

기능성포장재의 Interface 설계

하영선 (대구대학교 식품공학과 교수)

I. 머리말

기능성포장재란 기존의 포장재와 비교해 특히 강화된 특정기능을 보유한 포장재라 할 수 있으며, 각종 film 및 sheet류, plastic성형용기류, 지기(紙器) 및 글판지상자류 등 포장에 이용되는 모든 재료를 포괄하는 것이다.

또한 방습포장, 차단성 포장 등의 특정기능포장과 포장재료와의 관계에 있어서는 포장재료와 포장기계·설비 등의 hardware와 특정포장기법 등의 software가 결합된 고차원적인 포장system이라 할 수 있다.

일반적으로 기능성포장재와 포장기법을 조합하여 활용한 포장을 기능성포장이라 할 수 있다.

기능성포장재(포장)의 역할은 다음과 같다.

- ① 지구환경부하의 경감
- ② 소비자의 High Quality Life화

II. 기능성포장재의 최근 동향

최근의 새로운 포장개념은 다음과 같다.

- ① smart packaging ② super plastics ③ 가식성 film

Rick Lingle은 smart packaging을 다음의 특징 중 한가지 이상을 지니는 포장이라고 정의하였다.

- ① 새로운 화학적, 물리적 특성의 보유 ② 사용할 때 활성화 될수 있는 기능의보유
- ③ 유통기한 연장을 위한 보호기능 ④ 환경보존 기능
- ⑤ 소비자 안전기능의 향상

그리고 가장 영향을 받는 포장분야는 다음과 같다.

- ① 조정·제어 분위기 포장 ② 분해성 포장재 및 포장
- ③ 선택가열 전자레인지 포장재 및 포장

새로운 포장개념의 구체적 예는 다음과 같다.

- ① 탈산소제포장
- ② receptor부착 전자레인지 용기
[PET보다도 내열성이 높은 (260℃ 이상) 새로운 receptor film]
- ③ micro chip 부착 변조방지 포장
- ④ 전자레인지 조사 indicater 포장재(포장)

- ⑤ 가식성 film(pullulan, polysaccharide film 등)
- ⑥ 반응성 film(산소, bacteria 포섭 포장재 등)
- ⑦ 정균화 film(lysozyme이용 film, Ag⁺, hinokiziol 함유 film 등)
- ⑧ 재사용화 receptor 부착 tray(C-PET에 AI분말 연입)
- ⑨ polyethylene-2,6-naphthalene decarboxylate(PEN)
- ⑩ 금속산화물 필착 film(E-B-PVD, PECVD)

이들 신포장(新包裝)의 시장규모는 2000년에는 약 300억 \$에 이를 것으로 예측되고 있다.

한편 Dr Aaron L. Brody는 새로운 포장으로서 active packaging을 제창하고 있다. 그 예로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① ethylene흡수 포장재 및 포장
- ② 살균화 포장
- ③ 효소기능 포장(Phamacal. Ltd. CA가 발표)

(市乳에서의 lactose, cholesterol의 제거, 액체포장식품에서의 용존산소의 효소반응에 의한 제거)

이들 포장재 및 포장은 포장재에 반응물질을 첨가함으로써 반응기능을 부여한 것으로 반응성포장재(反應性包裝材)라 한다.

청과물의 조정·제어 분위기 포장(MA포장, CA포장) film으로서 zeolite 등의 무기계 미세분말을 연입(練込)한 각종 polyolefine film류, hinokiziol 등의 정균·제균 약제를 첨가한 각종 polyolefine film류 등이 시판되고 있다.

물리적기능에 의한 분리막, 역삼투막 등은 이미 잘 알려진 기능성 film인데, 보다 적극적으로 film(포장재)에 효소를 포섭시킴으로써 효소활성film을 만들어 내용물의 생산·가공에 기여하는 효소기능부여 포장재는 전혀 새로운 발상으로서 신포장분야(新包裝分野), 신포장식품(新包裝製品) 등의 개척, 개발에 크게 공헌할 것으로 주목 받고 있다.

III. 고성능화 포장재

지구환경요구에의 가장 쉬운 approach는 포장재의 생자원화(省資源化)이다. 일정한 포장목적을 담당하는데 필요한 포장재의 양을 최소화하는 것이다. 이를 위해서는 우수한 포장설계 기술을 확립해야 하고, 또한 포장재의 고성능화가 필요하다.

이와 같은 관점에서 본 포장재 고성능화의 2~3가지 사례를 소개하면 다음과 같다.

polyolefine film류로서는 산화vinyl 함유율이 4.5%인 EVA와 투명도, stiffness, 인장강도, 파열강도, 충격강도 등 각종 물성(物性)이 동등하거나 초과하는 고분자량 고압법 polyethylene을 Quantum Chemical Corp. U.S.I. Division이 발표했으며, 이 필름은 일반포장 film이나 수축 film으로 사용되고 있다.

이 film은 초저밀도 polyethylene(very low density polyethylene)으로서 종래의 LLDPE(C4)의 약 2배의 dart drop 저항강도, 동등한 Ermendorf 절열저항강도(切裂低抗強度), 보다 유연한 VLD-PE(Higher-Alpha-Olefine Copolymer PE)가 U.C.C사에서

FLEXOMERTM이란 상품명으로 시판되고 있다.

또한 Quantum Chemical Corp. USI Division의 Chun D. Lee 등은 ethylene butene-1·hexene-1의 copolymer, ethylene butene-1·4-methyl-pentene-1의 copolymer 등은 film 물성의 개량효과가 높아 film의 down gauge화에 이용되고 있다고 보고하였다. 또한 J.Volk 등에 의해 LLDPE의 물성개량 즉 충격강도, Ermendorf 절열저항강도의 개량에 styrene·isoprene·styrene block copolymer, EPDM(diene성분 : 1·4-hexadiene) 분산혼합 HDPE의 첨가가 효과적이어서 LLDPE의 down gauge화에 성공하였다고 보고했다.

압출 coating용 polypropyrene 수지로서 새로운 고성능 polypropyrene-homopolymer를 Himont사가 발표했다. 이 수지의 특징은 draw비 100 : 1이상인 경우에도 melt resonance의 발생이 없는 우수한 박육가공성(薄肉加工性)과 66 psi에서 121°C의 내열성이다. 따라서 전자레인지포장, 열전사박리지(熱轉寫剝離紙)의 고내열 용도에 적합한 것으로 보고되었다.

Du Pont Co.에서 신PET수지, 신HMV수지가 시판되었다. 이들 수지는 491°F(255°C)의 용점인 homopolymer와 428°F(220°C)와 446°F(230°C)의 용점을 지닌 copolymer의 3종류의 수지로 점도의 전단속도의존도(煎斷速度依存度)가 높고, melt swell은 LDPE와 비슷하기 때문에 neck in의 감소, 고속가공성, 박육가공성(薄肉加工性)을 실현시킬 수 있으며, 3종류의 grade에 의한 가공적성온도범위의 확대에 의해 내열성이 나쁜 EVOH와 같은 차단성 재료와의 공압출 용도를 실현시킬 수 있는 것으로 알려졌다.

더욱이 공압출 가공적성의 개량은 kraft지에의 7.5 μ m LDPE/접착성수지/17 μ m HMV copolymer 압출coating을 가능케 하고, 이 구성은 25 μ mHMV copolymer PET 단층 coating보다도 flexocrook내성을 약 4배 개량한 것으로 보고되었다. 또한 이 copolymer PET는 과즙포장, 강부향(強賦香)snack대의 비항기성분수착(非香氣成分收着) sealant film으로서 이상적인 film으로 OPP에의 공압출 접착성수지와 seal층 18 μ m의 압출 coating에 의해 copolyester-copolyester seal강도 1.2kg/15mm가 얻어진다.

또한 copolyester을 쉽게 부정형상태(不定形狀態)로 유지할 수 있어서 과즙의 gable top형 carton용도에서 PE에 화염seal할 수가 있다. 이때 seal 강도는 약 0.6kg/15mm인 것으로 확인되었다.

식기(食器)의 고급화에 따라 포장재에의 flavor·aroma의 수착(收着)에 의한 식품의 실향(失香) 및 포장재 이취(異臭)의 내용식품에의 이행(移行)이 문제시되고 있다. 이와 같은 배경에서 비항기성분수착 sealant, 저취화(低臭化)포장재의 개발이 진행되고 있다. 이와 같은 sealant film으로서는 玉poly(株)에서 개발한 polyacrylonitril copolymer film이 시판되고 있으며 최근에는 I cello화학(株)에서 개발한 polyacrylonitril계 copolymer sealant film으로서 차단성 AP, polyester계의 것으로서 차단성 SE가 시판되고 있다. 大日本印刷(株)에서 개발한 polyester계 sealant film, GE사에서 개발한 polycarbonate copolymer sealant film, (株)Kral에서 개발한 EVOH계 sealant film 등이 시판되고 있으며 최근에 보고된 HDPE film의 전자선에 의한 분자가교(分子架橋)는 저수착화(低收着化)에 유용한 것으로 밝혀졌다.

Solo Cups에서 개발한 A-PET는 그 우수한 강도특성으로 항공기의 투명컵용으로 사용되어 온 styrene수지에 비해 50%의 down gauge가 가능하며 A-PET가 비교적 고가

임에도 불구하고 충분히 시장성이 있는 것으로 알려졌다. Sweet hard cup사는 이미 snap부착 투명 덮개용으로 사용되어온 styreneacrylonitril수지를 A-PET로 대체하였으며, crystal PS도 A-PET로 대체하였다. 더욱이 K-resin sheet 전문업체인 Penda사도 A-PET로 대체하였다.

연신 polyester film은 우수한 물성, 저환경부하성(低環境負荷性)을 보유하고 있음에도 불구하고 연신 polypropyrene film, 연신 nylon 6, 및 66 film에 비해 flexocrook내성이 떨어지는 점이 단점으로 나타나 포장용도 확대의 minus요인이 되고 있다. 이 점을 개량한 연구가 Eastman Chemical Div. 의 Randy S. Beavers 등에 의해 보고되었다. 이 보고에 의하면 Eastman's Ecdel polyester elastomer를 공압출한 PET 9693/Ecdel/PET 9693 연신film, PET 9693과 Ecdel과의 blend수지인 연신film은 flexocrook 내성을 크게 개량시킨 것으로 알려졌다.

이와 같은 연신 polyester film의 flexocrook내성의 개량은 그 용도의 확대, 고성능화에 의한 down gauge화도 가능케 하였으며, 특히 이 수지가 지닌 저환경부하성이 환경보존에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.

청과물포장에 있어서 선도보존(鮮度保存) film으로 興人(株)는 LLDPE계 공압출 다층 wrap, stretch film을 시판하고 있다.

이 film은 PVC wrap film에 뒤떨어지지 않는 형상복원탄성(形狀復元彈性)을 지닐 뿐만 아니라 우수한 방습성(防濕性)과 기체투과성을 지녀 청과물의 선도보존에 현재로서는 최적의 특성과 열수축성을 보유한 저환경부하 film이다. 昭和電工(株)은 hinokiziol을 포섭하고, 이의 방출을 sealant 내면에 설계한 공압출 다층필름을 시판하고 있으며, 白石calcium(株)은 조습기능(調濕機能) film(상품명: MC film)을 시판하고 있다.

이 film은 기체투과제어층/흡수층/조습층의 3층 구조로 되어 있으며, 구체적으로는 PE/liner지(흡습재)/다공질film으로 구성되어 있는 두께 80μ (30μ 의 PE film 사용)의 불투명성, HS성, 수분의 흡·방출기능(吸·放出機能)을 지닌 film이다. 또한 ethylene gas의 추숙기능(追熟機能)을 이용한 ethylene gas 발생추숙 pack도 시판되고 있다.

佐佐木化學(株)은 흡습성 plastic pallet를 S Kid란 상품명으로 시판하고 있는데, 이 pallet는 흡습성 식품첨가물용 무기filler와 PE, PP, EVA, PA 등의 열가소성 수지로 되어, 양자를 혼련(混練)하여 pallet상으로 재열형성(再熱性形)할 수 있다.

이 흡습성 pallet는 표준적으로 약 30%의 흡습성 무기filler를 함유하고 있고, 같은 중량의 수분을 흡수할 수 있어 성형·가공 후에도 높은 흡습력(吸濕力)과 보수력(保水力)을 지니며, 공압출 다층film을 가공한 경우에는 다소 백탁(白濁)이 나타나지만 투명성, heat seal성을 그대로 유지하는 것으로 알려졌다. 앞으로 신방습포장재(新防濕包裝材)로서의 용도 전개가 주목되고 있다.

고성능 engineering plastic중 KODAR THERMX Copolyester의 연신film화가 검토되고 있다.

이 수지는 dimethylene telephthalate와 cyclohexane dimethanol을 base로 한 열가소성 수지로서, 결정의 용점 285°C , glass전이점온도(轉移點溫度) 92°C 이다. 이 수지에 의한 연신film은 강도가 3배로 향상되고 내열온도 285°C , 260°C 에서의 저성분추출도(低成分由出度)로서 microwave receptor film으로 적합하며, 또한 이 고내열성과 우수한 저온충격강도는 고온조리·flash 냉동식품 포장에 적합한 것으로 알려졌다.

polyethylene-2,6-naphthalene dicarboxylate film은 (株)帝人에 의해 개발되어 시판되고 있는데 Tm 266°C, Tg 124°C로 PET보다 45°C정도 높고, 120°C까지의 고온충전(hot filling)이 가능하며, H₂O 차단성은 PET의 5배, CO₂ 차단성은 9배이어서 저가격화(低價格化)만 가능하면 급속히 수요가 확대될 것으로 기대되고 있다. 고분자재료에 있어서 Tg의 고온화는 저온에서의 물성변화의 온도의존도를 둔감시키는 효과가 기대된다.

polyphenylene sulfide, polyimide에 대하여 77K에서 S-S cup에 의한 검토가 이루어져, 내열성과 우수한 저온특성을 지닌 것으로 밝혀졌다. 우수한 내열성과 기체차단성을 지닌 액정(液晶)polyester 수지의 이축연신 film화도 검토되고 있다. 이것은 열가소성 polyimide의 강화재(強化材)로서 LCP를 미세복합재료로서 이용한 2축-다축 연신된 취출성형(吹出成形) film으로 film성형의 외부 rotor와 내부 rotor를 counter rotation 시킴으로써 연신가공된다.

기체차단성 포장재의 고성능화는 지속적으로 연구개발이 진행되고 있다. solvent cast film에 있어서 Vermiculate, Mica의 첨가로 기체차단성이 2배이상 향상되었다고 보고되었다.

Bissot는 EVOH에 운모(雲母)를 30% 첨가함으로써 O₂투과도가 1/3로 감소되었다고 보고하였는데, 이 운모(雲母)첨가 성형용 EVOH수지를 Dupont사가 시판하고 있다. SiO_x증착 PET film의 개발은 세계적인 관심을 모으고 있는데, 尾池工業(株)등에서 E·B법 PVD가 개발되어 시판되고 있으며, AIRCO사에서는 PECVD법에 의한 증착(蒸着)이 진행되고 있다. 이 증착막의 품질은 PECVD법에 의한 경우가 착색도와 기체차단성이 우수한 것으로 알려졌다. 그리고 EVALCA사와 大日本印刷(株)에서는 EVOH계 emulsion coating film을 개발하였으며, AQUANOTECHS사에서는 불용성산소 흡수 plastic으로서 <LONG LIFE>system이 시판되고 있다. 이것은 hemoglobin 유사구조를 지닌 기재(基材) plastic의 OH基에 silica를 반응시키고, 여기에 산소흡수 화합물을 결합시킨 것이다.

CMB사는 <OXBAR>system을 발표하였는데, 그 재료는 PET(95~99%), MXD nylon(1~5%), CO₂염(50~200ppm)으로 된 혼합계 plastic재료이다. 이 재료의 shelf life는 38°C에서 약 3개월인 것으로 알려졌다. 東洋製缶(株)은 retort처리 중에 plastic용기에 침입하는 산소를 방어하는 용기<Oxyguard>를 발표했다. 이 용기는 고온·retort 조건에서 탈산소기능을 개시하는 탈산소제와 기체차단성 다층plastic 용기를 결합한 것으로 알려졌다.

IV. 신기능포장재

과학기술의 진보는 신발견, 신발명을 생성하는 아버지이며, 문화의 발전, 사회혁명, 생활수준의 향상은 신발견, 신발명을 창출하는 모태라 할수 있다. 이와 같이 과학·기술과 인간사회의 총괄적인 연관하에서 신제품이 창출된다. 신기능포장재도 이와 같은 과학·기술의 진보와 생활수준의 향상 즉 소비자의 생활변화에 따라서 창출된다.

여기서는 신기능포장재의 주목되는 동향에 대하여서만 간략하게 다루기로 한다.

최근에 주목 받고 있는 대표적인 신기능포장재는 다음과 같다.

- 1) 성분제어방출·용해제어 포장재
- 2) sensor 포장재
- 3) 생분해성/ 생물분괴성 plastic

성분제어방출·용해제어포장재는 공업적으로는 이미 방청(녹슴 방지), 이형(離形), 정균, 살균기능을 부여한 film으로서 시판되고 있다.

이들 포장재의 최근의 특징은 성분효과의 장기보존을 위해 약효주성분의 차단층을 외층으로 설계한 공압출다층film의 이용이다. 또한 천식약(喘息藥)을 심교성형film용기/접착층 구성의 film상 침부약화하고 구성재료를 선택함으로써 성분의 제어방출기능을 부여한 것도 보고되고 있다.

capsule재료에는 젤라틴계 천연고분자재료가 널리 사용되고 있는데, 최근에는 약효를 높이기 위해 성분방출장치(成分放出臟器), 약효시간을 제어하는 cellulose계, 다당류계의 polymer를 이용한 capsule이 개발되어 시판되고 있다.

최근에는 식생활 pattern이 크게 변천됨에 따라 조리식품, 전자레인지 조리식품의 수요가 크게 증가되었으며, 쉽게 부패되는 생선회류 등 생물(生物)의 수요증가가 두드러진 것으로 나타났다.

이와 같은 수요에 부응한 각종 감지기능을 보유한 sensor포장재가 개발되어 시판되고 있다. 예를 들면 전자레인지 조리를 보다 쉽게 하기 위한 시온라벨(示溫 label)이나 시간-온도 적산라벨(積算 label)을 3M사 등이 시판하고 있다.

요냉장식품(要冷藏食品)의 급속한 증가는 식중독사고의 빈발(頻發)을 초래하고 있다.

따라서 미국, 캐나다 등의 선진국가들은 냉장식품류에 대한 위생관리를 법제화하고 있으며, HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point) 신규칙(新規則)이 성립되어 실시되고 있다.

이 규칙에는 냉장보존온도 및 시간의 monitor가 의무화되어 있다. 이와 같은 냉장식품의 품질보존 및 위생관리를 위한 온도-시간 적산label에 대한 수요가 앞으로 크게 증가될 것으로 예측되고 있다.

3M사는 「Monitor Mark」란 상품명으로 3종류의 시간-온도 표시 label을 시판하고 있다. 마찬가지로 I-Point사에서도 효소활성의 온도의존성을 이용한 보존온도관리용 label인 I-Point[●] TTM(Time Temperature Monitor)을 개발했다. 또한 Life Line사에서는 Fresh-Scan(상품명)과 가정용 Fresh Check, 냉동식품용의 FRIGI CONTROL label 등을 개발하여 시판하고 있다.

이와 같은 정보(지능)기능화 된 포장재의 개발이 진전되고 있으며, 형상기억합금, 형상기억 polymer, 광응답 polymer, micro chip 등의 기능성재료의 증기 band포장, 밀봉보증포장, 냉장포장 등에의 활용이 이루어지고 있다.

지구환경보존에 대한 지구규모의 needs는 환경에 의해 진화되는 포장재(환경친화성 포장재)로의 이행을 요구하고 있다. 이와 같은 새로운 needs에 대응하는 포장재의 개발은 세계적으로 활발하게 진전되고 있다. 그 주제는 생분해성·생물분괴성 plastic의 개발이다.

최근의 주요 동향은 전분계 생물분괴성 plastic류로서 60%이상의 생전분 함유

LDPE, PP blend물, 첨가전분의 고온에 의한 caramel화를 방지하기 위해 260°C 이하에서 압출coating 가능한 biodegradable 저온압출 coating용 LDPE(MI=35)가 개발되었다. 첨가전분은 압출시의 가열의 영향을 받아 생전분과 같이 하천에 유출확산(流出擴散)되는 것이 적다.

지방족 polyester계 생물분해 plastic으로서 고분자량 polycaprolactone(열가소성)과 polystyrene 혼합체의 butane발포 PS sheet, 「완전환경조화형」 plastic으로서 polycaprolactone(PCL)과 활석(滑石) 또는 탄산칼슘 등의 천연무기물 고배합(30~70%)plastic 등이 개발되고 있다. 천연-합성 고분자형 생분해성 plastic으로서 polyhydrobutylate(PHB)와 polycaprolactone(PCL)의 blend조성물, 미변성전분(40~80%)과 PCL blend조성물 등이 개발되어 있다. 합성고분자형 생분해성 plastic으로서 방향족-지방족 polyester, 방향족-지방족 polyester 공중합체, polyamide-ester 공중합체 등이 보고되었는데, 이들 수지의 용점은 PCL보다 높고 물성도 우수한 것으로 밝혀졌다. 지방족 copolymer-ester류로서 β -methyl δ -valerolactone lactide 또는 glycoside 의 공중합체인 copolyester, α - ω -alkanedicarbone산과 polyester oligomer(MW 10,000<)축합체인 copolyester ethylene, EO 또는 PO와 같은 환상 ester과 각종 환상 ester과의 개환공중합물(開環共重合物)인 polyester ether, 환상 ester과 환상amide의 개환중합물인 copolyester amide 등이 알려졌다. cellulose·kitosan계 film, kitosan·cellulose 발포제, 일산화탄소와 formaldehyde로 부터의 polyglycoside의 직접 합성, 일산화탄소 이용 poly 3-hydroxybutylate의 합성, 활성오니로부터의 poly 3-hydroxybutylate, poly 3-hydroxyalkanoate 등에 관한 연구가 보고되고 있다. 또한 미생물 이용에 의한 polyester로서 ICI사의 Bipol이 화장품용기로서 실용화되었다.

경제성을 고려하여 주목되고 있는 재료는 cellulose계 biomass의 열가소성수지화이다. 이미 커피 껍질을 이용한 benzine화 cellulose 등이 보고되어 있으며 앞으로의 동향이 주목된다.

V. 맺음말

포장에 이용되는 재료는 biomass에서 microchip까지 매우 다양하고 광범위하다. 앞으로 과학·기술이 진보됨에 따라 더욱 더 다양화될 것으로 예측된다.

한편 지구환경문제가 매우 심각하게 됨에 따라 환경부하경감을 위한 신속한 대응이 포장재의 개발에서 반드시 고려해야 할 중대한 point로 더욱 더 부각될 것이며, 포장재의 개발과 생산에 있어서 중대한 해결과제이다.

참고문헌

1. 永田 政令 : 機能性包裝材の食品包裝への應用展開, PACKPIA 1991/11(1991)
2. 濱口 啓一 : 機能性包裝材の最近動向, PACKPIA 1991/11(1991)

3. 吉原 和雄：機能性包装材, PACKPIA 1993/2(1993)
4. 猪狩 恭一郎：バリア-包装材料の現状と将来-日欧米の市場と新しい技術動向-,PACKPIA 1993/2(1993)
5. 濱口 啓一：二一 ズの方向とシーズの動向, PACKPIA 1993/7(1993)
6. H. Rorcinio：New Horizons in packaging Materials, Prepared Foods (U.S.A) 163(6)164~165, 168(1994)
7. 齋藤 義行：食品用フィルムの高圧処理による影響と高圧処理適性静菌剤の探索, 食品と容器 Vol 35, No7 (1994)
8. 鎌田 宇：電子レンジ非加熱包材, PACKPIA 1995/2(1995)