터 스웨덴의 SITAC(SP Technical Research Institute of Sweden)는 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 진행하나, 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 식물성 장독성 테스트를 진행한다[15].

3.2.4 싱가포르

싱가포르 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[16].

한편, 싱가포르 환경위원회(SEC)는 2017년 1월 펄프 및 제지용품에 대한 규정 강화안을 발표하였으며, 7월부터 강화된 새로운 기준을 바탕으로 평가하며 규정 강화와 함께 새로 만든 인증 로고를 부여한다(Figure 4). 강화된 규정은 위험 기반 평가(risk-based evaluation) 시스템을 따르고 있다. 싱가포르 환경위원회는 지원자들이 제출한 서류를 바탕으로 각 항목에 대해 1~3점으로 평가 점수를 매기고, 위험도가 높다고 판단되는 기업에 대해서는 싱가포르 환경위원회 또는 외부감사기관이 기업의 공급사슬, 제조 프로세스, 산림, 산불 및 이탄지 관리 현황 등에 대해 면밀한 추가 조사를 하게 된다[18].

Figure 4. 삽입

3.2.5 영국

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

그러나 다른 규격기준과 달리 BS 8472의 경우 산화분해에 의한 분자량 감소에 대해 정량화하지 않고, ISO 4892-3의 전처리 이후 시료를 엄지와 검지에 끼운 후 비벼서 분해를 측정하는 등 정성적인 분석을 하며, 시험방법에 대한 정량적인 통과 또는 실패의 기준 역시 없다[17].

3.2.6 한국

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

그러나 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. 이로 인해 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[18].

3.3 바이오 베이스 플라스틱

최근 들어 생분해 플라스틱보다는 이산화탄소 저감에 중점을 두고 있는 바이오 베이스 플라스틱으로 세계적인 패러다임이 변화하고 산업화가 빠르게 진행되고 있다. 이에 따라 미국에서는 바이오매스 함량 시험방법인 ASTM D 6866을 제정하여[18], 2002년부터 가장 빠르게 미국 농무성 및 BMA를 중심으로 바이오 베이스 제품에 대한 인증라벨을 운영하고 있다. 이후 미국의 ASTM D 6866을 기준으로 하여 일본(2006년), 벨기에(2009년), 독일(2010년), 한국(2011년)

에서 바이오 베이스 플라스틱에 대한 인증라벨을 제정 운영하고 있다. 이러한 추세는 매우 빠르게 각국으로 확산이 될 전망이다[8]. 주요 국가들의 바이오 베이스 플라스틱 인증라벨은 Figure 5에 나타내었다.

Figure 5. 삽입

3.3.1 독일

독일은 미국 시험기준인 ASTM D 6866 및 자체 시험기준 CEN/TR 15932에 의한 규격을 통해 "BIOBASED" 인증라벨을 운영하고 있으며 벨기에와 마찬가지로 바이오매스 20% 이상 함유된 제품에 인증을 부여하고 있다[8].

3.3.2 미국

2002년 미국 농무성(USDA)을 중심으로 농업법(Farm security and Rural investment Act of 2002)개정으로 바이오 제품 우선 조달 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[8].

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[8].

3.3.4 일본

(사)일본바이오플라스틱협회(JBPA)에서는 2006년부터 바이오매스 사용량 25% 이상 제품을 대상으로 BP마크를 부여하고 있다. 특징적인 것은 다른 국가는 바이오 베이스 제품(Biobased product)이란 용어를 사용하는 반면, 일본은 다른 국가들과는 달리 바이오매스 플라스틱(Biomass plastics)이란 용어를 사용하고 있다. 또한 일본의 경우 일본유기자원협회를 통한 유사개념의 인증라벨이 있는데, 이는 바이오매스 사용량의 하한선을 지정하지 않고 있다[8].

3.3.5 한국

한국의 KBMP는 2010년 하반기부터 약 1년간 바이오매스를 적용한 포장재, 제품에 인증 로고를 시험 운영해 왔으며 여러 업체에서 다양한 제품에 적용하여 문제가 없음을 확인하였다.

이후 KBMP는 미국 시험기준 ASTM D 6866과 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.

한편 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[8].

4. 바이오 플라스틱 시험 규격 및 방법

바이오 플라스틱 시험규격 및 방법에 대해 생분해, 산화생분해, 바이오 베이스 플라스틱으로 구분하여 Table 3에 나타내었다[10-19].

Table 3. 삽입

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. 대표적인 생분해 시험법으로는 ISO 14851, ISO 14852, ISO 14855 등이 있다. ISO 14851은 플라스틱 물질을 수계 호기적 배양액에서 생분해도를 측정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 산소소비량 측정)이며, ISO 14852는 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으로 생분해도를 측정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 이산화탄소 발생량 측정)이고, ISO 14855는 플라스틱 물질을 제어된 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법(이산화탄소 발생량을 측정)이다. 이 중 “ISO 14855"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 대표적이다. 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 국가별로 차이가 있다. 한국은 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[9].

4.2 산화생분해 플라스틱

산화생분해 플라스틱의 분해도는 일차적으로 자연 상태에서 플라스틱의 원료인 폴리머보다는 충전된 물질(전분 등)이 분해되는 정도를 파악하게 된다. 시험방법으로는 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 TGA(Thermal Gravimetric Analyser)나 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 있으며 이를 통해 열분해, 광분해 및 생분해에 의한 분해 반응, 고분자 물성 관련한 기준을 마련하였다. 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 되어있다.

최근 UAE 규격기준은 UAE S 5009:2009로써 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 여러 가지 국제 규격기준을 토대로 제정되었다.

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 이산화탄소로 전환되어야 한다[10-13].

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 4에 현재 사용 중인 산화생분해 플라스틱의 규격기준의 차이점을 간략하게 정리하였다[14-18].

Table 4. 삽입

4.3 바이오베이스 플라스틱

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

조성비를 측정하는 방법으로 방사성탄소 측정방법에 대해 규정한다.

여기서 14C, 즉 탄소의 방사성 동위원소가 일단 더 이상 생명 유기체의 구성성분이 아니게 되면 반감기가 5,730년이라 정의한다. 화석 연료에는 14C가 완전히 붕괴했기 때문에 더 이상 14C가 남아있지 않은 반면, 나무와 같은 최근의 바이오매스에는 14C 일부분이 여전히 남아있다. 사실상, 생물기원 물질은 14C를 포함하지 않는 화석연료와 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 있으나 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[9].

5. 난분해성 플라스틱 사용에 대한 국내외 규제현황

5.1 한국

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, 대중 음식점이나 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

사항을 규정하고 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[20].

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 의무 부과를 '3년 20%, '05년 30%, '07년 35% 이상으로 하여 가시적인 성과를 냈다.

다른 나라에서도 이미 일회용 봉투나 스티로폼으로 만든 도시락 용기 등의 사용을 규제하고 있으며 플라스틱의 폐기 처리에 관한 문제 때문에 각국에서는 쇼핑백, 플라스틱제 병에 생분해를 의무화하는 국가가 증가하고 있다[21].

5.2 미국

미국에서는 Minnesota, Florida, Maine 등 3개 주에서 난분해성 플라스틱의 사용을 규제 중이며New York, Pennsylvania, Wisconsin 등 3개 주에서 실시검토를 하고 있다. 뉴욕의 경우 2013년부터 스티로폼 용기 제조 및 사용을 규제하는 법안을 마련하여 2016년 4월부터 시행 중이나 현재 대안, 가격 등의 저항으로 전면시행은 못하고 있다. 캘리포니아주의 경우 2014년부터 일회용 비닐봉투 사용을 금지하였다[18]. 한편, LA는 2012년 플라스틱 사용금지 법안 통과를 보류하였으며 시카고의 경우 6개월 생분해는 예외 조항으로하여 규제를 추진 중이다.

5.3 일본

일본의 경우 1991년 재활용법을 제정하여 사업자, 공급자가 기본적으로 원료의 재사용을 표시하고 분해가 쉬운 재질사용을 규정하였으며, 일부 지방자치단체에서는 행정지도로서 일회용품 사용자제와 재사용을 권장하고 있다. 또한 2000년부터 분해성 플라스틱을 제외한 모든 플라스틱의 재활용을 의무화 했다[20,21].

5.4 독일

독일의 Kassel, Bonn 등 다수의 지자체의 경우 난분해성 플라스틱 소재 일회용품에 kg당 3DM의 폐기물세를 부과하였다. 또한 지방정부에서 일회용품 사용억제를 위해 지방소비세, 패스트푸드 포장세를 부과하기도 하며[18], 일회용 봉투는 보통제품의 경우 유상 판매 중이다. 한편, 생분해성 친환경 논란으로 생분해 제품 지원금은 중단된 상태이다.

5.5 유럽

이탈리아의 경우 쇼핑백과 플라스틱 병에 분해성 플라스틱 사용을 1999년부터 의무화하였고, 2011년부터 일반 비닐봉투 사용을 전면 금지시켰다.

벨기에, 덴마크, 스위스, 오스트리아는 합성수지·종이 쇼핑백, 1회용품에 세금을 부과하고 있으며, 영국의 경우 2006년부터 환경인센티브제를 도입하여 플라스틱 봉투의 재사용을 강조하고 있다.

프랑스는 2016년부터 비닐봉지의 사용을 금지하는 법안을 마련하여, 생분해 플라스틱 봉투와 종이봉투만 사용을 허가할 예정이다[20,21]. 또한 2020년부터는 플라스틱 컵과 접시의 사용을 전면 금지하며 일회용 식기류를 만들 때 재료의 50%는 집에서 퇴비로 쓸 수 있는 생물학적 원료로 만들어야 한다. 2025년부터 이 비율은 60%로 늘어날 예정이다. 한편, EU는 2020년부터

플라스틱 폐기물의 매립을 전면 금지할 예정이다.

5.6 중국

중국은 1998년 9월부터 열차, 여객선 등에서 스티로폼 도시락 용기의 사용을 금지하였으며 2002년부터 전국적으로 스티로폼 용기의 사용을 금지하였다. 또한 2008년 1월 정부에서 구입하는 모든 제품을 환경친화형 제품으로 구입 의무화를 결정하였고 같은 해 7월 일회용 비닐봉투의 사용을 규제하였다.

5.7 대만

대만의 경우 식품 접객업소에 재활용 장려 및 플라스틱 사용의 자제를 유도하고 있으며, 2002년에는 식당, 백화점, 수퍼마켓, 편의점, 패스트푸드 점을 포함한 약 75,000여 시설에서 플라스틱 봉지의 무료 배포와 일회용 식기류의 사용을 금지하였다[18]. 또한 2014년에는 마트와 편의점을 중심으로 재사용 종량제 봉투를 판매하기 시작했으며, 2015년에는 일회성, 멜라민 용기의 사용을 금지하였다. 2016년에는 대만 북부지역 282개 학교, 관공서, 대학병원, 동물원 등 공공시설에서의 일회용 용기의 사용을 금지하였다.

5.8 멕시코

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[18].

5.9 중동

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[20,21].

5.10 모로코

모로코는 2016년 7월부터 비닐봉지 국내 사용, 생산, 판매, 수입, 수출 전면 금지법(모로코 법 제 77-15호)을 시행하여 비닐봉투 사용을 전면 금지하였다. 일반 매장 비닐봉지뿐만 아니라 보냉 및 보온용 봉투를 포함하며, 해당 법을 위반하여 비닐봉지 생산 시 최대 10만유로, 사용 및 판매 시 5만유로의 벌금을 부과한다.

이에 반해 2010년 7월 6일 발표된 모로코 법 제 22-10호에 근거할 경우, 생분해성 비닐봉지는 사용이 가능하다. 또한 플라스틱 성분이 포함된 재사용 및 재활용이 가능한 장바구니 및 재활용 소재를 활용한 장바구니에 대한 생산의 경우 제재가 가해질 수 있으며, 해당 장바구니는 대형마트 및 수퍼마켓 등에 판매를 권장할 예정이다.

한편, 산업용 비닐봉지의 경우 제품을 생산하는 공장 및 포장하는 공장에서 판매를 위한 해당 제품의 포장만을 위해 사용하는 경우 및 일반 쓰레기봉투는 예외로 하며, 농업용 비닐봉지의 경우 농업 현장에서 생산, 작업, 보관, 운반을 위해 사용되는 경우는 예외로 한다.

모로코는 2016년 7월 이후 과일, 야채, 육류, 생선 등의 선택 및 구입을 위한 비닐봉지를 종이봉투로 대체하였으며, 기존에 무료로 제공하던 쇼핑용 소형 비닐봉지를 제공하지 않고, 부직포 재질의 소형 쇼핑봉투(약 0.1달러) 및 재사용이 가능한 쇼핑 가방(약 0.5달러)을 판매하고 있다.

6. 요약

감사

Reference

1. Lee JC, Pai CM. 2016. Trends of environment-friendly bioplastics. Appl. Chem. Eng. 27: 245.

2. Huag JH, Shetty AS, Wang MS. 1990. Biodegradable plastics, A review. *Adv. Polym. Tech*. 10: 23-30.

3. Doane WM. 1992. USDA research on starch-based biodegradable plastics. *Starch.* **44:** 292-295.

4. Lee JW. 2011. Bio-plastics. KISTI market report. 1: 24-27.

5. Korea National Environmental Technology Information Center(KONETIC) market analysis report. 2007. 11. 19

6. You YS. 2016. Trends of oxo biodegradable plastics certification label and products in domestic and foreign country. The Monthly PACKAGING WORLD. 276: (권, 쪽수확인)-160401-

7. You YS, Oh YS, Hong SH, Choi SW. 2015. International trends in development, commercialization and market of bio-plastics. Clean Technology. 21: 144-145.

8. You YS. 2014. Bio plastics standardization and eco label system trend in domestic and foreign country. The Monthly PACKAGING WORLD. 251: 51-63.

9. You YS, Oh YS, Kim US, Choi SW. 2015. National certification marks and standardization trends for biodegradable, oxo-biodegradable and bio based plastics. Clean Technology. 21: 1-11.

10. ASTM D 6954. 2004. Standard guide for exposing and testing plastics that degrade in the environment by a combination of oxidation and biodegradation. USA

11. UAE S 5009. 2009. Standard & specification for oxo-biodegradation of plastic bags and other disposable plastic objects. UAE

12. UAE. 2014. Regulation and response status of oxo biodegradable plastics. Business service center for global environmental regulation. Compass Report. 130-14-003

13. ISO 14855. Determination of ultimate aerobic biodegradability and disintegradation of plastic materials-method by analysis of evolved carbon dioxide.

14. Biosystems America. Available from: http://preview.biosystemsamerica.com. Accessed Jul. 23. 2017.

15. Service Industries Training Advisory Council. Available from: http: http://www.sitac.se/. Accessed Jul. 23. 2017.

16. The Singapore Green Labeling Scheme. Available from: http://www.sec.org.sg. Accessed Jul. 19.

2017.

17. Oxo-biodegradable plastics association. Available from: http://www.biodeg.org. Accessed Aug. 06. 2017.

18. Korean bio material packaging association. Available from: http:// www.biopack.or.kr. Accessed Aug. 06. 2017.

19. ASTM D 6866. 2010. Standard test methods for determining the bio based content of solid, liquid, and gaseous samples using radiocarbon analysis. USA

20. Han JG. 2011. Bio-plastic technology and market trends. The Monthly PACKAGING WORLD. 217: 57-67.

21. Biotech policy research center. 2012. BT- Technology Trends Report. 180: 52-57.

22. Horvat P, Krzan A. 2012. Certification of bioplastics. PLASTiCE: 3.

Figure 1. Certification marks of biodegradable plastics[18]

Figure 2. Certification marks of attesting compostability[22]

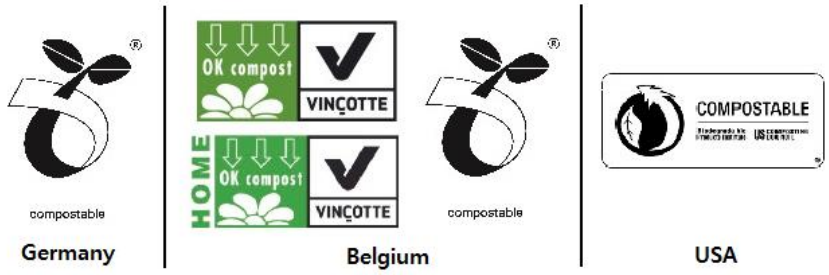

Figure 3. Certification marks of oxo-biodegradable plastics[9]

Figure 4. Singapore Certification marks of oxo-biodegradable plastics.(Before/After)[18]

Figure 5. Certification marks of bio based plastics.

Table 1. List of items selected in UAE[12]

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 2. Manufacturers registered in UAE[12]

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
	Bio Polymer Co., Ltd. (Korea)

636

637

638 **Table 3.** Test methods of bio plastics[10-19]

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**	**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,	**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,

	- Green PLA certification scheme - Japan **ABA** - AS 4736 - Australia and New Zealand Etc.	OECD 207 - Singapore **KBMP** - KBMP OBP-001 - Korea	ASTM D 6866 - Korea

650 **Table 4.** Requirements and standards for oxo-degradable plastics[14-18]

Division	Oxidative degradation	Degradation	Environmental safety
ASTM D 6954 (USA)	Material characteristics: - 5% or less elongation at break - Average molecular weight of 5,000 less	Biodegradation: - 60% for homopolymers - 90% for heteropolymer Disintegration: Not included	Heavy metals: The untreated material may no 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 no 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	Biodegradation: - 60% for homopolymers - 90% for heteropolymer	Heavy metals: The untreated material may no exceed the heavy metal limits

	- Gel fraction of < 10% within 4 weeks case of thermal peroxidation at 70°C	within 24 months Disintegration: - 90% disintegration within 24 months	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 no exceed the heavy metal limits a prescribed by EPA Toxicity: Not included

651

652