바이오플라스틱 규격 및 시험방법

Standardization and Testing Method of Bio-plastic

송 상 근 / (사)한국바이오소재패키징협회 부회장, (주)다산 대표이사

바이오 플라스틱, 에코패키징, 인체 무해성 관련하여 국내외적으로 다양한 규격 및 시험방법이 있다. 생분해 플라스틱 규격기준은 국제규격인 ISO 14855를 기준으로 국가별로 자국내 규격기준이 제정되어 있고, 이에 따른 인증마크를 시행하고 있다. 최근에 산업화가 급속하게 추진되고 있는 바이오매스 플라스틱 관련한 규격 기준은 미국, 일본을 중심으로 시행이 되고 있다. 그 외에도 GR마크, 녹색 인증, 단체 규격 인증, 회사 등이 자체적으로 만든 규격 기준 등이 다양하게 시행되고 있다.

- 편집자 주 -

Ⅰ. 서론

기본적으로 일반 제품과의 친환경 제품을 구별하기 위한 목적으로 인증 제도를 운영하고 있다. 이를 크게 나누어 보면 인체무해성, 재활용성, 생분해성, 탄소저감, 에너지 저감형, 환경경영인증, 친환경 농산물, 친환경 건축물 인증 등으로 다양한 규격기준 및 인증제도가 운영되고 있다.

또한 국가별로 적용하는 기준이 차이가 있는 경우가 많아, 일부 국가에서는 규격기준 및 식별 표시제도의 국가간 교차인증을 하는 제도가 시행되고 있다.

본 고에서는 바이오 플라스틱과 관련한 생분해 플라스틱, 바이오매스 플라스틱 및 녹색인증을 중심으로 정리를 하여 보았다.

1. 생분해성 플라스틱

생분해성 플라스틱의 식별표시 제도로 에코마크를 부여하고 있다.

이는 소비자가 환경 부하가 적은 친환경 플라스틱과 일반 플라스틱과 식별할 수 있게 하는 제도이다. 환경마크 제도는 1977년 독일에서 처음 시행되어 현재 일본, 캐나다, 유럽연합(EU), 싱가폴, 인도 등 30여개 국가에서 성공적으로 실시되고 있다.

아시아에는 한국의 '환경마크', 일본의 '그린프라(グリンプラ)', 북미에는 캐나다의 'Environmental Choice', 미국의 'Compostable Logo', 유럽에는 벨기에의 'OK Compost', 독일의 'DIN CERTO', 핀란드의 'Apple Core' 등의 생분해성 플라스틱 식별 표

시 제도가 있다.

현재 미국의 BPI(International Biodegradable Products Institute), 독일의 DIN CERTO 및 일본의 BPS(생분해성 플라스틱 연구회)라는 인증기관 사이에 협정을 체결하여, 인정 기준의 국제적 통합에 대한 논의를 진행하고 있다. 최종적으로는 국제 표준 기구(ISO)에서의 국제적 통합성이 요구된다.

(1) 한국의 환경마크 제도

KSM 3100-1을 인증기준으로 하여 1992년 6월부터 시행하고 있다. 환경부와 친환경상품진흥원이 담당 운영하고 있다.

(2) 미국의 Compostable 식별 표시 제도

ASTM D 6400-99를 인증 기준으로 하는 제도를 발족하고 있다. 인증 및 로고 발행 기관은 BPS와 USCC(U. S. Compost Council)이다. Compostable까지 추진하는 것이 특징이다.

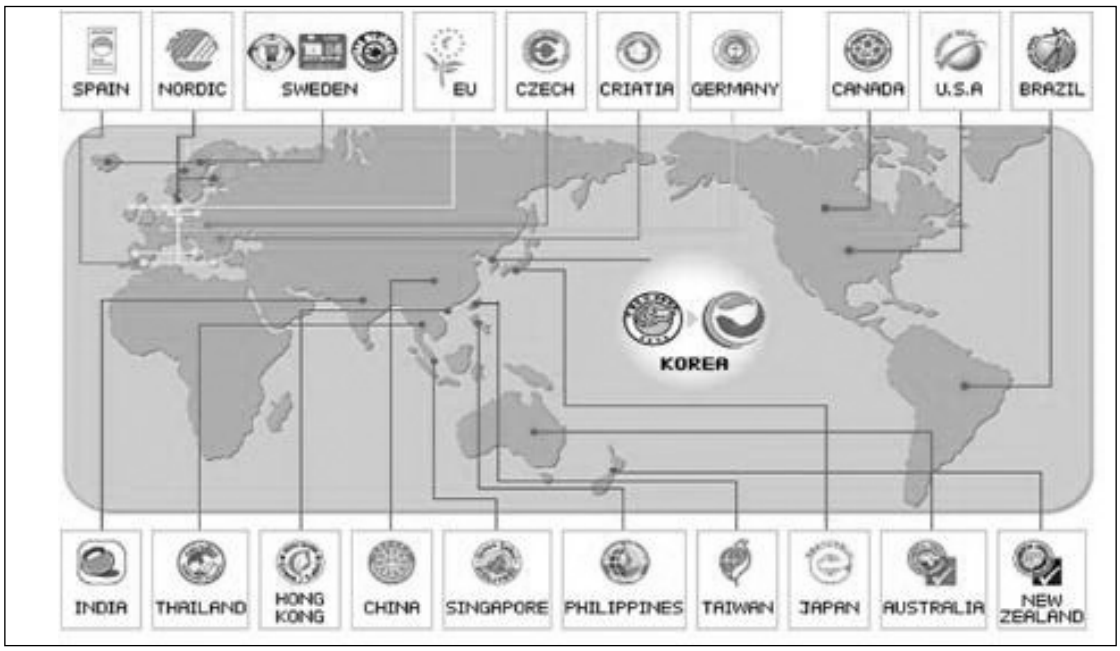
(3) 독일의 Kompostierbar 식별 표시 제도

EU13432(포장 자재의 퇴비성에 관한 시험 계획 및 규격 정령)를 기준으로 하여 DIN CERTO에 의해 Kompostierbar(퇴비화 가능)인 것이 인증되고, 인증 제품은 로고와 마크로 식별된다.

(4) 일본의 グリンプラ 식별 표시 제도

グリンプラ 식별 표시 제도는 생분해성 플라스틱 제품의 제품 구성, 생분해성, 환경 안전성의 기준을 만족하는 플라스틱 제품에 생분해성 플라스틱 제품으로, 심벌 마크, 로그의 사용을 인증하고, 등록을 명시하여 다른 일반플라스틱 제품과 식별하는 제도이다.

〔그림 1〕 국가별 친환경 식별 표시



〔표 1〕 일본에서 운영중인 친환경 플라스틱 마크

구 분	내 용	인증 마크	운영조직
그린프라마크 (환경마크) 2000년 6월 시행	-제품중 생분해 45%이상 + 5% 미만 비유기소재 -원료 조성, 제품 구성, 생분해 증명, 생체안전성 증명 (인체 무해성) 자료 제출	グリーンプラ®	사단법인 일본바이오플라 스틱협회
바이오매스 플라스틱 마크 2006년 7월 시행	-바이오 플라스틱 25% 이상 -바이오매스 사용, 배합율, 부속증명서 제출	BP® バイオマスプラ	사단법인 일본바이오플라 스틱협회
바이오매스 마크	하한을 설정하지 않고 있음 바이오매스 사용 촉진 마크		유기자원협회

(5) 식별 표시 제도의 국제 표준화 움직임

생분해 플라스틱 제품의 국제간 유통을 원활하게 할 수 있도록 하고, 보급을 촉진하기 위하여 각국의 식별 표시 제도를 국제적으로 표준화하려는 움직임이 시작되고 있다.

우선 2개국 간의 각서를 미국-독일(2000년 11월), 일본-독일(2001년 3월), 일본-미국(2001년 4월)으로 체결하였다. 다음에 상호 인증을 위하여 3개국 간에 각국의 식별 표시 제도에 통합성을 부여하기 위하여 협력하는 협정에 조인하였다(2001년 12월). 각국의 인증 제도의 차이는 다음과 같다.

일본의 규격 기준에서는 '생분해성'에 머무르는 반면, 구미에서는 '퇴비성'이라는 표현을 사용한다. 즉 일본은 구미에는 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. BPS는 グリンプラ 식별 표시 제도의 국제 통합성을 중요한 과제로 책정하고 반드시 합의에 이르기를 바라고 있다. 더욱이 ISO에서 국제 표준화되고, 일본 내에서도 JIS화를 목표로 하고 있다.

또한 일본에서는 바이오 플라스틱에 생분해 물질등 바이오매스가 50% 이상 한유된 경우 생분해 플라스틱 인증마크인 "그린프라 마크"를 부여하고, 바이오매스가 25% 이상 함유된 경우에는 "바이오매스 마크" 제도를 제정 운영하고 있다.

2. 바이오매스(산화생분해성) 플라스틱

최근 생분해성 플라스틱의 단점인 (1) 너무 빠른 생분해, (2) 물성, 내열성 및 내한성 부족, (3) 가격경쟁력 부족 등이 문제점으로 지적되고 있다.

또한 전세계적으로 생분해성 이라는 개념보다는 이산화탄소 저감에 중점을 두고 있는 바이오 플라스틱으로 그 패러다임이 변화하고 산업화가 빠르게 진행되고 있다. 이에 따라 미국에서는 산화생분해 플라스틱의 시험방법인 ASTM 6954가 제정되고, 일본에서는 (사)일본바이오플라스틱협회를 중심으로 바이오매스 플라스틱의 규격

〔표 1〕 녹색기술 인증 기준

기술성(40)	시장성(30)	녹색성(30)
· 신청기술의 기술수준 · 기술의 목표의 구체성 및 명확성 · 기술의 혁신성과 차별성 (지식재산권 확보/회피) · 기술적 파급효과 (타 기술발전 등에의 효과, 기술수준 향상 등)	· 신청기술의 경쟁제품 대비 비교우위성, 사업화 계획의 타당성 및 시장진입 가능성 · 시장규모, 성장률, 투자대비 회수가능성 (수익률), 수입대체효과	· 에너지와 자원의 절약, 기후변화 및 환경훼손의 억제등

* 기술수준을 반드시 충족하여야 함, 기술수준 미달시 평가점수 70점 이상인 경우에도 부적격 처리

기준이 제정되고, 그에 따라 바이오매스 플라스틱 마크를 운영하고 있다.

3. 녹색 인증(녹색기술)

자원 및 환경위기를 극복하고 신성장 동력 창출을 위해 (1) "녹색성장을 새로운 국가비전 제시", (2) "녹색성장 구현을 위해서 금융, 세제 등의 지원을 통한 녹색산업의 민간참여 확대 및 기술 시장 산업의 빠른 성장 유인"하기 위한 제도이다. 본 고에서는 녹색 기술을 중심으로 고찰하였다.

녹색 성장 정책을 통하여 에너지와 자원의 절약 및 효율적 사용, 기후변화와 환경 훼손을 감소하고, 청정에너지와 녹색기술의 연구개발을 통하여 신성장 동력을 확보하여 새로운 일자리 창출 등 경제와 환경이 조화를 이루게 한다.

〔그림 1〕 녹색인증마크



3-1. 녹색기술 정의

온실가스 감축기술, 에너지 이용효율화 기술, 청정 생산기술, 청정에너지기술, 자원순환 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함) 등 사회 경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 잘약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술

3-2. 녹색기술 인증대상

10대 분야, 61개 중점분야 중심으로 256개 전략 품목 및 1,263개 핵심요소기술이 인증대상이다. 10대 분야는 (1) 신재생에너지, (2) 탄소저감, (3) 첨단수자원, (4) 그린IT, (5) 그린차량, (6) 첨단그린주택 · 도시, (7) 신소재, (8) 청정생산, (9) 친환경 농식품, (10) 환경보호 및 보전이다.

3-3. 녹색기술 인증기준

평가기관은 기술성, 시장성, 녹색성을 종합평가하여 100점 만점에 70점 이상인 기술을 인증대상으로 추천한다.

〔표 3〕 2009년 제정 당시 기준

녹색기술인증	구 분	전략품목	핵심기술	기술수준
환경보호 및 보전	친환경 제품	친환경 원부자재	비스페놀-A 대체소재 및 플라스틱 제조공정기술	-비스페놀-A 등 환경호르몬 발생여부 -내열성(100~130도) 및 내구성 보유여부 -제조공정중 환경오염인자 발생여부
		친환경 원부자재	PLA 다양한 응용성 확보기술	-제품의 강도유지는 최소 6개월 이상, 생분해 필수
		친환경 원부자재	생분해, 광분해, 자연분해 제품	-EU PPW 규제 만족 기술
		환경친화적 제품설계 및 소재	유해성 및 환경독성 물질 대체 및 저감기술	-실용화 및 현장적용 여부
		환경친화적 제품설계 및 소재	고기능성, 생분해성 소재 생산 및 표준화 기술	-기능성, 생분해성 조절 및 국제기준 생분해성 평가기반 확보

3-4. 에코 패키징 관련 녹색기술 인증기준

10대 녹색기술중 에코패키징 관련하여 "8. 정정생산중 생분해 · 광분해 · 자연분해 기술", "9. 친환경농식품중 생분해성 포장재", "10. 환경보호 및 보전의 친환경 제품중 친환경 원부자재" 등이 있으나 친환경 원부자재 관련하여 고찰하고자 한다.

녹색인증 기준중 기술수준 미달시 평가점수 기술수준 미달시 평가점수 70점 이상인 경우에도 부적격 처리가 되도록 되어 있어, 기술수준의 평가기준이 매우 중요한 요소이다.

본 고에서는 2010년 현재 적용되고 있는 기술수준, 2009년 최초 제정당시 가장 중요한 기술수준을 〔표 4〕에 비교 분석하여 보았다.

상기 〔표 4〕의 기술수준 비교표와 같이 녹색인증의 가장 중요한 기술수준의 평가기준이 부적절하게 되어 있어, 현재 많은 문제점이 발생하고 있는 실정이다.

녹색기술 분야로 녹색인증을 신청한 기업에, 최종 기술수준은 환경표지 제품 인증기준을 적용해야 하는 아이러니가 발생하고 있는 실정이다.

실제 녹색기술을 신청한 기업들이 제품에 부여하는 환경표지 기준의 잣대로 평가를 하기 때문에, 녹색인증 자체를 부여할 수 없는 실정으로 기술수준의 수정보완이 시급한 실정이다.

대표적인 예를 들면 녹색기술에는 적합하지만 기술수준의 환경표지 제품 기준이 환경표지 기준이 새로이 제정, 시행이 될 때까지 녹색인증을 받을 수 없는 현실이다.

현재 그러한 문제점을 보완하기 위한 기술수준을 보완하기 위한 제도개선 방안이 도출되어 2011년 3월 공청회를 시행하였지만 중요한 기술수준 부분의 보완을 위해서는 경험있는 전문가의 자문을 받아 제도 보완이 이루어져야 할 것으로 보인다.

〔표 4〕 2009년, 2011년 및 2011년 개정중인 기술수준 비교

핵심기술('10년)	기술수준(2009년)	기술수준(2010년)	2011년-진행중
비스페놀-A 대체소재 및 친환경 플라스틱 제조기술	-비스페놀-A 등 환경호르몬 발생여부 -내열성(100~130도) 및 내구성 보유여부 -제조공정중 환경오염인자 발생여부	-비스페놀-A 등 환경호르몬 발생여부 -환경표지 인증기준 중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-내분비계 장애물질 불검출 여부
PLA 다양한 응용성 확보기술	-제품의 강도유지는 최소 6개월 이상, 생분해 필수	-제품의 강도유지는 최소 6개월 이상, 생분해 필수 -환경표지 인증기준 중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-핵심요소기술 삭제예정
생분해, 광분해, 자연분해 기술	-EU PPW 규제 만족 기술	-EU PPW 규제 만족 기술 -환경표지 인증기준 중 환경기준 달성 (환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 대비 10%이상 성능 향상
환경독성 물질 대체 및 유해성 저감기술	-실용화 및 현장적용 여부	-환경표지 인증기준 중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 기술대비 10%이상 제거 /무해화 성능향상
고기능성, 생분해성 소재 생산 및 표준화 기술	-기능성, 생분해성 조절 및 국제기준 생분해성 평가기반 확보	-환경표지 인증기준 중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 대비 10%이상 성능 향상
친환경 제품 생산기술	-	-	-환경표지 인증기준 또는 GR 인증기준 만종 -환경표지 대상 품목이 아닌 경우 유사품목의 기준 또는 관련법규상 해당 기준 등 적용

4. 다양한 친환경 식별 표시제도

〔그림 2〕와 〔그림 3〕에 나타냈다.

5. 친환경 포장 인증제도(안)

친환경 포장 관련한 가이드라인을 설정하여, 업계의 자발적인 친환경 포장을 적용하여 업체 스스로 당사제품의 포장재에 대하여 환경성을 평가하여 그 정도를 예측할 수 있는 제도가 필요한 시점이다.

포장 폐기물은 국내 폐기물 총 발생량의 중량 대비 37%를 차지하고 있으며, 부피 대피 50%을 차지하고 있다. 따라서 포장폐기물 발생량을 줄여야 할 당위성이 있다. 정부에서도 국내 포장재 사용량 절감의 노력이 꾸준하게 지속하고 있다.

이와 관련하여 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률에 의하여 재활용 가능자원(방사성 물질제외)을 관리하고 있으며, 포장 폐기물이 포함되어 있다. 또한 관리정책수단으로 생산자책임재활용제, 포장방법 규제, 포장재질 규제, 합성수지 포장재 연차별 줄이기, 1회용품 사용억

〔그림 2〕 친환경농산물 인증제도 인증마크



〔그림 3〕 에너지 효율 관련 인증제도



탄소 저감형　　바이오매스 사용량 표시형

제, 분리배출표시 등이 있다.

친환경 포장에 대한 업계스스로의 노력도 있다. 이러한 스스로의 노력은 당연히 장려해야 하지만, 무분별한 마크 사용은 환경보호의 의지인지, 업체간 경쟁과 마케팅차원의 홍보성인지 구분이 불분명하여 그 진정성을 파악하기 어려운 경우가 있다. 따라서 정부 차원, 협회 차원의 친환경 포장에 대한 가이드라인 제시의 필요성이 있다.

업계의 자발적 포장마크의 사용례를 살펴보면 "오리온 그린패기지"는 친환경 콩기름잉크사용, 친환경 수성코팅, 톨루엔 제로, 메틸알콜대신 에틸알콜 사용, "크라운제과 STOP CO2 GO ACTION"은 제품 제조공정에서 에너지 절감을 통해 탄소배출 저감화 실천, 솔벤트 프리 잉크, 코팅시 톨루엔 무사용, "롯데제과 친환경포장 인증마크"는 무용재 잉크, 화학성분 프리 포장재를 사용하고 있다.

또한 사단법인 한국바이오소재패키징협회에서는 바이오소재 사용량, 재활용 용이, 인체무해성, 탄소저감 관련하여 일본과 유사한 개념의 바이오매스 마크를 준비 작업을 하고 있다.

〔그림 4〕 업계의 자발적 자체 포장마크 사용 사례



오리온 그린패키지마크　　크라운제과 STOP CO_2 GO ACTION　　롯데제과 친환경포장

6. 시험 규격 및 방법

6-1. 생분해성 관련 규격

1990년대 후반 ISO TC61의 SC5에서 생분해성 고분자에 대한 논의가 활발히 이루어져 ISO(International Standard Organization)에서도 활성 오니 및 퇴비화 조건에서의 호기적 생분해도 측정방법을 도입하여 규격화 운영하고있다.

전세계적으로 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으로 생분해도를 특정하는 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"가 가장 널리 사용되고 있다.

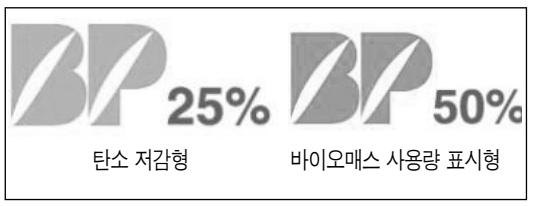
ISO 14855를 기준으로 각국에서 관련 기준을 만들어 운영하고 있는데, 미국 ASTM D 5338, 유럽 EN 13432, 한국 KS M 3100-1, 중국 GBT 19277, 일본 JIS K 6953이 있다.

이들은 모두 ISO 14855와 같이 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법이다.

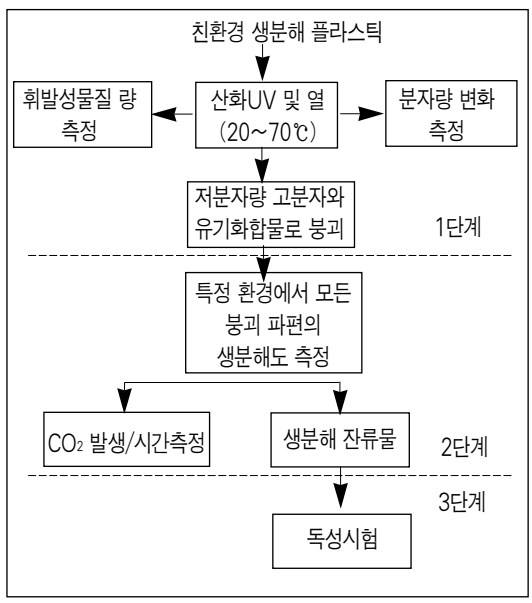
상기 시험방법은 생분해도 시험방법을 규정한 것이며, 생분해 수지 제품에 대한 시험기간, 분해도 등 인증기준은 아래와 같이 국가별로 차이가 있다.

- 한국 : 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해
- 미국 : 6개월 이내, 기준물질 대비 60% 이상 분해
- EU : 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해
- 일본, 독일 : 6개월 이내, 절대치 대비 60% 이상 분해

〔그림 5〕 바이오소재패키징협회 바이오매스마크(안)



〔그림 6〕 ASTM D 6954 산화생분해 시험 흐름도



〔표 5〕 생분해 및 산화생분해(바이오매스) 규격기준 비교

구분		생분해 플라스틱	산화생분해	비 고
바이오매스 함량		-50~90%이상	-25% 이상	생분해 수지 포함
규격기준	국제규격	-ISO 14555	-ISO 472	
	미국	-ASTM 6400	-ASTM 6954	
	일본	-JIS K 6953	-협회 단체규격	일본바이오플라스틱협회
	한국	-KSM 3100-1	없음	
재활용 측면		-재활용 어려움	-우수	
중점 항목		-생분해성	-탄소 저감	
생분해 기간		-6개월 이내	-기간 정하지 않음	표준물질: 셀룰로오스

6-2. 산화생분해성 관련 규격

산화생분해성 플라스틱의 분해도는 일차적으로 자연상태 하에서 플라스틱의 원료인 폴리머보다는 충전된 물질(전분 등)이 분해되는 정도를 파악하게 되는데, 사용방법으로는 충전된 전분이나 폴리카프로락탐(PCL) 등 바이오매스 함량을 여러 실험 장치를 이용하여 직접 정성적 · 정량적으로 분석하는 방법이 있으며, 생분해성 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 생분해성 분해 방법과 동일한 방법으로 측정한다.

최근 미국에서는 산화생분해 규격 및 시험방법인 ASTM D 6954를 제정하여 적용하고 있다. 이는 열분해, 광분해 및 생분해에 의한 분해반응, 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.

II. 결론

바이오 플라스틱 관련하여 생분해 플라스틱 관련 규격에 따라 에코마크(환경마크)를 부여하고 있고, 산화생분해 관련한 규격은 몇 년전에 시작하여 현재 미국은 ASTM 규격이 완성되었고, 일본은 (사)일본바이오플라스틱협회의 규격기준에 의하여 바이오매스 플라스틱 마크를 운영하고 있다.

다른 해외국가도 바이오 플라스틱 관련하여 탄소저감에 중점을 둔 바이오매스 관련 규격 기준 제정이 진행중이다. 이에 한국도 정부주도 또는 일본의 경우처럼, 협회 단체 규격의 제정 운영이 시급한 것으로 생각된다. ko