

A Case Study on the Development of Eco-Friendly Packaging Film Technology

친환경 포장필름 기술개발의 사례연구

(주)삼동산업의 친환경 포장제품 전략

Writer

윤종국
(주)삼동산업 기술연구소 부장

Contents

- I. 서론
- II. Recycle : PCR 재생수지를 이용한 친환경 포장 필름 개발
- III. Reduce : 미세발포 공정기술에 의한 원료절감 소재
- IV. Replace : 생분해 필름을 활용한 포장 필름 개발
- V. 결론 (파급효과 및 기대효과)

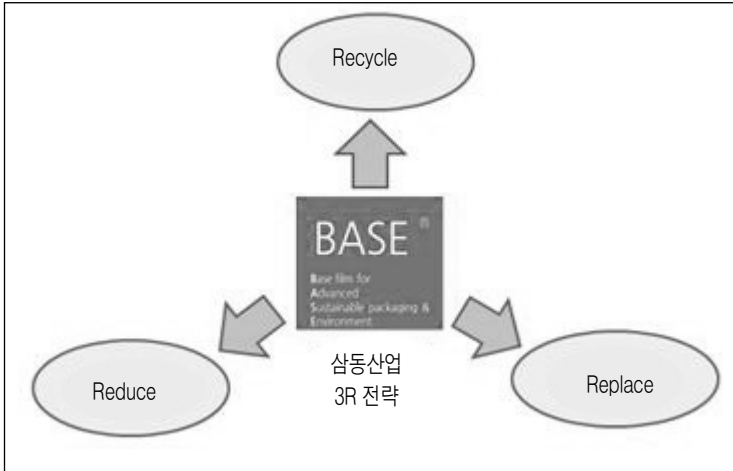
I. 서론

국내 포장재 시장은 지난 2020년도 55조원 시장규모를 달성하고 기하급수적으로 성장하고 있다. 코로나19 팬데믹의 영향과 1인 가족의 증가 및 간편식의 수요증가가 기하급수적인 성장세를 이끌고 있는 것으로 분석된다. 이 중 플라스틱 포장 소재가 전체의 50%를, 뒤이어 종이와 금속류가 다량 점유하는 상황이다.

이로 인해 생활계 폐플라스틱 및 환경오염을 유발하고 있는 친환경 소재개발에 대한 문제가 대두되고 있다. 정부차원에서 포장재 및 비닐, 플라스틱 제품의 감량화, 생분해성 소재 적용, 재사용 및 다양한 방법으로의 친환경 소재로의 사용 확대를 모색 중이다. 구체적인 제안 방안으로는 첫째 적은 소재(less materials)를 활용해 원료를 절약하는 방법, 둘째 단일소재(uni materials)를 사용해 다층의 다양한 이종 물질을 하나의 소재를 적용함으로써 recycle이 용이하도록 해 친환경 소재로 적용하는 방법, 셋째 친환경 생분해(degradation) 소재를 사용하도록 권유하는 것이다. 자연분해가 가능한 물질을 채용해 자연 친화적인 선순환 물질을 생활화 등 다양한 방법이 강구되고 있다. 포장기술과 관련해 정부, 기업, 학회 및 지자체 단위의 친환경 전략을 수립하고 실천을 강조하는 분위기다.

본 논고에서는 (주)삼동산업에서 추진하고 있는 전사적인 ESG 경영 전략과 맞물려 진행 중인 친환경 신제품 개발에 대한 사례 소개(CASE STUDY)를 요약하고자 한다. (주)삼동산업은 50년이상 농업용 및 산업용, 광학용 필름을 생산 판매하고 있으며 관련 기술 개발에 전력을 다하고 있다. 이런 기술을

[그림 1] 삼동산업의 ESG 친환경 3R 전략 (BASE PROJECT)



바탕으로 글로벌 추세에 발맞춰 진행하고 있는 친환경 3R ESG 개발 전략을 [그림 1]. 에 도식화 했다.

(주)삼동산업의 3R 친환경 포장소재 개발은 플라스틱 필름 가공업체로서 글로벌 트렌드에 발맞춰 지속가능한 성장을 도모하고자 BASE Project(Base film for Advanced Sustainable Packaging & Environment) 전략을 확립했다. ‘환경과 지속가능한 고기능성 패키징을 위한 베이스 필름’ 개발을 목적으로 Recycle, Reduce, Replace 소재로 아래 세가지로 대변되는 필름소재를 상업화에 성공해 양산 중이다.

● Recycle : PCR 재생수지를 이용한 Recycled Plastic Film

● Reduce : 미세발포 필름을 이용한 Reduced Materials Technology

● Replace : 친환경 생분해(Biodegradation) 포장필름이 세가지 상용화 기술 개발에 대한 소개와 이를 바탕으로 하는 친환경 소재 개발의 중요성에 대해 소개하고자 한다.

II. Recycle : PCR 재생수지를 이용한 친환경 포장 필름 개발

폐플라스틱에 의한 환경오염의 증가 속도는 해마다 가속화돼 전세계적으로 미세플라스틱 저감을 위한 플라스틱 제품 사용 규제를 강화하고 있다.

플라스틱이 완전히 분해하는데 걸리는 시간 200~300년

에서 길게는 500년 소요되는 것으로 보고되고 있다. 2019년 기준으로 한국인 1인당 플라스틱 쓰레기 발생량은 세계 3위이며 전 세계 플라스틱 생산량은 2015년 407백만 톤, 플라스틱 생산량(1950-2015, 83억 톤)의 78%인 63억 톤이 플라스틱 폐기물로 발생, 9%만 재활용이 되고 12%는 소각, 79%는 매립 또는 투기되는 것으로 보고되고 있다.

이에 국제적으로 환경규제 강화책을 유럽연합이 가장 적극적으로 대응하고 있으며 프랑스와 이탈리아가 법으로 1회용 봉투 사용을 금지하는 법안을 통과 후 미국, 캐나다, 유럽의 일부 국가 등에서 일회용 커피컵으로 사용되는 PP, PE 재질을 생분해원료인 PLA로 대체하고 있다. 국내에서도 폐기물 관리법을 중심으로 자원절약과 재활용 촉진에 관한 법령, 환경부 고시 등에서 재활용에 의한 친환경 포장 관련으로 하는 규제가 강화되는 추세다. 이에 발맞춰 국내외 많은 기업에서도 ESG 순환경제의 전세계적인 추세와 재생 고분자

수지의 효율적 재사용(PCR, Post Consumer Recycled) 필름 개발에 박차를 가하고 자원 선순환을 위한 친환경 소재의 요구에 따른 대기업, 중소기업의 상생협력 구조 가시화 및 순환 공급망 구축의 필요성을 인지하고 있다. 이와 더불어 삼동산업에서 PCR 재생소재를 적용해 다양한 친환경 필름을 개발하고 있으며 일부 상업화를 달성해 국내외 친환경 기조에 기여를 담당하고 있다. 삼동산업의 PCR재생필름의 요지는 기 사용된 필름을 수거 및 세정과정을 통해 compounding 공정을 거쳐 원료 MB로 사용하는 방법과 재활용이 가능한 단일소재(uni-Materials) 원료를 적용, 재활용이 가능하며 원료의 기능을 부여하는 방안이 개발되고 있다. PCR재생 필름을 다시 수거 및 세정하는 과정은 동종폐기물을 동종제품(like-for-like)으로 재활용하고 있다. 예를 들어 수축 필름같은 유연필름은 해당 스트레치 및 수축필름으로 적용하거나 유사 소재의 필름 층층에 선별적인 응용을

함으로써 기존의 신재(新材)와 blending 하거나 또는 단독으로 사용하는 방안이 적용되고 있다. 사용되고 있는 PCR 재생 수지에 적용되고 있는 supply chain의 선순환 구조에 대한 공급구조를 [그림 2]에서 도식적으로 표시했다.

기 사용된 플라스틱 폐기물을 수거해 세정 및 재가공 후 compounding해 PCR수지 원료로 제조하는 가공 프로세스를 단계별로 표현하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1단계 : 사용된 플라스틱 소재의 수거 및 정제기술을 적용해 고순도의 compounding 생산 기술개발(고순도 제법의 개발 및 최적화 혼합비 도출)

- 2단계 : 고품질 PCR 펠릿 및 MB를 제작할 수 있는 MB 압출공정 기술개발

- 3단계 : 제작된 고순도 PCR 펠릿을 적용해 포장필름을 제작하기 위한 PCR재생수지와 신재와의 배합 기술

- 4단계 : 산업용, 생활용 포장필름의 고객 실증평가 완료

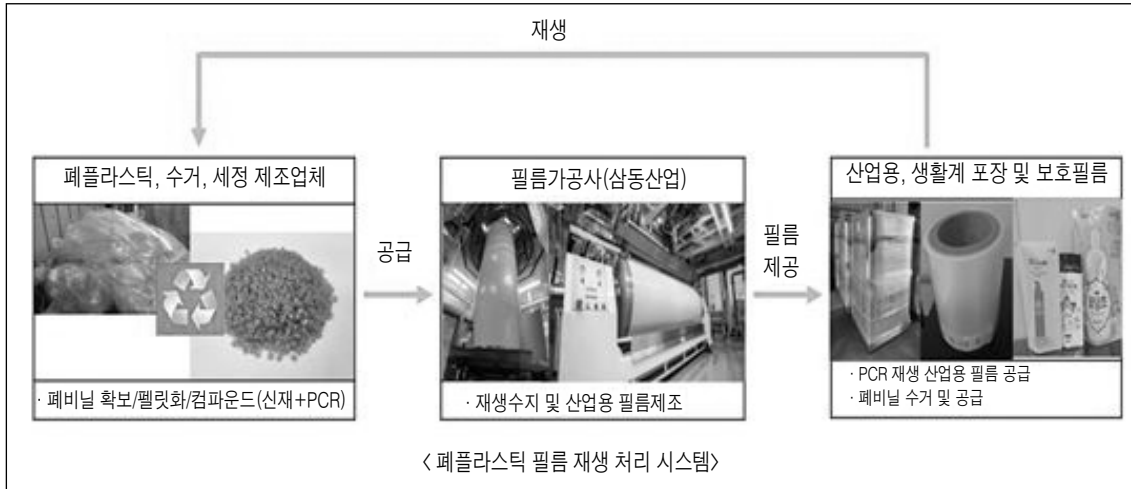
이와 같이 제조된 PCR재생

필름의 적용되는 용도는 스트레치용 랩핑필름, 재생 포장팩, 재생 아이스팩, 식품포장용 필름, 쓰레기 종량제 봉투, 마트 및 백화점의 포장재로 사용이 가능하다. PCR소재로 적용하기 위해서는 신재와의 원료품질에 대한 신뢰성과 품질안정성이 매우 중요한 인자로 작용한다. 신뢰성 물성평가에 대한 제품안정성을 비교 평가하는 과정이 필요하다. 또한 PCR재생 소재 적용에 대한 공인 인증으로 GRS(Global Recycled Standard) 인증을 획득했다. 이는 재생소재의 비율이 일정 비율이상인 경우에 제품에 부여하는 인증으로 원료입고, 생산 시 원료 투입량, 생산량 및 로스분, 제품 출고 증빙자료 등의 광범위한 상업생산에 적용된 재활용 인증이다.

Ⅲ. Reduce : 미세발포 공정기술에 의한 원료절감 소재

친환경 포장 기술의 사례연구 전략 및 방향성은 원료를 절감하거나 줄여서 동일한 물성

[그림 2] 삼동산업의 Recycle 소재의 선순환 supply chain 구조



을 구현하도록 하는 reduction technology이다. 원료를 감축하는 일례로써 플라스틱, 유기용매 등의 환경 유해 물질의 사용량을 줄이거나 재활용의 효율성을 증가시키는 방법이 거론되고 있으며 사용량을 감축하기 위한 포장재 소재를 경량화하고 차단성 필름 등을 대체하는 코팅기술을 적용, 포장재의 규격 및 재질을 최적화해 투입 소재의 양을 절감하는 방법을 적용하기도 한다.

플라스틱 및 필름 포장제품의 생산비 중에서 재료가 차지하는 비중이 높기 때문에 재료를 줄일 수 있다는 것(less materials)이 생산비용에 있어 지대한 영향을 미친다는 것으로 인지되고 있다. 현재 포장업계에서 다양한 방법으

로 재료를 절감하기 위한 연구가 진행되고 있으며 그 방법 중 하나가 초미세 발포공법이다.

초미세 발포(micro foamed) 기술은 소재 내부에 미세한 크기의 기포를 만들어 그 기포들이 차지하는 부피만큼 재료를 절감하는 방법이라고 할 수 있다. 더불어 기포를 형성하는 가스도 환경 친화적인 질소 및 이산화탄소를 사용함으로써 공기를 오염시키지 않는 장점을 가지고 있으며 기포의 크기와 분포를 일정하게 조절함으로써 기계적인 강도의 저하를 극복하기도 한다. 그러므로 확보하고자 하는 물성은 단열성능 향상, 방음성능, 절연성능, 경량화 및 탄성복원력 증가 등의 부수적인 장점이 있어 소재 산업계의 많

은 관심이 집중되고 있다.

본 논고에서는 미세 발포 필름기술은 초임계 유체(super critical fluid)가 용융수지 안에 고온고압으로 분사돼 미세기포를 형성하는 필름가공 기술을 이용한 원료절감(reduce technology) 기술을 소개하고자 한다. 목적은 플라스틱 및 필름 등의 내부에 미세나노구조를 포함한 공극을 형성함으로써 동일한 물성과 특성을 구현해 사용 소재를 절감하는 것을 목적으로 한다. 초임계 유체란 액체와 기체를 분간할 수 없는 상태를 뜻한다. 이 때의 온도와 압력이 만나는 점을 임계점(critical point) 이라고 하며 임계점에 있는 물질은 초임계 유체상태에 있다고 한다.

초임계 유체는 환산온도와 환

산압력의 변수로 이뤄지며 초임계 CO₂ (sc-CO₂)는 임계점이 낮아 초임계 환경에 쉽게 도달이 가능하면 무독성, 불연성, 저가격의 장점을 보유하고 있어 그 응용성은 다양하다.

초임계 유체를 이용한 발포 메카니즘은 [그림 3]에 표현한 것과 같이 단계적 발포 공정을 통해 형성된다. 초기 단계로 CO₂(g)나 N₂(g)와 같은 가스를 초임계유체 상태로 용융 고분자 안으로 주입해 single phase solution을 형성한다. 그리고 두 번째 단계인 핵생성 과정 (nucleation)을 거치게 되는데 이는 용융 고분자 내부에 분산돼 있는 핵재를 이용한 불균일핵생성 (heterogeneous nucleation) 과정을 통해 기포가 생성된다. 마지막 세 번째 단계

로 발포셀의 성장과정(cell growth and shaping)을 통해 필름 내부에 일정한 형태의 셀을 형성하게 된다. 이 과정은 주입가스의 압력, 가공 온도, 층구성, 필름 팽창비 및 와인딩 속도 등의 조건을 이용해 기포셀의 크기와 형상을 조절할 수 있다.

이와 같은 공정을 통해 제조된 미세발포 필름의 기포 공극율과 단면 주사전자 현미경 형상을 [그림 4]에 도식화했다.

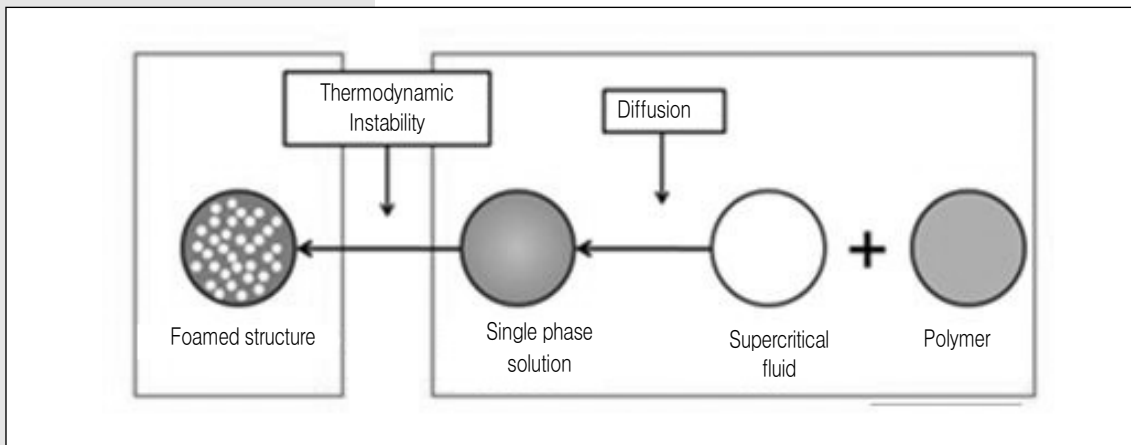
[그림 4] (b)에서 도식화 된 것과 같이 3층 구조의 blown 발포 필름의 중층을 발포한 형상이며 중층은 공극율 측정에 의해 45~50% 수준의 발포율을 나타내고 전체 층의 필름 구조를 기준으로 20~25%의 발포율을 확보할 수 있다.

일반적인 발포 성형에는 기포

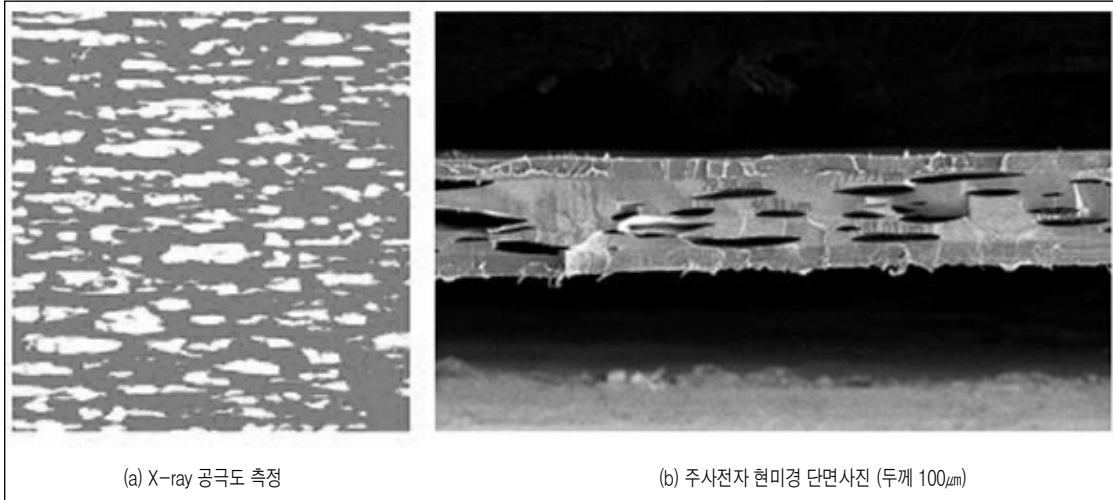
가 소재 공극 내에 존재해 부분적인 기계적인 물성의 저하를 야기할 수도 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 발포된 기포의 크기를 10 μ m 이하로 고르게 분포되도록 하며 더불어 수지 조성내 치수안정성을 확보하기 위한 실리카, 티타늄 등의 첨가제를 첨가해 충격강도와 인장력으로 유지하기도 한다. 또한 발포된 기포의 셀(foamed cell) 형상 조절 및 기계적인 강도 개선을 위해 가교발포 등의 공법을 이용해 다양한 물성의 향상을 도모하기도 한다.

상기 공정을 통해 제조된 발포 필름을 활용한 응용 필름은 매우 다양하게 적용될 수 있다. 그 적용 범위는 발포된 기포의 구조적인 특성으로 인해 장기성 진공포장용 식품포장, 기포에 의한 충격완화 필

[그림 3] 미세발포 필름의 반응 메카니즘 모식도



[그림 4] 미세발포 필름의 X-ray 공극율 및 주사전자현미경에 의한 단면 구조



름, 음향 차폐 성능의 전자재용 필름, 단열성 보냉 필름 등의 다양한 응용이 가능하다, 적용 일례로서 식품포장용 포장재료로 적용되는 사례다. 식품포장용으로 적용하기 위해서는 장기 저장안정성, 인장강도 등의 기계적인 특성, 파손을 방지하기 위한 낙하충격, 뚫림(puncture) 등의 물성에 대한 요구 성능이 있다. 초임계 기술을 접목한 초미세발포기술의 양산화 및 상업화가 진행됨으로 인해 파급되는 시장효과는 매우 크다고 할 수 있다.

최근 전세계적으로 이슈화가 되고 있는 적은 원료를 사용해 동등한 물성과 특성을 구현하는 친환경 소재를 구현한다는 것이다. 예를 들어 본 논고에서 언급한 것과 같이 식

품포장용 및 세제용, 보냉용 등과 같은 생활용 각종 라미네이션용 필름류 등 뿐만 아니라 자동차, 건설 및 공공용 소음제어, 단열용 산업용 자재에 응용이 된다면 현재 가장 환경파괴의 주범이 되는 산업용 자재의 원료 절감에 지대한 효과를 볼 수 있다. 또한 의료용 및 농업용 자재의 포장용도로 확대 적용이 되면 생분해성 친환경 소재와 더불어 그 산업적, 경제적, 기술적, 환경적인 파급효과는 상상 이상일 것이다.

IV. Replace : 생분해 필름을 활용한 포장필름 개발

친환경 포장기술의 세 번째 사례연구 전략 및 방향성은 기존

에 상품화가 적용되고 있는 제품을 대체해 사용하는 Replace 기술이다.

대체 적용함이란 기존의 물성을 유지하며 자연 생분해돼 자연 환원되거나 수거하기에 용이하며 미세 플라스틱이 형성하지 않아서 자연친화적인 대체 소재를 구현하는 방법을 예시할 수 있다.

우선 replace 포장 소재로 정의되는 플라스틱 대체물질을 광범위하게 분류해 보면 1차적으로 종이 기반의 포장재를 예시할 수 있다. 이 경우 소각하거나 매립으로 자연분해 돼 기존의 PE 등의 재생 가능한 수지와 합지, 적용하기도 한다. 더불어 종이에 내수성을 부여해 PE필름을 주로 코팅, 적용하기도 한다.

두 번째 replace 적용 물질은

생분해성 플라스틱으로 일반 플라스틱과 유사한 기능(강도, 내수성, 가공성, 내열성 등)을 보유하며 다양한 형태의 미생물에 의해 가수분해와 생분해를 일으켜 이산화탄소와 물로 분해돼 자연계로 환원되는 친환경 물질을 통칭한다. 원료물질 기준으로 천연 전분계 플라스틱, 석유계 플라스틱으로 구분이 되는데 단독 또는 용도와 목적에 맞게 복합소재로 사용되기도 한다. 세 번째 적용물질로 바이오베이스 플라스틱(Bio MASS)은 사탕수수 등 천연물 유래 단량체나 고분자원료를 기반으로 하는 기존의 플라스틱과 물성이 유사하지만 생분해성 보다는 탄소 저감에 목적을 두고 있는 점이 이례적이다. 그 일례로써 대체 가능(replaceable) 한 식품포장용 분해성 포장재의 세계시장 규모를 [그림 5]에 나타냈다. 그 결과 현재 한화 3조원 이상의 시장규모이고 CAGR은 8.2%로 예측된다.

일반적으로 대체 적용되고 있는 대체(replaced) 포장재 필름으로의 응용은 다음과 같다.

- 일반포장재 용도 : 가장 일반적인 일회용 포장 소재로 회수가 용이하지 않은 분야로 식품포장용, 음료포장용, 생선식품 받침포장, 도시락 등의 패스

트푸드 용기 등으로 일반 다목 적용으로 사용이 가능하다.

- 산업용 포장용 : 자동차 및 중공업분야에서 기구 내장용 및 거시적인 보호용 플라스틱 필름 등을 통칭하는 목적으로 내열성, 내충격성 및 내구성 등의 물리적인 특성이 요구되고 있다

- 퇴비화 봉투 : 생활계 쓰레기 봉투로 대변되는 일반 퇴비화 분해가 가능한 포장비닐로써 가정용 쓰레기봉투, 지자체의 수거 비닐봉투 등이 대표적이다. 미국 및 유럽의 쓰레기 봉투에 적용되는 퇴비화 봉투의 시장규모는 연간 성장률이 5% 이상 성장할 것으로 예상되며 전분과 PCL의 블렌드 제품이 상업화가 됐으며 PLA, TPS 단독으로 적용된 쓰레기 봉투 및 대형마트의 1회용 봉투에 대한 보급이 증가하는 추세다.

- 의료용 및 위생용품 : 병원, 제약사 등의 의료기관에서 적용하는 통상적인 포장 소재를 통칭하며 차단성 포장재, 의료 임상용, 제약용 포장재, 각종 의료폐기용 부직포 및 생화학 포장백 등을 의미한다.

- 농업용 멀칭필름 : 일반적으로 가장 많이 적용되고 있는 분야는 농업용 멀칭필름에 적용되고 있는 경우이다. 원료는 석유계인 PBAT, PBA, PBSAT

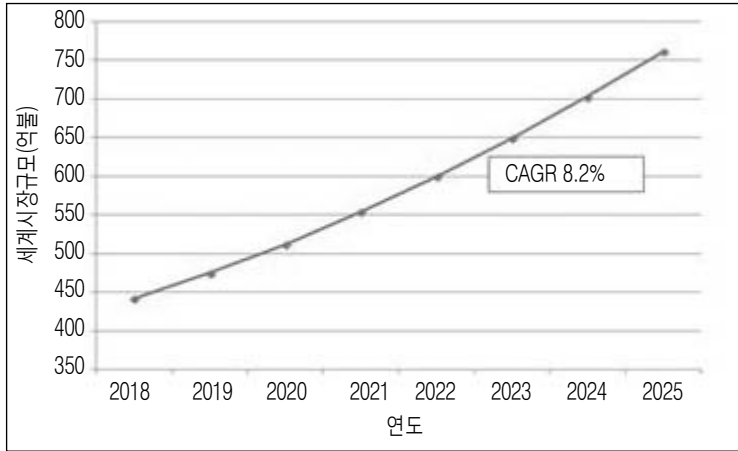
등과 전분 추출물인 PLA 젯산의 blending 소재를 가장 일반적으로 적용하고 있어 기존의 HDPE 멀칭필름을 대체하고 있으며 현재 국내 시장의 규모는 연간 약 2700톤 수준이다.

이에 상기 ESG 경영을 기반으로 하는 삼동산업의 친환경 Replace 필름 가공기술의 일환으로 기존의 포장지 및 농업용 필름에 있어서 생분해 소재를 적용해 친환경 제품을 개발하고 있다. 포장재용으로는 산업용재 및 가전용 포장재로 천연물질인 전분 등을 PE, PP 등 범용 플라스틱 또는 PLA, PCL 등 개발된 생분해성 플라스틱 대체품에 혼합, 제조해 개발하는 방안과 생분해 플라스틱 분해 촉매첨가제를 사용, 개발하고 있다.

농업용으로는 가장 일반적이고 양산화가 이뤄진 생분해 필름 분야는 멀칭필름이다.

기존에는 HDPE 필름을 적용하던 용도를 생분해 소재로 대체(replace) 함으로 인해 사용이 종료된 멀칭필름의 회수작업을 생략하고 로타리 작업을 함으로 인건비 등의 절감효과를 보기 위함이다. 이때 분해 과정은 수분 및 공기에 의한 가수분해 과정을 통해 1차적으로 화학분해를 통해 분자량이 감소

[그림 5] 분해성 대체 식품포장재의 세계시장 규모



출처 Markets and markets, 2021

하는 과정을 거치게 된다. 최종적으로 토양 내에 박테리아 및 세균에 의해 미생물 분해 과정을 거치며 잔사와 함께 토양에 완전 분해되는 과정을 거치게 된다.

V. 결론 (파급효과 및 기대 효과)

최근 친환경 ESG 경영과 정책에 관한 중요성과 관심도 비중이 지속적으로 증가하고 있다. 특히 국제협약을 기반으로 한 세계 각국의 국가정책 및 각 기업 간의 친환경 경영정책을 시행해 진행하고 있으나 2024년 국내포장재 시장 규모는 70조 원에 육박하며 연간 사용량이 8% 이상의 가파른 성장률을 보이는 것을 감안해 볼 때 다양한 친환경 기술 개발의 속도는

사용량의 증가율에 미치지 못하는 것이 현실이다.

친환경 포장(packaging)의 방향성은 에코 트렌드(ecotrend)가 확장됨에 따라 자연과 사회를 고려하고 지속가능한(sustainability) 환경을 추구하며 포장의 환경적인 책임을 묻는 폐기물에 대한 요구가 증대되고 있다. 전방위적인 친환경 정책에 대한 요구는 1) 원료 절감(reduce)과 재생가능원료의 적용(renew) 2) 기 사용된 원료를 재사용(reuse) 3) 재가공을 통한 재활용(recycle) 4) 원료의 재생(recover) 5) 사용 소재의 친환경 소재로의 대체 적용(replace)을 통한 친환경 소재를 개발, 적용하는 것이다.

본 논고에서는 상기의 다양한 친환경 패키징 소재개발 방법

중 (주)삼동산업의 ESG 경영 정책에 부흥하며 현재 상품화가 완료돼 사업화가 진행 중인 3R(recycle, reduce, replace) 기술에 대한 일반적인 기술소개와 응용제품에 대해 필력했다. 위와 같이 언급된 재생(PCR) 컴파운딩 소재, 미세발포 기술 및 생분해 원료를 통한 생분해 필름의 상업화 달성에 대한 기술적인 측면의 효과는 PCR 수거 및 재생 컴파운딩 기술, 다양한 생분해 원료의 접목을 통한 재료설계기술 및 식품포장용 적용을 위한 차단성 원료기술 개발 등으로 그 기술적인 파급효과는 매우 크다고 할 수 있으며 보다 다양한 개발기술을 적용하기 위한 다양한 플랫폼 활용 기술의 응용도 기대된다. 다만 기술적인 완성도와 경제성이 다소 미흡한 생분해 소재 기술과 차단성 원료 확보는 중장기적인 기술 개발이 요구되고 있다. 경제적인 파급효과는 상기 기술의 기술적인 접목과 활용을 통해 매우 다양한 산업용 소재로 응용하므로 유화사, 필름가공업체 및 라미네이팅 합지 가공사와 최종 수요업체에 이르기까지 매우 광범위한 supply chain을 구성, 지속적인 경제 창출 효과를 확보할 것으로 기대된다. [6]