ISSN 2508-643X

세계 식품과 농수산

WORLD FOOD,
AGRICULTURE & FISHERIES



2026
11

FOCUS

EU 포장 및 포장폐기물 규정(PPWR) 시행과 국내 농식품 산업의 대응 과제

특별기획

2026년 미국 농가 경영안정 정책의 배경과 한국형 안전망 구축 방향

INFO

FAO 한국협회, 제54차 세계식량안보위원회 대응 지원

FAO 한국협회
Korea FAO Association

식품 포장의 새로운 흐름: 친환경 신소재와 차세대 포장 기술의 미래

– 규제·지속가능성·디지털이 재편하는 식품포장 패러다임 –



도한솔
이화여자대학교
식품생명공학과 교수



식품 포장은 식품을 물리적 충격과 미생물, 산소, 수분, 빛으로부터 보호해 안전성과 품질을 유지하고 유통기한을 연장하는, 식품 산업의 보이지 않는 기반이다. 그러나 그 편익의 이면에는 막대한 환경 부담이 자리한다. 전 세계 플라스틱 생산량의 상당 부분이 포장재에 쓰이고 그 대부분이 한 번 쓰고 버려지지만, 세계적으로 재활용률은 매우 낮은 편이다. 여기에 최근에는 포장재에 오랫동안 사용돼 온 특정 화학물질의 안전성 문제까지 불거지면서, 식품 포장은 지금 '보호 기능'과 '지속가능성', 그리고 '식품안전'이라는 세 가지 요구를 동시에 충족해야 하는 전환점에 서 있다. 본 기고에서는 이러한 변화를 촉발한 규제 환경을 짚어 보고, 이를 뒷받침할 친환경 신소재와 기능성·지능형 포장 기술의 최신 동향, 그리고 향후 발전 방향을 살펴본다.

규제가 바꾸는 포장 패러다임

포장 산업의 지형을 가장 크게 흔들고 있는 것은 유럽연합(EU)의 포장 및 포장폐기물 규정(PPWR, Regulation (EU) 2025/40)이다. 2025년 2월 발효돼 2026년 8월 12일부터 본격 적용된 이 규정은 기존의 '폐기물 관리' 중심 접근에서 벗어나, 포장재의 설계 단계부터 재활용성과 재생원료 함량, 유해 물질 관리까지 아우르는 '소재 거버넌스'로의 전환을 선언했다. 특히 주목할 대목은 식품접촉 포장재에 대한 과불화화합물(PFAS) 사용 제한이다. PPWR은 식품접촉 포장재에 대해 개별 비고분자 PFAS 25ppb, PFAS 합계 250ppb, 총 불소 50ppm이라는, 세계에서 가장 엄격한 수준의 한곗값을 설정했다.

PFAS는 물과 기름을 동시에 막는 뛰어난 배리어 성능 덕분에 기름이 배어나지 않아야 하는 종이 포장재(피자 상자, 전자레인지용 팝콘 봉투, 패스트푸드 포장지, 종이 용기의 발수·발유 코팅 등)에 광범위하게 사용돼 왔다. 그러나 자연에서 좀처럼 분해되지 않아 '영원한 화학물질(forever chemicals)'로 불리며 체내 축적과 건강 위해 우려가 제기되면서 퇴출 대상이 됐다. 미국의 여러 주와 규제기관도 식품 포장재 내 PFAS 사용을 제한·금지하는 방향으로 움직이고 있어, PFAS 대체는 이제 전 세계 포장 산업의 공통 과제가 됐다.

이와 함께 PPWR은 재활용 가능한 설계, 재생원료 최소 함량 의무, 생산자책임재활용제도(EPR) 강화 등을 통해 순환경제로의 이행을 강하게 압박하고 있다. 결국 이러한 규제 흐름은 '기능은 유지하되 더 안전하고 지속가능한' 대체 소재와 기술에 대한 수요를 폭발적으로 키우고 있으며, 이것이 오늘날 식품 포장 혁신을 이끄는 가장 강력한 동력이 되고 있다.

친환경 신소재의 부상 — 바이오폴리머와 나노셀룰로오스

석유 기반 플라스틱을 대체하기 위한 친환경 신소재는 크게 생분해성 합성 바이오폴리머와 천연 유래 고분자로 나눌 수 있다. 폴리락타이드(PLA), 폴리하이드록시알카노에이트(PHA)와 같은 생분해성 고분자, 그리고 전분, 키토산, 단백질 기반 소재가 대표적이다. 이 가운데 최근 가장 주목받는 소재가 바로 나노셀룰로오스다.

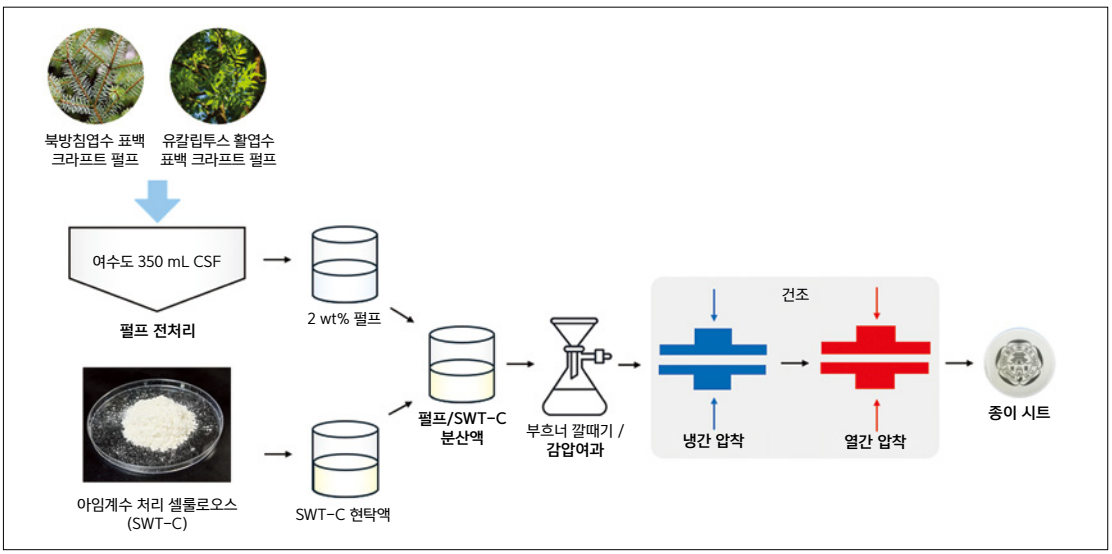


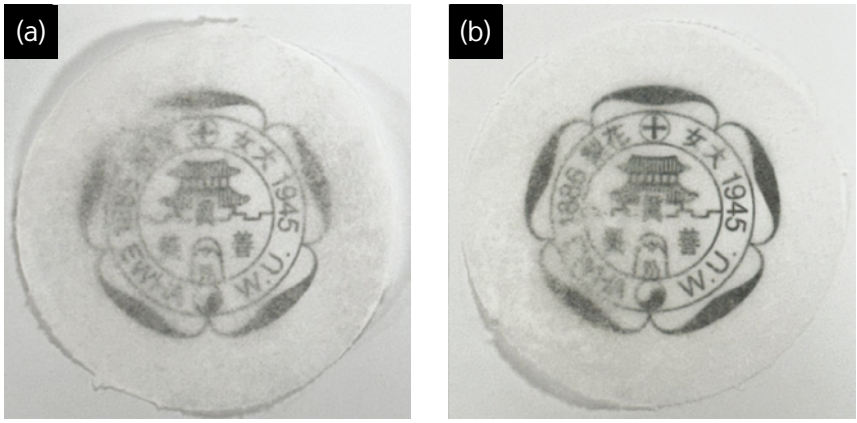
나노셀룰로오스는 목재나 농업 부산물 등 재생 가능한 셀룰로오스를 나노 크기로 해섬(解纖)해 얻는 소재로, 형태와 결정성에 따라 셀룰로오스 나노결정(CNC), 셀룰로오스 나노섬유(CNF), 미생물이 생산하는 박테리아 나노셀룰로오스(BNC)로 구분된다. 생분해성과 생체적합성이 우수하고 기계적 강도가 뛰어날 뿐 아니라, 무엇보다 산소 차단 성능이 탁월하다. 치밀한 나노섬유 네트워크와 수소결합이 산소의 확산 경로를 크게 늘려, 저습 조건에서는 기존 석유계 고배리어 소재인 EVOH나 PET에 필적하거나 이를 능가하는 산소 차단성을 보인다.

다만 나노셀룰로오스는 표면에 다량의 수산기(-OH)를 지닌 친수성 소재여서, 습도가 높아지면 수분을 흡수해 산소 차단성이 저하되고 수증기 차단성 자체도 약하다는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 다층 라미네이션, 표면 소수화, 다른 고분자와의 복합화, TEMPO 산화와 같은 표면 개질 등 다양한 전략이 연구되고 있다. 실제로 나노셀룰로오스 배리어층을 생분해성 고분자층과 적층한 다층 필름은 고습 환경에서도 산소와 수증기를 동시에 효과적으로 차단하는 것으로 보고된다.

특히 지속가능성 관점에서 의미가 큰 것은, 식품 가공 과정에서 발생하는 부산물을 나노셀룰로오스의 원료로 활용하는 순환형 접근이다. 곡물 겨, 과일·채소박, 착즙 잔사 등 그동안 폐기되던 식품 부산물을 고부가가치 포장 소재로 되돌리는 것이다. 필자의 연구실에서도 아임계수(subcritical water) 처리와 같은 친환경 공정을 활용해 식품·농업 부산물로부터 나노셀룰로오스를 생산하고 그 결정화도와 물성을 제어하는 연구를 수행해 왔다. 이러한 접근은 유해 용매 사용을 줄이면서 폐자원을 자원화한다는 점에서 규제와 순환경제 흐름에 정확히 부합한다.

[그림 1] 나노셀룰로오스를 활용한 '원료-제조-포장' 응용 예시





(a) 침엽수(soft) 펄프, (b) 활엽수(hard) 펄프 종이 패키징 샘플/출처: 이화여자대학교 식품소재공학연구실

기능을 더하다 — 배리어 코팅과 항균·능동 포장

신소재 개발과 더불어, 포장재에 적극적인 기능을 부여하는 연구도 활발하다.

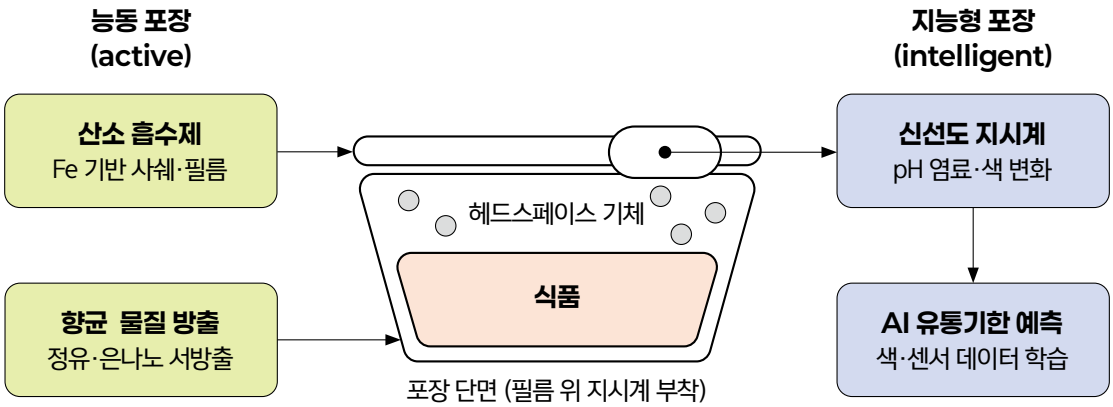
첫째는 배리어 코팅이다. PFAS와 플라스틱 라미네이션을 대체하기 위해 종이·판지 표면에 나노셀룰로오스나 바이오 폴리머 기반 코팅을 입혀 기름과 산소를 차단하는 기술이 대표적이다. 이는 재활용이 용이한 종이 포장의 장점을 살리면서도 배리어 성능을 확보할 수 있어 PPWR 시대의 유력한 해법으로 부상하고 있다.

둘째는 능동 포장(active packaging)이다. 능동 포장은 포장재가 내부 환경에 능동적으로 개입해 식품 품질을 유지하는 개념으로, 산소 흡수제, 수분 조절제, 에틸렌 흡수제, 그리고 항균·항산화 기능을 갖춘 필름·코팅 등이 여기에 속한다. 특히 항균 포장은 정유(essential oil), 유기산, 키토산, 천연 추출물과 같은 천연 유래 항균 물질을 포장재에 담아 서서히 방출시킴으로써 미생물 증식을 억제하고 유통기한을 연장한다. 필자 역시 나노셀룰로오스 기반의 항균·기능성 코팅과, CNC를 활용한 피커링 에멀션 형태의 식용 코팅 등을 연구하며 식품안전과 지속가능성을 함께 고려한 소재를 탐색해 왔다. 이러한 능동·지능형 포장 시장은 2025년 약 149억달러 규모로 평가되며 연평균 두 자릿수 성장이 전망될 만큼 산업적 관심도 빠르게 높아지고 있다.

포장이 똑똑해진다 — 지능형 포장과 디지털 전환

차세대 포장의 또 다른 축은 '정보'를 담는 지능형 포장(intelligent packaging)이다. 지능형 포장은 식품의 신선도나 보관 상태를 실시간으로 감지해 소비자와 유통 주체에게 알려 준다. 온도 이력을 보여 주는 시간–온도 이력계(TTI), 부패 시 발생하는 가스나 pH 변화에 반응해 색이 변하는 신선도 지시계(예: 안토시아닌 기반 색 변화 라벨), 그리고 RFID·NFC 태그와 블록체인을 결합한 이력 추적 시스템이 대표적이다.

[그림 2] 능동·지능형 포장 개념도



최근에는 여기에 인공지능(AI)이 결합되면서 포장의 역할이 한층 확장되고 있다. 센서 데이터와 기계학습을 활용해 식품의 잔여 유통기한을 예측하거나 초기 부패를 조기에 감지하는 연구가 대표적이다. 필자의 연구진 또한 다중 오믹스(multi-omics) 데이터와 AI를 접목해 농·축산물의 초기 부패를 조기에 판별하는 기술을 개발하고 있으며, 이는 향후 지능형 포장과 결합될 경우 식품 손실을 줄이고 안전성을 높이는 데 크게 기여할 수 있다. 디지털 전환(DX)과 AI 전환(AX)의 흐름 속에서 포장은 단순한 '용기'를 넘어 식품과 소비자, 공급망을 잇는 정보 매개체로 진화하고 있다.

남은 과제와 향후 발전 방향

이처럼 식품 포장은 규제, 지속가능성, 디지털이라는 세 축을 중심으로 빠르게 재편되고 있다. 그러나 폭넓은 상용화까지는 아직 넘어야 할 과제가 남아 있다.

첫째, 성능과 지속가능성의 균형이다. 특히 나노셀룰로오스를 비롯한 친환경 소재의 고질적 약점인 수분 민감성을 해결하면서도, 다 쓴 뒤 재활용·생분해가 가능하도록 설계해야 한다는 이중 과제가 있다.

둘째, 규모화와 경제성이다. 실험실 수준의 우수한 성능이 대량 생산과 비용 경쟁력으로 이어지도록 공정 기술을 성숙시켜야 한다.

셋째, 안전성 검증과 제도다. 나노소재와 신규 첨가물의 식품으로의 이행(migration)과 안전성을 과학적으로 검증하고, 국내외 규제와 조화를 이루는 것이 필수적이다.

결국 차세대 식품 포장은 소재과학, 식품공학, 디지털 기술이 융합되는 지점에서 완성된다. 식품 부산물을 소재로 되돌리는 순환형 접근, 안전한 배리어·항균 기능, 그리고 신선도를 읽어 내는 지능형·AI 기술이 결합될 때, 포장은 식품안전과 환경 보전, 그리고 식품 손실 저감을 동시에 달성하는 핵심 수단이 될 수 있다. 풍부한 농·식품 부산물과 세계적 수준의 소재·디지털 역량을 갖춘 우리나라에 이러한 전환은 곧 새로운 기회이기도 하다. 규제를 부담이 아닌 혁신의 촉매로 삼아, 더 안전하고 지속가능한 포장으로 나아가는 지혜가 필요한 시점이다.



참고문헌 및 주

1) Regulation (EU) 2025/40 (Packaging and Packaging Waste Regulation, PPWR). 2025년 2월 발효, 2026년 8월 12일 적용. 식품접촉 포장재 PFAS 한곗값: 개별 비고분자 25ppb, 합계 250ppb, 총 불소 50ppm.
2) European Commission, Environment. New EU rules on packaging enter into application (2026).
3) Nanocellulose in food packaging: mechanical strength and barrier performance (review). International Journal of Biological Macromolecules, 2025.
4) Functional multilayer films with nanocellulose core for high-performance oxygen/water vapor barrier packaging. Trends in Food Science & Technology, 2026.
5) Enhancing Barrier and Antioxidant Properties of Nanocellulose Films for Coatings and Active Packaging (review). ACS Applied Nano Materials, 2025.
6) Active & Intelligent Packaging Market (2025 valuation ~USD 14.9 billion). Global Market Insights, 2026.
7) Recent trends and innovations in smart and AI-based food packaging (review). Frontiers in Food Science and Technology, 2025.