



친환경 바이오복합재료 포장재료

Biobased Chemicals and Materials

윤진산, 심재훈 / 인하대학교 고분자신소재공학과 교수, 박사과정

1. 서론

플라스틱은 인류 생활의 편리성을 비약적으로 발달시켜 인류의 의·식·주에서 없어서는 안 될 소재가 되었을 뿐만 아니라 끊임없는 연구 개발의 결과로 점차 유리, 금속, 종이, 목재, 석재 등과 같은 기존 재료를 대체하였으며, 값싼 장점을 활용하여 식품 및 상품의 포장재로 많이 쓰이고 있다.

최근 지구 온난화를 경감시키고 점차 고갈되어 가고 있는 화석 원료의 사용을 줄이기 위하여 기존 화석 원료 자원으로부터 생산되는 플라스틱의 일부 혹은 전부를 천연 자원으로 대체하여 생산되는 환경 친화성 바이오 복합재료에 관한 관심이 점차 증대되고 있다.

환경 친화성 바이오 복합재료는 플라스틱의 재활용과 함께 환경보호를 위한 상호 보완적 역할을 할 수 있는 소재이다.

환경 친화성 바이오 복합재료는 모든 성분이 천연 자원 유래 원료로부터 생산되는 것 뿐만 아니라 기존 난분해성 플라스틱에 천연 자원 유래 원료가 일부 분 함유된 것을 모두 포함한다. 난분해

성 플라스틱은 자연환경 내에서 분해되지 않기 때문에 대량의 플라스틱 폐기물이 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 용이하게 회수될 수 있는 플라스틱 재료는 재사용하거나 연료로서의 에너지 회수, 또는 화학적 분해를 통하여 원료로 재활용할 수 있다.

그러나 음식물 및 상품 포장재, 위생용품, 1회용품 등에 사용된 플라스틱은 회수하기가 어려울 뿐만 아니라 비경제적이므로 폐기 후 자연환경에서 완전히 분해되는 재료로 대체하는 것이 바람직하다. 전자의 환경 친화성 바이오 복합재료는 이 목적에 적합하다.

그러나 전자의 환경 친화성 바이오 복합재료는 여전히 가격 경쟁력이 취약하며 물성 또한 만족스럽지 못한 경우가 많다. 이에 비하여 후자의 환경 친화성 바이오 복합재료는 높은 경제성을 비교적 쉽게 구현할 수 있다.

본고에서는 우선 모든 성분이 천연 자원 유래 원료로부터 생산되는 바이오 복합재료의 동향을 소개하고자 하며 추후 경제성이 높을 것으로 예상되는 범용 플라스틱과 천연 자원 유래 원료의 복합재료를 소개하고자 한다.

1. 국내의 현황

국내 환경 친화성 바이오 복합소재 시장은 300톤/년에 미달하고 있는데 국내 전체 플라스틱 시장에 비하면 매우 적은 양이다.

주된 용도는 생분괴성 종량제쓰레기봉투, 완충 포장재, 홍보용 제품 등이다. 이론적으로는 국내의 1회용 플라스틱제품의 60% 이상을 생분해성 플라스틱으로 대체하면 생분해성 플라스틱의 국내시장 규모는 1조원 이상이 될 수가 있다.

국내에서 생분해성 플라스틱이 우선적으로 활용되어야 할 분야는 쓰레기봉투, 멀칭필름, 도시락 용기, 컵라면 용기나 기타 fast food 포장 용기 등이다. 일회용 도시락용기는 벌써 2001년부터 사용이 금지되었으나 적당한 대체품이 없어서 정부에서는 2년의 유예기간을 두었고 2003년부터 본격적으로 규제하고 있으나 아직 실효성을 거두고 있지 못하는 실정이다.

환경 친화성 바이오 복합재료는 생분해성 플라스틱을 중심으로 몇몇 국내 기업이 시제품으로 생산하고 있으나 환경에 대한 국민과 정부의 의지 및 산업·기술 경쟁력에 대한 구체적인 전망이 불확실한 상태에서 환경 친화성 플라스틱 포장재 기술 개발 사업을 한 기업이 단독으로 추진하기는 매우 어려워 정부차원의 지원이 필요한 것으로 판단된다.

외국의 경우 환경 친화성 바이오 매스 재료의 사용량이 꾸준히 증가하고 있고 기술 또한 다양하게 발전하고 있다. 일본 미쓰비시 자동차는 사탕수수나 옥수수 등의 당류와 전분을 발효시켜 얻은 호박산에 대나무의 섬유를 조합한 '그린 플라스틱'을 만들었다.

또한 일본의 Sanyo사는 옥수수로 만든 오디오·비디오 CD와 CD-ROM 등을 출시하였고, 미국 Metabolix사는 옥수수 syrup으로 재배된 박테리아의 분비물로 만든 생분해성 플라스틱 식기 제조하여 군에 납품할 예정이다.

또한 벨기에 신소재 연구소인 Materia Nova와 lactic acid 제조업체인 Galactac사는 합동으로 Mabiolac이라는 R&D 프로젝트를 추진하여 사탕무우를 원료로 한 T-Shirt와 신발을 개발했다.

바이오복합재료에 관한 연구는 미국을 중심으로 활발하게 전개되는 추세에 있다.

미국 NSF에서는 NSF-PREMISE grant, NSF-EPA program 등의 지원을 통해 바이오복합재료 제조, 특성분석 및 LCA 연구에 대한 지원을 하고 있으며 DOE에서는 "Energy Efficiency and Renewable Energy"의 "Biobased Chemicals and Materials 분야에서 Green Chemicals, Renewable Plastics, Natural Fibers, Natural Structural Materials 등 천연소재 활용 복합재료 개발을 지원하고 있다 (http://www.eere.energy.gov/RE/bio_chemicals.html)."

또한, U.S.D.A.에서는 U.S.D.A. "Certificated Biobased Product"로 biobased 재료의 개발과 실용화를 지원하고 있다. 이와 같이 환경친화성과 에너지절약성이 큰 재료를 개발하기 위한 미국정부 여러 부처의 적극적인 연구개발 지원으로 미국 내에서 바이오복합재료 관련연구가 활발히 이루어지고 있다.

아시아의 복합재료 관련 연구가 활발하게 진행되고 있는 나라는 일본, 중국, 인도, 한국을 들 수 있다.



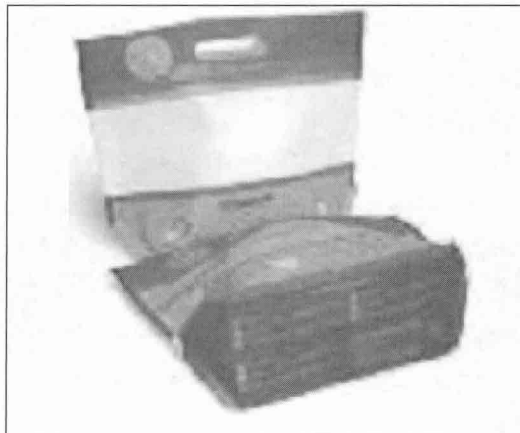
[사진 1] Dai Nippon Printing의 바이오 포장재



일본은 최근 환경오염에 대한 관심의 증가와 함께 환경친화성 소재개발을 위한 연구를 활발히 수행하고 있으며 특히, 국제공동연구를 통하여 바이오복합재료 개발 및 실용화와 관련된 기술의 정보교환과 기술협력을 활발히 추진하고 있다.

또한, 2002년부터 매년 International workshop on "Green Composites"를 개최하고 있으며 캐나다와 공동으로 매 2년마다 개최하는 Canada-Japan Workshop에서 "Bio-Eco-Nano

[사진 2] BioPak의 re-closable zipper



Composite" Division을 따로 운영하여 바이오복합재료 연구개발 성과발표와 정보교류를 활발히 진행하고 있다.

중국에서는 1980년대 중반부터 바이오복합재료 연구가 시작되었으며 1999년부터 바이오복합재료 제조공장이 설립되기 시작하였다. 2003년에는 중국 내에 바이오복합재료 관련 연구가 8개의 대학과 연구원 및 50개 이상의 기업체에서 이루어지고 있다.

2. 생분해성 고분자

농업용, 공업용 및 각종 생활용품 등에 적용되는 합성 플라스틱 폐기물의 폐해가 일반 상식화 된 이후로 최근에는 100% 완전 생분해 되는 생분해성 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

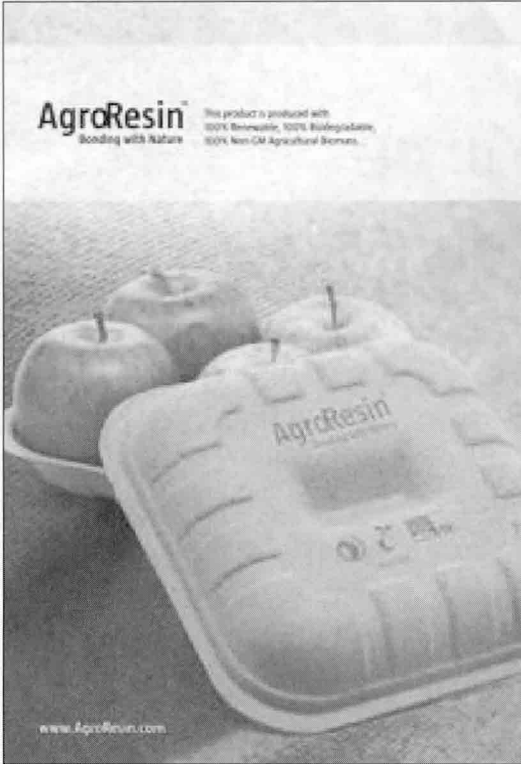
수년전에는 생분해성 고분자가 범용성 고분자 물질에 비하여 매우 고가의 재료였다. 그러나 유가 상승에 의한 석유화학제품 가격의 상승과 생분해성 고분자 물질의 대량생산에 의한 가격 하락으로 활용도가 증가하고 있다.

자연계에서 얻어지는 생합성형 고분자인 전분은 물성을 높이기 위하여 공중합체를 첨가하거나 수산기를 에스테르화하는 등의 개질을 통하여 기계적 열적 성질의 변형시켜 활용된다.

PHB(poly(3-hydroxybutyrate))는 기존 범용성 고분자와 거의 동등한 물성을 가지고 있으나 생산비용이 너무 고가이기 때문에 활용도가 제한적이다.

자연에서 전분 등으로부터 얻어지는 유산과 같은 단량체나 이들의 고리 이량체를 화학적으로 중

[사진 3] Grenidea 테크놀로지의 AgroResin 활용 예



함하여 생산되는 poly(lactic acid)(PLA)는 우수한 물성과 경제성으로 최근 각광받고 있다.

특히 열변형 온도가 기타 생분해성 고분자보다 높고 인장물성이 우수하기 때문에 식품용 포장재, 일회용품 등으로의 활용도가 매우 높고 범용성 수지를 대체할 재료로 기대되고 있으며 많은 연구가 국내외에서 진행 중이다.

3. 바이오 섬유

바이오복합재료에 사용 가능한 보강섬유로는 주로 마, 실크, 면 등의 천연섬유와 일부 생분해가 가능한 합성섬유를 들 수 있는데 이를 통칭하여

바이오 섬유(bio fiber)라 한다.

우수한 물성과 경제성을 가지면서도 생분해성이 우수한 섬유는 대부분 천연섬유로 아마, 대마, 저마, 황마 등 마섬유가 가장 미래 활용도가 높은 것으로 예상되며 많은 연구자들에 의해서 연구되어 지고 있다. 그 외에 인성 면에서 우수한 견섬유를 들 수 있다.

여러 종류의 마섬유의 경우 복합재료 적용 시 예로는 강도 면에서는 아마가, 탄성을 면에서는 대마가, 그리고 경제성 면에서는 황마가 가장 효과가 우수한 것으로 알려져 있다.

견섬유는 강도가 높아 방탄재료와 복합재료에 사용 예가 있으나, 경제성이 낮아 범용으로 사용하기 어렵다.

이 외에도 바이오 복합재료 보강용 천연섬유로 양마, 시이잘마, 면섬유 등이 활용된다. 이러한 천연섬유와 생분해성 바이오고분자를 복합하여 바이오 복합재료를 형성할 경우 기존 유리섬유 보강 재료와 대비하여 환경친화적 소재로 생분해성을 가져 폐기물에 의한 환경 오염의 문제가 적다.

일정기간 사용 후 환경에서 폐기가 필요한 부품에 적용될 수 있고, 개질에 따라 폐기 기간을 인위적으로 조절할 수도 있다. 또한 밀도가 낮고 가격이 저렴하여 저가의 경량 제품 생산이 가능한 장점을 가지고 있다.

4. 바이오 복합재료 포장 활용 예

2006년 동경에서 개최된 Tokyo Pack 2006에서는 Dai Nippon Printing 사가 경제성이 확보된 바이오 복합소재 포장재를 발표하였는데, 이 제품



특 집

은 poly(lactic acid)를 주 원료로 하여 생산되었으며, 10~30%가 식물에서 추출된 제품이었다 (Japan's Corporate News 2006. 10. 2).

앞으로 이 회사는 50%까지 식물 추출물의 양을 높이어 환경친화성을 높일 계획까지 발표하였다.

일본의 대형 슈퍼마켓 업체인 AEON사에서 콜롬비아산 바나나를 포장하는 재료로 바이오 복합소재 포장재를 활용하였다고 2005년도에 웹사이트를 통하여 발표하였는데 (<http://www.aeon.info>), 바이오 복합소재가 식품의 저장성을 높여주는 데도 효과적이며, 자연환경에서 완전 분해된다고 설명하고 있다.

Grenidea Technologies사는 international degradable plastics symposium에서 (International Degradable Plastics Symposium, Chicago, IL 14-17 June 2006) 과일 껍질을 활용한 "AgroResin"을 발표하였다.

주로 oil palm fruit의 부산물로 얻어지는 이 재료는 agricultural biomass fibre composite으로서 펄프와 나무로 주로 포장하는 과일 및 채소류의 대체품목으로 각광받을 것으로 예상된다. 2008년 1월 BioPak은 PLA와 corn starch를 활용하여 만든 유연한 생분해성 바이오 복합재료로 제작한 re-closable zipper(일명 지퍼팩)를 개발하였다고 발표하였다.

앞으로 이와 같은 포장재에 대한 기술 개발은 소비자들의 환경의식이 높아지고 각국의 환경규제가 높아짐에 따라 더욱 활발히 진행될 것으로 예상된다.

국내에서는 다수의 기업에서 바이오 소재를 활용하여 각종 포장재 및 용기를 제조하고 있다. 특

히 에콜그린 사는 일회용 포장재 뿐만 아니라 내구성 재료로도 바이오 소재를 활용한 시제품을 출시하고 있다.

II. 결론

바이오 복합소재 복합소재는 비록 아직까지 범용 플라스틱에 비하여 가격경쟁력을 확보하지는 못하였으나, 자연환경에서 완전 분해가 되며 원료가 주로 자원 재생산 가능한 원료로부터 유래되기 때문에 지속성을 가지며 환경오염을 줄일 수 있고 지구 온난화와 이산화탄소 부담금 문제 등에 효과적으로 대처할 수 있게 해 준다.

일본과 미국을 비롯한 선진국에서는 정부와 기업들이 기술 개발을 선도하고 있으며 포장재에도 적용시켜 상품화를 시도하고 있다. 국내에서도 비교적 경제성이 있는 바이오 소재 시제품이 출시되고 있으므로 산학연이 혼연일체가 되어 이를 연구 개발함으로써 환경오염을 줄이고, 무역장벽화하고 있는 선진국의 환경관련 법규에 대비하는 지혜가 필요하다고 판단된다. ☐

월간 포장계는 포장업계에 유익한
최신 기술 및 정보를 제공하고 있습니다.

정기구독 및 광고 문의는
(사)한국포장협회 편집실로 해주십시오.

TEL. (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net