

Recent Trends in the Research on Agricultural Packaging

신선 농산물 포장에 관한 연구의 최신 동향

Writer

박형우

한국포장학회 고문/농식품물류학회 부회장

Contents

- I. 서론
- II. 성장하는 HMR산업에 적합한 포장 연구
- III. 농산물의 택배포장에 대한 연구
 - 1. 농산물 완충포장에 관한 실험
 - 2. 미국부산물 바이오매스필름 성형에 관한 실험
- IV. 신선식품의 신선도 유지에 관한 연구
- V. 플라즈마(plasma) 가공에 관한 연구
- VI. 결어

I. 서론

신선 농산물의 포장을 언급하기 전에 농산물을 생산하고 있는 우리 농촌의 실태를 살펴보자. 우리 농업·농촌은 산업구조 변화에 따라 인구 감소, 고령화가 급속히 진전됨과 동시에 시장 개방 확대, 농업경영비 증가 등으로 농가 소득이 지속적으로 감소되고 있다. 2017년 기준으로 농촌인구 비율은 약 17%에 불과하며, 농촌지역 고령화 비율은 2005년 14.7%에서 2010년 20.6%로 상승했고, 국가 전체 GDP 중 농업 GDP의 비중은 2000년 8.7%에서 2012년 2.6%로 감소했으며, 같은 기간 동안 도시 근로자 대비 농가 소득 비율은 80.5%에서 57.5%로 감소하는 등 농가소득 감소 현상이 심화되고 있다.

농업정책 측면에서 규모화 및 전문화를 통한 경쟁력 강화라는 관점에서 대규모 전업농 및 통합마케팅 조직 육성에 주력해왔는데, 이는 도농 간 소득격차와 함께 농업 내부의 계층 간 소득격차 현상으로 이어지고 있다. 통계청 자료에 따르면 농업소득 기준 1분위와 5분위 농가의 소득격차가 2000년에는 7.6배에서 2010년에 11.7배 수준으로 확대된 것으로 나타났다. 농산물 판매금액별 비율에 있어서도 2000년 기준 500만 원 미만 농가 비율은 48.2%, 500~3000만원 45.3%, 3000만 원 이상 6.5%에서 2010년에는 각각 53.1%, 34.0%, 12.9%로 변화하였다. 또한 농업·농촌 자원 활용 서비스산업화 또는 6차 산업화는 농업·농촌의 사회·경제적 문제를 해결하기 위한 수단으로서 농산물 생산과 가공, 농업·농촌의 내부 자원을 활용한 체험, 관광, 외식, 치유 등 서비스 활동의 결합이다. 다시 말해 이는 1·2·3차 산

업의 연계 및 농업·농촌 자원의 서비스 산업화를 통해 새로운 농산업비즈니스 영역을 발굴하여 농가소득 증대뿐만 아니라 농촌지역 활성화라는 사회적 성과까지 창출하고자 하는 일련의 활동을 의미하며 6차산업화를 통한 자원의 효율적 활용, 관련 주체의 기능과 역할 회복, 최적의 자원배분 등 6차산업 주제 내부의 구조적 변화를 도모하는 ‘발전(Development)’이란 관점이 동시에 고려될 때 그 성과가 충분히 창출될 수 있다. 우리보다 농업의 6차산업화 전략을 앞서서 추진한 일본의 경우도 이러한 관점을 반영하여 6차산업화를 ‘농림수산물, 경관, 문화 등 지역자원의 부가가치를 높이고 소비자와 실수요자를 연대하여 농산어촌지역에 보다 많은 수익이 창출되도록 함으로써 소득과 고용을 확보하고 활력 있는 지역사회 구축을 도모하고자 하는 사업추진’이라고 정의(코바야시, 2012)하였다.

이러한 지향성을 고려할 때 농업의 6차산업이 활성화되기 위해서는 6차산업 경영체의 성장전략과 그로 인한 발전전략이 함께 도출되어야 하는 상

황에 있다. 또 진흥청 주도의 스마트팜으로 생성된 고품질 농산물의 포장과 신선도 및 유통기술이 절실한 조건하에서 현재도 생산되고 있는 농산물, 즉 농식품의 판매와 소비문화가 바뀌고 있다. 즉, 우리 소비자들의 소비 행태가 변하고 있다는 것이다. 특히 밤 11시 이전에만 주문하면 다음날 새벽에 집 현관 앞에 배달을 하고 있는 C사와 M사 및 T사 등이 20~30대 소비자들의 소비행태를 변화시키고 있다. 다음에 HMR 식품포장과 이들을 배송할 택배포장 및 소비자 요구에 맞춰 신선도 연장을 위한 포장재 연구들의 동향을 서술하고자 한다.

II. 성장하는 HMR산업에 적합한 포장 연구

국내 HMR(home meal replacement ; 가정간편식) 산업은 연평균 9.7%의 성장률을 기록하며 꾸준히 성장하고 있고, 이 추세에 맞추어 2018년 1월 한국 HMR협회가 농림수산물식품부 산하 법인체로 탄생되었다. 농식품부도 이 협회를 적극 지원하고 있는데 이유 중의 하나로 HMR 식품 제조 시 사용물

량(재료)을 기준으로 국내 식음료 제조업의 전체 국내산 원재료 사용비중 32.2% 대비 HMR산업의 국내산 원재료 사용 비중은 56.9%로 매우 높은 수준으로 나타났기 때문이다.

HMR 식품산업은 식품산업 전체와 비교하여 10인 미만 사업체의 비중이 71.9%로, 비교적 낮게 나타나 규모화가 진전되고 있는 것으로 보이며, 4.9명의 고용계수로 고용창출의 효과 또한 큰 것으로 나타났다. HMR산업의 부가가치율은 42.4%로 식음료 제조업 전체 부가가치율인 32.6%보다 높고 영업이익률 또한 10.5% 수준으로 우리나라 산업별 평균 영업이익률 8.3%보다 높은 수준으로 분석되었다. 그러나 포장 및 저장, 가공기술 개발을 위한 R&D, 소수 생산 대기업의 독과점, 납품 유통업체의 불공정 관행 및 거래, 전문 인력양성, 안정적인 원료수급 확보 어려움 등의 측면에서 문제가 있는 것으로 나타났다.

장기적 관점에서 HMR산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 포장 및 저장, 가공기술의 개발이 이루어져야 한다. 포장 및 저장, 가공기술의 개발은 소비자의 관심이 높은 신선도,

영양 및 맛을 보장할 수 있고, 산업효율화에도 기여할 수 있을 뿐만 아니라 환경 대책의 일환이 될 수도 있으며, 국내 식품산업의 해외 수출시장 개척에도 도움이 될 수 있다.

그러나 영세 식품가공업체가 자체적으로 포장 및 저장, 가공기술을 개발하는 것은 자금이나 인력, R&D 역량 측면에서 한계가 있다. 따라서 유사한 품목을 생산하는 중소기업 간 협력 체계를 구축하거나 식품포장전문가(한국포장학회, 포장기술사 회원 중 식품포장전문가 등)와 식품저장 및 가공전문가(한국식품연구원, 식품제조가공기술사회 등) 등을 R&D 멘토로 위촉하여 기술 개발, 공정 및 설비 개선 등에 기여하도록 함으로써 대기업과 중소기업 간의 동반성장을 유도해야 할 것이다.

HMR 제품은 간편하게 먹을 수 있도록 1차 조리된 제품이 많아 위생에 민감할 수밖에 없으며, 다양한 식재료를 사용하기 때문에 오염의 위험이 높을 수밖에 없다. 국내산 원료 농산물 수급의 불안정과 가격 경쟁력 저하 등으로 수입원료 농산물을 많이 사용하는 국내 HMR 제조업체의 여건을 감안

하여 원산지표시제도나 식품 표시 기준 등의 단계적 강화를 통하여 소비자의 신뢰를 확보할 필요가 있다.

III. 농산물의 택배포장에 대한 연구

농촌으로 이주 시 정부의 각종 지원책으로 귀농귀촌과 청년 창업이 지속적으로 늘고 있으나 이들이 농산물을 생산하는 재배에 뛰어들기보다는 대부분 마케팅 분야에서 일하고 있으며, 그들의 장점 중 하나인 컴퓨터를 잘 활용함으로써 지역에서 생산된 신선농산물과 과일, 채소와 각종 즙류 등을 택배로 판매하고 있는 실정이다. 그러나 택배에 필요한 포장, 즉 어떤 포장재를 어디서 구입해서 어떻게 포장해야 하는지에 대한 정보가 거의 없는 실정이어서 그들을 위한 ‘농식품 포장 가이드북’이 제작돼 제공될 필요가 있다. 우리나라 농식품분야 택배와 수출 포장 연구를 많이 한 김수일 박사의 연구내용을 보면 포장재 시험에서 일반적인 ASTM(American Society for Testing Materials) D4728 시험규정에서 제시하고 있는 수

송경로에 대한 PSD(0.52 Grms)는 국내 택배 유통환경의 PSD(0.63 Grms)에 비해 작은 밀도로 구성되어 국내 택배 유통환경이 매우 열악한 것을 알 수 있었다. 이에 실제 계측된 택배 유통환경에 대한 PSD를 직접 진동시험기에 입력하여 실험하였다.

1. 농산물 완충포장에 관한 실험

충격실험의 경우 포장용기 내부의 완충패드로 사용한 재료는 발포폴리에틸렌으로서 모양에 따라 완충패드와 완충네트로 구분하였다. 사과에 비해 충격에 민감한 배(신고품종)에 골판지완충패드, 플라스틱 완충패드(pad, cup) 및 네트(net)를 구성하여 완충재에 따른 랜덤 및 충격실험을 통한 배의 완충효과를 평가하여 최적의 포장방법을 제시하고자 하였다.

국내 택배 유통환경의 PSD 프로파일을 이용하여 랜덤 진동 실험을 수행하여 포장완충재 종류 및 조합에 따른 배의 진동 및 충격특성을 나타내었다. 각 완충재에 놓인 단일 배에 대한 유통 시뮬레이션 PSD 결과는 단일 배의 경우에는

0.0212~0.0481 G2/Hz, AB골 골판지만 적용하였을 시에 0.0197~0.0426 G2/Hz, AB골 골판지와 컵 완충재를 적용했을 시 0.0079~0.0328 G2/Hz, AB골 골판지와 네트 완충재를 적용했을 시 0.0060~0.0154 G2/Hz 범위로 계측되었으며, A골 골판지 적용하였을 때는 AB골 골판지 적용한 것과 큰 차이는 나타나지 않았다.

충격(shock)시험 결과는 입력 가속도(16G)에 대하여 단일 배의 경우에는 23.1~24.3 G2/Hz, AB골 골판지만 적용하였을 시에 19.2~22.4 G2/Hz, AB골 골판지와 컵 완충재를 적용했을 시 14.7~17.4 G2/Hz, AB골 골판지와 네트 완충재를 적용했을 시 12.3~14.1 G2/Hz 범위로 계측되었다.

A골 골판지를 적용하였을 때는 AB골 골판지를 적용한 것과 큰 차이는 나타나지 않았다. 골판지를 완충패드로 사용할 경우 두께에 따른 큰 차이는 발생하지 않으며, 플라스틱 재료는 완충컵(cushion cup)보다는 완충망(cushion net)을 사용하는 것이 유통 중 발생하는 충격 감소에 유리한 것을 알 수가 있었다.

2. 미곡부산물 바이오매스 필름 성형에 관한 실험

2018년 생활쓰레기 대란 등으로 친환경 포장재에 대한 정부는 물론 소비자들도 관심이 높아진 친환경 필름은 Bio-based plastic film 제조를 위한 미곡부산물 바이오매스 전처리 연구로 미곡부산물 바이오매스의 필름 성형을 위해 회화처리와 화학처리를 통한 탈색 연구를 실시하였다.

회화처리의 경우 700℃이하의 단일 온도에서는 왕겨의 충분한 회화가 이루어지지 않는 것으로 나타났으며 600~800℃의 점진적 온도 상승조건이 적정 회화처리 조건으로 나타났다. 화학적 전처리는 왕겨 셀룰로오스의 강한 결합으로 인하여 다양한 용매의 침지처리에 의한 효과가 나타나지 않았다.

고온·고압 조건(121℃, 1.15MPa)에서 가성소다(NaOH) 처리를 해 왕겨 셀룰로오스 결합을 파괴한 후 H₂O₂ 탈색 복합처리한 것이 가장 우수했다.

항균기능성 무기물은 나노 몬모릴로나이트(Ag-MMT(silver-montmorillonite, nanoclay)의 항균성 및 필름

성형성을 검토하였다.

은 나노 몬모릴로나이트 입자의 표면색은 초기 몬모릴로나이트(MMT) 현탁액의 종류와 질화은(AgNO₃) 첨가량에 따라 남색 또는 갈색으로 다르게 나타났으며, 은 나노 몬모릴로나이트 입자의 항균효과는 시험대상 병원성 균주의 종류와 제조방법과 은 이온(AgNO₃) 첨가량에 따라 달라졌다.

은 치환-천연 MMT의 항균활성은 대장균(E. coli) O157:H7에 더 민감하게 작용하였으며 은 치환-유기화 MMT의 항균활성은 리스테리아 모노사이토게네스(L. monocytogenes)에 더 민감하게 작용하였다. 적절한 알칼리제 처리로 은 나노 몬모릴로나이트 입자의 변색 억제가 가능하며, 이로 인한 항균활성 저하는 없는 것으로 나타났으며 은 나노 몬모릴로나이트 함유 아가(agar) 또는 PE필름 제조 시 고농도 은 이온 처리구에서 다른 양상의 색 변화가 발생하였다.

은 나노 몬모릴로나이트 입자 자체에 비해 성형된 필름의 항균활성은 감소하나 식품 포장재로서의 항균기능성은 충분히 유지 가능하였다. 유기-MMT(Cloisite 30B) 함유 PE

복합필름의 항균효과는 Gram 양성인 리스테리아 모노사이토게네스(L. monocytogenes)에 대해서만 민감하게 작용하였으며, 유기-MMT(Cloisite 30B) 함유 PE 복합필름의 표면 광택도와 기계적 강도가 유의적으로 낮으나 투명도와 투과도는 일반 PE필름에 비해 큰 차이는 없었다.

은-MMT+유기-MMT 함유 PE 복합필름의 항균효과는 유기-MMT 단독처리 필름과 비교하여 기대했던 은-MMT의 부가 효과를 얻을 수 없었으며, 은-MMT+ 유기-MMT 함유 PE 복합필름의 물리적 특성은 첨가된 나노클레이(nanoclays) 농도에 의존적으로 나타났다.

은-MMT+유기-MMT 분말과 열가소성 전분(TPS)을 1:1 또는 1:2로 혼합하여 나노클레이를 첨가한 PE 복합필름의 항균효과는 organo-MMT 단독 또는 Ag-MMT+ organo-MMT 혼합 첨가 필름에 비해 현저하게 더 높게 나타나며, TPS 비율이 1:1인 경우 첨가된 나노클레이 농도의존성이 더 분명하게 나타났다. 나노클레이와 TPS를 혼합 첨가한 PE 복합필름의 물리적 특성은 첨

가된 나노클레이와 TPS 농도에 따라 현저하게 영향 받았다. 왕겨를 이용한 bio-based plastic film 제조 및 물성특성 개선에서 왕겨재를 이용한 필름성형은 왕겨재 함량에 따른 색도 변화를 제외하고 필름성형에는 문제가 나타나지 않았으나, 화학 처리구는 마스터 배치와 필름 성형 시 전처리 왕겨의 입자크기로 인하여 충분한 분산 및 연신이 이루어지지 않았다.

또한 전처리 공정의 복잡성으로 인하여 화학처리를 통한 필름성형은 더 이상 진행하지 않았으며, 모든 필름성형은 회화처리를 통한 왕겨재를 이용하여 실시하였다.

필름 성형성 향상을 위한 입도 미세화 공정과 생분해성 및 항균무기물과의 혼입 향상을 위한 TPS 첨가를 추가하여 필름을 성형하고 물성의 확인 개선을 실시하였다. 왕겨를 이용한 항균기능성 bio-based plastic film 개발 및 실증시험 2회에 걸쳐 9종의 필름을 제조하고 물성결과를 바탕으로 각 성분의 혼합비를 조정하여 항균기능성 bio-based plastic film을 제조하였다.

항균무기물 유기(organo)

MMT 함량이 0.63% 이상에서 리스테리아균의 억제기능의 유의적 차이가 나타나지 않아 무기물 함량을 0.63%로 고정하여 필름을 제조하였다. 물성특성의 경우, 필름 광택도와 투명도는 전처리 왕겨 및 첨가물의 농도에 따라 낮아지는 경향을 나타내었으며, 산소투과도 및 수분투과도는 대조구인 PE와 유사하게 나타났다. 기계적 강도는 대조구인 PE보다 높은 기계적 강도를 나타내는 필름은 없었으나 LLDPE의 함량과 무관한 결과 값을 나타내 각 성분조합에 따른 최적의 배합비가 존재하는 것으로 나타났다.

IV. 신선식품의 신선도 유지에 관한 연구

다음에 우리가 섭취하고 있는 신선식품 자체의 신선도 유지에 대해 살펴보도록 한다.

농산물의 신선도 유지 관련 최근 연구를 보면 강원대 강호민 교수는 신선농산물을 매장 진열대에 진열 시 발생하는 결로 현상 억제와 신선도를 높이고 자 레이저를 이용한 맞춤형 비친공 숨쉬는(breathable) 필름 가공기술을 개발하였는데 티

타늄사파이어 펄초(femto second) 레이저, CO₂ 레이저, UV 레이저 다양한 레이저를 이용한 폴리프로필렌 필름 가공 특성과 레이저 가공 조건에 따른 필름 가공 특성 연구를 진행하여 그 결과 다양한 과채류 품목에 맞춤형 숨쉬는 필름 제작을 위해 공기투과도 조절이 가능하도록 미세 홈의 가공 조건을 변화시켰다. 이를 통하여 작물에 맞는 비천공 숨쉬는 필름을 개발했고, 실제로 상품화에 성공하였다.

그리고 다양한 기능성 포장지로 사용하기 위해 냉장·냉동용, 그리고 전자레인지용 숨쉬는 필름으로 확장하여 개발하였고, 이를 위해 라미네이션 필름(PET+CPP, PET+Al+CPP)의 레이저 가공 특성 연

구를 진행하였다.

이 과정을 통하여 다양한 기능성 숨쉬는 필름 포장지를 개발하였는데, 상추, 쪽파, 고구마 등의 원예작물의 소포장 MAP 기술을 확립했고, 포장형태는 버섯, 간 마늘 등을 제외하고는 유공필름포장이었다.

35개 품목의 저장유통조건별 적정 비천공 숨쉬는 필름을 조사하였는데, 산소통기량(산소투과도와 의미가 상이)이 1,300cc의 경우 마늘(저온), 아워버섯(저온)에 3,000cc 경우는 양상추(신선편이-저온&상온), 청경채(저온)에 5,000cc 경우는 깻잎(저온), 브로콜리(저온), 상추(저온&상온), 단감(저온), 사과(저온), 통통마디(저온)에 7,000cc 경우는 치커리(저온)

가 적합하다. 또 10,000cc 경우는 깻잎(상온), 달래(저온&상온), 돌나물(저온), 베이비채소(저온), 브로콜리(상온), 유채(저온&상온), 청경채(상온), 감귤(저온), 단감(상온), 배(저온), 사과(상온), 자몽(저온), 한라봉(저온), 미니&새송이버섯(저온&상온), 곰취장아찌(저온&상온)에, 20,000cc 경우는 돌나물(상온), 세발나물(저온&상온), 치커리(상온), 감귤(상온), 바나나(상온), 그린&골드키위(저온), 한라봉(상온), 파프리카(저온), 토마토(저온)를 저장하기에 적합하다. 30,000cc 경우는 오렌지(저온&상온), 40,000cc 경우는 새싹채소(저온) 또는 혼합새싹채소(저온), 자몽(상온), 그린&골드키위(상온), 미니파프리카(저온&상온), 토마토(상온)이다. 60,000cc 경우는 배(상온) 저장에 알맞으며, 80,000cc 경우는 신선편이 사과(저온), 알스트로메리아 절화(상온), 시금치(저온&상온), 그리고 100,000cc 경우는 파프리카(상온)를 저장하는데 적합하다.

호흡률과 에틸렌 발생량 등 수확 후 생리특성에 따른 MA저장모델 개발에서는 호흡률은



작물별 또는 저장온도별로 다양하게 분포되어 이를 모델 개발에 적용하였다.

예측모델은 작물의 호흡률과 저장실험을 통해 얻은 각 작물의 저장유통별 최적의 비천공 숨쉬는 필름의 산소투과도 간의 회귀분석을 통해 관계식과 결정계수(r^2)를 조사를 통해 개발하였다.

작물의 형태 및 이용분야별로 크게 과실과 엽경채류 등으로 나누어 계산한 결과, 과실·과채류에서는 회귀식 $y=2535.4x+6047.8$ 이었고, 결정계수(r^2)가 0.4698로 상관관계가 인정되었으며, 엽경채류의 경우에서도 회귀식 $y=438.51x-3231.8$ 에, 결정계수(r^2) 0.5814의 상관관계가 나타났다.

여기에 추가적으로 에틸렌 발생량과 민감도 그리고 이산화탄소, 산소의 허용범위를 감안할 경우 작물의 저장유통온도에서의 호흡률만 계산된다면, 적합한 비천공 숨쉬는 필름 종류의 예상이 가능할 것으로 판단되었다.

비천공 숨쉬는 필름의 농식품 포장재로서의 안정성 검증을 위해 잿빛 곰팡이와 대장균(E.coli)의 필름 투과 여부를 조

사하였다. 잿빛 곰팡이와 대장균 모두 기존의 사용 중인 천공 필름에서는 필름을 투과하여 전염되었으나, 비천공 숨쉬는 필름은 산소투과도가 가장 높은 10만 cc 필름에서도 투과 전염되지 않아 안전한 농산물 유통에 적합한 포장재임이 확인되었다. 식량작물 및 특용작물(산채, 버섯, 약용식물) MAP기술 확립 식량작물의 경우, 비천공 숨쉬는 필름 이용 시 저장물의 지방산가 및 환원당 함량, 발아 등에서 효과가 있었다. 특용작물의 경우, 작물의 크기와 상태에 따라 차이가 있다.

인삼 저장은 10,000~30,000 cc/m²·day의 투과도를 갖는 포장재에서 15℃ 이하로 저장하는 것이 인삼의 품질 유지에 유리하였으며, 느타리버섯 저장은 10,000 cc/m²·day 이하의 투과도를 갖는 포장재에서 10℃ 이하로 저장하는 것이 품질 유지에 유리하였다.

마(산마) 저장은 10,000cc/m²·day 이하의 투과도를 갖는 포장지에서 8~12℃로 저장하는 것이 잔뿌리 발생을 막았으며, 서류의 경우, 고구마 저장은 60,000 cc/m²·day 이상의 투과도를 갖는 포장지가 저장 중 고구마 품질 유지에 유리하

다. 즉 숨쉬는 필름의 시선도 유지 효과가 입증되었다.

V. 플라즈마(plasma) 가공에 관한 연구

플라스틱(plasma) 가공과 가공식품류의 새로운 기술로 사용되기 시작한 플라즈마 처리는 수중에서 플라즈마를 발생하여 과채류 표면에 붙어있는 위해 미생물을 효과적으로 제거하고자 석영관 액체 플라즈마 장치를 제작하였는데, 이는 석영관을 물속에 잠기게 하고, 가스를 통과시키면서 플라즈마 방전이 일어나게 하는 방식이다. 우선 자연적으로 존재하는 오염미생물에 대한 저감효과를 연구한 결과, 5분의 긴 처리시간 후에는 깻잎과 고추에서 1 log CFU/g(10의 1승 즉 10배) 정도의 저감효과가 관찰되었다.

저온플라즈마(Cold plasma)를 이용해 생분해 플라스틱 필름과 가식성 필름의 표면 특성을 변화시킴으로써 생분해성과 물리적 특성을 높여 그들의 친환경 식품 포장재(sustainable packaging material)로서의 적용성을 높이고, 생리활성 물질을 갖는 불용성-난용성 식품

재료의 수성 시스템에서의 분산안정성을 개선해 가공적성을 향상했다. 또한 식품 저해 효소를 불활성화시키는 비열 식품 가공기술을 개발하고, 저온플라즈마로 처리된 포장소재와 생리활성 물질의 안전성을 살펴본 결과 저온플라즈마 처리를 이용한 실용적인 생분해 플라스틱 개발과 저온플라즈마 처리 공정 변수로 플라즈마 형성 가스 종류, 전력, 처리 시간, 압력, 가스 유속을 선정하고 반응표면분석법으로 실험을 계획하여 PLA(poly-lactic acid) 필름과 옥수수기저 PET 용기(corn biomass-containing polyester, CBPE) 필름의 저온플라즈마 처리 최적 공정 변수를 조사하였는데 산소 저온플라즈마 처리는 PLA 필름의 인장 특성과 광학적 특성에는 변화를 주지 않았으면서도 PLA의 최대 단점인 뽀뽀함, 결면 모습, 인쇄적성, 접촉각, 화학적 구조, 무게, 그리고 생분해성에 영향을 주었다. 이로써 기존의 PLA 필름 대신 저온플라즈마 처리된 PLA를 사용하는데 있어서 강도나 유연성 면에서 문제가 없음을 알 수 있었다. 산소 저온플라즈마 처리의 에

칭(etching) 효과에 의해 PLA의 인쇄적성이 향상되고 접촉각이 증가하였다. 저온플라즈마 처리에 의한 작은 분자들의 방출, 에칭, 그리고 생분해성 증가에 의해 저온플라즈마 처리 후 필름의 무게가 감소하는 것을 알 수 있었다. 산소 저온플라즈마 처리 후 PLA 필름 표면에 친수성 작용기가 증가하였고, 이것은 56일 이상 유지되어 식품 포장에 사용되었을 때 유통기간이 두달 정도 되는 식품의 포장에 변화된 특성을 유지하면서 사용될 수 있음을 보여주었다. 산소 저온플라즈마 처리는 PLA 필름의 기본 화학적 구조에는 변형을 주지 않았으면서도 광학적, 열적, 그리고 미생물적 생분해를 가속한다는 것을 알아냈다. 공기 저온플라즈마 처리는 CBPE 필름의 유연성, 수분 방벽 특성, 그리고 인쇄적성을 향상시켰고, 저장 중 CBPE 필름 표면의 조도와 작용기의 양을 증가시켰으며, 인쇄적성, 열분해성, 그리고 미생물 분해성을 향상시켰다. 저온플라즈마 처리를 이용한 실용적인 농산물가공부산물 가식성 필름 개발은 탈지대두박과 탈지겨자씨로 제조한 농

산물가공부산물 기반 가식성 필름에 저온플라즈마 처리를 하여 열역학 특성, 인장 특성, 수분차단 특성, 광학적 특성, 그리고 표면 특성이 향상된 필름을 얻을 수 있었다. 또한 저온플라즈마 처리를 통한 기능기 반응과 에칭은 각각 탈지대두박 필름의 신장성과 인쇄성을 향상시켰고, 표면 거칠기, 인쇄성, 접촉각, 그리고 생분해성을 향상시켰다. 고분자 중합은 유리전이온도를 높이는 반면 산소 유용성은 낮췄다. 산소 저온플라즈마 처리는 탈지겨자씨 필름의 유연성을 향상시켰으며, 헬륨 저온플라즈마 처리는 탈지겨자씨 필름의 유연성과 인쇄적성을 향상시켰다. 아르곤 저온플라즈마 처리는 탈지겨자씨 필름의 유연성을 향상시켰고, 건조 공기 저온플라즈마 처리는 탈지겨자씨 필름의 유연성을 향상시켰다. 더욱이 저온플라즈마 처리는 고분자 연결고리인 염화칼슘이 혼입된 탈지대두박 필름의 인장특성들을 유의적으로 향상시켰다. 최적 조건에서 저온플라즈마 처리된 필름으로 훈제연어(즉석조리식품 모델식품)를 코팅



하고 저장실험을 수행하여 코팅이 연어품질 보존효과에 대한 저온플라즈마 처리에 미치는 영향을 확인하였다. 저온플라즈마 처리된 필름을 이용한 코팅은 연어의 지방산패를 지연시켰고 연어의 경도를 유지시켰다.

저온플라즈마 처리는 또한 가식성 필름의 생분해성을 향상시켰다.

저온플라즈마 처리를 이용한 생리활성 물질의 수성시스템에서의 분산안정성 향상, 백년초와 백년초 추출물의 항산화능력은 각각 750 W에서 10분의 아르곤 저온플라즈마 처리와 750 W에서 40분과 856 W에서 36분의 아르곤 저온플라즈마 처리를 통해 향상되었다.

항산화기능에 손실 없이 수성

시스템에서의 안정성인 용해도와 분산안정성을 가장 많이 증진시킨 백년초 시료와 백년초 추출물 시료에 대한 아르곤 저온플라즈마 처리 최적조건은 각각 856 W에서 36분과 644 W에서 36분이었다.

저온플라즈마 처리를 이용한 효소 활성 저해는 공기 저온플라즈마를 이용하여 감자를 900 W에서 40분간 처리하였을 때 감자에 존재하는 폴리페놀 산화제 (polyphenol oxidase) 효소 활성이 약 70% 저해되었다.

저온플라즈마 처리한 생리활성 물질과 가식성 필름의 독성 안전성 검사를 한 결과 저온플라즈마 처리가 백년초 추출분말과 탈지대두박 필름이 인체에 해로운 물질을 생성시키지 않는다는 것을 확인하였다.

VI. 결어

농식품의 소비행태가 초간편, 즉석식으로 바뀔에 따라 HMR 산업의 급신장과 귀농귀촌 및 청년창업 등으로 택배산업이 증대되며 소비자들은 고품질 안전성 확보 식품과 친환경 포장에 대한 니즈가 증가하고 있는 상황이다.

귀농귀촌 및 청년창업자들이 농산물 생산보다는 대부분 마케팅 분야에 종사하고 있으나 다양한 특성과 생리대사를 갖고 있는 신선농산물과 각종 증류를 택배 시 어떤 포장재를 어디서 구입해서 어떻게 포장해야 하는지에 대해 난감한 실정들이다.

따라서 '농식품 포장 가이드북'을 제작해 공급할 필요가 있다. 여기에는 식품포장전문가, 과일채소 생리 전문가, 택배포장전문가 등이 주도해 수행해야 한다.

아울러 새로 제조된 숨쉬는 필름, 바이오필름의 활용방안에 관한 검토가 필요하며 HMR 육성을 위한 식품포장전문가, 저장가공전문가로 구성된 'HMR 기술지원단' 즉 중기부에서 수행 중인 'SOS 1379'와 같은 지원책 마련이 절실하다. 