

# 식의약R&D 이슈보고서

I S S U E R E P O R T

2024. 08

바이오플라스틱



## 식의약 R&D 이슈 보고서

# CONTENTS

<b>1장. 바이오플라스틱에 대한 이해</b> .....	<b>01</b>
1.1 바이오플라스틱의 개념 .....	01
1.2 바이오플라스틱 연구개발의 필요성 .....	03
<b>2장. 바이오플라스틱 최근 동향</b> .....	<b>05</b>
2.1 바이오플라스틱 산업 동향 .....	05
2.2 바이오플라스틱 제품·서비스 동향 .....	10
<b>3장. 바이오플라스틱 기술개발 현황</b> .....	<b>21</b>
3.1 바이오플라스틱 특허 동향 .....	21
3.2 바이오플라스틱 연구 동향 .....	27
<b>4장. 바이오플라스틱 정책 동향</b> .....	<b>33</b>
4.1 국외 .....	33
4.2 국내 .....	42
<b>5장. 바이오플라스틱 관련 이슈</b> .....	<b>49</b>
<b>6장. 고찰 및 시사점</b> .....	<b>51</b>
<b>7장. 전문가 기고문</b> .....	<b>53</b>
7.1 식품 포장과 바이오플라스틱 .....	53
7.2 바이오플라스틱 식품포장재의 이슈와 전망 .....	60



1. 본 식의약 R&D 심층분석보고서는 식품의약품안전평가원 용역연구과제 <식품·의약품 등 안전기술 환경조사·분석>의 일부로 수행되었습니다.
2. 본 식의약 R&D 심층분석보고서는 주제에 대한 최근 동향에 관한 정보 제공을 목적으로 하며, 식품의약품안전평가원의 현안 과제와 관련된 대안을 제시하고자 하는 것은 아닙니다.
3. 본 식의약 R&D 심층분석보고서는 특정 주제에 대해 종합적으로 작성된 기획 원고를 담았으며, 모든 원고는 본 보고서를 위해 최초로 작성되었습니다.
4. 기획 원고의 본문은 모두 참고자료를 바탕으로 하여 작성되었고, 서론 및 시사점은 본문의 내용과 관련한 연구진의 소견을 일부 포함하여 작성하였습니다.
5. 동향 단신은 출처에서 수집된 정보를 요약하여 작성되었습니다.
6. 각 원고의 내용에 관한 상세한 정보는 원고별 각주를 통해 확인 가능합니다.

## 01 바이오플라스틱에 대한 이해

### 1.1 바이오플라스틱 개념

#### [바이오플라스틱 정의]

■ 바이오플라스틱이란 생물공학 기반 기술을 통해 생산되는 생분해성 플라스틱(Biodegradable plastics)과 바이오매스 플라스틱(Bio-based plastics)을 의미함<sup>1)</sup>

- 바이오플라스틱은 플라스틱의 폐기 부문(생분해)에 초점을 맞춘 생분해성 플라스틱과 생산 부문(바이오매스 원료)에 중점을 둔 바이오매스 플라스틱으로 구분됨
- **(생분해성 플라스틱)** 자연계에서 미생물에 의해 물, 이산화탄소, 퇴비와 같은 천연 물질로 전환되는 플라스틱으로, 바이오매스 함유 여부는 무관하며, 규격 기준에 따라 표준물질인 셀룰로오스 대비 6개월에 90% 이상 분해되어야 함
  - 생분해성 플라스틱은 유통기한이 짧은 제품이나 일회용품에 주로 적용되며, 유통 중 분해 가능성, 높은 단가, 물성 약화, 가공 취약성 등이 산업화에 장애물로 작용
- **(바이오매스 플라스틱)** 재생가능한 자원(바이오매스)으로부터 만들어진 플라스틱으로, 옥수수나 사탕수수와 같이 탄수화물이 풍부한 식물에서 생산되는 경우가 가장 일반적이며, 생분해 여부와는 무관하고 식물체 기반 바이오매스가 20~25% 이상 함유되어야 함
  - 바이오매스 플라스틱은 생산 시 탄소 발생이 적고 재활용이 용이하다는 장점이 있지만, 강도와 내수성 측면에서 문제 발생 가능성이 있음

[표 1] 바이오플라스틱 분류 및 특징

구분	생분해성 플라스틱		바이오매스 플라스틱	
	천연물 계열	석유 계열	결합형	중합형
바이오매스 함량	50-70% 이상	-	20-25% 이상	
사용원료	천연물, 미생물계	석유 유래 원료 중합 합성	천연물-고분자 결합	천연물-단량체 중합
특징	빠른 생분해		탄소 저감	
플라스틱 사용여부	첨가제 형태로 10% 이내 사용		베이스레진으로 사용	
재활용 여부	불가능		가능	
생분해 여부	최종 생분해		난분해(비분해)	
생분해 시험	6개월 이내(90% ↑), 45일 이내(60%)		6개월 이내(60% ↑)	
시험분석	생분해(미생물)		유기탄소 정량	
규격 기준	ISO 14855, ASTM D 6400 등		ASTM D 6866, CEN/TR 15932 등	
주요 적용지역	유럽 등		미국 등	

\*출처: 바이오플라스틱, KISTEP, 2022.08

1) 바이오플라스틱, KISTEP, 2022.08

### [바이오플라스틱 종류]

- 플라스틱을 원료와 생분해 여부를 기준으로 구분 시, 아래 표와 같이 분류될 수 있음<sup>2)</sup>
  - **(바이오매스 기반 원료/난분해)** 주사용 원료는 옥수수나 사탕수수 등이며, 기존 제품 대비 약한 물성을 나타내지만 제조과정에서 탄소배출량이 약 70% 정도 저감되는 효과가 있음
  - **(바이오매스 기반 원료/생분해)** 주사용 원료는 옥수수나 미생물 등이며, 제조과정에서 탄소배출량 저감과 함께 생분해된다는 장점을 가져 높은 순환성을 나타냄
  - **(화석 연료 기반/난분해)** 기존 플라스틱의 대부분이 여기에 속하며, 분해되는 데 오랜 시간이 소요(바이오플라스틱에 해당하지 않음)
  - **(화석 연료 기반/생분해)** 원재료 가격이 바이오매스 대비 저렴하고 분해가 가능해 기존 플라스틱 대비 대체가능성이 가장 높게 나타나지만, 제조과정에서 탄소배출량이 높다는 단점이 있음

[표 2] 유형별 플라스틱 종류

구분	바이오매스 기반 플라스틱	화석 연료 기반 플라스틱
생분해	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PLA(Polylactic acid)</li> <li>▪ PHA(Polyhydroxyalkanoates)</li> <li>▪ Cellulose</li> <li>▪ Starch Blends</li> <li>▪ Bio-PBS(Bio-polybutylene succinate)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PCL(Polycaprolactone)</li> <li>▪ PBS(Polybutylene succinate)</li> <li>▪ PBA(Polybutylene adipate)</li> </ul>
난분해	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bio-PET(Bio-polyethylene terephthalate)</li> <li>▪ Bio-PE(Bio-polyethylene)</li> <li>▪ P(Polyol-polyurethane)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PET(Polyethylene terephthalate)</li> <li>▪ PE(Polyethylene)</li> <li>▪ PS(Polystyrene)</li> <li>▪ PP(Polypropylene)</li> </ul>

\*출처: Iwata, T. Biodegradable and bio-based polymers: Future prospects of eco-friendly plastics, 2015

\* 보고서 본문에서는 편의상 플라스틱 관련 용어를 약어로 기재하였으며, 별지에 용어의 정식 명칭을 제시하였음

2) ESG시대, 순환경제, 삼성증권, 2021.03

## 1.2 바이오플라스틱 연구개발의 필요성

### ■ 플라스틱은 사용 편의성, 비용생산성은 매우 높으나 사용량의 급증으로 인해 적절한 처리가 어려워 막대한 환경오염을 야기

- 저렴한 가격으로 사용이 편리하고 활용도가 높아 다양한 분야에서 활용되는 소재로, 플라스틱은 `23년 7,120억 달러의 시장 규모를 형성<sup>3)</sup>
- 하지만 플라스틱의 느린 분해 속도, 낮은 재활용률, 무분별한 사용으로 인한 폐기물 증가 등은 막대한 환경 문제를 초래하고 있음
  - 플라스틱은 자연 생태계를 위협하는 위험 수준이 매우 높아 세계 각국은 플라스틱 폐기물 저감 및 대체제 개발에 대한 전략을 수립하고 있음

### ■ 세계 주요국은 '2050 탄소중립 달성'의 목표를 정립하고 이에 따른 친환경 정책을 추진

- 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)가 발표한 특별보고서(『1.5℃ 특별보고서』, 2018에 따르면 전지구적으로 평균온도 상승을 1.5℃ 이내로 억제하기 위해 2030년까지 온실가스 배출량을 45% 이상 감축해야 하고(2010년 대비), 2050년에는 탄소 중립을 달성해야 한다고 제시<sup>4)</sup>
- 이에 따라 정부는 `20년 10월 탄소중립 선언을 시작으로 관계부처 합동의 2050 탄소중립 시나리오를 수립했으며, 부문\*별 정책 방향 및 전환 속도를 제시
  - \* (탄소중립 시나리오 9대 분야) 에너지 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 수소, 이산화탄소 흡수원, 이산화탄소 포집 및 저장·활용
  - (폐기물 분야) 바이오플라스틱 소재개발 및 제도개선 과제를 통해 생활/사업장 플라스틱의 47%를 바이오플라스틱으로 대체하는 것을 목표로 함

### ■ 2024년 6월 발표된 OECD 보고서에 따르면, 한국인의 1인당 플라스틱 소비량은 세계 최고 수준을 기록

- `20년 기준 한국인의 1인당 플라스틱 소비량은 208.282kg<sup>5)</sup>으로 과다한 사용량을 보였으며, 국내 일회용 플라스틱 폐기물 중 78.3%는 식품 포장재에 해당<sup>6)</sup>
- 분리배출되는 플라스틱 중 배달음식 포장재가 포함된 '기타 폐합성수지류' 항목의 1일 배출량은 `19년 대비 `21년 약 80.6%가 증가한 수치인 1,292.2톤이 발생하였으며, 이는 코로나19 확산에 기인한 결과로 분석됨<sup>7)</sup>

3) Statista, Global plastic market size 2023-2033, 2024.06

4) 환경부, 2050 탄소중립교육 참고자료집, 2024.01

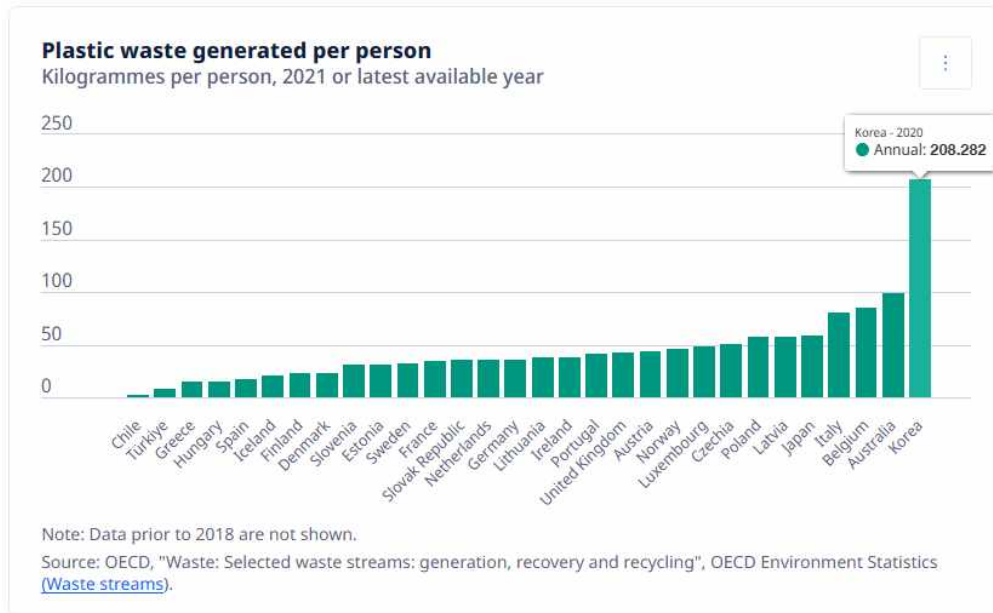
5) OECD, Environment at a Glance Indicators, 2024.06

6) "일회용 플라스틱 폐기물 78.3% '식품포장재'", 의학신문, <http://www.bosa.co.kr/news/articleView.html?idxno=2215276>, 2024.01

7) 그린피스, 2023 플라스틱 대한민국, 2023.03

- 이와 같이 식품 포장 산업은 전세계 플라스틱 소비의 주 원인으로, 플라스틱의 순환 경제로의 전환에 있어 주요 고려 요소가 되며, 코로나19 확산 이후 식품과 관련한 폐기물이 급증으로 인해서 그 필요성은 더욱 증대되었음

[그림 1] 국가별 1인당 플라스틱 소비량



\*출처: OECD, Environment at a Glance Indicators, 2024.06

■ 국가의 정책적 흐름과 친환경에 대한 높은 관심에 발맞추기 위해 기업들은 ESG 경영, 그린마케팅 등을 표방한 기업 투자를 확대

- \* ESG란 '환경(Environmental)', '사회(Social)', '지배구조(Governance)'의 영어 단어 첫 알파벳을 딴 용어로, 2004년 UN 보고서에서 최초로 사용
- ESG와 관련한 새로운 투자 기준 및 규정이 마련되고 있으며, 이러한 현황에 발맞추어 기업은 재무적 성과뿐만 아니라 비재무적 성과를 창출하여 사회적 책임과 제품·서비스의 지속가능성을 위한 투자를 진행
- MZ세대가 주체적 소비자로 등장하고 시민의식 수준이 높아지며 단순 제품의 기능을 넘어 다양한 사회적·윤리적 가치를 중시하는 '착한 소비' 행태가 대두되었고 이러한 트렌드는 기업이 ESG에 더욱 투자하도록 기여

## 02 바이오플라스틱 최근 동향

### 2.1 바이오플라스틱 산업 동향

[글로벌]

- 글로벌 바이오플라스틱 산업은 `22년 124억 2천만 달러에서 연평균 17.8% 성장률을 기록하며 `32년 638억 4천만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망됨<sup>8)</sup>
  - 친환경 중점의 글로벌 정책 기조와 기업의 사회적 책임(CSR, Corporate Social Responsibility)이 강화되는 세계적 트렌드에 따라 바이오플라스틱으로 전환하기 위한 국가·기업의 활발한 연구개발이 진행 중임
  - 전 세계 플라스틱 생산량이 소폭 감소하였음에도 바이오플라스틱 시장은 꾸준히 확대되고 있음
  - 친환경 제품에 대한 수요 증가, 소비 가치관의 변화, 화석 연료 가격 상승 등은 바이오플라스틱 산업이 성장하는 주요 동인이 됨

[그림 2] 글로벌 바이오플라스틱 산업 규모

(단위: 십억 달러)



\*출처: Precedence Research, Bioplastics Market Size, Share, and Trends, 2024.02

- `23년 적용 분야별 동향을 살펴보면 포장재 부문이 전체 시장 생산량의 43%(약 934천 톤)를 차지하고 있고<sup>9)</sup>, `23년 시장 점유율은 약 49.08%로 나타남<sup>10)</sup>
  - 투명성과 가벼운 무게임에도 내용물이 안전하게 보호된다는 점에 기인하여 바이오플라스틱은 주로 식품산업에서 사용되고 있으며, 예측 기간 내 포장재 부문의 바이오플라스틱 수요는 높게 유지될 것으로 예측됨

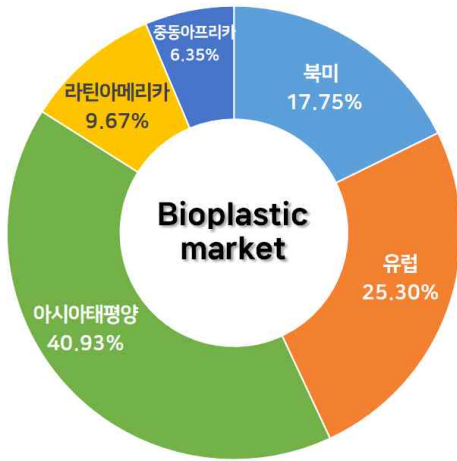
8) Precedence Research, Bioplastics Market Size, Share, and Trends, 2024.02

9) European Bioplastics, Summary bioplastic market update 2023

10) Precedence Research, Bioplastics Market Size, Share, and Trends, 2024.02

- 특히 생분해성 바이오플라스틱은 부패하기 쉬운 식품의 포장과 관련해 업계에서 수요가 높으며, 필름과 트레이와 같이 경질 포장 솔루션은 식품의 유통기한을 연장할 수 있어 채소와 과일 등 신선식품에 적합<sup>11)</sup>
- 항균 코팅 및 기타 식품 보존 특성을 살리는 기술과 요구사항에 대해 지속적으로 강화·개선하여 식품 산업 내 바이오플라스틱 사용률은 더욱 높아질 것으로 예상됨
- 지역별 동향을 살펴보면 아시아태평양의 `23년 바이오플라스틱 산업 규모는 59억 4천만 달러로 시장 내 가장 큰 점유율을 나타냄
- 식품 포장 분야 활용이 높은 바이오플라스틱 산업 특성 상 식·음료 분야가 활성화된 아시아태평양 지역의 시장 점유 비중이 가장 높았으며, 중국, 일본은 바이오플라스틱 시장 내 큰 비중을 차지하는 주요 국가임

[그림 3] 지역별 바이오플라스틱 산업 내 비중(`23)



- 아시아태평양 바이오플라스틱 시장은 연평균 18.6% 성장하여 `32년에 약 275억 7천만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망됨
- 유럽 지역에서의 바이오플라스틱 R&D 증가와 지속가능성에 대한 수요로 인해 향후 유럽 바이오플라스틱 시장은 `23년 36억 7천만 달러에서 `32년 157억 2천만 달러에 이를 것으로 추정됨

\*출처: Precedence Research, Bioplastics Market Size, Share, and Trends, 2024.02

- 북미 지역의 바이오플라스틱 시장 규모는 `23년 36억 7천만 달러를 기록했으며 연평균 18.6% 성장하여 `32년 108억 3천만 달러에 이를 것으로 예측됨
- 제품별 동향을 살펴보면 생분해성 바이오플라스틱 시장은 생분해되지 않는 바이오플라스틱 시장 대비 높은 비중을 나타내고 있으며, `20년부터 `24년까지 17.9%의 연평균 성장률을 기록
- 생분해성 바이오플라스틱은 매년 50% 이상 시장 내 비중을 차지하며 성장하고 있으며, 난분해성 바이오플라스틱은 `23년부터 `32년까지 16.8%의 성장률을 나타내며 빠른 성장세를 보일 것으로 예측됨

11) European Bioplastics, Summary bioplastic market update 2023

[표 3] 제품별 바이오플라스틱 시장 규모

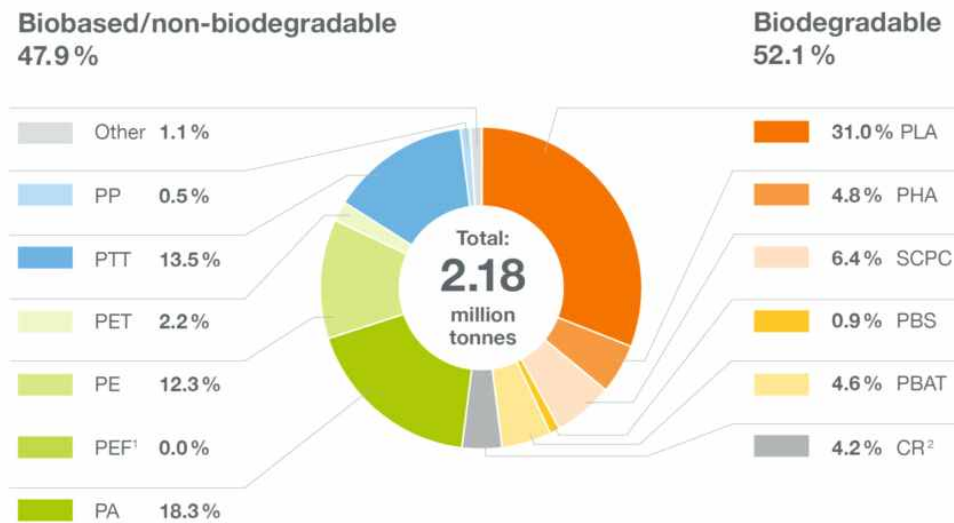
(단위: 백만 달러)

제품 구분	2020	2021	2022	2023	2024	연평균성장률
생분해성	4,693.02	5,518.68	6,499.05	7,664.72	9,052.66	17.9%
난분해성	4,419.64	5,112.15	5,920.95	6,866.68	7,973.89	15.9%

\*출처: Precedence Research, Bioplastics Market Size, Share, and Trends, 2024.02

- 원료별 동향을 살펴보면 생분해성의 PLA는 바이오플라스틱 생산량에서 가장 높은 비중(31%)을 차지하고 있고, PA, PTT, PE 순으로 나타남<sup>12)</sup>
- `28년 전망치를 살펴보면 PLA는 여전히 시장 내 가장 높은 점유율(43.6%)을 나타내었으며, PA(18.9%), PHA(13.5%)가 전체 시장의 76%를 차지하며 유망 바이오플라스틱 원료가 될 것으로 예측됨

[그림 4] 소재별 바이오플라스틱 생산량(`23)



\*출처: European Bioplastics, Summary bioplastic market update 2023



12) European Bioplastics, Summary bioplastic market update 2023

[국내]

■ 국내 바이오플라스틱 시장은 `20년 1억 5,660만 달러를 기록했으며, 기간 내(`20~`25) 연평균 13.5%의 성장률을 나타낼 것으로 전망<sup>13)</sup>

- 정부의 탄소중립 정책, 기업의 ESG 투자 확대, 소비자 인식 변화 등으로 바이오플라스틱에 대한 사회적 관심·투자가 증가하였음
- 코로나19 이후 화이트바이오에 대한 관심은 더욱 증대되었으며, 정유·석유화학 업계, 식품·소재 기업을 중심으로 바이오플라스틱에 대한 투자와 연구가 진행되고 있음

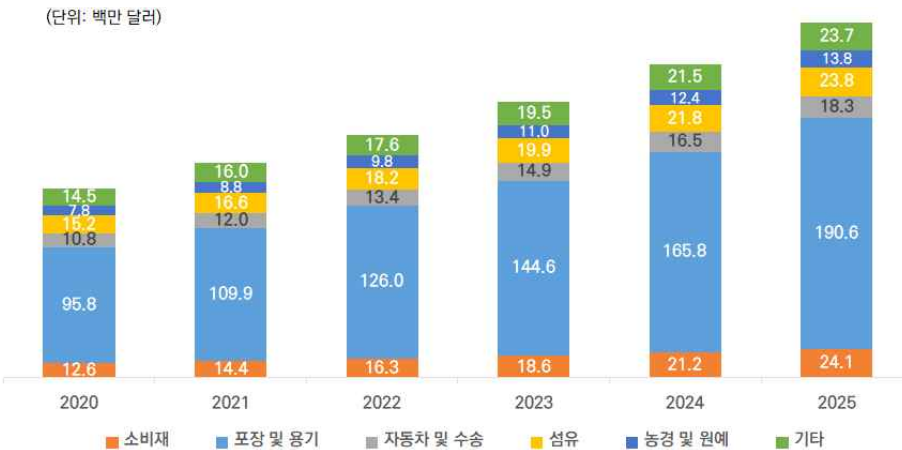
[그림 5] 국내 바이오플라스틱 산업 규모



\*출처: Marketsandmarkets(2020), KISTI(2021) 재인용

- 적용 분야 별 국내 바이오플라스틱 산업 규모를 살펴보면, 국제적인 흐름과 같이 포장 및 용기 분야의 비중 및 성장률이 가장 높게 나타남

[그림 6] 국내 바이오플라스틱 적용 분야별 산업 규모



\*출처: Marketsandmarkets(2020), KISTI(2021) 재인용

13) Marketsandmarkets(2020), KISTI(2021) 재인용

- 국내 생분해성 플라스틱 수요는 `22년 기준 3만 톤 규모를 기록해 국내 플라스틱 총 수요(460만 톤)의 0.6%, 세계 바이오플라스틱 총 수요(155만 톤)의 2%를 차지함<sup>14)</sup>
  - 생분해성 플라스틱 수요는 `26년 약 8만 3천 톤의 규모에 이를 것으로 예측되어 28.8%의 연평균 성장률을 나타내며 시장이 급증할 것으로 전망
  - `22년 용도별 생분해성 플라스틱 수요를 살펴보면, 봉투류의 포장제품이 전체의 36.7%를 차지하며 가장 높은 비중을 차지했고, 포장제품과 식품용기/기구류는 전체의 72.7% 비중을 나타내 생분해성 플라스틱의 주요 수요처인 것으로 조사됨
  - 생분해성 플라스틱을 활용한 농업용 필름 시장은 4년간 약 10배 수요가 증가할 것으로 예측되어 가장 높은 연평균 성장률을 나타냈음
  - `19년 사용된 총 2억 장의 비분해성봉투를 `21년 9,500만 장의 생분해성 봉투로 전환하여 기존 대비 약 48%의 비닐봉투를 절감한 바 있음

[표 4] 국내 용도별 생분해성 플라스틱 수요

구분		농업용 필름	어망/어구	포장제품 (봉투)	식품 용기	식품 기구	식탁보	숙박용품	기타	합계
2022	중량 (톤)	1,040	600	11,000	10,000	800	300	200	6,060	30,000
	금액 (억 원)	110	100	1,200	440	62.5	18	25	303	2,258.5
2026	중량 (톤)	10,000	2,000	26,900	17,900	1,221	2,000	488	22,119	82,628
	금액 (억 원)	1,058	333	2,935	1,079	153	200	61	1,106	6,925

\*출처: 포스트 플라스틱 시대를 위한 정책 제안, 한국과학기술한림원, 2022.12

- 국내 기업의 `23년 생분해성 플라스틱 수출금액은 165억 원을 기록했고, 원료 생산 능력은 `19년 기준 4만 톤 규모에서 `25년 32만 톤까지 빠른 성장률을 나타내며 시장이 확대될 것으로 전망됨<sup>15)</sup>

14) 포스트 플라스틱 시대를 위한 정책 제안, 한국과학기술한림원, 2022.12

15) 강길선, 「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」, 2021, “인천시, 생분해성 바이오 플라스틱 해외수출 인증시험 서비스 진행”, 뉴스피크, <https://www.newspik.kr/news/articleView.html?idxno=619492>, 2024.05

## 2.2 바이오플라스틱 제품·서비스 동향

### [국외]

- **(글로벌 빅플레이어) 기존 바이오플라스틱 선도기업들은 시장 입지 가속화를 위해 신제품 출시, 파트너십 및 아시아·중동지역의 제조시설 확장 등을 기반으로 한 혁신적 제품의 공급을 확대**
  - 바이오플라스틱을 생산하기 위한 화학적 공정기술은 환경적 이점과 제품 경쟁력에 있어서 주요 이슈이기 때문에 화학산업 리더기업이나 그에 파생된 기업들이 글로벌 시장을 장악하고 있는 구조임
    - 화학전문기업들은 일회용 컵, 병, 식품·화장품·의약품의 친환경 포장 솔루션으로 생분해성 원료인 PLA와 PHA를 블렌딩한 바이오소재를 생산하고 있으며, 원료 범위를 확대하여 바이오플라스틱을 사업 포트폴리오의 한 축으로 강화하고 있는 추세임
  - 기존 플라스틱과 동일한 물리적·화학적 특성을 지닌 사탕수수는 바이오플라스틱 주요 원료로써 랩, 접시, 튜브 및 리드에 널리 사용되고 있으며, 최근에는 감자전분과 옥수수 및 대마 등 다양한 생물자원으로부터 플라스틱 대체원료를 발굴하는 것이 주목을 받고 있음
    - 환경 친화적인 플라스틱 제품에 대한 소비자 선호도 증가와 기술의 발전으로 생산량이 향상되면서 생분해성 소재와 제품개발 증가가 바이오플라스틱 전체 시장 성장을 촉진<sup>16)</sup>
    - 특히 유럽시장 주도로 포장, 소비재, 식품 및 음료 용기에 바이오 기반 제품이 부상하면서 바이오플라스틱에 대한 연구개발이 증가하고 있으며, 중국과 일본 등 아시아 국가에서는 바이오플라스틱이 재활용이 가능한 플라스틱보다 더 지속가능한 옵션으로 선호되고 있음
- **(소규모 상장기업) 바이오원료, 미생물, 식품 및 재생화학 관련 기업들이 수차례의 전략적 인수합병과 분사를 거쳐 바이오플라스틱 기술투자에 집중하고 있으며, 생산비용 절감 방안을 모색하여 수익성을 개선하기 위한 노력을 기울이고 있음**
  - 퇴비가 가능한 바이오폴리머, 식물원료 기반 플라스틱 두 가지 범주 안에서 다양한 제조산업에 적용할 수 있는 고성능의 비용 효율적인 바이오플라스틱을 개발하기 위해 규모가 작은 기업들은 다수의 대기업과의 협력 체계를 구축 및 유지
    - 식물성 바이오재료를 활용한 농업 멀칭필름, 컵, 빨대, 가방, 비닐, 커피 포트 및 캡슐까지 제품 라인이 확장되고 있으며, 특히 식품용기와 쓰레기용 플라스틱 봉지 개발 상품이 다수 출시

16) MarketsandMarkets, 2024



<식물성 플라스틱 식품용기>



<일상생활에서 적용되고 있는 바이오플라스틱>



<사탕수수로 만든 화장품 용기>

■ (스타트업) 군사체, 농산물 잉여물, 고품 폐기물을 미생물 발효를 통해 화학적으로 재활용하여 포장재, 건축자재, 섬유소재 등에 활용할 수 있는 생분해성 플라스틱을 개발하여 제품의 최종 사용 후 포장 폐기물을 최소화하는 데 중점을 두고 있음

- 톱밥, 커피 찌꺼기, 밀짚 등 셀룰로오스가 풍부한 부산물을 기타 생물 기반 재료와 폴리머 등과 함께 컴파운딩을 거쳐 펠릿이나 시트로 만들어 고체 포장재로 제작하는 과정이 매우 복잡하므로, 스타트업 자체 역량으로 대응하기 어려운 부분이 있어 식품기업으로부터 자본 투자를 받아 기술적·경제적 난제를 극복하고자 함
- 산업용 퇴비화 환경과 조건을 충족시키거나 가정 내 퇴비화가 가능한 제품으로 공식 인증을 받아 탄소중립성을 증진시키고, 내열성과 항균성을 갖춘 필름을 개발해 식품의 안전성을 확보
  - 한 이탈리아 기업은 산업용 커피박과 PLA를 결합, 바이오 기반 열가소성 소재를 개발해 산업용 제품에 응용할 수 있도록 사출성형과 3D프린팅 기술과 접목하였고, 홍콩기업은 대나무, 양모 및 사탕수수 폐기물에 PBS와 키토산을 사용해 내열성을 보완
  - 스페인 스타트업은 해초를 활용하여 재사용이 가능한 생분해성 트레이를 만들어 과일과 채소를 운반하는 데 기존 폴리스티렌 포장재를 대체하고 있으며, 한 미국 스타트업은 식물 기반 생분해성 포장필름을 개발하여 기존 플라스틱 랩에 비해 유통기한을 크게 연장한 것을 실험으로 증명



<펠릿으로 제작되기 전 목재생산 중에 폐기된 나무껍질>



<식품포장재로 사용되기 전 수집된 해안에서 수집된 거대조류>



<바이오소재로 원료로 사용된 커피 폐기물>

■ 국가별로 자율적인 인증제도를 사용하고 있으나 의무사항이 아닌 소비 촉진을 위한 지원 제도로 확인됨



- (BPI(Biodegradable Products Institute, 생분해성 제품기구) 인증 제품) 포장재 외부는 크래프트지, 내부는 PLA로 코팅하여 식품 포장재 전체가 100% 퇴비화 가능한 재질로 구성
- 차갑거나 뜨거운 음식을 새지 않게 담을 수 있어 제품의 편리성 강화

\*출처: 제품 홈페이지 참고

- (TÜV Austria) HOME 인증을 받은 제품은 일반가정집 뒷마당 및 BPI로 인증을 받은 산업시설에서 퇴비화 조건에 부합한 비닐봉지(소형 주방쓰레기 및 음식물쓰레기용) 형태로 출시되고 있으며, 유기성 폐기물에 사용이 한정된 강아지용 배변봉투의 경우 매립지에 묻혔을 때 분해과정이 90일 만에 시작
- 국내에서는 원재료에 대한 소비자 관심이 높은 여성용품 등에 인증을 획득하여 신뢰도 향상 수단으로 활용

<TÜV AUSTRIA 인증 제품>



옥수수 전분으로 퇴비화가 가능한 가정용/산업용 비닐봉투



인위적인 화학공정을 배제하고 목화 자체를 사용한 여성용품



퇴비화가 가능한 반려견용 배변봉투

- (European: Seedling) 유럽에서는 가정에서 퇴비화가 가능하지 않다는 전제 하에 산업적으로 퇴비화에 적합한 바이오플라스틱에 한해 인증을 부여

<유럽 및 미국에서 퇴비화 인증을 받은 가정용 봉투>



- (GreenPla) 전 세계적으로 다양한 제품 영역에서 기존 제품을 생산하는 과정 대비 원재료 및 에너지를 절감하도록 설계하여 일본 GreenPla 인증을 받은 바이오플라스틱 제품들이 출시

- 티백 필터, 컵홀더 대체 병 봉지, 잉크캡, 배변봉투 케이스, 펜 및 에코백 등 일부 또는 전체에 식물성 플라스틱을 적용하여 디자인과 조화를 고려한 아이디어 제품들이 개발되고 있음



GreenPla인증을 받은 병봉지



GreenPla인증을 받은 애완동물 배설물봉지 디스펜서



GreenPla인증을 취득한 필터를 사용한 그린티백 제품

- (GB/T 41010-2021) 중국에서는 분해성 인증을 받은 제품은 상업적 퇴비화 시설에서 통제된 환경뿐만 아니라 토양, 담수 및 해양 등 일반적인 자연환경에서 미생물에 의해 분해될 수 있는 바이오원료도 포함하고 있어 제품 유형이 일회용품 등으로 한정되어 있음



중국의 생분해가 가능한 음료용 빨대 인증을 받은 제품



중국의 생분해성 플라스틱 및 제품 인증 받은 지퍼백

- 엄격한 퇴비화 조건으로 인해 일반적인 자연 조건에서 생분해가 가능하도록 PLA, PBAT 및 PHA 등 100% 생물 기반 재료로 만든 비닐백 및 빨대 등이 출시되고 있음

[표 5] 바이오플라스틱 관련 인증 제도

로고	국가	내용
	미국 (BPI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 퇴비화 가능 제품 인증</li> <li>▪ 제품에 의도적으로 첨가된 과불화 화합물(PFAS, Per- and polyfluoroalkyl substances)이 없어야 하며, 검출되는 유기불소가 100ppm 미만이어야 함</li> <li>▪ 모든 제품은 ASTM D6400/D6868/D8410 혹은 국제 표준을 준수한 제품이어야 함</li> <li>▪ 6개월 내 90%가 생분해되거나 표준 물질 생분해 대비 90% 생분해되어야 함</li> </ul>
	오스트리아 (TÜV AUSTRIA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오 기반 제품 인증</li> <li>▪ 총 탄소 함량 30% 이상, Bio-based 탄소 함량 20% 이상을 충족하여야 함(ASTM D6866 또는 CEN/TS 16137 기반으로 측정)</li> <li>▪ 인증은 별1개~별4개로 구분이 되는데, 별1개는 바이오기반 함량이 20~40%, 별 4개는 80% 이상의 바이오기반 함량을 가졌다는 것을 의미</li> </ul>
	독일 (DIN CERTCO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오기반 제품 인증</li> <li>▪ 유기물 함량 50% 이상, Bio-based 탄소 함량 20% 이상을 충족하여야 함(ASTM D 6866, CEN/TS 16137 또는 ISO 16620 기반 측정)</li> <li>▪ 바이오매스 함량에 따라 세 가지 부문으로 구분되어 인증 (20~50%, 50~85%, &gt;85%)</li> </ul>
	유럽 (Seedling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 산업적으로 퇴비화가 가능한 재료로 만든 제품 인증</li> <li>▪ Seedling 인증 규정인 EN13432를 기반으로 EN14995, ISO 18606, ISO 17088 또는 ASTM D 6400를 충족하여야 함</li> <li>▪ 생분해 수지 함량은 70% 이상이어야 하며, 퇴비화 과정에서 유해성을 나타내지 않는 첨가제가 1% 미만으로 함유되어야 함</li> <li>▪ 과불화 화합물(PFAS) 및 기타 유기 불소화 화학물질이 의도적/비의도적으로 포함되면 안 됨</li> </ul>
	일본 (GreenPla)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오매스 기반 원료를 최소 25% 이상 포함해야 하고, 식물성 원료에서 유래해야 함</li> <li>▪ 생분해성 기준은 ASTM D 6400, ISO 17088 등 국제 표준에 부합해야 하며 산업적 퇴비화 조건에서 6개월 내에 90% 이상 생분해되어야 함</li> </ul>
	중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생분해성 플라스틱 제품 내 유기 성분은 51% 이상이어야 하며 일부 화학물질에 대한 제한 함량을 준수해야 함</li> <li>▪ 상대적 생분해도는 90% 이상, 재료 내 성분 함량이 1% 이상인 단일 유기성분의 생분해도는 60% 이상을 충족해야 함</li> </ul>

\*출처: 각 홈페이지 및 기사 참고

[국내]

■ (소비재기업) 대규모의 종합식품기업은 전사적으로 바이오플라스틱 연구개발부터 대량생산까지 투자하는 행보를 보이고 있으며 화장품, 위생용품 등의 소비재회사는 재활용 수지 및 종이류를 도입하여 친환경 마케팅에 활용

- ESG 경영전략의 일환으로 친환경 포장재 시장 공략에 집중해 온 식품, 화장품 등의 소비재 제조업체들은 해외 수입에 의존하고 있는 생분해성 바이오플라스틱 원료의 국산화를 목표로 자체 생산라인을 구축하고, 바이오 및 석유화학기업들과 협업을 통해 기술경쟁력을 확보
  - 오랜 기간 해양 생분해 바이오소재 PHA 양산화에 투자해온 C사는 자사 두부제품에 투명 필름을 우선 적용한 이후 배송용 포장재 비닐, 병뚜껑 및 칫솔 등 다양한 제품군의 포장재에 해당 소재를 적용하였고 인도네시아에 이어 필리핀에 생산거점 건설을 계획하는 등 글로벌 사업 확대를 본격화하고 있음
  - 생활용품기업 Y사는 '24년 5월 소재분야의 대기업 계열사인 H사와 업무 협약을 체결해 PLA소재를 크리넥스, 기저귀 등 주요 브랜드 제품에 적용할 계획이며, 화장품기업인 A사는 '23년 10월 화학회사와 재활용, 열분해유, 바이오 기반의 플라스틱 원료 개발 및 공급을 위한 업무 협약 체결



<PHA와 PLA 등 바이오 소재 100% 적용 칫솔>



<일정 온도와 습도에서 6개월 이내 90% 이상 생분해되는 배송박스>



<공동사업(시제품 생산)을 위해 정유-화학기업 간 동맹 강화>

■ (석유화학기업) 국내 굴지의 석유화학 기반 기업들은 일찍감치 미래 먹거리 사업으로 바이오플라스틱을 선정하고 원료단계부터 기술개발을 시작하여 최근에는 관련 기업들과의 협업, 해외 대규모 생산시설 구축 등 적극적인 투자를 진행 중

- 컴파운딩 포물레이션, 친환경 공정기술 등의 라이선싱 확보 전략을 통해 기계적·열적 물성을 개선한 원료를 안정적으로 생산하고 국내외 유수의 기업 등과 협력하여 바이오산업 밸류체인 확장에 주력
  - 생분해성 원료 가공기술을 개발해 포장재 브랜드를 론칭한 화학분야의 D사는 콜드체인 물류를 타깃으로 다양한 제품(스토로폼, 접착제)을 선보이고 있으며, 화학회사인 H사는 대두에서 뽑아낸 탈검유와 폐식용유를 식품회사인 C사로부터 공급받아 바이오플라스틱을 제조하고 가정간편식 포장재로 활용

- '24년부터 PBAT를 생산 중인 L사는 글로벌 패션기업과 업무협약을 맺고 중국에서 출시하는 신발 깔창에 친환경 보증마크(LETZero)를 부착할 예정이며, D사와 합작사인 친환경 소재기업 S사는 베트남에 생산공장을 착공
- 세계 각국에서 일회용품 규제 강화로 인해서 생분해성 플라스틱에 대한 국외 성장세 전망과 함께 퇴비화 관련 국내 규정에 대응하기 위해서('25년 생분해 인증기준 업데이트 예정) 석유화학기업들은 바이오플라스틱과 리사이클링 플라스틱 소재를 통합하여 적용할 수 있는 산업 제품 범위를 확대
- 단가는 높지만 이산화탄소 배출량 감소 효과로 인해 플라스틱 부산물을 활용한 재활용 플라스틱 수요가 꾸준히 늘고 있어, 대기업인 L사는 식물성 원료를 사용하여 PET Resin을 제조하고 있음
- 화학적 재활용 제품의 상업화에 성공한 S사는 옥수수 등 바이오매스 유래 성분(탄소 중량 기준 1~15%)을 혼합하여 내열성이 향상된 비결정성 코폴리에스터(Copolyester) 소재를 개발해 식품용기, 가전제품 및 유아용품 등 다양한 응용 분야에서 사용

■ (바이오기업) 중견·중소기업은 아직 PLA 생분해성 원료를 수입·가공해서 바이오플라스틱 제품을 생산하고 완제품 제조기업에 납품하는 방식이 대부분이지만, 최근 해외진출을 염두에 두어 자체 연구개발 역량을 바탕으로 바이오함량을 늘린 소재 개발이 활발

- 대마, 왕겨 등 비식용계 식물에서 추출한 나노셀룰로오스를 바이오플라스틱 합성에 활용하여 강도와 차단성이 우수한 복합 플라스틱 개발에 대한 다수의 국내 연구성과가 발표되고 있으며, 특허 출원 및 해외인증 취득을 통해 글로벌 시장에서 영향력을 넓히려는 움직임을 보이고 있음
- 정부 차원에서는 인천시가 국내기업의 바이오플라스틱 수출을 위해 미국, 유럽 및 영국 등의 인증시험을 국내에서 실시할 수 있도록 한국건설생활환경시험연구원에 기반시설을 구축
- 편의점 자체브랜드 상품 등에 플라스틱 포장재를 PLA로 변경해 온 B사는 최근 유럽의회에서 통과된 포장 및 포장 쓰레기 처리규정(빨대 등 일부 제품에 생분해성 플라스틱 원료의 사용 의무화) 시행에 따른 기술장벽 강화 대비를 위해 TÜV AUSTRIA 인증을 1호로 신청할 예정



<PLA 발포 시트가 적용된 성형제품(계란 캐리어)>



<100% 폐플라스틱 열분해유를 원료로 만든 친환경 화장품 용기>

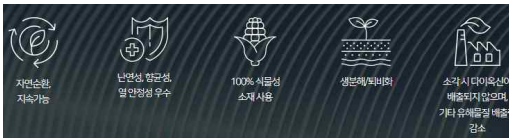


<인천시에 구축된 생분해성 플라스틱 해외인증시험 지원 인프라>

- 중소기업 입장에서는 촉매 등 생분해 최적화뿐만 아니라 선제적으로 원재료를 확보하는 것이 가격경쟁력을 높이는 주요 사안으로, 폐기물을 활용하거나 자체 퇴비화 시스템 마련 등 지자체와 지역사회의 순환경제체제 기반으로 한 실질적인 해법도 제시해야 하는 상황에 놓여 있음

■ 환경부에서는 「환경기술 및 환경산업 지원법」에 따라 환경표지 인증기준을 제시하였으며, 식품과 접촉하는 기구 및 용기·포장 관련 바이오플라스틱은 생분해성수지제품(EL724), 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)으로 분류하여 인증 부여

- 생분해성수지제품(EL724)으로 인증을 받은 식품용 기구, 용기·포장 제품은 `24년 7월 기준 883개로 나타났으며, 관련 업체는 총 18곳으로 소수의 기업이 다양한 관련 제품을 생산하고 있는 것으로 확인됨



- (생분해성 PLA 스판본드 부직포) 연구개발을 통해 품질 안정성 확보 및 생산성 향상과 함께 양산 단계까지 돌입한 국내 최초의 친환경 생분해성 PLA 부직포 제품
- 비유전자변형 옥수수인 NON-GMO 옥수수를 원료로 하며 열을 이용해 친환경적인 방식으로 부직포를 제작
- PLA 생산의 큰 장애물이었던 내열성을 크게 보완하였으며, 우수한 난연성, 항균성, 열 안정성을 지녀 식품 포장에도 사용이 가능

\*출처: 기사 및 제품 홈페이지 참고

- (생분해 OPP 투명필름) 자체 개발 특허 원료인 PBAST를 사용해 별도 퇴비화 시설 없이도 자연분해가 가능한 식품 포장 필름 출시
- 필름이 투명하고 보온된 경질성으로 식품 포장에 특히 적합하며 원료 자체에 점착제가 포함되어 있어 인체에 무해함



\*출처: 기사 및 제품 홈페이지 참고



- (발포 PLA 활용 식품 보울, 컵 및 캐리어) 우수한 보온성 및 내습성을 기반으로 용기 강도를 강화한 생분해성 발포 PLA 식품 용기를 커스터마이징하여 제작
- 사탕수수과 옥수수 등 식물성 원료 100%로 만들어지며 FDA 인증을 받아 제품의 안전성을 입증
- 미생물에 의해 완전 분해되고 퇴비로 사용 가능하며, 소각 시 매연이 발생하지 않고 유해가스 배출량이 매우 낮음

\*출처: 기사 및 제품 홈페이지 참고

- 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)으로 인증을 받은 식품용 기구, 용기·포장 제품은 `24년 7월 기준 406개로 나타났으며, 다수의 중견·대기업이 제품 생산에 관여하고 있음

**REUSABLE CUP**



- (사탕수수 바이오 PE 텀블러) 사탕수수를 압착하여 폐당밀을 추출한 후 미생물을 더해 발효하고 에틸렌을 중합하여 기존 플라스틱과 비슷한 내열성과 내구성을 구현
- BIO PE와 PE 소재로 바이오매스 함량은 50~85%이며, 제조과정에서 이산화탄소 발생량을 50% 이상 저감
- 제품뿐만 아니라 패키지 또한 사탕수수로 제작하여 제품의 친환경적 특성을 강조

\*출처: 제품 홈페이지 참고

- (다회용 배달용기) 재활용이 가능한 합성수지(PP, Bio-PE)로 제작하였으며 제조 과정에서 이산화탄소 발생량을 20% 이상 저감
- 4개의 용기가 하나의 모듈로 조립되도록 디자인해 배달과정에서의 안정성을 높였으며 각 용기의 색상을 구분해 구별이 쉽도록 설계한 점이 인정받아 'IDEA 2023'과 'iF디자인어워드 2024'에서 본상을 수상















\*출처: 기사 및 제품 홈페이지 참고



- (사탕수수 소재 유아용 식품 기구) 사탕수수 당밀 유래 식물성 원료를 함유한 합성수지를 이용해 제품 생산
- 국내의 환경표지인증뿐만 아니라 미국 농무부(USDA)의 바이오소재제품 인증을 받아 제품의 안전성을 입증

\*출처: 기사 및 제품 홈페이지 참고

[표 6] 소재유형별 바이오플라스틱 제품동향

소재	예시		용도
PLA	국외	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>퇴비화가 가능하도록 최대 80% 또는 100% 생물 기반 생분해성 원료를 사용하여 부직포, 완구, 필라멘트 등 산업용 제품 개발</li> <li>포장산업 외 배변패드, 에어필터, 슬리퍼 등 일회성으로 사용되는 다양한 제품군에도 적용</li> </ul>
	재활용 PLA 20% 사용	<p>필터, 테두리 등 포함하여 100% PLA 적용 필터</p>	
PLA	국내	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>분체뿐만 아니라 표면재질, 가소제, 염료 등을 모든 포장재를 천연 성분으로 구성하거나, 재활용 PLA를 활용하여 생분해 효율 및 자연 순환성을 강화</li> </ul>
	재사용 가능한 텀블러	<p>매립 시 100% 생분해 되는 축산물 미트패드</p>	
PHA	국외	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>바나나껍질, 아보카도껍질, 폐식용류 등 다양한 농업부산물에서 PHA를 생산하여 식기류, 펜, 안경케이스 등을 제작</li> <li>달걀껍질 등 천연물에서 추출한 탄산칼슘을 첨가하여 식품안전 상 물리화학적 강도를 보강하기도 함</li> </ul>
	퇴비화가 가능한 과자봉지	<p>모든 외부의 부품도 PHA로 만든 필기구</p>	
PHA	국내	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>투명성, 내열성 및 내구성을 위해 PLA를 혼합한 PHA 컴파운드 기술을 개발하여 포장재, 일회용 기저귀, 공구함, 의료용 임플란트 등 다양한 용도로 확장</li> </ul>
	PHA 코팅 기술을 적용한 컵라면	<p>PHA 기술을 PLA와 혼합한 화장품 용기</p>	
PBAT	국외	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립 시 수개월 내 자연 분해가 잘 일어나도록 연포장재 형태로 출시</li> <li>유럽의 산업용 퇴비화 인증 제품은 최대 80% 이상 생물 기반 적용</li> <li>대부분 필름 형성 성능이 좋은 PLA를 블렌딩하여 농업용 필름 및 일회용 포장재가 개발되고 있는 양상</li> <li>다른 친환경 원료를 더해 물성을 개선하여 코팅제, 위생용품, 비료 등 범용성을 확장하기 위한 기술개발 투자가 진행되고 있음</li> </ul>
	음식물쓰레기와 함께 버리는 PBAT+PLA 야채 포장백	<p>미생물의 의해 완전 분해가 가능한 PBAT+PLA 플랫폼</p>	
PBAT	국내	 	
	포장지에 적용되는 점착제	<p>완효성 코팅 비료 개발을 위한 업무협약</p>	

\*출처: 각 홈페이지 및 기사 참고

소 재		예 시		용 도
Bio-PE	국외	 100% 바이오 기반 필름 적용	 사탕수수 94%로 만들어진 보안셀	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 생물 기반 PE는 생분해성은 없지만, 재활용성이 높아 플라스틱 쓰레기와 폐기가 가능하도록 설계</li> <li>■ 인체에 장기노출이 되지 않는 액세서리, 라벨링 등에는 바이오매스 함량을 높여 이산화탄소 배출량 감소에 기여</li> </ul>
	국내	 사탕수수 원료 혼합한 저밀도 PE	 바이오매스 함량 46% 이상의 파우치	
Bio-PET	국외	 식물성 수지 1/3 적용한 약물 케이스	 최대 30%의 식물성 소재로 만든 메추리알 케이스	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 사탕수수 유래 추출물을 30%를 적용하면 이산화탄소 발생량을 20~30% 줄일 수 있어 신선식품, 샐러드 포장지에 가장 널리 적용</li> <li>■ 환경대응 마케팅으로써 Bio-PET, Bio-PE 용기를 개발하는 화장품 제조사가 증가하고 있음</li> <li>■ 석유화학업계는 기술력을 바탕으로 바이오 기반 원료에 물리·화학적 재활용한 플라스틱을 더해 고강도 섬유, 메디컬, 산업용 직물 관련 제품을 선보이고 있음</li> </ul>
	국내	 Bio PET 용기	 산업용 Bio-PET 원사와 재활용 PET병에서 추출한 원료로 만든 카메트	
Bio-PP		 밀짚+PP 양치컵	 식물성 기름/지방 폐기물로 만든 사출 용기	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 다른 바이오매스 플라스틱에 비해 물성 구현에 대한 기술적 장벽이 높아 아직 출시되는 제품이 미미한 수준</li> <li>■ 보통 사출·압출 성형의 애로사항을 해결하기 위해 PP에 셀룰로오스 기반 바이오매스를 5~20%를 섞어 충격 강도 조절</li> </ul>
		 식물 유래 성분을 배합한 도마		

\*출처: 각 홈페이지 및 기사 참고

## 03 바이오플라스틱 기술개발 현황

### 3.1 바이오플라스틱 특허 동향

#### 가. 분석개요

■ 바이오플라스틱 ① 생분해 플라스틱(Biodegradable plastics), ② 바이오매스 플라스틱 (Bio-based plastics) 관련 특허를 기반으로 기술개발 동향을 분석함

- (분석기술) ① 생분해 플라스틱(Biodegradable plastics), ② 바이오매스 플라스틱(Bio-based plastics)
- (분석특허) 주요국 특허청 5곳(한국, 미국, 일본, 중국, 유럽) 공개·등록 특허
- (분석기간) `00년 1월 ~ `24년 6월\*

\* `23년 1월 ~ `24년 6월 미공개 특허 문헌 존재 연도

[표 7] 바이오플라스틱 분류 및 키워드

분야	분류	핵심 키워드
바이오 플라스틱	① 생분해 플라스틱 (Biodegradable plastics)	천연물(식물체) 기반 고분자, 미생물 생산 고분자, 석유계 플라스틱 유래 고분자, 미생물 분해 셀룰로오스(Cellulose), 펙틴(Pectin), 키틴(Chitin), PLA (Polylacticacid, 폴리유산), PCL (Polycaprolactone, 폴리카프로락톤), PEU (Polyesterurethane, 폴리에스테르우레탄), AP (Aliphatic Polyestr, 지방족폴리에스테르), Aro/Ali (Aromatic/Aliphatic copolyester, 방향족/지방족 코폴리에스테르) Bio-PDO (Propanediol), CA(Cellulose Acetate), PGA (Ployglycolicacid, 폴리글리콜산), PBS (Polybutylene succinate, 폴리부틸렌석사네이트), PHB (Polyhydroxybutyrate, 폴리하이드록시부티레이트), PVA(Polyvinylalcohol) TPS (Thermoplastic starch, 열가소성 전분), PVA (Poly Viinyl Alcohol, 폴리비닐알코올), PHA (Poly Hydroxy alkanooate PHB와 PHV의 copolymer) 등
	② 바이오매스 플라스틱 (Bio-based plastics)	중합형, 결합형, 바이오매스, 이산화탄소 저감 Bio-PE, Bio-PP, Bio-PET, Bio-PA, Bio-PTT 등

- 총 1,714건의 특허를 대상으로 특허 분석을 수행함 (이중분류 있음)
- (기술별 건수) ① 생분해 플라스틱 1,243건, ② 바이오매스 플라스틱 540건

[표 8] 분석특허 현황

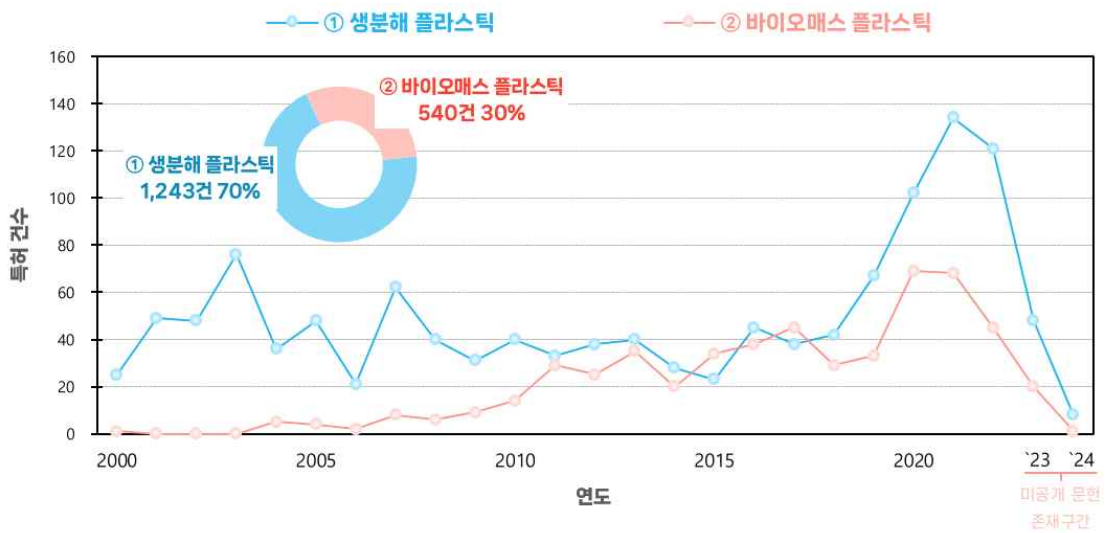
분류	분석특허	분석기간	한국	미국	일본	EU	중국	총합계
①생분해 플라스틱	공개·등록 특허	2000. 1 ~ 2024. 6	267	189	311	122	354	1,243
②바이오매스 플라스틱			149	120	99	41	131	540
합계			399	296	392	158	469	1,714

## 나. 국내·외 특허출원 동향

### ■ (글로벌 동향) `19년~`21년간 특허출원이 활발하였다가 이후 감소 추세로 전환

- \* 2023~2024년 미공개된 특허 문헌이 존재하는 기간으로 특허 건수가 일시적으로 낮게 보임
- (기술별 점유율) ① 생분해 플라스틱(70%), ② 바이오매스 플라스틱(30%)
- (국가별 점유율) 중국(27%), 한국(23%), 일본(22%), 미국(17%), 유럽연합(9%)
- (최근 주요 출원인) 삼양식품(KR), CJ제일제당(KR), LG화학(KR), 도레이첨단소재(JP), 오지제지(JP) 등

[그림 7] 글로벌 특허출원 동향과 기술별 특허점유율

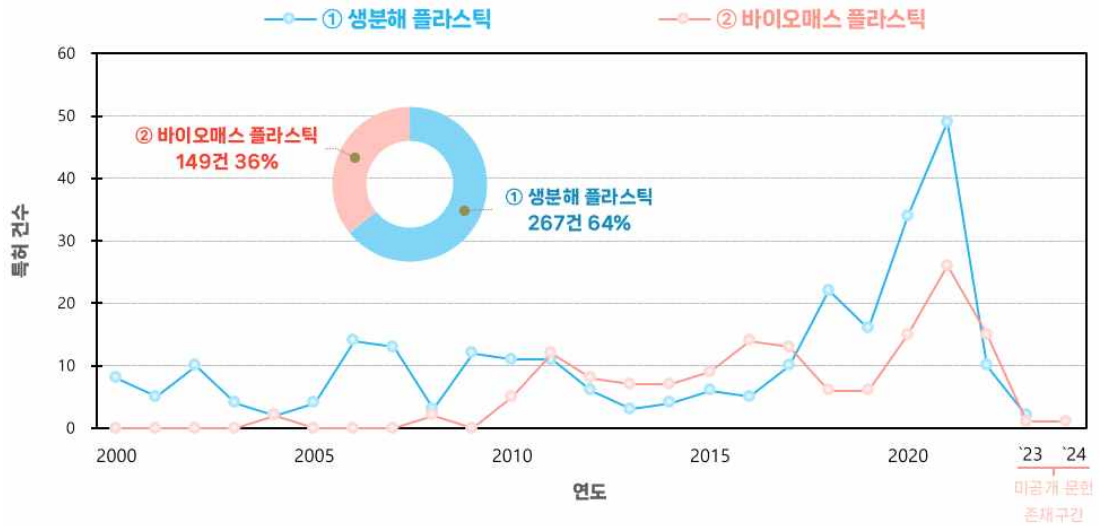


[그림 8] 글로벌 주요 출원인 분포도



- (국내 동향) 세계 동향과 마찬가지로 '19년~'21년간 특허출원이 활발하였다가 이후 감소 추세로 전환하였고, 삼양식품, LG화학, CJ제일제당 등에서 특정 기간에 특허를 다수 출원함
- (기술별 점유율) ① 생분해 플라스틱(64%), ② 바이오매스 플라스틱(36%)

[그림 9] 국내 특허출원 동향과 기술별 특허점유율



- (국내 내·외국인 특허점유율) 내국인(87%), 외국인(13%)으로 바이오플라스틱은 내국인의 특허점유율이 높은 기술 분야로 보임
  - (내국인 점유율) ① 생분해 플라스틱(84%), ② 바이오매스 플라스틱(93%)
  - (외국인 점유율) ① 생분해 플라스틱(16%), ② 바이오매스 플라스틱(7%)

[표 9] 국내 특허출원현황

분류	특허 수	점유율	내국인 점유율	외국인 점유율	최근(`16년 이후) 주요 외국 출원인
① 생분해 플라스틱	267	64%	84%	16%	CARBOLICE(FR), Douwe Egberts(NL)
② 바이오매스 플라스틱	149	36%	93%	7%	TOYOBO(JP)
합계	399*	100%	87%	13%	-

\* 중복분류 제거 값

## 다. 기술별 특허출원 동향

### ■ 세부기술별 주요시장국 동향

- 바이오플라스틱 기술 모두 중국, 한국, 일본에서 특허출원이 많았으며, 미국, 유럽연합은 특허출원이 상대적으로 미약한 수준을 나타냄

[그림 10] 주요 시장 동향

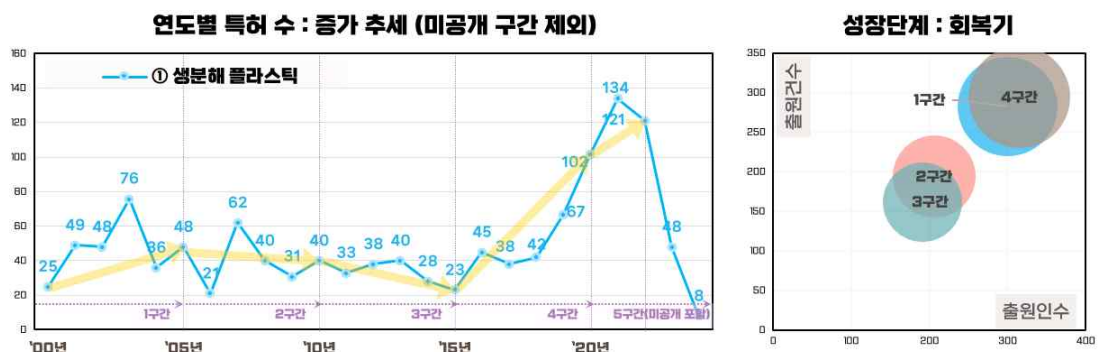


### ■ ① 생분해 플라스틱 관련 기술

- 특허출원 활동이 다시 활발해지고 있는 회복기의 기술분야로 판단되며, 최근('16년 이후) CJ제일제당(26건), LG화학(18건), 한화솔루션(12건) 등 한국 기업이 주요 출원인으로 나타남
- (기술 성장단계) 1~3구간 동안은 특허출원 수와 연구기관 수가 모두 감소하는 추세였으나 4구간 이후 다시 특허출원 수와 연구기관 수가 모두 성장하는 회복기의 시장으로 전환됨

\* (1구간) '00~'05년, (2구간) '06~'10년, (3구간) '11~'15년, (4구간) '16~'20년

[그림 11] ① 생분해 플라스틱 특허출원 동향



■ ② 바이오매스 플라스틱 관련 기술

- '22년 이후 특허출원이 감소하는 추세. 최근(2016년 이후) 삼양식품(38건), TOYOBO(14건), DAINIPPON PRINTING(13건) 등 한국, 일본 기업이 특허출원을 주도하고 있음
- (기술 성장단계) 특허출원 수와 연구기관 수가 모두 성장하는 성장기의 시장임

[그림 12] ② 바이오매스 플라스틱 특허출원 동향



[표 10] 최근 주요 특허리스트

기술분류	발명의 명칭 (출원번호)	연구기관 (출원연도)
① 생분해 플라스틱	수지 조성물 및 이를 포함하는 생분해성 수지 성형품 (KR 10-2023-0146676)	LG화학 (한국)
	반응성이 증가된 생분해성 항균 랩의 제조 방법 및 용도 (CN 2024-10048190)	FUZHOU University (중국)
	저물드 석출물 빨대용 생분해성 재료 및 그 제조 방법 (CN 2022-11591230)	ORINKO ADVANCED PLASTICS (중국)
	쓰레기봉투를 포함한 냄새 감소 용품 조성물과 재료 (US 17/570132)	Simplehuman LLC (미국)
	생분해성 멜트블로운 부직포용 조성물, 및 이를 이용하여 제조된 생분해성 멜트블로운 부직포 (KR 10-2022-0135996)	CJ제일제당 (한국)
② 바이오매스 플라스틱	무수당 알코올-알킬렌 글리콜 조성물로부터 유래된 에폭시 수지 조성물 및 그 제조 방법, 및 이를 포함하는 경화성 에폭시 수지 조성물 및 이의 경화물 (KR10-2022-0027703)	삼양식품 (한국)
	이축배향 필름용 폴리에틸렌 수지 조성물 (KR10-2022-0065423)	롯데케미칼 (한국)
	바이오매스 유래의 수지층을 가진 적층체를 구비하는 포장 제품(JP2021-147146)	DAINIPPON PRINTING (일본)
	이축 배향 폴리에스테르 필름 및 이를 위한 제조 방법 (EP2022-749576)	TOYOBO (일본)
	바이오 기반 폴리에틸렌 테레프탈레이트 중합체 및 동일한 것을 제조하는 방법(US17/019916)	코카콜라 컴퍼니 (미국)
	해양 분해성 바이오매스 플라스틱 필름 및 그 제조 방법 (CN2023-11366139)	BEIJING University OF CHEMICAL TECHNOLOGY (중국)

### 3.2 바이오플라스틱 연구 동향

#### 가. 분석 개요

■ 정부의 바이오플라스틱 관련 연구개발사업 투자동향 및 국가과학기술지식정보서비스 (NTIS)를 통한 분석 실시

- “바이오플라스틱” 키워드를 중심으로 연차별 사업리스트 도출 및 이를 기반으로 분석을 실시하였으며, 관련성이 없거나\* 중복되는 사업은 제외하였음
- (분석 기간) `14년 ~ `23년, 최근 10개년
- (분석 대상) 708건
- \* 바이오플라스틱의 활용 산업이 자동차 내장재, 건축자재, 섬유(나일론), 전자소재 등으로 광범위하여 본 고에서는 식품 및 의약품 관련 연구로 한정하였음

#### 나. 분석 내용

■ 국내에서 최근 10년 동안(`14~`23년) 수행된 “바이오플라스틱” 관련 R&D과제 수행 추이를 살펴본 결과, 연평균 약 16%로 꾸준히 증가하는 추세

- 바이오플라스틱 연구 과제 수는 `14년부터 `19년까지 40여 건 내외로 미미하며, `20년부터 소폭 증가하기 시작하여 `22년도에는 전년 대비 약 45% 성장률을 보이며 최고치(167건)를 기록
- 플라스틱 폐기물에 대한 경각심이 높아지면서 `18년 환경부는 ‘재활용 폐기물 관리 종합대책’을 마련하였고, `21년에는 산업부와 환경부가 공동으로 「탄소중립을 위한 한국형(K)-순환경제 이행계획」을 수립한 후 바이오플라스틱에 대한 기술개발 투자가 크게 증가하였음

(단위: 건수)

[그림 13] 바이오플라스틱 관련 R&D 추이



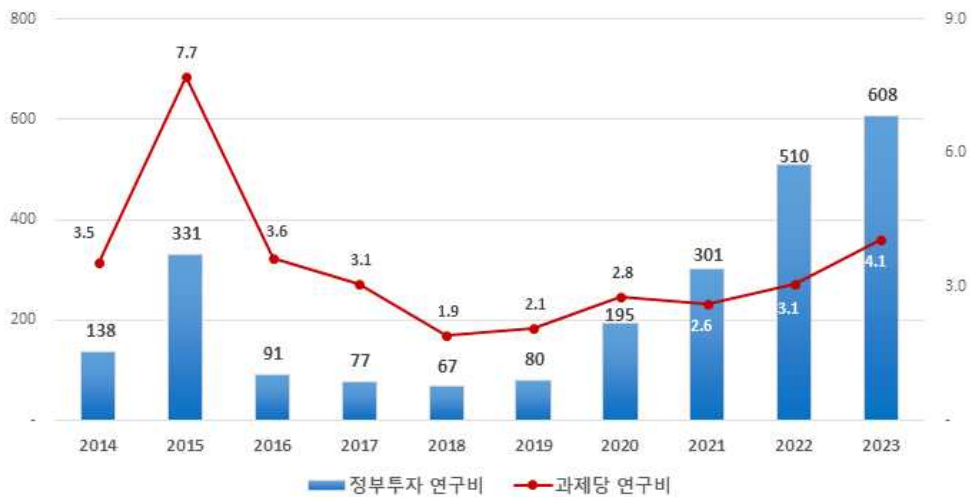
\* 출처: NTIS, 재가공

■ **바이오플라스틱 관련한 정부의 R&D 총 투자비는 분석기간('14~'23) 내 약 2,397억 원, 과제 당 평균 연구비는 약 3.4억 원 수준으로 나타남**

- **(연구비 합계)** 정부 투자 연구비는 전년 대비 2배 이상 증가한 '15년\* 이후부터 '19년까지 정체기를 겪었으나, '20년부터 점차적으로 성장세를 보이며 '23년 가장 높은 연구비(608억 원)를 기록하였음
- \* '15년도에는 대기업 식품회사와 화학회사가 PLA 바이오플라스틱 생산설비 구축 및 산업화 공정기술에 과제당 백억 원 이상을 투자되어 해당연도 연구비 상승에 큰 영향을 끼쳤음
- **(연구비 평균)** 과제 당 평균 연구비는 연구비 총합계와 비슷한 추세를 나타냈으며, '18년에 2억 원 미만으로 떨어졌던 연구비는 '19년부터 꾸준히 증가하여 '23년에는 4.1억 원에 이룸

(단위: 억 원)

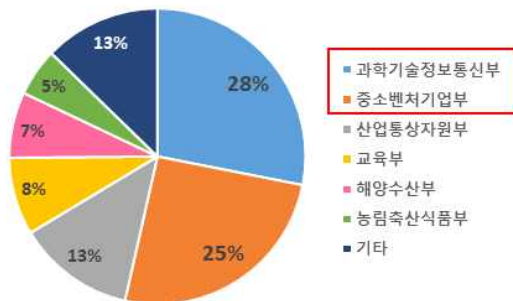
[그림 14] 바이오플라스틱 R&D 투자 추이



\* 출처: NTIS, 재가공

■ **바이오플라스틱 관련한 연구개발 지원현황을 부처별로 세분화하여 분석한 결과, 과학기술정보통신부(이하 과기정통부)와 중소벤처기업부(이하 중기부)가 과제의 약 54%를 수행하고 있음**

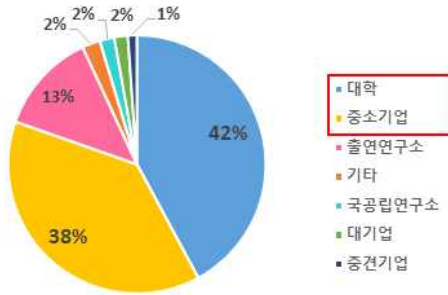
[그림 15] 부처별 과제건수 비율



- 과기정통부(28%)와 중기부(25%)에 이어서 산업통상자원부(13%), 교육부(8%), 해양수산부(7%), 농림축산식품부(5%)가 뒤를 이음
- 식품의약품안전처(1.4%)를 포함한 나머지 하위 7개 부처에서 수행하고 있는 과제 비율은 총합의 14%를 차지

■ 정부의 바이오플라스틱 관련 국가연구개발은 대학과 중소기업에 중심으로(80%) 수행됨

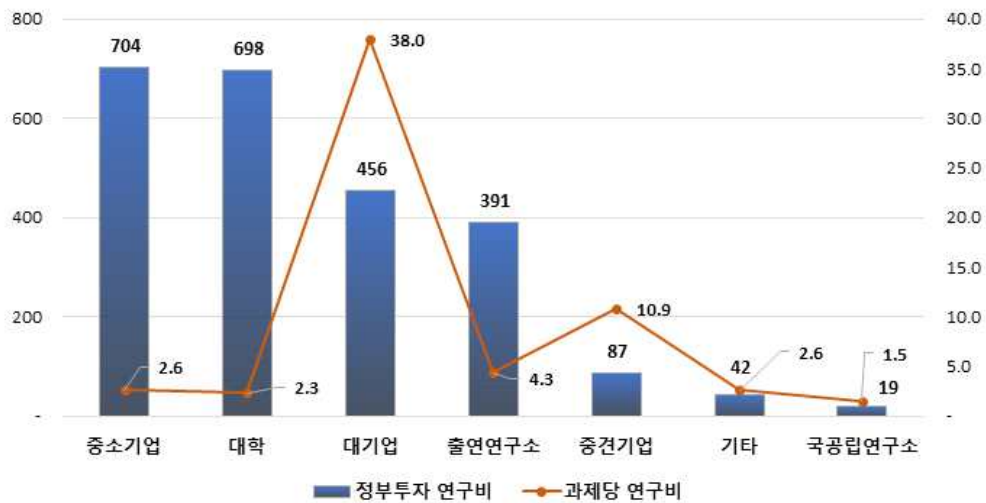
[그림 16] 연구수행주체별 과제건수 비율



- 바이오플라스틱 관련 정부 R&D 연구수행 주체는 대학이 가장 높은 비율을 차지 (42%)
- 이어서 중소기업 38%, 출연연구소 13%, 기타와 국공립연구소 및 대기업이 각각 2%, 중견기업이 1%로 조사

(단위: 억 원)

[그림 17] 연구주체 별 투자비



\* 출처: NTIS, 재가공

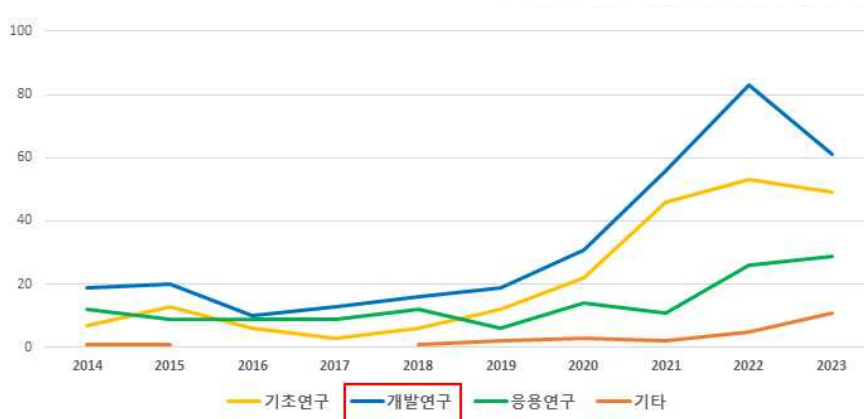
- 바이오플라스틱 관련 정부투자 연구비는 대학의 높은 과제 건수에도 불구하고 중소기업에 가장 많이 투입(704억 원)되고 있으며, 이어서 대학(698억 원), 대기업(456억 원), 출연연구소(391억 원) 순으로 조사되었고, 중견기업 및 국공립연구소는 100억 원 미만을 나타냄
- 과제당 평균 연구비가 가장 높은 연구수행주체는 대기업\*(약 38억 원)으로 나타났고, 이어서 중견기업(약 11억 원), 출연연구소(4.3억 원)순이며, 나머지 수행주체는 2.6억 원 이하로 조사
- \* 대기업은 PLA 등 바이오매스 기반 플라스틱 생산공정과 시작품 개발 및 실증 등 상업화 목적의 기반 구축 과제가 주를 이루고 있으며, 중견기업은 주로 미세조류 등 바이오매스 경로를 인공적으로 재설계하고 최적화 해 산업화를 촉진하는 응용연구 및 제품개발 중심으로 진행되고 있음
- \* 중소기업의 과제당 연구비는 2.6억 원으로 일회용품, 농축수산물용 비닐, 배달용기 등 일상생활에서 빈번하게 사용되고 버려지는 제품을 대체할 수 있는 바이오소재를 개발하여 폐기물 저감, 탄소중립 등을 실현하기 위한 목적의 과제가 다수 수행되고 있음

■ 연구개발단계를 분석했을 때 바이오플라스틱 과제는 절반 가까이 개발연구(46%)가 차지

- 개발연구에 이어서 기초연구 31%, 응용연구 19%, 기타 4% 순으로 나타남
- 연구개발 단계별/연도별 과제 수 추이를 살펴보면, `14년부터 `21년까지는 개발연구 단계가 기초연구 단계보다 연도별로 평균 9건 정도 더 많이 수행되었으나, `22년도에 개발연구 과제 건수가 큰 폭으로 증가하여 기초연구와의 격차가 기존 대비 약 3배 증가하였음

(단위: 건수)

[그림 18] 연구수행주체별/연도별 과제 추이



\* 출처: NTIS, 재가공

■ 바이오플라스틱 관련 연구개발 과제의 한글키워드를 분석하여 빈도수가 높은 핵심키워드를 도출

- 바이오플라스틱, 친환경, 생분해성(플라스틱) 등이 가장 높은 빈도수를 보여 바이오플라스틱은 친환경소재로 각광받고 있으며 핵심기술로 '생분해성'이 연관이 높은 것을 알 수 있음
- 안전관리, 안전성 확보에 관한 연구개발은 식품의약품안전평가원 및 한국식품연구원에서 소수로 진행되고 있어 관련 키워드 노출이 낮으며, 사실상 바이오플라스틱 R&D과제는 생물자원 기반 소재의 성능을 보완하거나 성형공정 개선 등 화학적 안정성과 생산 효율성에 초점을 맞춰 수행되고 있는 것으로 나타남

[그림 19] 연구개발 핵심 키워드



- **(용도)** 화학산업소재, 인체용소재 및 식품 용기·포장, 가소제, 농업용멀칭 등 바이오플라스틱을 개발하여 다양한 산업군에 활용하기 위한 연구가 활발히 수행 중
- **(성능)** 항균, 고내열성이 바이오플라스틱의 주요 개선 포인트로 분석되며, 재활용이 가능한 다기능성 복합소재 개발이 최근 트렌드로 부각되고 있음
- **(원료)** 해양(해조류), 산림자원 및 균사체(버섯) 등에서 생산하는 대사물질이나 생체기능을 이용해 기존 석유계 플라스틱을 대체할 수 있는 고성능 수지개발에 대한 연구가 다수 수행되고 있음
- **(유형)** PLA, PHA, (나노)셀룰로오스 기반의 복합소재 생산 및 적용기술에 대한 키워드가 매우 높은 빈도수를 보이고 있음

■ 바이오플라스틱 관련 국가연구개발은 5개의 사업에서 약 32% 가까이 수행되고 있음

[표 11] 부처별 바이오플라스틱 관련 주요 과제

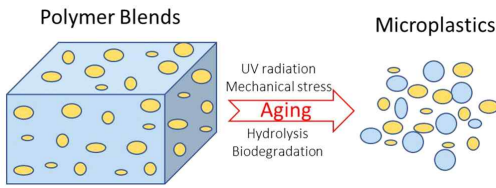
주관부처	사업명	주요 과제
과학기술 정보통신부	개인기초연구 (R&D 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 식품산업부산물을 재활용한 유글레나 대사물질 기반의 바이오플라스틱 소재 생산</li> <li>▪ 향양자점을 이용한 다기능성 친환경 나노복합포장 필름의 제조</li> <li>▪ 전자레인지용 포장의 자가 증기방출시스템을 위한 생분해 폴리락틱산의 친환경 스마트 소재화 응용</li> </ul>
중소벤처기업부	창업성장기술개발 (R&D 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 벼 유래 유기성 폐기물을 이용한 나노셀룰로오스 제조 및 이를 활용한 고강도, 경량, 친환경 바이오플라스틱 개발</li> <li>▪ 미세플라스틱 문제를 유발하지 않는 다당류 복합체 기반의 플라스틱 유연포장 대체재 개발</li> </ul>
교육부	이공학학술연구기반 구축(R&D 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 내열성과 내충격성이 강화된 항균성 PLA 컴포지트 개발</li> <li>▪ 생분해성 플라스틱 물성 개선을 위한 친환경 항균 가소제 개발</li> </ul>
산업통상자원부	바이오산업기술개발 (R&D 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생분해성 바이오플라스틱 소재를 활용하여 전 성분 퇴비화가 가능한 100% 생분해 비말차단 (AD) 및 KF80 마스크 개발</li> <li>▪ 생분해성 바이오플라스틱 시제품 개발 및 실증</li> </ul>
해양수산부	해양수산생명공학기술 개발(R&D 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양 섬유복합소재 및 바이오플라스틱소재 기술개발</li> <li>▪ 해양 바이오토탄 기반 기능성 복합 골이식재 개발</li> </ul>

\* 출처: NTIS, 재가공

## 다. 바이오플라스틱의 미세플라스틱 발생 이슈 연구 동향

### ■ 바이오플라스틱 제품이 연달아 출시되고 상용화됨에 따라 해외에서는 바이오플라스틱의 미세플라스틱 발생 관련 연구가 활발하게 진행되고 있음

- 바이오플라스틱은 생산과 폐기 측면에서 이산화탄소 발생량을 줄이고 생분해된다는 장점이 있어 친환경 플라스틱으로 불리고 있으나, 미세플라스틱을 방출한다는 면에서는 기존 플라스틱과 다르지 않거나 더 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 중점으로 한 연구가 다양하게 진행되고 있음

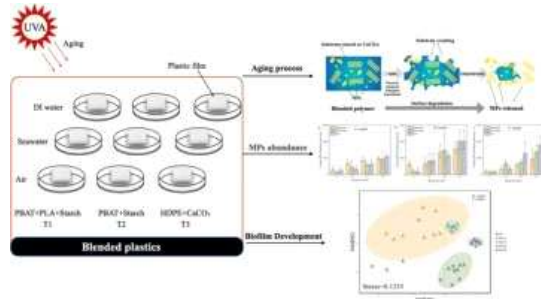


- 폴리머 블렌드(polymer blends)란 2종 이상 고분자를 물리적으로 혼합한 새로운 물질로, 폴리머 블렌드가 분해될 때 발생하는 미세플라스틱은 단일 폴리머의 미세플라스틱보다 다양한 크기, 형태, 조성을 나타내기 때문에 더욱 복잡한 환경 문제를 초래할 수 있다는 점을 강조

\*출처: Xin-Feng W., et al., 『Microplastics Originating from Polymer Blends: An Emerging Threat?』, Environmental Science & Technology, 55, 2021

- (생분해성 플라스틱 분해 과정에서의 미세플라스틱 방출에 대한 연구)
  - 생분해성 플라스틱으로 가장 많이 사용되는 PLA를 대상으로 실험을 진행한 결과, 효소가수분해 조건에서 예상치를 뛰어 넘는 다량의 미세플라스틱을 방출한 것으로 밝혀짐<sup>17)</sup>

- 또한 생분해성 플라스틱에서 방출된 미세플라스틱 표면에는 다양한 박테리아 군집이 형성되었으며 특정 조건에서는 병원균이 포함되는 경우가 있어 인체 및 환경에 유해한 영향을 미칠 수 있다는 연구 결과 발표



\*출처: Ruiqi B., et al., 『Aging of biodegradable blended plastic generates microplastics and attached bacterial communities in air and aqueous environments』, Journal of Hazardous materials, 434, 2022

- (해양 환경에서 바이오플라스틱의 미세플라스틱 방출)
  - 해양 환경에서 바이오플라스틱은 자외선(UV)을 통해 광분해되어 방출된 미세플라스틱이 해양에 축적되거나 해류를 따라 넓게 확산되며 해양 생물에 직접적으로 유입되는 등 다수의 위험이 존재<sup>18)</sup>
- 바이오플라스틱의 미세플라스틱 영향에 대한 대부분의 연구에서는 공통적으로 바이오플라스틱에 대한 과도한 낙관론을 경계해야 한다고 주장하며 관련한 추가 연구가 필요하다는 점을 강조했으며, 바이오플라스틱 제품의 수명 주기 전반에 걸친 종합적 평가가 필요하다고 언급

17) Xin-Feng W., et al., 『Millions of microplastics released from a biodegradable polymer during biodegradation/enzymatic hydrolysis』, Water Research, 211, 2022

18) Shasha Z., et al., 『Photodegradation of biobased polymer blends in seawater: A major source of microplastics in the marine environment』, Frontiers in Marine Science, 2022

## 04 바이오플라스틱 정책 동향

### 4.1 국외

#### ■ (미국) 바이오경제 선도와 미국 내 자체 공급망 구축을 위한 「국가 바이오기술 및 바이오제조 이니셔티브」 발표(‘22.09)<sup>19)</sup>

- (시장 저변 확대) 농무부는 BioPreferred 프로그램을 시행해 경제 발전 및 혁신 제품 생산에 기여하기 위한 바이오 기반 제품 사용을 촉진시키고자 하였으며, 바이오플라스틱을 비롯한 석유 기반 제품의 바이오 대체품에 대해 라벨을 부여하여 소비자의 바이오기반 제품 식별을 도움

[그림 20] BioPreferred 인증라벨 및 제품



\*출처: BioPreferred Program Fact Sheet, USDA

- (인프라 구축) 재료 및 화학적 합성 연구부터 응용 연구까지 개발 기술을 테스트할 수 있는 파일럿 스케일업 시설 구축 등 바이오 제조 기반을 강화<sup>20)</sup>
- (연구개발) 바이오 기반 플라스틱을 생산하는 등 바이오산업의 혁신 제품 및 기술을 위한 R&D 자금 지원

#### ■ 행정부는 식품 손실 및 폐기물 감소, 유기물 재활용을 위한 국가 전략을 발표<sup>21)</sup>

- ‘15년 미국 환경보호국과 농무부는 ‘30년까지 식품 손실 및 폐기물을 50% 감축하겠다는 국가 차원의 목표를 공동 발표했으며, 이에 따른 구체적 실행계획을 담은 국가 전략 문서 발표
- 바이오플라스틱 관련 시행계획

- (농무부, 연구개발) 농무부 농업연구청에서는 식품 포장재의 퇴비화와 생분해에 대한 표준 시험 방법 구축을 지원했으며, 다양한 환경에서 분해되는 바이오플라스틱을 개발 중
- 안전성을 중점으로 한 생분해성 플라스틱을 개발 중으로, 콜드체인 기술 적용에 따라 식품의 품질을 유지하고 유통기한을 연장할 수 있는 포장재를 개발하기 위한 패키징 기술 연구

\* 완성된 바이오기반제품에 대해서는 수명주기 분석이나 유사한 프레임워크를 통해 지속가능성과 잠재적 이점을 정량적으로 평가될 예정

19) THE WHITE HOUSE, National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative, 2022.09

20) THE WHITE HOUSE, Bold Goals for U.S. Biotechnology and Biomanufacturing, 2023.03

21) THE WHITE HOUSE, NATIONAL STRATEGY FOR REDUCING FOOD LOSS AND WASTE AND RECYCLING ORGANICS, 2024.06

- (식품의약품, 규정 개정) 생분해성/퇴비화 플라스틱 포장재와 같이 혁신적인 신제품 개발을 지원하고 식품 포장재의 새로운 흐름을 반영하기 위해 식품 접촉 가이드를 업데이트할 것
- (환경보호국, 솔루션 개선) 바이오플라스틱 퇴비화 시설의 사용 및 관리, 식품 포장재 부문 바이오 기반 대체제의 기존 솔루션을 확장하고 개선하는 방법에 대해 연구

■ **식품의약품(FDA)은 식품 제조, 포장, 운송 또는 보관에 사용되는 바이오플라스틱 제품에 대해 식품 접촉 신고(Food Contact Notification) 절차를 적용하고 있음<sup>22)</sup>**

- 식품 접촉 신고(Food Contact Notification) 프로그램은 식품 접촉 물질의 시판 전 허가 절차로, 식품 안전 관리 절차 개선, 강화 차원에서 개발되었으며, 식품용 바이오플라스틱 제품 출시를 위해서는 해당 규정을 준수해야 함
  - 식품, 의약품 및 화장품법(Federal Food, Drug, and Cosmetic Act) 섹션 409에 따라 식품 접촉 물질(Food Contact Substances, FCSs)이란 식품에 영향을 미치지 않아야 하며 사용 허가를 위해서 업체는 신고 서류 및 안전성을 입증할 수 있는 충분한 과학적 정보를 제출해야 함
  - FDA는 업체의 식품 접촉 신고 후 120일 동안 검토 기간을 가지며, 해당 기간 내 물질의 안전성에 대해 이의를 표명하지 않으면 업체는 합법적으로 제품 판매가 가능
  - `24년 7월 기준 승인된 식품 접촉 물질 목록에는 총 1,699개<sup>23)</sup>가 명시되어 있으며, 식품 접촉 물질은 일반적으로 코팅, 플라스틱, 종이, 접착제, 착색제, 향균제 등을 포함
- `24년 3월 식품의약품은 식품 접촉 신고 프로그램과 관련한 최종 규정<sup>24)</sup>을 발표했으며, 이는 기존 규정(21 CFR 170.105)을 보완
  - 기존 식품 접촉 물질은 안전성을 중점으로 허가 여부가 결정되었으나, 새로운 규정은 안전성 외에 평가 기준이 확대\*
    - \* 제조업체가 식품 접촉 물질을 생산·공급하지 않거나 포기할 경우, FDA는 해당 물질에 대한 승인을 철회할 수 있으며, FDA의 최종 결정 전에 해당 업체가 의견을 개진할 수 있는 기회를 부여
    - \* 제조업체나 공급업체가 필요한 데이터나 정보를 제공하지 않아 요구된 안전 기준을 충족하지 못할 경우, FDA의 FCN 반려 허용

<식품 접촉 물질 관련 최종 규칙>



\*출처: Federal Register, Food Additives: Food Contact Substance Notification That Is No Longer Effective

- FDA는 이러한 개정이 식품 접촉 물질의 시판 전 신고 프로그램의 효율성을 개선하는 관리 메커니즘을 구축하기 위한 일환으로, 정보 기밀 및 투명성 제고를 위한 조치라고 설명

22) FDA, Packaging & Food Contact Substances (FCS), <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/packaging-food-contact-substances-fcs>  
 23) FDA, Inventory of Effective Food Contact Substance (FCS) Notifications  
 24) Federal Register, Food Additives: Food Contact Substance Notification That Is No Longer Effective, <https://www.federalregister.gov/documents/2024/03/22/2024-05802/food-additives-food-contact-substance-notification-that-is-no-longer-effective>

■ (유럽) 유럽은 플라스틱 생산량 감소 및 대체제 개발을 목적으로 하는 다양한 탈플라스틱 전략을 추진<sup>25)</sup>

- 유럽은 순환경제로의 이행을 위한 순환경제 패키지(`15.12), 유럽 그린딜(`19.12) 순환경제 실행계획(`20.03) 등 플라스틱 순환경제를 위한 정책을 강화
  - (순환경제 패키지(Circular Economy Package)) 제품 라이프사이클 전 과정에서의 환경영향 최소화 및 자원효율성 향상을 목표로 설정하고, 우선적 관심 분야로 바이오플라스틱, 바이오매스 등을 선정<sup>26)</sup>
  - (유럽 그린딜(European Green Deal)) 유럽이 직면한 기후·환경 위기에 대응하기 위해 정책분야 전반에서 EU의 지속가능한 경제를 도모하는 정책방향 및 실행계획을 포함한 로드맵<sup>27)</sup>
  - (신순환경제실행계획(New Circular Economy Action Plan)) 사용된 자원이 단순 폐기되는 단선적인 경제 패러다임에서 벗어나 지속가능한 제품 정책을 위해 수립됐으며, 생분해성 또는 퇴비화 가능 플라스틱의 사용을 검토

■ 유럽연합 집행위는 「바이오플라스틱에 대한 EU 정책 프레임워크」 채택(`22.11)<sup>28)</sup>

- 생분해성 플라스틱, 바이오매스 플라스틱, 퇴비화가 가능한 플라스틱에 대한 개념과 해당 플라스틱 사용으로 인한 문제점·이점 등을 제시
  - 유럽 시민, 공공기관 및 기업이 프레임워크를 사용할 수 있도록 하여 바이오플라스틱에 대한 명확한 이해를 돕고 정책적, 투자, 구매 결정에 근거로 활용할 것을 권장

[표 12] 플라스틱 종류별 시장 구비 요건

구분	내용
바이오매스 플라스틱	그린워싱, 소비자 오해 방지를 위해 제품의 바이오매스 함유량을 정확하게 기재하여야 함
생분해성 플라스틱	생분해하는 데 필요한 시간과 환경적 조건을 라벨에 의무적으로 표시해야 함
퇴비화 가능한 플라스틱	퇴비화 가능 플라스틱은 산업용과 가정용이 구분되어야 하며, 인식하기 쉬운 방법을 사용해 폐기 방법에 대해 올바른 폐기법에 대해 효과적으로 전달해야 함

\*출처: European Commission, EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics, 2022.11

- 유럽연합이 지원하는 바이오플라스틱 R&D는 생산 공정, 생산 제품의 사용 및 폐기에 대한 환경적 지속가능성 보장 등을 중점으로 진행되며 바이오플라스틱 연구, 혁신, 투자에 대한 지속적 지원을 강조

25) KOTRA, 유럽 주요국의 탈플라스틱 정책 및 시사점, 2021.10  
 26) 한국소비자원, EU의 신순환경제실행계획의 주요내용과 시사점, 2020.06  
 27) KDI 경제정보센터, EU의 신성장 전략, '유럽 그린딜', 2020.10  
 28) European Commission, EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics, 2022.11

- 안전하고 지속가능하며 재활용 및 생분해가 가능한 바이오플라스틱을 생산하는 것을 목표로 연구 및 혁신을 촉진할 것이라고 밝혔으며, 기존 화석 연료 기반 플라스틱과 비교해 순 온실가스 배출량을 평가하기 위한 추가적 연구가 필요하다고 진단

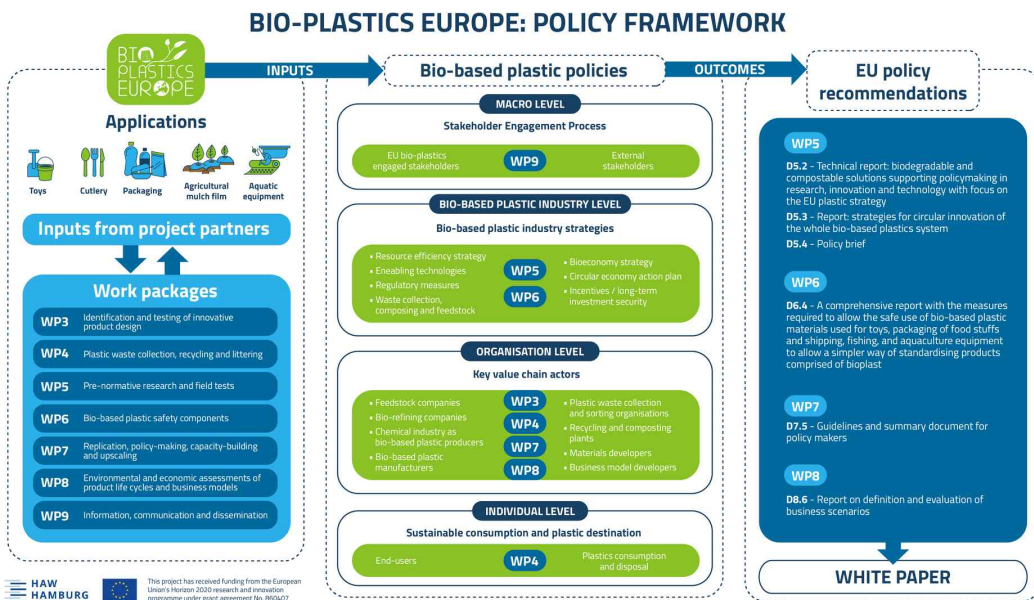
■ 유럽 바이오플라스틱협회(BIO-PLASTICS EUROPE)는 바이오플라스틱 관련 업계 컨소시엄으로, 유럽의 탈플라스틱 전략 지원 및 솔루션 제공



- `24년 1월에는 유럽의 바이오플라스틱 정책 권장사항을 담은 백서를 발행하였으며, 바이오플라스틱의 지속가능성을 위한 정책 프레임워크 제시하는 등 바이오플라스틱과 관련한 전략 및 솔루션을 제공

- (바이오플라스틱 EU 정책 프레임워크) 장난감, 식품용 기구, 포장재, 농업용 제초 필름, 수생장비 관련 정책에 대해 바이오플라스틱협회가 기여할 수 있는 방법을 설명하기 위한 프레임워크를 수립
- 주요 바이오플라스틱 적용 분야를 중심으로 거시적 관점에서의 이해관계자 참여 프로세스, 산업 수준에서 산업 전략, 조직 수준에서 주요 가치 사슬 공급업체 관행, 소비자 수준에서 지속가능한 플라스틱 소비를 설명하여 최종적으로 유럽연합 정책 권고하는 일련의 과정을 제시

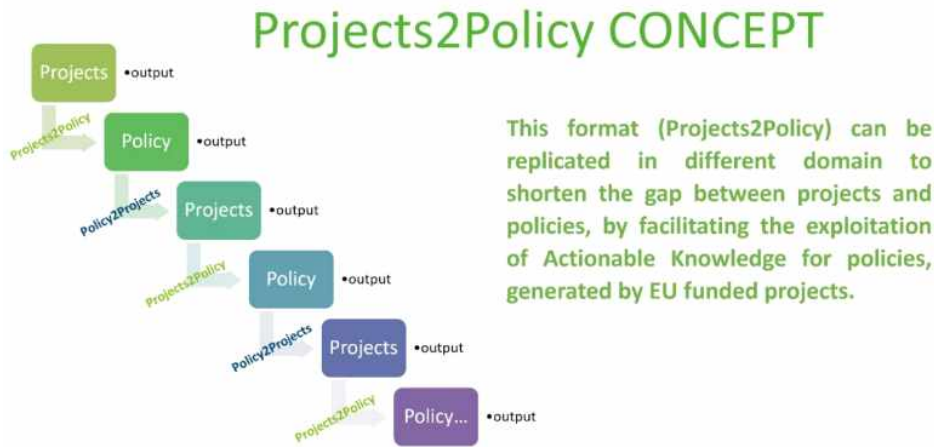
[그림 21] 바이오플라스틱 EU 정책 프레임워크



\*출처: BIO-PLASTICS EUROPE 홈페이지(BIO-PLASTICS EUROPE: EU Policy Framework)

- (BIOPLASTICS EUROPE 백서) 미래 바이오플라스틱 시스템이 순환경제로 전환하는 과정에서 유럽연합의 정책이 기여할 수 있는 내용을 담은 정책안 권고 문서
- 현재 유럽의 사회적·정치적 환경을 분석하고 그에 따른 바이오플라스틱 지속가능 전략 및 솔루션을 개발·제공
- \* (주요 정책 권고사항) 바이오플라스틱 제품을 선택함으로써 얻어지는 이점과 적절한 폐기방법에 대한 소비자 교육 및 커뮤니케이션 향상, 생산부터 폐기까지 바이오 기반 소재의 가치사슬 시스템 추가 연구, 바이오플라스틱과 바이오플라스틱 생산에 사용되는 모든 첨가제에 대한 독성 테스트 실행
- (Projects2Policy) 유럽 바이오플라스틱협회와 GLAUKOS 프로젝트\*가 공동으로 창안한 개념으로, 바이오플라스틱 프로젝트와 정책 입안자 간 정보 격차 해소 필요성을 강조
- \* 해양 환경 보호를 위해 바이오 기반의 소재 개발을 목표로 하는 Horizon 2020 연구 및 혁신 프로그램 후원 프로젝트

[그림 22] Projects2Policy 개념



\*출처: BIOPLASTIC EUROPE, BIOPLASTIC EUROPE WHITE PAPER, 2024.01

■ 유럽은 바이오플라스틱과 관련된 기준을 수립하는 중으로, 현재는 일반 식품 규정을 준용

- `24년 4월 유럽위원회는 포장 및 포장 폐기물 규제(Packaging and Packaging Waste Regulation, PPWR)를 채택하였으며 이는 기존의 94/62/EC 규정을 대체
- 개정된 내용 중 8조는 퇴비화 요건으로 티백, 커피 파우치, 과일이나 야채에 붙이는 라벨은 퇴비화가 가능한 원료로 만든 포장재를 사용해야 함
- 유럽 식품 안전법에 따라 식품과 접촉하는 모든 물질은 (EC)1935/2004, (EC)2023/2006 및 식품과 접촉하는 플라스틱과 관련한 규정이 포함된 (EC)10/2011을 준수해야 함

[표 13] 유럽 식품분야 바이오플라스틱 적용 규정

규정	내용
(EC)1935/2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술 발전에 신속하게 대응하기 위해 기존 규정인 89/109/EEC를 보완한 규정으로, 식품과 접촉하도록 의도된 재료 및 제품에 관한 일반 규정</li> <li>▪ 모든 식품 접촉 물질은 우수 제조 관리 기준((EC) 2023/2006, GMP)에 의해 제조되어야 함을 명시</li> <li>▪ 이 외 안전성 요구사항, 추적성, 특정 물체에 대한 추가적 세부 규정, 제품 라벨링 그리고 규제의 집행에 대해 제시</li> </ul>
(EC)2023/2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기본 규정 1935/2004에 의거하여, 식품과 접촉하도록 의도된 재료 및 제품에 대한 우수 제조 관행(GMP, Good Manufacturing Practice)에 대한 규정</li> <li>▪ 우수 제조 관행에 대한 세부 절차와 방법, 품질 보증·관리 시스템, 문서화 및 기록 방법, 위생 및 청결, 교육 및 훈련 규정 등에 대해 제시</li> </ul>
(EC)10/2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 식품과 접촉했거나, 식품과 접촉할 것으로 합리적으로 예상할 수 있는 플라스틱 재료 및 제품의 안정성과 품질 보장을 위한 규정</li> <li>▪ 해당 규정의 적용범위(플라스틱 포장재, 용기, 라벨 등)와 허용 물질 리스트, 특정 화학물질의 허용치, 적합성 선언, 안전성 및 품질 테스트, 제품 추적을 위한 요구사항 등을 제시</li> </ul>

\*출처: BIOPLASTIC EUROPE, BIOPLASTIC EUROPE WHITE PAPER, 2024.01

## ■ (일본) 플라스틱 자원 순환 전략 및 바이오플라스틱 도입을 위한 로드맵 수립<sup>29)</sup>

### • 플라스틱 자원 순환 전략<sup>(`19.05)<sup>30)</sup></sup>

- 일본 내 지속가능한 자원 생산 능력 제고 및 기존 자원의 재활용을 활성화하여 플라스틱의 자원 순환 체계 구축을 위해 전략을 마련
- ‘3R+Renewable(절약/Reduce, 재사용/Reuse, 재활용/Recycle+재생가능한 자원으로서의 대체)’을 기본 원칙으로 삼아 환경 문제 해결과 지속가능한 경제 발전에 기여하고자 함
- (바이오플라스틱 관련 전략)
  - \* 바이오플라스틱의 비용 저감 및 고기능화를 지원하고 바이오플라스틱 시장 실태조사를 통해 공공조달 및 인센티브 부여, 저탄소제품 인증 지원하여 소비자 보급을 촉진
  - \* 플라스틱의 안전성을 유지하며 반복적으로 재활용할 수 있도록 플라스틱 내 화학물질의 함유 정보 검토 및 정비를 실시

29) 環境省, 環境再生・資源循環 Roadmap for Bioplastics Introduction, [https://www.env.go.jp/recycle/roadmap\\_for\\_bioplastics\\_introduction.html](https://www.env.go.jp/recycle/roadmap_for_bioplastics_introduction.html)

30) Resource Circulation Strategy for Plastics, 環境省, 2019.05

- `30년까지 플라스틱의 재생소재 이용률을 2배로 늘리고, 바이오플라스틱을 최대 200만 톤을 도입하는 것을 목표로 제시
- **바이오플라스틱 도입을 위한 로드맵(`21.01)<sup>31)</sup>**
  - 플라스틱 자원 순환 전략을 기반으로 바이오플라스틱의 현황 제시 및 도입 촉진을 위한 시행 계획을 제시하는 로드맵을 구축

[표 14] 바이오플라스틱 도입 지원 목표

구분	내용
원료	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 원료 확대를 위한 다각화 노력을 통해 안정적인 공급망 확보</li> </ul>
공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 기업의 바이오플라스틱 생산량을 늘려 공급원 범위 확대</li> </ul>
비용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생산 비용 최적화 및 인프라 구축 지원</li> <li>▪ 바이오플라스틱의 환경적 가치를 활용해 소비자의 사용 촉진</li> </ul>
활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존 화석 연료 기반 플라스틱과 동등한 기능의 바이오플라스틱 개발, 도입 및 광범위한 제품군에 적용</li> <li>▪ 기존 플라스틱 대비 더 높은 기능성을 가진 바이오플라스틱을 통해 활용 가치 확대</li> </ul>
사용 후 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오플라스틱이 기존 재활용 공정에 투입될 시 부작용 위험 조사</li> <li>▪ 바이오플라스틱의 재활용 촉진을 위한 기술 개발</li> </ul>
환경·사회적 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소비자들이 확신을 가지고 바이오플라스틱을 사용할 수 있는 환경 조성(전 생애 주기 동안 지속가능한 바이오플라스틱 사용 촉진)</li> <li>▪ 바이오플라스틱에 대한 소비자의 이해도 제고</li> </ul>

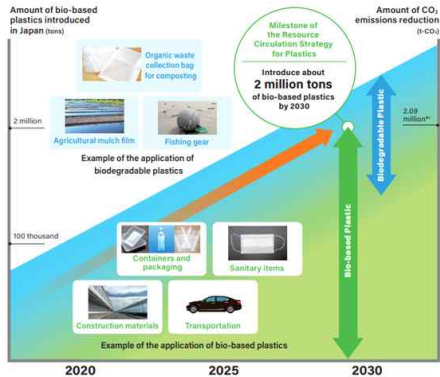
\*출처: Roadmap for Bioplastics Introduction, Government of Japan, 2021.01

31) Roadmap for Bioplastics Introduction, Government of Japan, 2021.01

[표 15] 바이오플라스틱 도입 방안

구분	방안
사용 촉진	▪ 기업별 바이오플라스틱 도입 사례 및 참여도 정리
	▪ 비즈니스 매칭 추진
	▪ 공공조달 및 바이오 기반 제품 수요 활성화
	▪ 바이오플라스틱 사용을 촉진하는 공평하고 공정한 재활용 시스템
소비자 인식 제고 및	▪ 지속가능성 중점의 전 생애 주기 인증제도
	▪ 소비자 인식 제고
연구개발 및 생산시스템 개발	▪ 기능 향상, 원가 절감, 원료 다변화를 위한 연구개발 및 실증사업
	▪ 일본 내 제조 인프라 증설
	▪ 연구개발 자금조달 및 제조시설 설치
후속조치	▪ 바이오플라스틱 도입현황 조사 및 후속조치

\*출처: Roadmap for Bioplastics Introduction, Government of Japan, 2021.01



- 바이오플라스틱 생산량을 늘리고 산업 분야별 점차적인 적용을 통해 탄소 방출을 줄이고 `30년에는 200만 톤의 바이오플라스틱을 도입하는 것이 목표

\*출처: Roadmap for Bioplastics Introduction, Government of Japan, 2021.01

- `21년 6월 일본은 플라스틱 자원순환촉진법을 제정하며 플라스틱을 주 내용으로 한 법률을 마련<sup>32)</sup>
- `22년 4월부터 시행된 해당 법은 플라스틱이라는 소재를 중심으로 자원 순환을 촉진하기 위한 제도적 기반이며, 재활용 가능하고 생분해되는 소재로서 바이오플라스틱의 사용을 권장
- 일본 바이오플라스틱 협회(JBPA)는 `00년 생분해성 플라스틱에 대해 GreenPla 식별 및 라벨링 시스템, `06년에는 바이오 기반 플라스틱에 대해 BiomassPla 식별 및 라벨링 시스템을 수립<sup>33)</sup>



- 국제암연구소(IARC, International Agency for Research on Cancer), 유럽의 규정, 일본 정부의 기존 규정을 참조하여 바이오플라스틱 구성 요소와 구성비, 함량 기준, 사용 제한 물질 리스트 등을 제시

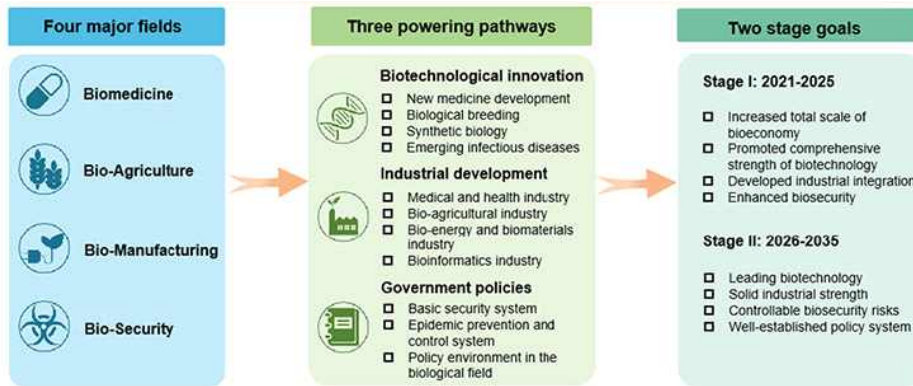
32) 일본 「플라스틱과 관련한 자원순환의 촉진에 관한 법률」의 주요 내용 및 검토, 한국법제연구원, 2023

33) JPBA, Identification Standard 참고

■ (중국) 「제14차 바이오경제 발전 5개년 계획」 발표(‘22.05)<sup>34)</sup>

- ‘20년 10월 「플라스틱 오염 관리강화 방안」, ‘21년 9월 「플라스틱 오염 방지를 위한 5개년 계획」을 잇따라 발표하였으며, ‘탄소중립’을 골자로 하여 플라스틱 사용 제한, 플라스틱 대체품 연구개발 등의 계획을 제시
- 이를 기반으로 중국 국가발전개혁위원회는 국가 전략으로서 바이오경제를 중점으로 한 중앙정부 주도 최초의 바이오경제 발전 계획(‘21-‘25)을 발표
  - 바이오의약품, 바이오 농업, 바이오 제조 및 안보를 전략적 주요 분야로 설정하고 바이오 분야의 성장을 위해 기술혁신, 자본 투자 확대, 제도 마련, 인재 교육, 국제 협력 등 정책적 지원 환경을 조성할 것이라고 밝힘

[그림 23] ‘제14차 바이오경제 발전 5개년 계획’ 개요



\*출처: Zhang et al.:The roadmap of bioeconomy in China, Eng Biol. 2022 Dec; 6(4): 71-81.

■ 생분해성 플라스틱과 관련한 권장 표준 발표

- ‘22년 6월 생분해성 플라스틱/제품의 분해성 및 식별 요구사항(GB/T 41010-2021)과 ‘생분해성 빨대(GB/T 41008-2021)’에 대한 국가 권장 표준을 발표<sup>35)</sup>



- (생분해성 플라스틱/제품의 분해성 및 식별 가이드라인) 생분해성 플라스틱 및 제품의 생산, 사용 및 모니터링 요구사항을 중점으로 용어 정립, 라벨링 표시 사항, 식별 및 관련 테스트 방법과 관련한 규정을 발표
- 해당 지침에 따라 관련 제품의 라벨링과 조달 관리 강화가 요구됨
- (생분해성 빨대 요구사항) ‘21년 11월 생분해성 빨대의 재료, 생분해 환경 조건, 제품 규격 및 시험방법, 라벨링 요구사항 등 생분해성 빨대 전용 규정을 수립

34) Zhang et al.:The roadmap of bioeconomy in China, Eng Biol. 2022 Dec; 6(4): 71-81.

35) Two New Standards on Degradable Plastics Implemented from June 1 in China, CIRS, 2022.06

## 4.2 국내

### ■ 산업부는 바이오플라스틱 기술개발 및 산업 기반 마련을 위한 적극적인 지원 정책 추진

- 탄소중립을 위한 한국형(K)-순환경제 이행계획(‘21.12, 산업부·환경부)<sup>36)</sup>
  - 생산·유통·소비·재활용의 전 과정에서 폐기물을 감축하고 순환성을 강화하기 위한 「한국형 순환경제 이행 계획」을 수립
  - 탈플라스틱 전환을 위해 범부처 R&D를 기획·추진 (폐플라스틱 재활용 고도화 기술개발, 바이오플라스틱 개발, 재생자원의 저탄소 산업연료화 기술개발 등)

[표 16] 한국형 순환경제 이행계획 내 바이오플라스틱 관련 전략

과정	전략	내용
원료 생산	바이오플라스틱 활성화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오플라스틱 기술개발 로드맵 마련</li> <li>▪ 기존 석유계 플라스틱을 바이오플라스틱으로 대체</li> <li>▪ 대량생산을 위한 원료 확보 및 인증체계 마련</li> </ul>
	재생원료 이용 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 플라스틱 재생원료 특화 클러스터 조성</li> <li>▪ 재생원료 품질관리 가이드라인 및 인증 기준 마련</li> <li>▪ 재생원료 사용의무 대상 범위 확대</li> </ul>
제품 생산	지속가능한 제품 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 친환경 설계 준수사항 마련(친환경 원료 사용, 탄소 배출 및 환경 영향, 재사용·재제조 용이성 등)</li> </ul>
유통	친환경 소비 촉진	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저탄소 자원순환제품 소비 장려, 재생원료 사용 제품 공공구매 의무화</li> </ul>

\*출처: 탄소중립을 위한 한국형(K)-순환경제 이행계획 수립, 대한민국 정책브리핑, 2021.12

- 바이오경제 2.0 추진방향(‘23.07, 산업부)<sup>37)</sup>
  - 기존 의약품 중심의 「바이오경제 1.0」을 산업 범위를 확대하여 바이오 신산업의 집중 육성을 위한 「바이오경제 2.0 추진방향」을 발표
  - (바이오신소재 산업 육성을 위한 과제) 규제 및 인증 등을 통한 시장 창출, 다양한 바이오 신소재 제품 개발, 바이오신소재 원료 기술 개발을 중점으로 한 목표 제시
  - \* (규제 및 인증 부문 세부 과제) 국내외 인증기관 간 상호인정 지원, 생분해성 플라스틱 환경표지인증 유효기간 연장 추진, 바이오신소재 규제발굴 및 논의 등
  - \* (바이오신소재 제품 개발 브랜 세부 과제) 생분해성 플라스틱 산업기반 마련 등
- ‘23년 9월 산업부는 인천광역시와 함께 ‘2023년 국제 생분해성 플라스틱 컨퍼런스’를 개최하여 주요국의 생분해성 플라스틱 최신 동향 및 육성정책을 공유하고 관련 규제에 대한 논의를 진행
- 산업부의 생분해성 플라스틱 기반 구축 사업의 일환으로 인천 송도 지역에 플라스틱 대체물질 소재·부품·장비 산업 지원센터가 구축되었으며, ‘24년 5월 생분해성 바이오플라스틱 해외 인증 시험서비스를 국내 최초 개시<sup>38)</sup>

36) 탄소중립을 위한 한국형(K)-순환경제 이행계획 수립, 대한민국 정책브리핑, 2021.12

37) 저성장기후변화 극복을 위한 「바이오 경제 2.0 추진 방향」 발표, 대한민국 정책브리핑, 2023.07

■ 「첨단바이오 이니셔티브」(범부처, `24.04)<sup>39)</sup>

- 정부 관계부처 합동으로 제6차 과학기술자문회의 전원회의에서 첨단 바이오 전략을 발표
  - 첨단바이오 혁신기술 개발, 고품질 데이터 결합 및 서비스 플랫폼 창출, 바이오 가치사슬 강화를 중점으로 한 이니셔티브 수립
  - 2035년 글로벌 바이오 강국으로 도약하기 위해 바이오 가치사슬을 강화할 수 있도록 디지털바이오 육성, 바이오 제조혁신, 바이오 의료혁신, 인류 공동의 난제 해결 4개 분야로 과제를 구분하여 제시

[표 17] 첨단바이오 이니셔티브 주요 과제

과제	내용
디지털바이오 육성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양질의 바이오데이터 확보부터 고도화를 통한 활용 기반 강화</li> <li>▪ 인공지능 신약설계 등 다양한 첨단바이오-AI 플랫폼 확보</li> </ul>
바이오 제조혁신	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오 제조의 기반이 되는 합성생물학 핵심기술 확보</li> <li>▪ 바이오 제조 고속화자동화를 위한 바이오파운드리 구축</li> <li>▪ 바이오 소재·부품·장비 자립화를 위한 기술·산업 육성</li> </ul>
바이오 의료혁신	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 세계 최초의 바이오의료 혁신연구에 도전</li> <li>▪ 우수신약 파이프라인 및 백신·치료제 개발 플랫폼 확보</li> <li>▪ 맞춤형 정밀의료 치료제, 디지털 헬스케어 기기·서비스 상용화</li> </ul>
인류 공동의 난제 해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 탄소중립 바이오 에너지·소재를 통한 탈탄소 전환 가속화</li> <li>▪ 첨단바이오 농·수산업 혁신 및 푸드테크를 통한 식량안보 확보</li> <li>▪ 넥스트 팬데믹에 대비한 감염병 백신기술 주권 확보</li> </ul>

\*출처: 첨단바이오 이니셔티브, 범부처, 2024.04

- **(첨단바이어를 기반으로 한 탄소중립 이행)** 기존 석유화학 소재를 대체할 바이오플라스틱을 통한 인류 공동의 문제 해결 및 지속가능한 산업구조 구축
  - 첨단바이어를 기반으로 저탄소·친환경 시스템 전환을 위한 혁신기반기술 개발: 합성생물학 기반의 바이오 소재 설계기술 개발, 친환경 바이오플라스틱·바이오매스 기술 개발
  - (고품질데이터) 바이오 소재, 구조, 특성 데이터 구축
  - (서비스플랫폼 구축) 바이오매스·바이오플라스틱 대량 생산설비 구비, 바이오플라스틱 특화 바이오파운드리구축 등
  - (체감가치) 친환경 바이오플라스틱, 고효율 바이오매스 처리 기술, 난분해 플라스틱 분해 미생물 등

38) 인천시, 생분해성 바이오플라스틱 해양인증시험서비스 개시, 인천투데이, <https://www.incheontoday.com/news/articleView.html?idxno=245978>, 2024.05

39) 대한민국의 새로운 성장 DNA, 첨단바이어로 제2의 반도체 산회를 쓴다, 과학기술정보통신부, 2024.04

■ **환경부는 「환경기술 및 환경산업 지원법」에 따라 환경표지 인증 제도를 시행하고 있으며 식품과 접촉하는 바이오플라스틱을 생분해성수지제품(EL724), 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)으로 분류**

- 정부는 「환경기술 및 환경산업 지원법」 제17조(환경표지의 인증)에 근거, 친환경 제품에 대한 자발적 기업 생산 및 소비 활성화를 위해 `92년 4월부터 환경표지인증제도를 운영하고 있음<sup>40)</sup>
- 동일 용도 제품·서비스에 비해 생산부터 폐기까지 전 과정에서 '환경성'을 개선한 제품에 인증을 부여하며, 인증 대상은 「환경표지 대상제품 및 인증기준」 고시 [별표 1] 및 [별표 2]에 따른 대상 제품\*에 해당함

\* (대상 제품) 사무용 기기·가구 및 사무용품, 주택·건설용 자재·재료 및 설비, 개인용품 및 가정용품, 가정용 기기·가구, 교통, 여가·문화 관련 제품, 산업용 제품·장비 등

\* (제외 대상 제품) 「식품위생법」에 의한 식품, 「약사법」에 의한 의약품 및 의약외품, 「농약관리법」에 의한 농약, 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」에 의한 임산물로 지정된 목제품



- (인증 절차) 인증신청서 제출 및 접수→서류 검증 및 현장 심사→시험결과 수령 및 심의자료 작성→인증심의 위원회 개최→심의 결과 통보→인증서 교부 및 환경표지 사용

- **생분해성수지제품(EL724)의 전과정 단계별 환경성 기준 및 원료 요건을 충족하여야 인증 허가 가능<sup>41)</sup>**

\* 생분해성수지제품(EL724)은 단일 재질 또는 복수 재질의 생분해성 합성수지를 성형 제조한 것으로서, 어업용 제품(그물, 어망, 낚싯줄 등) 및 별도의 인증기준이 정해져 있는 제품은 본 규정에서 제외

[표 18] 생분해성수지제품 전과정 단계별 환경성 항목

전과정 단계	환경성 항목	환경 개선 효과
원료 취득	-	-
제조	▪ 생분해성수지 사용률	▪ 생태계 독성 감소
	▪ 유해원소 함량	▪ 유해물질 사용 감소
	▪ 사용금지 원료	▪ 유해물질 사용 감소
유통·사용·소비	▪ 식물의 생태독성	▪ 생태계 독성 감소
폐기	▪ 생분해도	▪ 생태계 독성 감소
재활용	-	-

\*출처: EL724:2023 생분해성수지제품, 환경부, 2023.12

40) 한국환경산업기술원, 2024

41) EL724:2023 생분해성수지제품, 환경부, 2023.12

- (제품 내 수지 사용 비율) 생분해성 합성수지는 제품 전체 질량분율의 70% 이상을 차지하고 수지 이외 구성 재료(손잡이, 구조재 등)는 일반인이 쉽게 분리할 수 있어야 함
- (유해원소 함량) 성형원료 및 제품에는 원료로서 납(Pb) 화합물이나 카드뮴(Cd) 화합물을 사용하지 않아야 하며, 성형원료 및 제품에 함유된 유해 원소는 아래 표의 기준을 충족해야 함

[표 19] 생분해성수지제품(EL724) 유해원소 함량 기준

항목	비소 (As)	납 (Pb)	카드뮴 (Cd)	수은 (Hg)	크로뮴 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	아연 (Zn)
기준(mg/kg)	3.5 이하	50 이하	0.5 이하	0.5 이하	50 이하	37.5 이하	25 이하	150 이하

\*출처: EL724:2023 생분해성수지제품, 환경부, 2023.12

- (사용금지 원료) 식품 또는 식품 원료와 접촉되는 용기·기구·포장 제품이나, 인체에 직접 접촉하여 사용되는 제품은 수지의 원료로서 사용 금지 조치함(다만, 제품으로부터 직접 흡입 우려가 없는 카본블랙과 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>)은 제외)
  - \* UN GHS의 H코드 분류에 해당하는 일부 화학물질(출처 참고), 국제암연구소의 발암성 분류 기호(Group 1, Group 2A, Group 2B), EU Regulation(EC) No. 1272/2008 부속서 V에 따라 지정된 위험 심벌을 제품 전체에 표시할 필요성이 생기는 물질/H317을 제품 전체에 표시할 필요성이 생기는 물질
- (생분해도) 성형원료 및 제품의 생분해는 (1) 24개월 이내에 배양하여 측정한 최종 생분해도 값이 표준물질에 대한 최종 생분해도 값의 90% 이상이거나, (2) 2024년 12월 31일까지 180일 이내에 배양하여 측정한 최종 생분해도 값이 표준물질에 대한 최종 생분해도 값의 90% 이상이어야 함(단, 초기 45일 동안 측정한 생분해도 값이 표준물질 생분해도 값의 60% 이상이며 뚜렷한 생분해를 확인할 수 있어야 함)
- (식물의 생태독성) 생분해도의 (1)을 시험하는 성형 원료 또는 제품은 OECD 208에서 언급하는 1종의 쌍떡잎 식물에 대해 씨앗의 발아율은 90% 이상, 식물의 생장이 씨앗 50% 발아 후 14~21일 이내에 대조군 대비 90% 이상 성장하여야 함
- 생분해성수지제품(EL724)의 시험과 관련한 세부 사항은 아래와 같음
  - (일반 사항) 시험 사료 수는 신청 제품별 1점을 원칙으로 하고, 시중 공급 제품이나 출하 대기 상태의 제품 중에서 인증수탁기관이 무작위로 채취함
  - 각 시험성적서는 KS Q 5002에 따라 개별 기준 값의 자릿수에 1 이상을 더한 자릿수로 수치를 맺어야 하며, 이 사항에 대해 기재되어 있어야 함
  - (유해원소 함량) 물질별 검출한계를 고려하여 KS M 0016, KS M 0032, KS I ISO 17294를 준용하여 시험
  - (생분해도) KS M ISO 17556, KS M ISO 14855-1을 준용하여 시험
  - (식물 생태독성) EN 17033의 종자발아법 및 식물 성장시험에 따라 시험

- 생분해성수지제품 인증 사유
  - (지역 환경오염 감소) 대기 오염물질 배출 감소, 수계 오염물질 배출 감소, 토양 오염물질 배출 감소, 폐기물 발생 감소, 생분해가 잘 됨 등
  - (유해물질 감소) 유해물질 사용 감소, 인체 유해물질 노출 감소 등
- `22년 1월 환경부는 생분해성 합성수지제품을 환경표지인증대상에서 제외하였으나, 소비 감소 및 업체의 반발로 인해 `25년부터 새로운 환경 표지인증을 도입하겠다는 방안을 제시하였음<sup>42)</sup>
  - 새로운 인증제도는 퇴비화 시설이 아닌 상온 일반 토양에서 24개월 이내에 분해되는 경우 생분해성 제품으로서 인정
- **바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)**의 전과정 단계별 환경성 기준 및 원료 요건을 충족하여야 인증 허가 가능<sup>43)</sup>

\* 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)은 바이오매스로부터 유래한 모노머를 가지는 합성수지를 원료로 성형 제조한 것으로, 1회용품과 전분·셀룰로오스·목분 등의 천연 고분자를 사용한 제품 및 별도의 인증기준이 정해져 있는 제품은 본 규정에서 제외

[표 20] 바이오매스 유래 합성수지 제품 전과정 단계별 환경성 항목

전과정 단계	환경성 항목	환경 개선 효과
원료 취득	-	-
제조	▪ 바이오매스 유래 탄소 함량 및 합성수지 재질	▪ 지구 온난화 영향 저감
	▪ 제품에서의 합성수지 사용 비율	▪ 재활용성 향상
	▪ 첨가제 및 유해원소 함량	▪ 유해물질 사용 감소
	▪ 난연제	▪ 유해물질 사용 감소
	▪ 나노물질	▪ 유해물질 사용 감소
	▪ 프탈레이트 가소제	▪ 유해물질 사용 감소
	▪ 사용금지 원료	▪ 생태계 독성 저감
유통·사용·소비	-	-
폐기	-	-
재활용	-	-

\*출처: EL727:2023 바이오매스 유래 합성수지 제품, 환경부, 2023.12

42) [플라스틱 지구] '황금알' 생분해성 플라스틱... 국내에선 '천덕꾸러기', 뉴스트리, <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202401080018>, 2024.01

43) EL727:2023 바이오매스 유래 합성수지 제품, 환경부, 2023.12

- (바이오매스 유래 탄소 함량 및 합성수지 재질) 제품의 전체 탄소 함량 중 바이오매스 유래 탄소 함량은 40% 이상이어야 하며, 제품에 사용하는 합성수지의 재질은 1종류의 중합체 또는 재활용에 지장이 없는 복합 중합체\*여야 함

\* (Bio-PE) PE/PP, (Bio-PS) PS, (Bio-PP) PP, (Bio-PETP) PETP 호환 가능

- (제품에서의 합성수지 사용 비율) 제품을 구성하는 합성수지는 전체 질량분율의 70% 이상을 차지하고 합성수지 이외 구성 재료(손잡이, 구조재 등)는 일반인이 쉽게 분리할 수 있어야 함
- (첨가제 및 유해원소 함량) 첨가제로서 납(Pb) 화합물이나 카드뮴(Cd) 화합물을 사용하지 않아야 하며, 성형원료 및 제품에 함유된 유해 원소는 아래 표의 기준을 충족해야 함

[표 21] 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727) 유해원소 함량 기준

항목	비소 (As)	납 (Pb)	카드뮴 (Cd)	수은 (Hg)	크로뮴 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	아연 (Zn)
기준(mg/kg)	25 이하	50 이하	0.5 이하	0.5 이하	150 이하	200 이하	25 이하	500 이하

\*출처: EL727:2023 바이오매스 유래 합성수지 제품, 환경부, 2023.12

- (난연제) 제조과정에서 PBBs, PBDEs, TBBPA, HBCD, SCCP를 원료로 사용하지 않아야 하며, 최종 제품 내 PBBs, PBDEs, TBBPA, HBCD 각각에 대한 함량의 합이 100mg/kg 이하여야 함
- (사용금지 원료) 식품 또는 식품 원료와 접촉되는 용기·기구·포장 제품이나, 인체에 직접 접촉하여 사용되는 제품은 수지의 원료로서 사용 금지 조치함

\* UN GHS의 H코드 분류에 해당하는 일부 화학물질(출처 참고), 국제암연구소의 발암성 분류 기호(Group 1, Group 2A, Group 2B)에 해당하는 물질

- 바이오매스 유래 합성수지 제품(EL727)의 시험과 관련한 세부 사항은 아래와 같음
  - (바이오매스 유래 탄소 함량) ASTM D 6866 또는 CEN/TS 16137DP 따라 시험
  - (난연제 함량) PBBs와 PBDEs는 KS C IEC 62321을 통해, TBBPA와 HBCD는 KS M 1072를 통해 시험
- 바이오매스 유래 합성수지 제품 인증 사유
  - (지구 환경오염 감소) 온실가스 배출 감소, 오존층파괴물질 배출 감소 등
  - (유해물질 감소) 유해물질 사용 감소, 인체 유해물질 노출 감소 등

[표 22] 바이오플라스틱 국가별 정책동향 요약

국가	내용
 미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (국가 바이오기술 및 바이오제조 이니셔티브, `22.09) 바이오 기반 제품의 시장 저변 확대, 인프라 구축 및 연구개발 지원</li> <li>▪ (식품 손실 및 폐기물 감소, 유기물 재활용을 위한 전략, `24.06) 식품 포장재에 사용되는 바이오플라스틱 연구개발과 가이던스, 표준 시험방법 수립 지원</li> <li>▪ 일반 식품 포장재와 같이 식품 접촉 신고(Food Contact Notification) 절차를 통해 바이오플라스틱 제품 관리</li> </ul>
 유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (바이오플라스틱에 대한 EU 정책 프레임워크, `22.11) 바이오플라스틱 연구개발에 대한 지속적 지원 약속</li> <li>▪ 순환경제 패키지, 유럽 그린딜, 신순환경제실행계획 등 탈(脫)플라스틱을 목적으로 바이오플라스틱의 순환성에 주목한 정책이 다수</li> <li>▪ 일반 식품 접촉 물질 규정을 준용 ((EC)1935/2004, (EC)2023/2006, (EC)10/2011)</li> </ul>
 일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (플라스틱 자원 순환 전략, `19.05) 바이오플라스틱 제품 공공조달 및 소비자 보급 촉진, 제품 안전성 검토 지원</li> <li>▪ (바이오플라스틱 도입 로드맵, `21.01) 제품 전주기 지원 목표와 도입 방안을 제시</li> <li>▪ 「플라스틱 자원순환촉진법」을 제정하고 바이오플라스틱 라벨링 시스템을 수립하는 등 제도적 지원을 통해 바이오플라스틱 제품의 사용을 권장</li> </ul>
 중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (제14차 바이오경제 발전 5개년 계획, `22.05) 바이오기반의 플라스틱 대체품 연구개발 계획 제시</li> <li>▪ 생분해성 플라스틱과 생분해성 빨대에 대한 국가 권장 표준을 발표((GB/T 41010-2021), (GB/T 41008-2021))</li> </ul>
 한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 탄소중립과 바이오 경제를 골자로 한 바이오플라스틱의 연구개발, 인증제도 수립 지원이 주를 이룸</li> <li>▪ 환경부는 생분해성수지제품과 바이오매스 유래 합성수지제품으로 제품을 분류하여 환경표지 인증 제도를 시행 중</li> </ul>

## 05 바이오플라스틱 관련 이슈

### ■ 그린워싱 등 사회적 불신으로부터 바이오플라스틱 제품의 신뢰도를 제고하기 위해 인증 제도 마련 필요

- `20년대 초 바이오플라스틱은 기후변화에 대응하기 위한 대체제로 각광받았으나, 바이오플라스틱의 친환경성에 대한 많은 의문이 존재
  - ESG경영을 내건 기업들이 마케팅에 활용하기 위한 수단으로 자사 제품을 친환경인 것처럼 세탁하는 '그린워싱' 행태가 증가하고 있고, 이는 바이오플라스틱 제품의 친환경성에 대한 소비자 불신을 더욱 증대시킴
  - 친환경 제품에 관심을 가지는 소비자 수는 급속도로 증가하고 있으나, 기업의 비윤리적인 그린워싱 마케팅은 사용자의 '착한 소비'의 의미를 저해
- 소비자들이 시장에서 바이오플라스틱으로 만든 제품을 식별하고 구매할 수 있도록 '바이오플라스틱 인증 제도'를 운영
  - 미국의 경우 'Biopreferred Program'을 통해 바이오매스 유래 제품을 식별할 수 있도록 인증 제도를 운영하고 있으며, 상품량 증대, 직간접 고용 창출 등의 효과성을 확인<sup>44)</sup>

### ■ 바이오플라스틱에 대한 개념 제시 및 사용·폐기법을 안내하는 가이드라인 수립 필요

- 바이오플라스틱은 화석연료 기반 플라스틱에 대한 제재 강화와 소비자의 친환경 제품 선호로 인해 사용률이 더욱 높아질 것으로 전망되고 있음
- 그에 반해 바이오플라스틱에 대한 인지도, 인식은 매우 낮은 것으로 조사됨
  - 일상에서 바이오플라스틱은 '친환경 플라스틱'으로 자주 불리고 있으며, 2명 중 1명은 생분해 플라스틱의 처리지침에 대해 잘못 인지하고 있는 것으로 나타남<sup>45)</sup>
- 제품의 상용화를 위해서는 사용, 폐기 및 회수에 대해 안내할 수 있는 매뉴얼을 제작하여 소비자들이 일상생활에서 바이오플라스틱을 사용하는 데 있어 혼란을 최소화해야 함
  - 바이오플라스틱 관련 지침을 수립하되 대국민 홍보 효과성을 높일 수 있도록 가독성이 높은 카드 뉴스나 홍보 영상을 제작·배포하여 누구나 알기 쉽도록 내용을 전달

44) An Economic Impact Analysis of the U.S. Biobased Products Industry, USDA, 2024.03

45) 플라스틱 이슈리포트 생분해 플라스틱의 오해와 진실, 녹색연합, 2021.01

■ **바이오플라스틱의 식품 포장재 적용을 위해 안전성 중심의 심화적인 연구개발 필요**

- 앞서 산업동향에서 살펴본 바와 같이, 바이오플라스틱의 적용 분야 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 식품 포장재 및 용기로, 식품의 안전을 중점에 둔 연구개발 중요성이 매우 큼
- 일반 플라스틱 대비 바이오플라스틱은 내구성이 약해 화학적 변형으로 인한 화학물질의 침출 가능성이 높음
  - 현재는 일반적으로 바이오플라스틱에 필름을 덧붙여 식품 포장재나 용기로 사용하고 있지만, 필름에 균열이 발생할 때 여전히 화학물질의 식품 유입 우려가 존재
- 바이오플라스틱의 화학적 안전성을 제고하기 위해 친환경적·인체친화적 바이오플라스틱소재, 물성·경질성 개선, 유통법 등에 대한 연구개발 지원 필요
  - 특히 식품 포장을 위해서는 다양하게 요구되는 물성(기계적, 열적 특성 및 차단성, 공정성 등)을 만족해야 하며, 관련한 다양한 연구들이 진행되고 있음<sup>46)</sup>
- 해외 연구 동향 분석 결과 바이오플라스틱의 미세플라스틱 방출과 관련한 해외 연구가 활발한 것으로 확인되어, 국내에서도 관련 연구가 추진될 필요성이 있음

■ **바이오플라스틱 산업의 활성화를 위한 소재연구, 제품개발 부문 특화 인력 양성 필요**

- 바이오플라스틱 관련 사업화는 대기업을 중심으로 진행되고 있으나, 제품의 다양화와 소재 차별화를 위해서는 기술력을 지닌 중소기업의 시장 참여가 필요
- 타 산업분야와 비교했을 때 바이오플라스틱 제품을 생산하는 기업은 규모가 작더라도 연구개발에 많은 투자를 하고 있는 것으로 나타남
- 하지만 바이오플라스틱 연구개발 직종 중 소재연구 분야는 인력의 공급이 충분하지 않은 상황<sup>47)</sup>
  - 소재연구 분야의 인력 부족률은 48%로, 직무를 수행하는 데 있어 현원대비 부족한 인력이 가장 높은 분야로 나타남(제품설계 40%, 소재연구실험 35%, 품질관리 34% 순으로 나타남)
  - 업계 관계자들을 대상으로 한 설문조사 결과, 해당 부문 인력 부족의 주요 원인으로 '경력자 지원 부족'을 꼽았음
- 이에 따라 바이오플라스틱 산업의 활성화를 위해서는 소재연구, 제품개발 부문 특화 인력 양성 및 교육 지원이 필요
  - 인력을 양성하거나 타 전공자를 바이오플라스틱 연구개발 분야로 유도할 수 있도록 교육 프로그램 지원 및 운영

46) 오동엽 외 3명, 생분해성 바이오 플라스틱 소재 및 애플리케이션 연구 동향, (사)한국포장협회, 2022.12

47) 2022년 산업인력현황 조사분석 보고서-플라스틱 분야, 화학·바이오산업인적자원개발위원회, 2022.12

## 06 고찰 및 시사점

- **바이오플라스틱은 화이트바이오 산업의 대표 제품으로, 기존 화학 기반 제품 대비 탄소 배출이 적고 지속가능하여 주요국의 연구개발 및 정책적 지원이 활발**
  - 주요국에서는 화학 연료 기반 플라스틱 사용에 대한 제재를 강화하는 추세이며, 그 대안으로서 바이오플라스틱이 부상하고 있음
    - 바이오플라스틱에 대한 연구개발, 인증제도 수립, 제품 공공조달 등 활발한 지원 정책을 펼치며 지속가능성과 탄소중립을 표방
- **국내 바이오플라스틱 산업은 연구개발 단계에 위치해 있으며 사업화 적용은 부진한 상황**
  - 정부를 중심으로 한 산학연 컨소시엄 구성을 통해, 바이오플라스틱 개발부터 사업화까지 원스톱 연구개발·제품화 서비스 지원 필요
    - 개별 기업이 바이오플라스틱의 원료 개발부터 제품 출시까지 진행하기 어려운 점을 감안하여, 원스톱 지원 사업을 진행해 바이오플라스틱의 국내 공급망 확대 노력이 필요
    - 바이오플라스틱 산업분야별 적합한 소재 개발, 양산 및 사업화를 위한 장비·시설 지원, 산·학·연 전문가 자문 지원, 기술이전 등 바이오플라스틱 산업 활성화를 위한 지원 시행
  - 바이오플라스틱의 전후방산업을 확대하고 바이오플라스틱 제품 사용을 장려하여 경제 순환 및 바이오경제 활성화 기대 가능
- **바이오플라스틱의 식품산업 적용 및 상용화를 위한 선제적 연구개발 필요**
  - 식품용 기구, 용기, 포장에 바이오플라스틱을 적용하기 위해서는 증거 기반으로 안전성에 대한 입증의 우선되어야 함
    - 기존 플라스틱과 달리 바이오플라스틱 제품에 대한 사용 경험이 적어 어려움이 있지만 추후 바이오플라스틱으로의 전환을 위해서는 필요한 과정임
    - 그렇기 때문에 바이오플라스틱의 상용화하는 데 걸림돌이 되는 문제들을 선제적으로 연구할 필요가 있으며, 화학물질과 가연성, 위생도, 생분해성 환경, 환경 잔류성, 공급 원료 안전성 등 제품 안전성에 대한 증거기반 규정을 수립하는 데 일조할 수 있음
    - 바이오플라스틱의 미세플라스틱 발생량, 환경호르몬 방출 정도, 포장재의 적절한 유통기한 등 국민의 안전성을 우선으로 한 연구개발 주제 선정 및 연구 진행 필요
  - 이외에도 소비자가 쉽게 생분해시킬 수 있는 바이오플라스틱이나 바이오플라스틱의 단가 절감 연구, 해양 환경에서 분해되는 플라스틱 등 상용화를 위한 선제적 연구 필요

■ **바이오플라스틱 전주기 차원에서의 프레임워크 수립을 통한 순환 체계 관리 강화**

- 바이오플라스틱은 지속가능성이 중점이 되는 제품인 만큼, 연구개발부터 폐기 단계까지 전주기적 관점에서 접근 가능한 프레임워크를 구축하는 것이 필요
  - 바이오플라스틱은 퇴비화가 가능한 제품도 있지만 수거가 필요한 경우도 존재하여, 기존 화학연료 기반 플라스틱과 비교하여 환경 영향을 최소화하기 위해서는 폐기 및 순환 단계에 대한 정책적 투자를 강화할 필요가 있음
- 수거 및 선별을 위한 산업 인프라를 구축하고 관리 시스템을 정비하여 바이오플라스틱으로의 전환에 대응할 수 있도록 함
  - 시설 구축과 제도 정비에 대해 정부 부처는 협력을 통한 역할 정립을 명확히 하고 협의를 통해 효율적인 정책적 지원안을 마련해야 함
  - 퇴비화 시설 구축과 관련한 지자체와의 양방향적 소통 및 논의가 필수적이며, 참여 지자체에 대한 인센티브 부여 및 자금 지원 등을 통해 자발적인 참여가 가능할 수 있도록 독려

■ **제품 가치사슬 전반의 이해관계자를 위한 바이오플라스틱 산업 안전 보장 체계를 수립**

- 생산자, 제조업체, 소비자 등 바이오플라스틱 가치사슬 내에 있는 이해관계자를 위해 바이오플라스틱 생산, 제조 및 소비와 관련한 안전 보장 표준 개발이 필요
  - 안전 보장 표준을 제시하여 산업체에는 바이오플라스틱 제품 출시를 보장하고, 소비자에게는 올바른 정보를 제공함으로써 바이오플라스틱 제품 생산 및 소비에 대한 불안감을 해소
  - 안전 표준 개발을 위해서는 연구자 및 산업 관계자 등이 함께 협업하여야 하며, 바이오플라스틱의 안전하고 지속가능한 사용을 가능케하는 다양한 규칙 및 지침, 규정 등에 대해 연구해야 함

■ **바이오플라스틱에서 방출되는 미세플라스틱 저감을 위한 다각적인 접근이 필요**

- 관련 연구에 의하면 바이오플라스틱(폴리머 중합체)은 생산과 폐기부문에서 탄소 배출량을 저감하지만, 기존 플라스틱과 같이 폐기 시 미세플라스틱을 방출함
  - 또한 바이오플라스틱의 친환경적 특성 때문에 오히려 재활용이나 폐기물 관리 부문에서 소홀할 수 있다는 우려가 제기되기도 함<sup>48)</sup>
- 바이오플라스틱의 미세플라스틱 저감을 위해 국가 차원의 선제적인 규제와 관리 방안이 요구되며, 제품 설계 및 생산 과정에서 미세플라스틱을 저감할 수 있는 연구개발이 필요
  - 이를 위해서는 다양한 환경에서 바이오플라스틱 분해에 따른 미세플라스틱 방출 메커니즘 및 환경적 영향에 대한 심층적 연구가 선행되어야 함

48) [플라스틱 자급] 바이오플라스틱의 '불편한 진실...미세플라스틱은 어쩌나?', 뉴스트리, <https://www.newstree.kr/newsView/ntr202404180017>, 2024.04

## 07 전문가 기고문

### 식품 포장과 바이오플라스틱

한국바이오플라스틱협회 진인주 회장

#### 바이오플라스틱의 중요성

바이오플라스틱은 플라스틱 사용량 및 그에 따른 폐기물의 증가로 인한 환경오염 문제와 탄소중립을 위한 대안을 제공할 수 있다. 바이오플라스틱은 생분해성(biodegradable) 플라스틱과 바이오매스 기반(bio-based) 플라스틱을 의미한다. 생분해성 바이오플라스틱과 바이오매스 기반 바이오플라스틱은 전혀 다른 개념이지만 모두 바이오플라스틱으로 분류되고 있다. 특히, 일반 소비자들이 생분해성 바이오플라스틱, 퇴비화 가능(compostable) 바이오플라스틱 제품을 기존의 석유계 비분해성 플라스틱 제품과 구분하기는 매우 어려우므로 정확한 정보전달을 위한 인증체계 및 라벨링 시스템이 매우 중요하다.

생분해성 플라스틱은 미생물의 대사 작용으로 플라스틱이 물, 이산화탄소 및 탄소 찌꺼기인 부엽토(humus)로 변환되는데, 온도, 수분, 미생물의 활동성 등 생분해 환경에 크게 영향을 받는다. 따라서, 포장재를 비롯한 다양한 생분해성 플라스틱 제품은 미리 정해진 환경에서 표준시험법에 따라 생분해 여부를 검증해야 한다. 산업 퇴비화(industrial compostable) 조건, 가정 퇴비화(home compostable) 조건, 토양 생분해, 해양 생분해 조건 등 다양한 조건에서 생분해성을 측정할 수 있다. 가장 널리 사용되는 산업 퇴비화 플라스틱은 산업용 시설을 활용하여 비교적 고온인 58도에서 셀룰로스 대비 6개월에 90% 이상 분해된다. 이처럼 생분해성 플라스틱은 적절한 조건에서 폐기 후에 비교적 빠르게 분해되어 친환경적이다. 한편, 바이오매스 기반 플라스틱은 석유 기반 제품 대비 원료 및 생산 과정에서 탄소 배출량이 절반 수준으로 온실가스 감소 및 탄소중립 측면에서 유리하다.

## 바이오플라스틱 포장재

포장(packaging)은 오늘날 식품 유통 시스템을 가능케 하는 가장 핵심적인 요소이다. 농장으로부터 우리 밥상에 오르기까지 적어도 한 번 이상 포장되지 않는 식품은 거의 없다고 해도 과언이 아니다. 즉, 포장을 통해 식품이 유통 및 보관될 수 있음은 물론이고, 오염을 막고 음식의 질과 안정성을 보장하며 소비자에게 정보전달과 편의성을 제공하게 된다.

식품의 종류에 따라 포장 디자인 및 포장재 종류가 결정되는데, 종이류, 유리, 금속, 플라스틱, 골판지(cardboard), 복합소재 등 다양한 소재가 사용된다. 플라스틱 포장재는 매우 가볍고, 유연하고 위생적이며 수분, 산소, 충격 등으로부터 내용물을 보호하는 등 다른 포장재에 비해 월등한 특성을 보인다. 또한, 단일 물질로 만들어진 포장재라면 비교적 쉽게 리사이클하여 새로운 제품 제조도 가능하다. 반면에 단순한 광고 효과만을 노린 불필요한 재포장 및 다중 포장이 많은 것도 사실이다. 따라서, 불필요한 포장재 사용을 억제하고 리사이클링 및 재생 가능한 자원을 활용한 포장재를 사용하여 좀 더 순환성을 높이는 것이 중요하다. 소비자가 포장 내용물을 사용하고 나면 포장재는 폐기물로 남게 되어 소비자에게는 부정적인 인상을 주게 되는데, 플라스틱 포장재의 경우가 이런 현상이 특히 심각하며 필요 이상으로 비난의 대상이 될 수도 있다.

일반적으로 석유계 플라스틱의 다양한 용도 중에서 포장은 36%~40% 정도를 차지하는데, PE, PP, PET 등이 폭넓게 사용된다. 성능 대비 저렴한 가격과 내구성 등이 특징이며 개인 및 가정용품, 의약품, 식품 및 음료, 전자상거래 등이 플라스틱 포장재 수요 확대를 견인하고 있다. EU의 경우 플라스틱 포장재가 사용 후(post-consumer) 플라스틱 폐기물의 60% 정도를 차지하는 것으로 알려져 있다. 대부분의 포장은 일회용인데다, 적절한 리사이클링 시스템이 뒷받침되지 않아서 막대한 플라스틱 고형 폐기물이 육지 및 해양 환경에 부정적인 영향을 미친다. 플라스틱 사용량이 늘어남에 따라서 평균 플라스틱 포장 폐기물의 양은 2009년 인구 1인당 27kg에서 2019년에는 35kg으로 약 30% 증가한 것으로 보고되고 있다.

이처럼 플라스틱을 포함한 비분해성 포장 폐기물을 줄이기 위한 노력의 하나로, 기존의 석유 기반 플라스틱 포장재를 바이오플라스틱 포장재로 대체하려는 노력이 지난 20여 년간 활발히 진행됐다. 바이오플라스틱을 활용하여 기존 플라스틱 포장재와 마찬가지로 연질 포장 필름은 물론이고, 지속가능한 포장 시스템인 경질 포장재를 제조할 수 있다. 바이오플라스틱 포장재는 지속가능성과 플라스틱의 순환성(circularity)을 증진할 수 있다는 점이 큰 특징이다. 특히,

음식물 포장재 분야의 활용이 빠르게 늘고 있는데 음식물 포장 폐기물을 제대로 처리한다면 환경 부담을 줄일 수 있다는 점이 매우 중요하다. 대부분의 바이오플라스틱 포장재는 재생 가능한 자원을 활용하여 생산되므로 지구온난화 가스 방출을 크게 줄일 수 있다. 이들은 기존 석유계와 동등 수준의 기계적 물성을 나타내므로 비슷한 수준의 내용물 보호기능이 있고, 리사이클이 가능하다. 경우에 따라서는 생분해도 가능하며, 부패하기 쉬운 음식물 포장에 적합하다.

Ellen MacArthur Foundation은 2015년 유엔 회원국 130개국이 합의·서명했던 '2030 Agenda for Sustainable Development'를 달성할 것을 촉구하는 의미에서 2016년 'New Plastics Economy' 보고서를 발표하였다. 이 보고서를 통해 특히 플라스틱 포장재 문제의 현황분석을 통해 기존 플라스틱 포장재의 원료공급·제조·유통·처리 시스템이 주로 단순한 take-make-dispose의 선형적인(linear) 패턴이었다면, 포장재의 흐름도를 순환형으로 전환함으로써 순환경제(circular economy)를 실현하고 플라스틱 쓰레기 문제를 해결하는 데 도움이 될 수 있다고 제안하였다.

이 보고서는 자연환경에 대한 플라스틱 유출의 최소화, 사용 후 플라스틱의 리사이클링 강조와 함께 몇 가지 특별한 용도에는 산업용 퇴비화 가능 플라스틱의 사용을 권장하고 있다. 유기성 폐기물용 쓰레기봉투, 대형 이벤트 또는 경기장, 패스트푸드 가맹점 식당 등 쓰레기 수거가 가능한 closed system에 대한 음식물 포장재 등이 여기에 해당한다. 아울러 플라스틱의 원료를 석유 등의 유한한 화석연료가 아닌 바이오매스 등 재생 가능한 자원을 활용할 것을 강조하였다.

### 바이오플라스틱 적용 사례

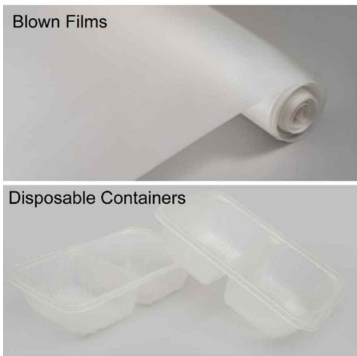


가정 퇴비화 가능 및 고투명도의 바이오플라스틱  
 식품 포장: 40% 바이오매스 원료 함유  
 생분해성 코폴리에스터 (FKuR)

식약 R&D 심층분석보고서



바이오매스 기반 LDPE 필름; 연신이 가능하며 종이 접착력 양호 (FKuR)



PHA 기반 생분해성 포장 필름 및 용기 (Bluepha)



PLA 기반 생분해성 포장재 (SKC)

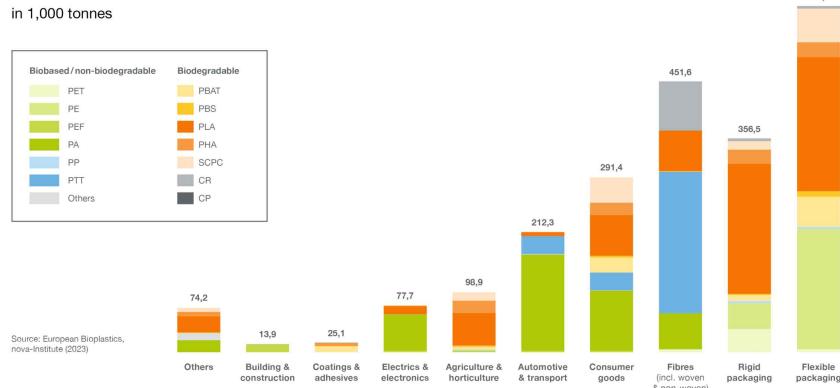


PEF를 적용한 맥주 보틀 (Avantium)

바이오플라스틱 포장산업 규모

유럽바이오플라스틱협회의 최근 자료에 따르면 2023년 전 세계 바이오플라스틱 생산능력은 218만톤 규모이다. 생분해성 바이오플라스틱 113.6만 톤 (전체의 52.1%), 비분해 바이오매스 기반 바이오플라스틱은 104.7만 톤으로 47.9%를 차지하고 있다. 석유계 플라스틱 생산량이 4억 톤을 상회한 데 비하면 아직도 대략 0.5% 수준에 머물고 있다. 바이오플라스틱 생산은 팬데믹 시기를 지나면서 수년간 침체기를 겪었고 2023년부터 생산이 본격적으로 증가하기 시작했다. 이는 PEF 등 새로운 고분자의 등장과 함께 다양한 용도의 제품 개발과 시장 요구 등에 기인한 것으로 볼 수 있다. 2028년에는 743만 톤 규모의 바이오플라스틱 생산능력이 예상되고 있는데, PLA, PHA, 바이오매스 기반 PA 등이 증가세를 견인할 것으로 보인다.

바이오플라스틱 용도 면에서는 기존 석유계 플라스틱과 마찬가지로 포장용 바이오플라스틱이 43%(934,000톤)로 가장 큰 비중을 차지하며, 부직포를 포함하는 섬유, 소비재, 자동차용, 농업 및 화훼용 등의 순서로 사용되고 있다.(그림 24 참조) 경질 포장용은 356,500톤인데 비해서 연질 포장용은 577,500톤으로 좀 더 큰 시장을 형성하고 있다.



[그림 24] 2023년 용도별 바이오플라스틱 글로벌 생산능력

([https://docs.european-bioplastics.org/publications/market\\_data/2023/EUBP\\_Market\\_Data\\_Report\\_2023.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/2023/EUBP_Market_Data_Report_2023.pdf))

유럽바이오플라스틱협회와 노바연구소에 따르면, 2028년에는 연질 포장 197만 5천 톤, 경질 포장 157만 3,400톤 등 총 355만 톤 규모로 성장하여(2023년 대비 약 3.8배) 전체 바이오플라스틱 생산량의 47.8%를 점유할 것으로 예측되고 있다. 포장재의 뒤를 이어 소비재 용품, 섬유, 자동차용의 순서로 바이오플라스틱 시장이 형성될 것으로 보인다.

한편, 바이오플라스틱 생산능력 대비 실제 생산량을 비교하면, 수지 종류에 따라 60%~100%에 이르기까지 차이가 있긴 하지만 2023년 평균 가동률은 82%로 매우 높은 가동률을 나타내고 있다. 즉, 218만 톤의 생산능력 대비 179만 톤이 실제 생산되었다. 이는 바이오플라스틱 산업계가 그간의 어려움을 딛고 상승곡선을 타기 시작했음을 의미한다고 볼 수 있겠다.

## 해결 과제

제대로 처리되지 않은 플라스틱 폐기물에 의한 환경오염은 인류가 반드시 해결해야 할 시급한 과제의 하나임은 분명하다. 일회용 플라스틱의 사용금지, 플라스틱 사용 후 리사이클링 등만으로는 해결할 수 없다. 물론 바이오플라스틱은 분명 기존 석유계 플라스틱의 대체재로 큰 의미가 있으나, 이것만으로는 플라스틱 폐기물을 획기적으로 줄일 수 있는 해결책이 될 수는 없다. 꾸준한 연구개발을 통해 다양한 환경에서 분해될 수 있는, 안전하고 지속가능한(sustainable) 바이오플라스틱의 상용화가 요구된다.

바이오매스 기반 플라스틱이면서 생분해성을 나타내기에 널리 사용되고 있는 PLA의 경우, 산업 퇴비화 조건에서만 생분해되므로 응용범위를 확장하기 위한 다양한 연구의 대상이 되고 있다. 최근에 네이처에 보고된 논문에 따르면, 분자설계에 기반한 site specific 효소를 이용하여 폴리카프로락톤 마스터배치를 제조하고 이를 PLA와 컴파운딩함으로써 상온에서도 생분해할 수 있음이 확인되었다. 특히, 이 연구에서 얻어진 PLA는 scale-up이 가능하고 일반 포장재로 적용 가능한 물성을 보유할 뿐만 아니라 장기저장 특성도 갖추고 있어 상용화도 기대할 수 있다.

조만간 상업 생산을 앞두고 있는 PEF는 식물유래 플라스틱으로 50-70% 가량의 탄소발자국 저감 효과가 있는 것으로 알려져 있는데, 석유계 포장용 플라스틱으로 널리 사용되는 PET와 동등 수준의 물성을 나타낸다. 월등한 기체 차단 특성을 가지므로 포장 용기 두께를 20% 이상 줄일 수 있고, 단층(mono-layer) 포장 시스템을 제공할 수 있어 리사이클 측면에서도 매우 유리할 것으로 기대된다.

바이오플라스틱 식품 포장의 확대 적용을 저해하는 가장 큰 걸림돌은 높은 가격이다. 최근 미생물의 대사경로를 제어하는 기술의 급격한 발전에도 불구하고 대부분의 바이오플라스틱 원료 수지들의 가격은 기존 석유계 플라스틱과 비교해서 아직도 꽤 높은 편이다. 현재, 대표적인 바이오매스 기반의 생분해성 플라스틱인 PLA 메이커 미국 NatureWorks사가 태국에 건설 중인 제2공장이 순조로이 진행되고 있고, 중국에서도 기존 석유계 플라스틱 사용금지 정책에 따라 PLA, PBAT, PHA 등 다양한 바이오플라스틱 생산 공장들이 건설 또는 운영되고 있어 향후 바이오플라스틱 가격의 하향·안정화가 예상된다. 식품 포장재로서 내구성 등의 가성비는 아직 기존 플라스틱 대비 열세이다.

이처럼 고가의 바이오플라스틱을 포장산업에서 원활히 적용하기 위해서는 관련 정책과 처리시설이 뒷받침되어야 한다. 플라스틱 폐기물의 처리 환경은 국가마다 큰 차이가 있다. 산업 퇴비화 시설 또는 혐기소화 시설과 입법 조치가 잘 갖추어진 경우, 퇴비화 가능 플라스틱 포장재는 물질 순환 경제를 이룰 수 있어 매우 유용하게 활용될 수 있다. 예를 들어, 상한 음식물이나 섭취할 수 없게 된 음식물은 퇴비화 가능 포장재와 함께 처리하여 퇴비화시킬 수 있다. 이를 유기물 리사이클링(organic recycling)이라 하는데, 기계적 리사이클링, 화학적 리사이클링과 함께 물질 순환 시스템의 하나가 될 수 있다. 포장재가 음식물에 의해 오염되었을 경우에도 기계적인 리사이클링이 어렵거나 불가능한 경우가 많은데, 이미 유럽, 호주 등에서는 유기물 리사이클링이 널리 사용되고 있다.

정책적인 측면에서 유럽연합은 2021년 일회용 플라스틱 지침(Single-Use Plastics Directive)을 통해서 음식 용기, 음료 컵이나 뚜껑, 풍선 및 막대, 빨대 등 10가지 플라스틱 일회용품과 산화분해성 플라스틱의 사용금지를 권장하였다. 이어진 Plastics and Plastics Waste Regulation(PPWR)을 통해서 티백, 필터, 커피 pod, 과일채소용 점착 라벨, 경량 비닐 봉투에 대해서는 반드시 인증받은 퇴비화 가능 바이오플라스틱만을 사용하도록 규제한 바 있다. BPI에 따르면 미국도 점차 퇴비화 가능 바이오플라스틱 사용을 권장하는 주들이 늘고 있으며, 2023년 바이든 행정부는 리사이클링이 가능한 바이오매스 기반 플라스틱 개발을 목표로 하는 'Bold Goals for US Biotechnology and Biomanufacturing'을 발표하여 향후 20년 이내에 탄소중립 목표 도달을 위한 바이오 기술 지원 정책을 추진하고 있다.

국내의 경우, 바이오매스 기반 플라스틱 소재 개발을 위한 다양한 R&D 과제가 정부 지원으로 진행되고 있다. 환경부는 올해 규제 특례사업으로 바이오플라스틱 폐기물과 음식물 쓰레기를 함께 혐기소화 방식으로 처리하여 바이오가스를 생산하는 프로젝트를 진행하고 있는데, 의미 있는 결과가 얻어져 유기성 폐기물 처리방식 다양화에 이바지함은 물론이고 바이오플라스틱 산업계에도 활력소가 될 수 있기를 기대한다.

## 참고자료

- R.M.S. Cruz, et al, Foods 11, 3087, 2022
- M. Ghasemlou, et al, Food Packaging and Shelf Life 43, 101279, 2024
- Bioplastics Market Development Update 2023, December 2023, European Bioplastics Association
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics (2016)
- [https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics_en)
- [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/package-waste\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/package-waste_en)
- M. Guicherd et al, Nature Vol 631, 884, 25 July 2024
- <https://bpiworld.org/us-legislation>
- <https://avantium.com/lead-products/#pef>

## 바이오플라스틱 식품포장재의 이슈와 전망

경희대학교 식품영양학과 김준태 교수

### 바이오플라스틱에 대한 이슈와 연구개발 동향

바이오플라스틱은 폐기 시 생분해되는 '생분해성 플라스틱(biodegradable plastics)'과 사용 원료를 바이오매스 기반으로 하는 '바이오매스 플라스틱(Bio-based plastics)'으로 나뉘게 된다.

생분해성 플라스틱은 바이오매스 또는 화석원료를 사용하기도 하지만 폐기후에 미생물에 의해 생분해가 되어 자연환경으로 되돌아가는 장점이 있고, 바이오매스 플라스틱에는 생분해성 플라스틱과 난분해성 플라스틱이 있지만 분해성과 상관없이 사용한 원료 자체가 식물성 바이오매스이기 때문에 탄소중립(carbon neutral)의 효과가 있게 되어 친환경적이라고 한다.

환경문제가 심각해지고 세계적인 이슈가 되면서 이러한 바이오플라스틱 개발 연구도 활발하게 진행되고 있는데, 많은 바이오플라스틱 재질들이 단일재질로는 물리적 강도(mechanical strength), 차단성(barrier property), 및 가공성(processibility) 등이 다소 부족하기 때문에 적용되는 분야가 제한적인 상황이다.

예를 들어, 전분 기반의 소재들(TPS)의 경우 물성이 낮고, 수분에 매우 취약하기 때문에 TPS 자체만으로는 상용제품을 대체하기 어렵기 때문에 PLA나 PBAT 등의 다른 바이오플라스틱들과 혼합하여 물성을 보완하고 있으며, 일부는 물성 증진과 상용제품으로 개발하기 위해 생분해성 플라스틱들을 기존의 난분해성 합성 플라스틱과 혼합하여 사용하기도 한다.

바이오플라스틱 시장이 확장되고, 친환경에 대해 이슈화가 커지면서 일부에서는 바이오플라스틱이 진짜 친환경이 맞는지에 대한 논란도 있다.

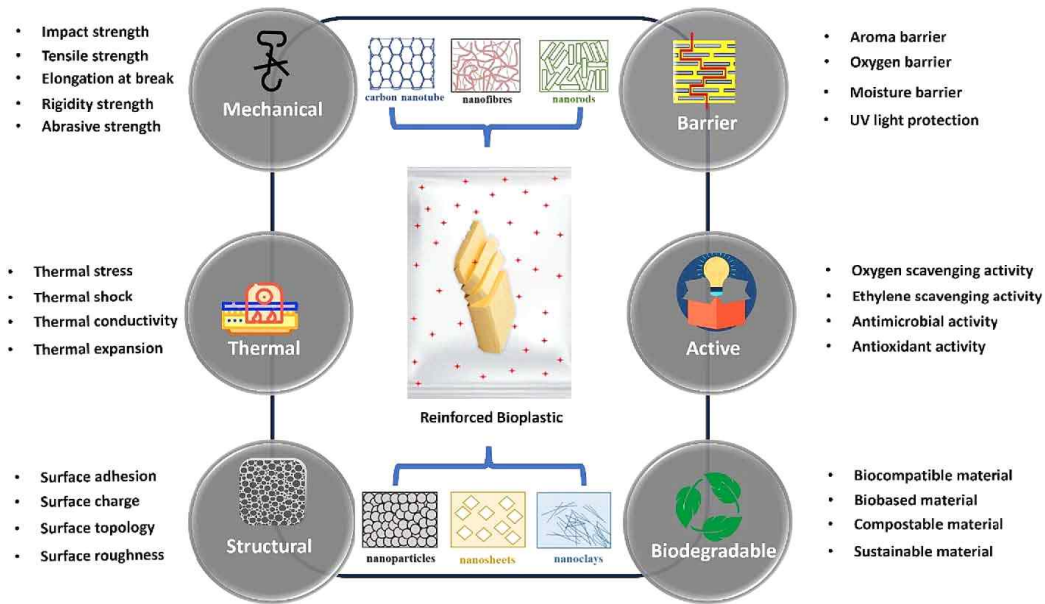
바이오플라스틱으로 많이 사용되는 PLA 재질의 경우 생분해가 되기 위해서는 퇴비화 조건인 58℃, 수분함량이 70% 이상인 토양에 매립되었을 경우에만 분해가 되는데, 실제로 우리나라의 경우 퇴비화 시설이 충분하지 않기 때문에 사용된 PLA 플라스틱 제품들은 일반쓰레기와 함께 모두 소각을 통해 폐기되고 있는 상황이다.

더구나 PLA의 외형이 물병 등에 사용되는 PET와 비슷하기 때문에 일반 사람들이 쉽게 구분하기 어려우며, PET와 혼동하여 혼합배출되는 경우 오히려 PET의 재활용 공정도 어렵게 만들게 된다.

생분해성 플라스틱과 생분해성/합성 플라스틱의 복합체의 경우 폐기 후 생분해성 플라스틱이 분해되더라도 완전하게 분해되기 전의 상태에서는 미세플라스틱이 유발될 수 있고, 복합체의 경우 생분해성 플라스틱만 분해되고 나면 합성 플라스틱이 미세플라스틱화 되어 환경을 해친다는 우려도 있다. 이 때문에 생분해성 플라스틱의 친환경 이미지를 과장하여 기업에서 홍보하는 것은 그린워싱(greenwashing)이 될 수 있다는 지적도 있다.

하지만, 생분해성 바이오플라스틱은 중간단계에서 미세플라스틱을 거치더라도 궁극적으로는 완전 분해가 될 것이고, 생분해되지 않고 소각시킨다고 해도 합성 플라스틱에 비해 이산화탄소 배출이 적기 때문에 결국은 환경에는 이롭다고 보고 있다.

이러한 바이오플라스틱들의 논쟁이 되고 있는 단점들을 극복하기 위해 많은 연구자들은 바이오플라스틱을 다른 소재들과 블렌딩하여 물성 등을 증진시킨 복합소재를 개발하고 있고, 바이오플라스틱에 항균성, 항진균성, 항산화성, 및 자외선 차단성 등의 기능성과 생분해성을 증진시키는 새로운 첨가제들을 개발하여 적용하는 연구들이 많이 진행되고 있다.



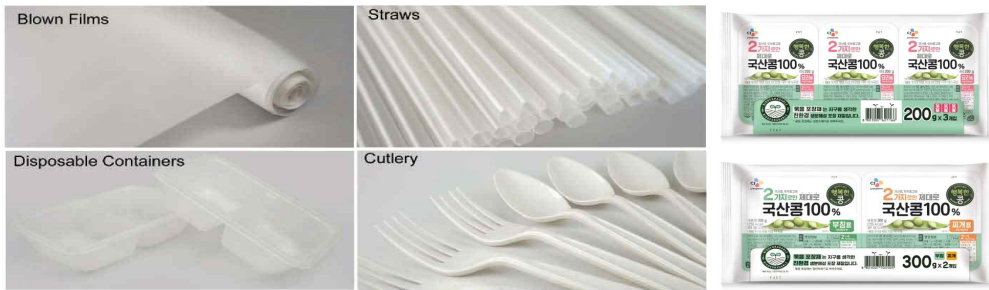
[그림 25] 나노물질 기반의 첨가제를 통한 바이오플라스틱의 특성 개선효과

## 위생용품 및 식품 포장재로 사용되는 바이오플라스틱 제품

합성 플라스틱을 대체하여 상용화된 제품으로 개발된 대표적인 바이오플라스틱으로는 PLA, TPS, Cellulose, PBAT, PHA 등이 있다.

이러한 바이오플라스틱들은 기존의 플라스틱과 유사한 물성과 차단성을 지녀 수명이 짧은 식품의 유통 기한을 연장할 수 있는 기능을 보유하고 있고, 저장성이 짧은 일부 식품의 포장재 및 일회용 위생용품으로 개발되고 있으며, 이러한 바이오플라스틱의 사용은 분해성과 탄소중립의 측면에서 환경을 보호하는 효과를 줄 수 있다.

현재 유통되고 있는 바이오플라스틱으로는 PLA 재질의 일회용 위생용품들이 많이 있으며, C사에서는 PLA/PHA 혼합 필름을 이용하여 자사의 두부 포장재로 적용하고 있다.



[그림 26] 바이오플라스틱으로 만든 식품 필름, 용기, 수저, 빨대 및 두부 포장재

하지만, 바이오플라스틱의 이러한 가능성에도 불구하고, 더 많은 분야에서 상용화되기 위한 주요 장애물은 높은 가격, 사용 중 분해 가능성에 대한 불안감, 수거 및 폐기물 관리 인프라의 부재 등으로 생각된다. 높은 가격은 일부 바이오플라스틱의 광범위한 사용에 대해 장벽으로 남아있지만, 일부 대기업들이 대량생산 시설에 투자하고 있고, 환경을 위해서는 어느 정도의 가격 상승은 수용할 수 있다는 소비자들의 의식이 높아지고 있어서 극복이 가능할 것으로 보여진다.

## 바이오플라스틱의 안전성 및 관리제도

우리나라뿐만 아니라 유럽연합, 미국, 일본 등의 제외국들에서도 바이오플라스틱에 대한 친환경성은 바이오소재의 함량 등을 기준으로 인증제도들이 마련되어 있지만 안전성(safety)에 대해서는 바이오플라스틱에 대한 별도의 기준이 있는 것이 아니고, 기존의 국가별로 마련된 기준규격에 따르고 있다.

예를 들면, 우리나라의 식품의약품안전처에서는 식품 포장재의 안전성을 위해 「기구 및 용기포장 공전」 기준에 따라 포장재의 재질별 이행물질과 총용출량 등을 식품을 모사한 용매(물, 4% 초산, 20% 에탄올, 및 헵탄)를 사용하여 기준치 이하인 경우에만 식품용으로 사용할 수 있도록 관리하고 있다. 현재의 공전에는 이미 PLA, PBS, PBAT, 셀룰로스, 전분제 등 바이오플라스틱에 대한 기준 규격이 마련되어 있다.

## 바이오플라스틱 안전관리 정책 제안

올여름은 지난 120년 중 가장 긴 '열대야'로 기록될 만큼 가혹한 폭염에 많은 사람들이 고통을 받고 있으며, 지구 곳곳에서 폭우, 화산폭발, 지진, 해일 등의 기후변화에 의한 재해가 자주 발생하고 있어 환경을 보호하는 것은 더 이상 선택이 아닌 전 세계 모든 사람들이 해야 하는 필수적인 의무라고 생각된다.

플라스틱의 편리성을 이미 경험한 우리는 플라스틱 없이 생활하는 것은 이제 불가능하기 때문에 반드시 필요한 분야에서는 플라스틱을 사용하되 환경을 보호해야 한다는 의식을 가지고 국민 모두 일회용품을 비롯한 플라스틱의 사용량을 줄이는 데 적극적으로 동참하는 것이 필요하다.

또한, 식품 기업에서는 필요 이상의 과대포장이나 재포장을 줄이면서 바이오플라스틱의 특성으로 충분히 적용이 가능한 제품들에는 친환경적인 바이오플라스틱의 사용을 확대하는 것이 필요하다.

정부에서는 바이오플라스틱의 사용을 확대하기 위한 중장기적인 정책을 수립하고, 바이오플라스틱이 더 다양한 분야에 적용할 수 있도록 필요한 기술개발에 적극적인 지원, 국민들의 참여를 통한 분리배출에서 벗어나 재활용 공정상에서 바이오플라스틱과 합성 플라스틱의 재질별로 분리할 수 있는 기술개발 및 바이오플라스틱의 안전성에 대해 소비자들의 신뢰를 얻기 위해서는 과학적인 근거자료를 바탕으로 하는 안전관리 기준을 마련하는 것이 필요하다.

현재 바이오플라스틱을 다양한 식품용 용기 포장재로 적용하기 위해서는 기계적인 물성을 높이는 기술과 함께 안전성에 대한 소비자들의 불안을 해소하는 것이 필요하다. 특히, 바이오플라스틱 제품을 사용 시 제품의 유효기간 내에서는 분해되지 않고 충분히 안전하게 사용할 수 있는지와 폐기 후 바이오플라스틱이 분해되는 중간 시점에는 미세플라스틱을 방출하여 오히려 환경에 유해한 건 아닌지 등에 대해 궁금해하는 소비자들이 많이 있다. 이러한 우려 사항들을 해소하기 위해서는 과학적인 연구 결과를 바탕으로 한 바이오플라스틱의 안전성 자료를 구축하는 것이 필요하다.

마지막으로 가격 경쟁이 치열한 플라스틱 시장에서 바이오플라스틱의 사용을 확대하기 위해서는 높은 가격을 낮출 수 있는 대량생산 시설과 기술개발이 절실하며, 바이오플라스틱의 사용이 환경을 보호하는 순기능을 하기 위해서는 바이오플라스틱의 사용 후 분리배출과 폐기 방법 등에 대한 기준이 마련되어야 한다.

## 참고문헌

- Abang, S., Wong, F., Sarbatly, R., Sariau., Bains, R., Besar, N.A., Bioplastic classifications and innovations in antibacterial, antifungal, and antioxidant applications. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8, 361-387, (2023).
- Alaraby, M., Abass, D., Farre, M., Hernández, A., Marcos, R., Are bioplastics safe? Hazardous effects of polylactic acid (PLA) nanoplastics in *Drosophila*. *Science of the Total Environment*, 919, 17059, (2024).
- Jayakumar, A., Radoor, S., Siengchin, S., Shin, G.H., Kim, J.T., Recent progress of bioplastics in their properties, standards, certifications and regulations: A review. *Science of the Total Environment*, 878, 163156, (2023).
- Nandakumar, A., Chuah, J.A., Sudesh, K.J., Bioplastics: a boon or bane? *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 147, 111237, (2021).
- Ghasemlou, M., Barrow, C.J., Adhikari, B., The future of bioplastics in food packaging: An industrial perspective, *Food Packaging and Shelf Life*, 43, 101279, (2024).
- Shlush, E., Davidovich-Pinhas, M., Bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 125, 66-80, (2022).
- Siddiqui, S.A., Yang, X., Deshmukh, R.K., Gaikwad, K.K., Bahmid, N.A., Castro-Muñoz, R., Recent advances in reinforced bioplastics for food packaging – A critical review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 263, 130399, (2024)

별지

플라스틱 관련 용어 정리

- Bio-PBS(Bio-polybutylene succinate)
- Bio-PE(Bio-polyethylene)
- Bio-PET(Bio-polyethylene terephthalate)
- Cellulose
- HBP(Hydroxybutyl polyester)
- LDPE(Low-Density polyethylene)
- OPP(Oriented Polypropylene)
- P(Polyol-polyurethane)
- PA(Polyamide)
- PBA(Polybutylene adipate)
- PBAST(Poly butylene adipate-co-succinate-co-terephthalate)
- PBAT(Polybutylene adipate terephthalate)
- PBS(Polybutylene succinate)
- PBSA(Butylenesuccinate adipate)
- PCL(Polycaprolactone)
- PE(Polyethylene)
- PEF(Polyethylene furanoate)
- PET Resin(Polyethylene terephthalate Resin)
- PET(Polyethylene terephthalate)
- PHA(Polyhydroxyalkanoates)
- PLA(Polylactic acid)
- PP(Polypropylene)
- PS(Polystyrene)
- PTT(Polytrimethylene terephthalate)
- PVA(Poly vinyl alcohol)
- Starch Blends
- TPS(Thermoplastic starch)

# 식의약R&D 이슈보고서

I S S U E R E P O R T

## 2024.08 통권 22호 바이오플라스틱

발행일 2024년 8월

작성자 <2024년도 식품 의약품 등 안전기술 환경 조사 분석> 연구팀

한국지식서비스연구원 이유진, 김지윤, 김혁, 한민우

발행처 식품의약품안전평가원 기획조정과

[www.nifds.go.kr](http://www.nifds.go.kr)



[공직자 부조리 및 공익신고안내] \*신고자 및 신고내용은 보호됩니다.

부조리 신고: 식약처 홈페이지: “국민신문고 > 공직자 부조리신고” 코너

공익 신고: 식약처홈페이지 “국민신문고 > 신고센터 > 부패 공익신고 상담” 코너