

폐플라스틱 처리와 분해성 플라스틱 개발 동향(2)

정원범 / 삼성종합화학연구소 선임연구원

목차

5. 광분해성 플라스틱

- 5-1. 감광성 관능기 도입형
- 5-2. 감광성 시약 첨가형
- 5-3. 개발동향

6. 생분해성 및 생분괴성 플라스틱

- 6-1. 미생물 배양법에 의한

생분해성 플라스틱

- 6-2. 화학합성법에 의한 생분해성 Polyester
- 6-3. 천연 고분자 개질형 플라스틱
- 6-4. 진분 충전형 생분괴성 플라스틱

7. 생분괴성, 광분해성 플라스틱

8. 맺음말

5. 광분해성 플라스틱

플라스틱의 광분해는 광에너지의 흡수에 의해 시작되므로 플라스틱이 광분해를 일으키기 위해서는 광에너지를 흡수할 수 있는 관능기, 즉 발색단(CHROMOPHORES)가 존재하지 않으면 안된다. 이러한 관능기는 플라스틱 분자 사슬중에 도입하여도 좋고, 첨가제와 같이 가해도 좋다(감광성시약첨가형). 감광성 관능기로서는 -N=N-, -CH=N-, -C=C-NH-NH-, -S-, -NH-, -O-, =C=O 등이 거론될 수 있다.

5-1. 감광성 관능기 도입형

(1) ETHYLENE-CO COPOLYMER

-[(CH₂-CH₂)-CO]-로 표현되는 플라스틱으로 [그림7]에서와 같이 NORRISH I형(결합이 절단되고, CO를 탈리)과 NORRISH II형(말단 이중결합과 말단아세틸기를 생성)의 반응이 일어난다. 미국의 DOW, DUPONT, UCC가 개발하여 상업화하였는데, DUPONT의 제품을 햇빛중의 자외선이 강한 지역인 텍사스 주의 ORANGE 지역에서 옥외폭로에 의한 광분해성을 시험한 결과인 [그림8]에서 볼때 C=O의 함량이 증가함에 따라 분해성이 크게 증가함을 알 수 있다.

(2) VINYL MONOMER-VINYL KETONE COPOLYMER

[그림7]과 같은 구조를 가진 것으로 r-탄소 위에 수소를 가지고 있기 때문에, 주로 NORRISH II형 분해기구로서 용이하게 분해된다. 여기서

서 상업화하였다. 국내에서는 대립산 업이 자체 개발에 의해 판매중이고, 조양홍산은 이스라엘 PLASTO-PHIL 사로부터 기술도입하여 생산 판매중이다.

일반적으로 광분해성 플라스틱은 가공이 쉽고 비교적 생분해성 제품보다 싸다는 장점이 있지만, 태양광의 노출에 의해서만 분해가 일어나기 때문에 광분해성 플라스틱 제품이 사용 후 폐기되어 매립장에 매몰되었을때 햇빛을 받기 힘들어 분해가 진행되지 않아 효과적인 분해성 제품이 되지 못하는 문제가 있다고 알려져 있다.

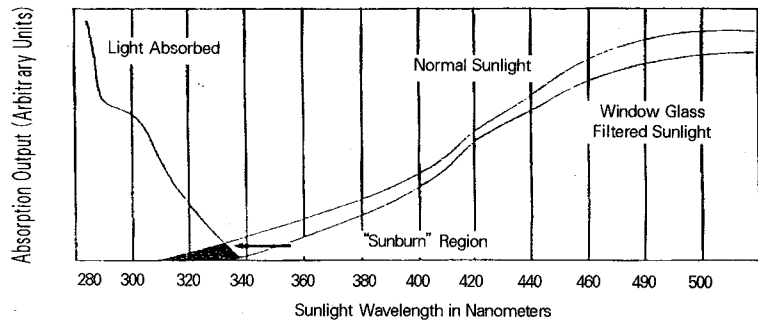
6. 생분해성 및 생분괴성 플라스틱

생분해성 플라스틱은 미생물 배양 법에 의한 지방족 POLYESTER, 화학 합성법에 의한 지방족 POLYESTER, 전분을 화학적으로 개질하여 고함량의 전분으로 이루어진 플라스틱으로 나눌 수 있다. 그리고 미생물에 의해 쉽게 분해되는 전분 등을 POLYOLEFIN에 충전하여 만든 생분괴성 플라스틱이 있다.

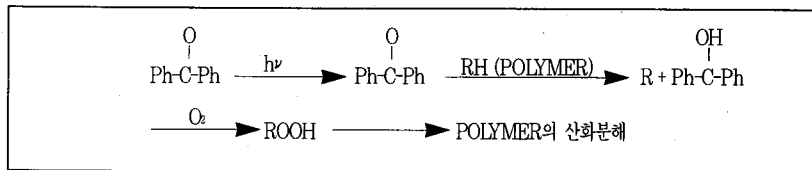
6-1. 미생물배양법에 의한 생분해성 플라스틱

미생물이 만들어 내는 biopolymer 를 활용하여 플라스틱과 같은 기능을 가진 물질을 만드는 것으로, biopolymer 는 poly-β hydroxy butyrate(PHB), poly(hydroxy butyrate-co-hydroxy valerate) (PHB/PHV) 등의 POLYALKANOATE인 NIERCELLULOSE 분자와 PULLULAN과 같은 다당류인 EXTRACELLULAR 고분자로 나눌 수 있다. 일반적인 polyhydroxyalkanoate의 구조는 다음과 같다.

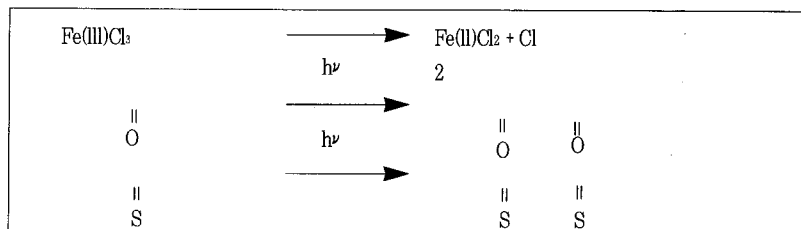
(그림10) 유리를 통한 빛의 SPECTRUM



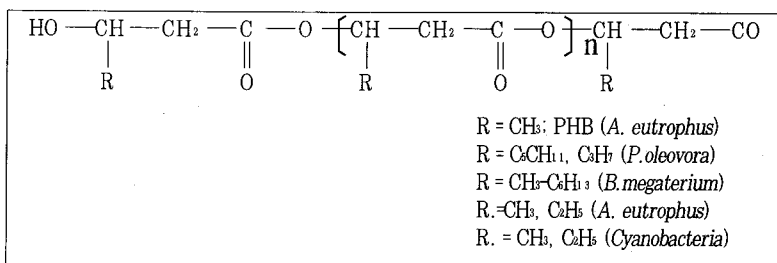
(그림11) 광증감제(BENZOPH-NONE)에 의한 POLYMER 분해과정



(그림12) 금속화합물(착체)에 의한 광반응



(그림13) POLYHYDROXYALKANOATE의 일반 구조



PHB는 Polyhydroxy Alkanoate의 일종인 천연 Polyester로서 매우 다양한 세균들이 세포내에 합성하는 에너지 저장물로 전분이나 Glycogen과 같은 생물학적 기능을 가진다. 여기서 사용한 균주에 따라 주로 생성되는

Hydroxyalkanoate 구조에서의 탄소 수 unit가 달라지며, 균주 배양에 사용되는 원료에 따라서 미생물에 축적되는 함량이 달라진다.

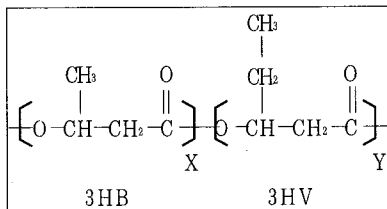
PHB는 PHA중 생체 함량이 가장 높은 편이나 Stiffness와 Brittleness

가 커서 실제 응용면에서 어려움이 있다. 영국의 ICI사에서는 PHB 생산 균주로 *Alcaligenes Eutrophus*를 이용하여 2차 배양시 Glucose나 유기산을 첨가하는 2단계 배양법으로 균체 건조중량의 80%까지 축적시킨 PHB를 개발하였다. 이러한 PHB는 Stiffness와 Brittleness가 커서 실제 응용에 어려운 점이 있다. 그래서 Propionic Acid와 Glucose로부터 아래와 같은 구조를 가진 3-hydroxybutyrate와 3-hydroxyvalerate의 공중합체(PHBV)를 개발하여 'BIOPOL'이라는 상품명으로 상업화하였다.

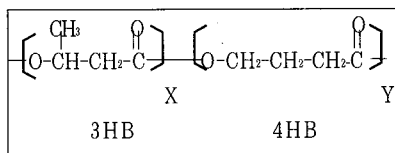
일반적으로 PHBV의 공중합체는 3-hydroxybutyrate(3HB), 3-hydroxyvalerate(3HV), 4-hydroxybutyrate(4HB)의 조성이 달라짐에 따라 [표8]과 같이 물성이 크게 달라진다.

일본의 도이 등은 ICI사와 같은 미생물인 *Alcaligenes Eutrophus*를 이용하여 또 다른 polyester를 제조하는 방법을 개발하였다. 즉 Pentanoic acid와 butyric acid로부터 합성하여 3HV의 함량이 0~95%에 이르게 하였다. 그리고 4-hydroxy butyric acid를 세균에

(그림14) PHBV(BIOPOL)의 구조



(그림15) POLY(3HB/4HB)의 구조



[표8] hydroxyalkanoate copolymer의 성질

POLYESTER의 조성 (mol%)			용점 (°C)	유리전이온도 (°C)	인장강도 (kg/cm ²)	신율 (%)	성질
3HB	3HV	4HB					
100	0	0	179	4	430	5	脆性
66	34	0	76	-6	180	970	延性
29	71	0	106	-12	110	5	延性
90	0	10	160	-3	240	242	延性
84	0	16	152	-7	260	444	延性
56	0	44	142	-22	100	511	彈性

공급하여 4-hydroxybutyrate(4HB)와 3-HYDROXYBUTYLATE(3HB)가 공중합된 새로운 Polyester인 Poly(3HB/4HB)를 개발하였다. 이렇게 공중합된 Polyester를 얻어 물성을 향상시키게 하였다. 그후 제조 가격을 낮추기 위해 가격이 저렴한 1,4-butanediol로 대체하여 polyester를 제조하기도 하였다.

또한 도이 등은 태양매물에 의한 생분해성을 시험한 결과, 토양에서 쉽게 분해됨을 관찰하였고, 특히 poly(3HB-CO-9%4HB) poly(3HB) poly(3HB-CO-50%3HV) 순서로 분해가 빠르다고 하였다.

이들의 생분해성 Polyester의 제조원가는 탄소원인 원료, 발효공정, 추출 및 정제공정, 그 외의 여러 비용에 따라 좌우되며, 현재의 높은 생산원가를 절감하는 공정이 우선 개발되어야 한다. 또한 생산 균주의 개발이나 배양기술의 확립, 생물반응기의 개선과 공정개선이 이루어질 경우에 대량생산에 의해서 생산 원가가 낮춰질 것으로 기대되어진다. 그러나 현재까지는 가격이 고가여서, ICI사의 'BIOPOL'은 15,000~20,000원/kg 수준이므로 용도가 극히 제한되어 있다.

그리고 미생물의 세균 밖으로 배출되는 점성액의 Biopolymer인

Extracellular 다당류가 이에 속하며, 대표적인 예로는 Xanthan gum, Alginate, Pullulan, Curdlan, Dextran, Levan 등을 들 수 있다.

6-2. 화학합성법에 의한 생분해성 POLYESTER

화학합성법에 의한 지방족 Polyester의 제조는 크게 두가지로 나누는데, 환상 Ester의 Monomer를 개환중합하는 방법, Diacid와 Diol로부터 중축합하는 방법이 있다. 두가지 모두 Aliphatic 구조를 가지면서 주쇄에 Ester 결합을 가지고 있어 미생물의 공격을 받아 쉽게 분해될 수 있게 한 것이다.

6-2-1. 환상 ESTER의 개환중합

Glycolide, Lactide, Lactone의 환상 Ester는 개환중합하여 고분자량의 지방족 Polyester를 합성할 수 있다. 이렇게 합성된 Polyester는 생분해성을 가지지만 Methyl기를 함유한 Pivalolactone으로부터 제조되는 고결정의 Polymer는 분해되기 힘들다. Glycolide와 Lactide로부터 제조된 Polyester는 일부 상업화되었는데, 가격이 고가이므로 용도가 한정되어 주로 수술용 봉합사 등에 적용되고 있다.

미국 UCC사에서는 E-caprolactone을 개환중합하여 수평균분자량이 40,000~80,000의 Polyester를 개발하여 'TONE'의 상품명으로 상업화 하였다. 이 제품은 Tg가 -60°C이고, 용점이 60°C이며, 인장강도 및 신율의 기계적 물성이 HDPE와 비슷한 정도로 우수한 물성을 가진다.

그러나 용점이 낮아 가공성이 나쁘고 가격이 고가이라는 단점을 가지

고 있으나 분해성은 비교적 우수하다.

UCC사에서 제공한 자료를 보면 토양에 매몰시켜 생분해를 시험한 결과, [표9]와 같이 1년 후에 분해에 따른 Weight loss가 42%이고, 신율은 4개월 후에 완전히 상실되는 정도로 분해가 된다고 하고 있다.

6-2-2. DIOL과 DIACID의 축중합

[표 9] 'TONE'의 토양매몰에 의한 생분해성 시험 결과

Months of Burial	Tensile Strength (psi)	Tensile Strength Lost(%)	Elongation (%)	Weight Loss (%)
0	2610	-	370	0
2	1610	38.3	7	8
4	520	80.1	3	16
6	100	96.2	nil	25
12	nil	99	nil	42

[표 10] 각종 지방족 폴리에스테르의 용점(°C)

글리콜 HOROH	디카르본산 HOOC(CH ₂) _n COOH								
	n=0	1	2	3	4	5	6	7	8
-(CH ₂) ₂ -	159	-22	102	-19	47	25	63	44	72
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{-CHCH}_2 \end{array}$	-	-	-2	-25	-25	-37	-41	-46	-34
-(CH ₂) ₃ -	66	-25	43	35	36	41	47	46	49
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{-CH(CH}_2)_2 \end{array}$	-4	-20	15	-32	-36	-43	-	-52	-44
-(CH ₂) ₄ -	103	-24	113	36	58	38	-	49	64
-(CH ₂) ₅ -	49	-26	32	22	37	39	43	46	53
-(CH ₂) ₆ -	70	-48	52	28	55	52	61	52	65
-(CH ₂) ₁₀ -	76	29	71	55	70	63	70	67	71
-(CH ₂) ₂₀ -	88	67	86	77	85	82	86	34	87
-(CH ₂) ₂ -O-(CH ₂) ₂ -	5	-18	-11	-30	-29	-32	-28	-36	44
-(CH ₂) ₂ -O-(CH ₂) ₂ -O-(CH ₂) ₂ -	-14	-34	-24	-36	-39	-42	-41	-43	28
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{-CH}_2\text{-C-CH}_2\text{-} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	111	67	36	-	37	-	-19	-19	-19

1950년대 플라스틱 개발이 활발할 때 상당히 많이 연구되었던 방법이었지만, 그 당시에는 플라스틱 가공이 가능할 정도의 고분자량의 Polyester가 개발되지 못했다. 그런데 최근들어 생분해성의 Polyester가 관심이 집중되어 다시 연구가 활발히 진행되고 있다.

이 방법에서 사용될 수 있는 Diol과 Diacid는 주쇄에 지방족 Hydrocarbon을 가져야만 최종 Polyester가 Aliphatic 구조를 가져 우수한 생분해성의 polyester를 얻을 수 있다. 그리고 Diol과 Diacid의 여러 종류에서 사용되는 원료 종류에 따라 최종 Polymer의 물성이 달라지고 [표10]과 같이 특히 용점이 크게 달라져 가공성 문제와도 결부된다.

최근들어 1993년 말에 일본 SHOWA고분자에서는 Diol, Diacid로 부터 축중합하여 고분자량의 Polyester를 개발하여 'BIONOLLE'라는 상품명으로 상업화하여 현재 Semicommercial 단계에 와 있다. 이 제품의 특성을 살펴보면 수평균분자량이 30,000~42,000 정도이며 용점은 90~120°C이다. 기계적 강도면에서 볼 때 인장강도는 Polyolefin 수지보다 우수하지만 신율은 열세에 있고, 가격이 아직까지는 4,000~6,000원/kg으로 고가여서 응용제품이 제한되어 있다. [표11]

이러한 Diol, Diacid로 부터 제조되는 Polyester는 분자량을 가공성 및 물성이 우수한 정도로 높이는 기술과 분해성을 높이는 분자설계 기술이 핵심이라고 볼 수 있다.

6-3. 천연 고분자 개질형 플라스틱 천연고분자인 Cellulose, Lignin,

Starch 등을 이용하여 생분해성 플라스틱을 제조하는 기술이 있다. 식물 세포벽 성분으로 Cellulose, Hemicellulose, Pectin 등의 다당류 및 Lignin, 그리고 저장탄수화물인 전분 등으로 나눌 수 있다. 또한 갑각류 등에 함유하고 있는 Chitin 등을 들 수 있다. 이러한 천연고분자는 쉽게 분해되어 자연계로 순환될 수 있으므로 생분해성 플라스틱의 제조에 활용할 수 있다.

6-3-1. 전분을 이용한 플라스틱

전분은 수분이 첨가됨에 따라 어느 특정 온도 범위에서 용융 상태로 된다. 즉 [그림17]과 같이 전분의 종류에 따라 물이 함유되었을 때 일정 온도 범위에서 흡열하여 용융상태로 된다. 시중에서 판매되는 전분은 12-15%의 수분을 함유하고 있는데 [그림18]에서 보듯이 유리전이온도가 상온보다 높으므로 Brittle하게 되어 성형품에는 응용할 수 없다. 그러나 수분의 양을 더욱 증가시키면 유리전이 온도를 상온 이하로 낮출 수 있어 상온에서 Flexible한 제품을 얻을 수 있다. 따라서 Polyolefin에 전분을

[표 11] 생분해성 폴리에스테르 'Bionolle'의 grade(대표 예)

품명	#1000	#2000	#3000
사양	標準品	中硬質品	軟質品
용점(°C)	110-120	100-110	90-100
밀도(g/cc)	1.26	1.22	1.18
MI(g/10min) 190°C. 2. 16kg	0.1-50	0.1-50	0.1-50
분자량 Mn	35.000	32.000	42.000
(GPC) Mw	164.000	173.000	227.000
film강도(50µm)			
未延伸(kg/mm ²)	12	10	8
延伸(kg/mm ²)	16	14	12
연소열(Cal/g)	5.670	5.710	5.760
생분해성(토양매설법)	standard	fast	rapid

충전시키는 경우는 물성 저하 때문에 충전 가능한 전분 양이 한정되지만, 일정량의 수분과 가소제를 가하여 성형 가공이 가능하게 한 것은 90%의 전분까지도 충전 가능하다. 그래서 전분이 많이 배합되어 있으므로 분해성이 아주 우수하다.

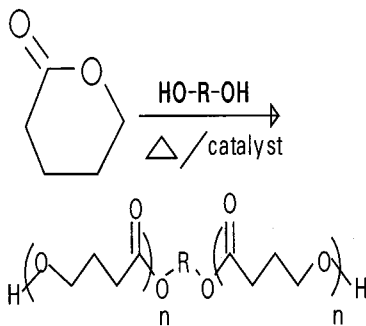
Waner Lambert사에서는 이러한 성질을 이용하여 70-90%의 고함량의 전분을 충전하고, 친수성고분자물 기제로 사용하여 가소제, filler, 활제 등을 배합하여 사출, 압출가공이 가능하게 한 생분해성 플라스틱을 개발하였다.

현재 Waner Lambert사의 NOVON, Novamont사의 'MATER-BI'가 상업화하였는데, 가격이 고가이고 성형가공에 있어 특수 성형기가 필요하다는 점과 내수성이 없다는 단점이 있어 활발한 사용이 되지 못하고 있다.

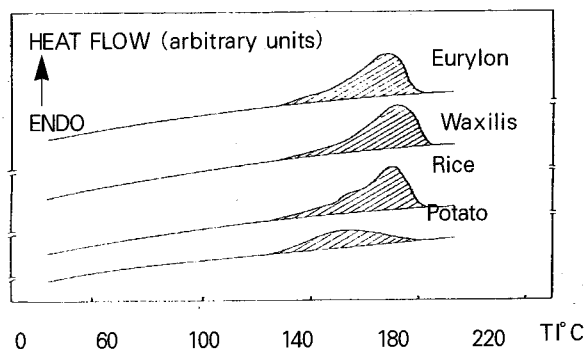
6-3-2. 기타 천연고분자 이용 플라스틱

일본 Kyoto 대학에서는 Gluten을 이용한 생분해성 플라스틱을 개발하고 있다. Gluten은 소맥분 중의 단백질의 총칭인데 통상 탄수화물, 지

[그림16] 'TONE'의 합성 과정



[그림 17] 17%수분 함유 STARCH용융거동 (DSC결과)



질을 각각 약 10%를 함유하고 있다. Gluten은 물에 용해되지 않고, 함수율이 높을 때는 탄성을 가지게 된다.

그리고 가열하면 변성, 응고하는 성질을 가지므로 성형이 불가능하다. 그런데 Gluten과 상용성이 있고 비휘발성이 있는 가소제를 사용하고, 일반적으로 단백질을 변성시키는 요소를 가하여 Roll 작업을 거쳐 압축 가공을 하여 성형 제품으로 가공할 수 있다. 이것은 강도는 우수하나 물에 민감하여 강도가 저하하는 단점이 있다.

이밖에도 일본 Shikoku 공업기술 시험소에서는 Cellulose 섬유와 Chitin을 가수분해하여 얻은 Chitosan의 초산수용액과 제3성분을 가하여 얻어진 고점성 물질을 이용한 Sheet나 발포체를 개발한 결과를 보고하기도 하였다.

6-4. 전분 충전형 생분괴성 플라스틱

전분을 Polyethylene을 잘 분산시켜 만든 성형제품은 전분 부분이 미생물의 공격을 받아 분해되고 Polyethylene의 표면이 다공성으로 되

어 붕괴를 촉진하며, 더욱이 저분자로 된 Polyethylene은 미생물의 분해를 받기 쉽게 한 것이다(그림19).

이러한 형태의 것을 생분괴성이라고 보는 것은 분해과정에서 많은 시간에 걸쳐 분해가 진행되기 때문에 생분해성과 비교하기 위한 것이다.

전분은 Amylose와 Amylopectin으로 이루어져 있는데, 식물의 종류에 따라 함유 비율이 달라진다. Amylose는 직쇄상의 $-(1-4)-\text{glucoside}$ 이고, Amylopectin은 6번탄소에 Branch를 가지는 $-(1-4)-\text{glucoside}$ 이다. Amylose와 Amylopectin로 이루어진 Starch는 (그림20)과 같이 Enzyme이나 Bacteria에 의해 쉽게 분해된다.

이렇게 쉽게 분해되는 전분을 Polyethylene에 일정량의 함량으로 충전시킨 생분괴성 플라스틱이 개발되어 상업화되어 있다. 전분을 Polyethylene에 Blending하는 일반적인 방법은 [표 12]와 같다.

영국의 Griffin은 분말입자상의 전분을 50% 정도 충전시키고, 탄소 사슬이 미생물의 공격이 용이하도록

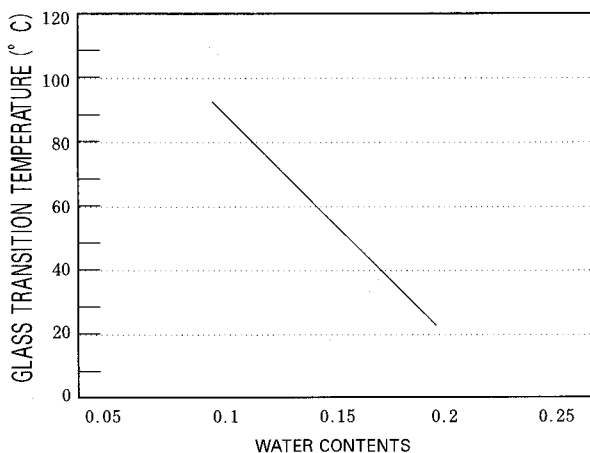
Alkyl-ester와 같이 분자당 한개 이상의 이중결합을 포함하는 불포화지방산 유도체의 자동산화제를 배합하고 있다.

미국 농무부에서는 물에 분산한 전분과 Ethylene-acrylic acid 공중합체를 복합체로 하여 전분이 친수성 polymer의 연속상으로 되게 하여 생분해성 플라스틱을 개발하였다. 또한 미국의 Iowa대학에서는 전분을 Alkenyl Succinic Aluminium염으로 소수화 변성시켜 LDPE와의 상용성을 개량하여 전분을 50%까지 혼합하여 필름을 가공할 수 있게 하였다.

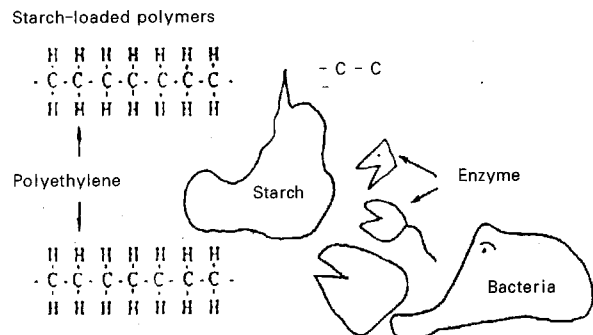
외국에서는 미국의 Ecostar International사의 'ECOSTAR', Ampacet사의 'POLYGRADE I' 등이 상업화되어 있고, 국내에서는 선일포도당과 유공이 개발하여 생산, 판매중에 있다.

그런데 생분괴성 제품은 충전된 전분의 양에 따라 분해성이 달라지므로 물성 저하를 최소화하는 범위 내에서 전분을 많이 충전시키는 것이 효과적이다.

(그림18) 수분 함수율에 따른 STARCH의 유리전이온도



(그림19) 생분괴 플라스틱의 분해 기구



7. 생분괴성, 광분해성 플라스틱

전분을 충전하여 만든 생분괴성 플라스틱과 광분해성 플라스틱의 각각의 분해 기능을 혼합하여 생분괴와 광분해가 동시에 발휘되는 플라스틱을 생분괴성, 광분해성 플라스틱이라 할 수 있다. 이러한 생분괴, 광분해성 플라스틱은 사용후 폐기되는 플라스틱, 즉 shopping bag이나 일회용 제품이 폐기되어 매립장에 매립될때까지의 과정에 있어서 분해가 햇빛에의 노출과 매립장에서의 매립시에 복합적으로 분해가 일어나기 때문에 특히 효과적이다.

외국에서는 미국의 Ecostar International사의 'ECOSTAR PLUS', Ampacet사의 'POLYGRADE II' 등이 상업화 되어 있다.

또한 국내에서는 삼성종합화학이 독자적인 기술로 생분괴 및 광분해성의 제품을 개발하여 3ECOPHIL'이라는 상품명으로 상업화하였다.

[표 12] 전분과 POLYETHYLENE의 BLENDING방법

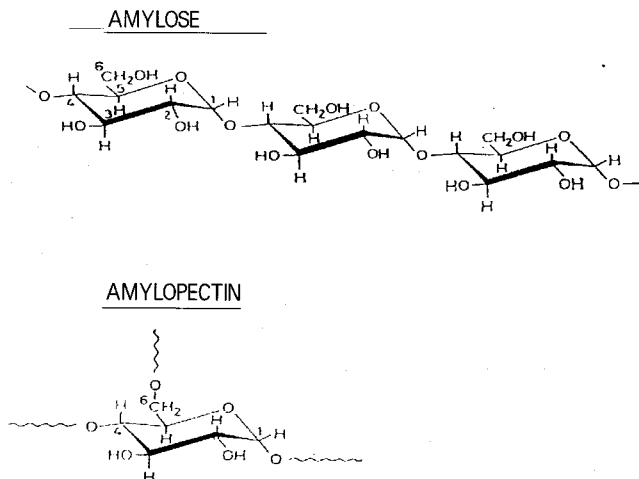
전분 종류	처리제	혼합기	전분 함량	연구기관
미처리 전분		EXTRUDER 고속와류혼합기	1~40%	-ADM -ILLINOIS대 -미생물연/중앙 화학(일)
소수화 전분	-ALKENY SUCCINIC ACID -SILANE	-EXTRUDER	20~50%	-IOWA주립대
미립자화 전분				-IOWA주립대
호화 전분	-EAA		30~50%	-미국농무부

ECOPHIL은 전분 및 생분해 상용화제의 생분해 물질과 특수 광분해촉진제 및 POLYOLEFIN (HDPE, LLDPE) 수지로 구성된 POLYOLEFIN계 COMPOUND이다. ECOPHIL은 미생물에 의한 생분괴와 햇빛의 자외선에 의한 광분해가 동시에 일어나는 생분괴, 광분해성 플라스틱임에 따라 사용후 폐기될때 효과적으로 분해가 발휘된다. 쇼핑백, 쓰레기회수용백 등은 사용후, 일반적으로 음식물찌꺼기나 쓰레기를 담아 폐기되는데, 이런 필름은 소각이나 재활용이 어려워 매립에 의존할 수 밖에 없다. 따라서 ECOPHIL을 이용한 필름은 빠른 시

간 내에 붕괴되어 음식물찌꺼기나 쓰레기의 생분해를 촉진시킴으로써 쓰레기 매립장의 안정화 및 수명연장을 도모할 수 있다.

'ECOPHIL'은 HDPE, LLDPE 필름용으로 개발한 제품으로 기존의 가공기로서 가공 가능하고, 우수한 물성을 가진다.(표13) 또한 가공한 필름은 전분 등의 생분해물질이 15%로 많이 함유되어 있어, 생분괴성능이 우수하다. 토양 매물시험이나 균주배양시험에서 필름이 붕괴가 일어남을 관찰할 수 있다.(그림 21) 특수 광분해촉진제에 의한 광분해성능이 증진되어 폐기후 햇빛에 의해 빠른 시간(봄철 30일, 여름철 40일) 내에 분해된다.

(그림20) STARCH의 AMYLOSE, AMYLOPECTIN 구조



8. 맷음말

현재 폐플라스틱에 의한 환경오염 문제를 해결하는 수단으로서 분해성 플라스틱은 세계 각국에서 매우 유력한 것으로 받아들여지고 있다. 일본과 같이 소각로가 많이 보급되어 있으며, 재활용 산업이 매우 활성화된 나라에서마저 최근 그 연구개발은 물론 법제화, 규격화를 서두르고 있다는 것을 잘 인식해야 할 것이다. 더구나 우리나라와 같이 소각로 보급률도 낮고, 재활용도 잘 안되고 있으면

(그림21) ECOPHIL 20% 배합 HDPE FILM의 균주 생육 및 붕괴 모습



▲미생물 생육 관찰



▲분해에 따른 HOLE 및 CRACK 발생

서 거의 전적으로 의존하고 있는 매립장마저 신규 확보가 갈수록 어려운 처지를 생각할 때 분해성 플라스틱에 대한 정부는 물론 범국민적 차원의 의식 고양 및 적극적 지원은 매우 절실하다 하겠다.

또한 현재 연구개발중인 완전 생분해성 플라스틱으로 모두 대체할 수 있다면 좋겠지만 아직 개발이 완전한 상태가 아니고 가격이 너무 높음에 문제가 있다. 따라서 완전 분해성은 아니지만 가격적인 면이나 물성 면에

서 우수한 생분괴, 광분해성 플라스틱이 현실적일 수 있다. 그러나 이러한 분괴성 제품을 사용할 때 maker에서 권장하는 함량으로 masterbatch를 혼합 사용하여야만 분해될 수 있는 성분이 일정 함량으로 충전되어 분괴 효과가 나타나므로 사용 함량을 규제하는 것도 시급하다고 볼 수 있다. 이러한 분괴성 플라스틱의 사용 단계를 거쳐 나아가서는 완전 분해성의 플라스틱이 값싸게 개발되었을 때 분해성 플라스틱이 폐플라스

틱의 처리에 있어 효과적인 방법으로 대두될 것으로 보여진다.

(표 13) ECOPHIL을 이용한 HDPE, LLDPE FILM의 물성

물 성	시험방법	단 위	HDPE 필름		LLDPE 필름	
			ECOPHIL 가공 필름	KS 기준치	ECOPHIL 가공 필름	KS 기준치
파단점 인장강도 (MD)	KS M3503	kg/cm ²	550	350이상	350	200이상
파단점 인장강도 (TD)	KS M3503	kg/cm ²	550	350이상	300	200이상
파단점 신도 (MD)	KS M3503	%	300	250이상	650	350이상
파단점 신도 (TD)	KS M3503	%	500	250이상	700	350이상
인열 강도 (MD)	KS M3503	kg/cm	250	120이상	140	75이상
인열 강도 (TD)	KS M3503	kg/cm	250	120이상	145	75이상
다트충격강도	ASTM D1709	g	180	-	330	

*1) HDPE FILM (20μm), LLDPE FILM (40μm) 기준

*2) HDPE FILM은 ECOPHIL DH41A 20%, LLDPE FILM은 ECOPHIL DL42A 20% 배합하여 가공한 필름임