

지능형 식품포장 및 유통

- 산소, 이산화탄소, 에틸렌가스, 수분, 냄새 제거제 및 방출제

Active Food Packaging and Distribution

- O₂, CO₂, Ethylene Gas, Moisture and Odor Scavenger and Emitter

강혜진, 이윤정, 김성진, 한재준*
Hye-Jin Kang, Yun-Jeong Lee, Sungjin Kim, Jaejoon Han*

성균관대학교 식품생명공학과
Department of Food Science and Biotechnology,
Sungkyunkwan University

I. 서론

전통적인 식품 포장소재인 패시브 배리어제(passive barrier)의 도입에 의한 플라스틱 패키징은 내용물을 보호하고, 미생물, 산소, 빛, 벌레 및 각종 화학 물질과 기타 동물류 등의 외부 인자로부터 식품을 보호하여, 궁극적으로는 식품의 유통기간 연장 및 품질유지라는 목적을 지녀왔다. 이는 20~30년간에 걸쳐 소비자용 식품포장 전달에 공헌하여 식품포장산업 발전에 큰 영향력을 행사하였다. 그러나 21세기 소비자들의 생활패턴 변화와 소득의 증대로 인하여 식생활은 과거와 달리 양보다 질과 맛을 중요시하는 고품질 소비 시대로 변모되고 있다. 또한 주변 과학 기술의 발전으로 전자 상거래가 증가하였으며, 웰빙(well-being)을 선호하는 사회현상이 나타나고 있다.

식품에는 농수산물, 축산물 등의 1차 상품과 그 가공

식품 등이 있는데, 이러한 식품들의 신선도 유지와 보관 및 수명연장을 위한 기술 개발은 매우 중요한 전략으로 평가되고 있다. 이에 상응하는 주요 포장 기술로서 ‘액티브 패키징(active packaging)’을 들 수 있다.

최근에는 저장학적 의미의 기능성 식품포장 이외에 소비자의 편리성, 품질관리의 용이성, 그리고 환경 보존의 개념이 추가되어 이들 기능과 융합된 새로운 액티브 패키징에 대한 요구가 증가하고 있다. 여기서 ‘액티브(active)’란 말이 담고 있는 의미는 이러한 패키징 시스템이 포장재 내·외부의 환경변화와 상호작용하여 능동적으로 반응함으로써 식품의 보존에 있어 긍정적인 역할을 수행함을 뜻한다(1).

이러한 액티브 패키징은 산소 제거제, 이산화탄소 제거제 및 방출제, 수분 제거제, 에틸렌 제거제, 풍미 부여제, 에탄올 방출제, 향미생물제 방출제 등을 포함하며(2), 그 대표적인 예는 다음의 <표 1>(3) 과 같다.

Corresponding author: Jaejoon Han
Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University
300 Cheoncheon-dong, Jangan-gu, Suwon 440-746, Korea
Tel: +82-31-290-7803
Fax: +82-31-290-7882
email: han2009@skku.edu

표 1. 액티브 패키징의 예

Type of active packaging system	Substances used and mode of action	Food application
Oxygen scavengers	<Enzymatic systems> 1. Glucose oxidase-glucose 2. Alcohol oxidase-ethanol vapor <Chemical systems> 1. Powdered iron oxide 2. Catechol 3. Ferrous carbonate 4. Iron-sulfur 5. Sulfite salt-copper sulfate 6. Ascorbate-metallic salt	Bread, cakes, cooked rice, biscuits, pizza, pasta, cheese, cured meats, cured fish, coffee, snack foods, dried foods and beverages
Carbon dioxide scavengers/emitters	1. Iron oxide-calcium hydroxide 2. Ferrous carbonate-metal halide 3. Calcium oxide-activated charcoal 4. Ascorbate-sodium bicarbonate	Coffee, fresh meats, fresh fish, nuts, other snack food products and sponge
Ethylene scavengers	1. Potassium permanganate 2. Activated carbon 3. Activated clays	Fruits, vegetables and other horticultural products
Ethanol emitters	1. Alcohol spray 2. Encapsulated ethanol	Pizza crusts, cakes, bread, biscuits, fish and bakery products
Moisture absorbers	1. PVA blanket 2. Activated clays/minerals 3. Silica gel 4. Propylene glycol 5. Polyvinyl alcohol	Fish, meats, poultry, snack foods, sandwiches, fruits and vegetables
Flavor/odor absorbers	1. Cellulose triacetate 2. Acetylated paper 3. Citric acid 4. Ferrous salt/ascorbate 5. Activated carbon / clays / zeolites	Fruit juices, fried snack foods, fish, cereals, poultry, dairy products and fruits

출처 : Ozdemir M, Floros JD. 2004. (3).

II. 액티브 패키징의 범위

1. 제거 및 흡수 패키징 기술

포장재 내에 삽입 또는 위치한 제거제(scavenger) 혹은 흡수제(absorber)가 포장 내부의 산소, 이산화탄소, 수분, 에틸렌 가스 등 제품의 품질에 부정적인 영

향을 미치는 물질을 흡착하여 제품의 보관수명을 연장하는 기술을 말한다.

2. 방출 패키징 기술

제거 및 흡수 패키징과는 반대로 방출제(emitter)가 이산화탄소나 에탄올과 같이 항균성을 지닌 제재나, 보관 및 유통과정에서 생기는 제품 향미의 손상을 보충하기 위한 물질을 방출시켜 제품의 품질을 유지하고 보관수명을 연장하는 기술을 말한다.

3. 가스 투과도 조절 패키징 기술

산소나 수분의 적절한 투과도(transmission rate or permeability)를 유지시켜 포장 시스템 내의 식품에 필요한 가스 조성을 만들어 줌으로써 식품의 보관수명을 연장하는 기술을 말한다(4).

III. 액티브 패키징과 다른 패키징 방법과의 비교

I. 액티브 패키징과 패시브 패키징

액티브 패키징과 대조되는 개념인 기존의 PVDC(polyvinylidene chloride), EVOH(ethylene vinyl alcohol), MXD-6 나일론 등으로 대표되는 가

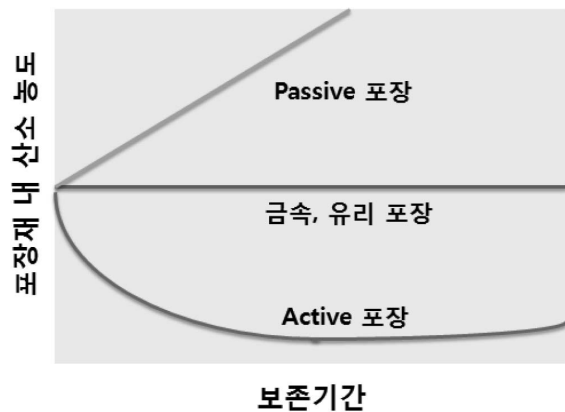


그림 1. 산소 흡수 액티브 패키징의 개념도
출처 : Kim JN, Lee YS. 2006. (4)

스 배리어성 수지가 ‘패시브 배리어제(passive barrier)’ 혹은 ‘물리적 배리어제(physical barrier)’라고 불리는 것에 비해, 액티브 패키징은 주로 화학 반응에 의해 산소나 알데히드 등의 품질 저해물질을 포착하여 제거한다는 점에서 ‘화학적 배리어제(chemical barrier)’라고 불린다(5). <그림 1>(4)의 예를 통해 패시브 패키징과 액티브 패키징의 개념적 차이를 좀 더 명확히 할 수 있다.

<그림 1>은 산소 흡수 액티브 패키징의 개념도를 나타낸 것이다. 이를 통해 알 수 있듯이, 패시브 패키징 소재인 PVCD나 EVOH 등은 비교적 산소 차단성이 우수한 소재임에도 불구하고 외부로부터 유입되는 산소를 완전히 차단하지는 못하며, 내부에 존재하는 잔존 산소를 제거하지도 못하므로 결과적으로 패키징 내부의 산소는 증가한다. 또한 PVCD나 EVOH 소재를 적용한 패시브 패키징은 습도가 낮은 조건에서는 산소 차단성이 우수하지만, 고온 다습한 조건에서는 그 물성이 급격히 떨어져 고온 살균이 필요한 식품에 있어서는 그 기능이 현저히 저하된다는 단점이 있다(6). 반면에 금속이나 유리 포장재는 외부로부터의 산소 투과도가 0(zero)이기 때문에 산소 농도의 변화가 없다. 따라서 이들은 패시브 패키징 소재에 비하면 식품 포장에 좀 더 적합한 물성을 갖고 있다고 할 수 있지만, 이 같은 소재로 식품을 포장할 경우 제조원가 상승, 중량 및 부피의 증가에서 오는 운송비 상승, 운송 과정에서의 파손 우려 등 여러 가지 문제점이 발생한다.

그러나 산소 흡수 액티브 포장재는 외부로부터 투과되는 산소는 물론 포장재 내부에 존재하고 있던 산소도 흡수할 수 있으므로 보존기간 동안 패키징 내부의 산소 농도를 낮게 유지시킬 수 있다.

2. 액티브 패키징과 인텔리전트 패키징

액티브 패키징은 종종 ‘인텔리전트 패키징(intelligent packaging)’ 혹은 ‘스마트 패키징(smart packaging)’과 혼동되어 사용되지만 이 둘은 동의어가 아니다(7-8). 액티브 패키징이 식품 품질의 저하 요인을 제거하거나, 식품 내·외부의 환경변화를 감지하여 이러한 변화가 식품의 품질을 악화시키지 않도록 변화



그림 2. 인텔리전트 패키징의 예



출처 : Ingenious Label Design Ensures Food Safety - PSFK. (10).

의 정도를 완화시키는 작용을 하는 것에 비해 인텔리전트 패키징은 포장된 식품의 현재 상태에 관한 정보를 제공해주는 역할을 한다. 인텔리전트 패키징은 제품의 흐름을 용이하게 파악할 수 있도록 하는 바코드(bar code)나, 주로 주류 제품에서 제품의 온도를 알 수 있도록 해주는 태그(tag), 제품 내의 기체를 감지하는 색소 등을 포함한다(7-9) (그림 2)(10).

IV. 액티브 패키징의 종류

1. 산소 제거제

식품 패키징 내에 존재하는 산소는 호기성(aerobic) 미생물의 증식 인자로 작용하며, 이미 또는 이취를 발생시키고 색을 변화시키거나 영양적 가치의 손실을 가져오는 등 제품의 유통기한을 감소시키는 주요 요인으로 작용한다. 따라서 패키징 내부의 산소농도를 조절함으로써 제품의 이러한 품질악화와 부패를 막을 수 있다.

전형적인 산소 흡수 시스템은 크게 철(Fe)의 산화작용(oxidation)에 의한 방법과 효소의 산화작용을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 철가루를 이용하는 경우 철가루가 들어있는 ‘사체(sachet)’라는 작은 주머니를 패키징에 포함시키는데(그림 3)(11), 이 때 철이 산화철로 산화되면서 포장 내부의 산소를 제거하는 작용을 한다. 사체는 기본적으로 산소에 대해 투과성이 좋은 소재로 만들어지며, 때로는 수분 투과성도 있는 소재를 사용해서 수분이 철의 산화반응 과정을 촉진하도록 하기도 한다. 철의 산화작용을 이용한 산소 흡수

시스템은 온도의 영향을 비교적 적게 받으므로 냉장 및 냉동식품이나 전자레인지 사용해서 조리해야 하는 식품 등 넓은 범위의 제품에 적용할 수 있다는 장점이 있다(3). 이러한 산소 흡수 시스템은 기존의 진공포장이나 기체 충전법의 대안으로서 제품 품질향상과 유통기한 연장에 기여할 것으로 생각되며, 경제적으로도 포장비의 절감 및 이익 증대 등의 효과를 가져올 것으로 기대된다.

봉입용 탈산소제(oxygen scavenger)를 사용한 실제 예로, 높은 가스 차단성(high gas barrier) 용기가 있다. 이는 레토르트 식품 등과 같은 높은 가스 차단성이 요구되는 조리 식품의 포장용으로서, 현재 다층성형 용기인 ‘라미콘 컵’ (일본 도요우제관) 등에서 과일, 젤리 등의 디저트 식품, 된장, 그리고 즉석 쌀밥 등의 전자레인지 식품용기로 이용하고 있다(12).



그림 3. 사체

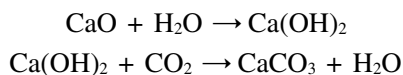
출처 : Packaging solutions (11)

또한 효소를 산소 제거제로서 작용하게 하는 방법이 있다. 이 방법은 산소 제거제로 사용되는 효소의 가격 때문에 철을 이용한 방법에 비해 비용이 많이 든다. 또한 효소의 산화작용은 온도, pH, 수분활성도 등에 민감하고 사체 내부의 용매나 기질의 종류에도 영향을 받기 때문에 그 사용범위가 매우 제한적이다.

이 밖에도 산소흡수 필름을 이용한 시스템을 이용하기도 하는데, Cryovac사의 산소흡수 필름(OS필름)이 Nestle사의 Buitoni 브랜드인 프레쉬 파스타용으로 플라스틱 용기의 투명한 뚜껑재로 사용되기 시작하였다. 이는 Active Pack 2002 회의에서 산소흡수 필름 시스템이 파스타 내의 효모균이나 곰팡이의 증식을 억제하고 유통기간이 50% 연장되었고, 특히 소형 패키징 기준에서 패시브 배리어 패키징과 비교하여도 경제성이 우수하다고 발표하였으며, 파스타 이외에도 각종 조리가 끝난 식품, 치즈, 커피 등에 실용화를 추진하고 있다. 또한 일본의 경우, 환원철(reduced iron)의 미분(powder)과 산화촉매(oxidation catalyst)를 플라스틱 기본 레진(plastic base resin)에 넣은 산소흡수제가 도요우제관, 미츠비시 가스화학, 에이스패키징 등의 제조사에서 시판되어 무균 쌀밥 트레이, 레토르트 죽 등에 사용되어 그 맛의 개선에 영향을 미쳤다는 효과가 보고되고 있다. 해외에서의 유사기술의 개발 또는 사용 예는 아직 이른 듯 하나 레토르트 식품 시장의 본격적인 막이 열린 지금, 이에 대한 미국에서의 관심 역시 상당히 높다(12).

2. 이산화탄소 제거제/방출제

커피를 포장할 경우에는 이산화탄소 기체의 생성이 문제가 된다. 로스팅(roasting)한 커피에서는 이산화탄소가 발생하는데 이 때문에 커피를 보관하는 과정에서 커피를 담아 둔 캔이나 알루미늄 호일 파우치와 같은 포장용기가 터질 우려가 있다. 이 때 포장용기에 산화칼슘과 함께 실리카겔(silica gel)과 같은 흡습제를 넣어주면 다음의 과정을 통해 포장 내의 이산화탄소가 제거된다(3).



이와는 반대로, 높은 농도의 이산화탄소가 포장 내에 존재할 경우 식육 제품 표면에서의 미생물의 생장을 저해하며 과채류의 호흡률을 낮춰 이들이 과도하게 숙성되는 것을 방지한다. 한편 이산화탄소는 산소에 비해 주요 식품 포장용 필름에 대한 투과성이 높기 때문에 포장 내부에 존재하는 이산화탄소가 포장 외부로 유출되는 속도는 산소보다 빠르다(3). 결과적으로, 보관기간이 늘어남에 따라 포장 내부의 산소 농도는 증가하고 이산화탄소의 농도는 감소한다. 따라서 이산화탄소 방출제를 사용할 경우에는 이산화탄소 방출제와 함께 산소 제거제를 함께 사용하는 것이 좋다.

3. 에틸렌 제거제

에틸렌(ethylene)은 식물 성장 자극 호르몬의 일종으로 과채류의 호흡률을 증가시키고 성숙을 촉진하며, 잎채소에 함유된 엽록소의 분해를 가속화하는 물질이다(13). 따라서 에틸렌의 적절한 작용은 과채류의 맛을 좋게 하지만 이러한 작용이 과도할 경우 제품의 노화가 일어나 유통기한이 짧아진다는 단점이 있다. 에틸렌 제거제를 사용하면 이러한 과채류의 노화를 지연시킬 수 있다.

가장 널리 알려진 에틸렌 흡수 시스템은 과망간산칼륨과 이산화규소를 이용한 것이다(14). 이산화규소가 에틸렌을 흡수하면 과망간산칼륨은 흡수된 에틸렌을 에틸렌글리콜로 산화시킨다. 또 다른 시스템으로는 제올라이트와 과망간산칼륨을 이용한 것이 있는데, 이 시스템은 에틸렌 외에도 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등의 유기화합물을 흡착하는 능력이 있다(2, 13, 15).

4. 에탄올 방출제

제과 및 제빵 제품류의 표면에 에탄올(ethanol)을 분사하면 곰팡이의 생육이 억제되어 제품의 유통기한을 늘릴 수 있는데, 이러한 에탄올의 특성을 이용하여 에탄올 방출 사체나 필름을 만들 수 있다(2).

사체 속의 에탄올은 운반 물질에 의해 캡슐화(encapsulation)되어 있는데 이 때 에탄올의 방출 속도는 사체를 구성하는 성분의 수분 투과성에 의해 결정된다.

운반 물질이 사체 내부로 유입된 수분을 흡수하면서 수분과 에탄올의 교환이 일어나 운반 물질에 흡수된 수분의 양에 비례해서 에탄올이 방출되기 때문이다. 에탄올 방출 사체의 효과는 운반 물질의 종류와 크기, 운반 물질에 캡슐화 되어있는 에탄올의 양, 사체의 소재, 식품의 수분활성도 등 다양한 요인에 따라 달라진다. 한편, 이러한 에탄올 방출 사체에 향기 성분을 첨가하면 방출되는 에탄올에 의한 알코올의 이취를 마스킹(masking) 할 수 있다(15).

필름 형태의 에탄올 방출 시스템은 방출을 효과적으로 조절하기가 어렵기 때문에 사체 형태만큼 널리 사용되지는 못하고 있다. 에탄올 방출 필름에서는 에탄올이 쉽게 빠져나가지 못하도록 이를 붙잡고 있는 층과, 방출 자체를 조절할 수 있는 층이 필요한데 이것은 필름의 제조비를 증가시킨다.

한편 에탄올 방출 시스템에 있어서는 이렇게 방출된 에탄올이 식품에 흡수될 수 있다는 점이 가장 큰 문제로 지적된다. 가열 또는 전자레인지 조리가 필요한 식품의 경우 조리 과정에서 대부분의 에탄올이 제거되지만 가열 과정이 필요 없는 식품에는 여전히 에탄올이 잔존하며, 그 양이 적지 않다고 판단될 때에는 이에 관한 독성 테스트가 필요하다(3).

5. 아세트알데히드 흡수제

아세트알데히드(acetaldehyde)는 일반적으로 과일 속에 함유되어 있는 성분이지만 PET (polyethylene terephthalate) 수지의 용융 중에 발생하기도 한다. PET 병 제조의 전 단계에서 플라스틱 패리슨(parison)을 제조할 때에 폴리에스테르 수지가 가수분해하면서 아주 미량의 아세트알데히드가 발생하는데, 이때 발생하는 아세트알데히드 양은 보통 10~15ppm으로 낮은 수준이다. 하지만 이렇게 낮은 농도의 아세트알데히드 만으로도 PET 병 측벽에서 병 속 물이나 탄산음료로 이행되어 맛을 열화 시키기 때문에 문제가 되고 있다. 그러나 Active Pack 2003에서 미국의 Color Matrix 사는 엔슬러닐아마이드라는 아세트알데히드 흡수제를 패리슨 사출 성형 시에 PET 수지 중으로 100~500 ppm 정도의 적당량을 첨가하는 것으로 아세트알데히

드 농도 수준을 70~80% 감소할 수 있다고 발표하였으며(12), 국내의 경우 일부 생수 용기 소재에 사용하고 있다.

6. 수분 제거제

식품 포장 내의 과도한 수분을 조절하는 것은 미생물의 생육을 억제하거나 식품 포장 필름에 김이 서리는 것을 방지하는데 있어서 매우 중요하다. 일반적으로 식품 포장 내의 수분은 과채류의 호흡에 의해서 발생하거나, 식육제품의 보관온도가 달라짐에 따라 상대 습도에 변화가 생겨 육류의 조직에 있던 수분이 응결되면서 생겨난다(16). 이러한 수분의 발생은 각종 미생물의 생장을 촉진하고 이는 결과적으로 제품의 품질 손상과 유통기한의 감소를 가져온다. 실리카겔, 산화칼슘, 염화칼슘과 변성전분 등의 수분 제거제를 사용해 이와 같은 현상이 일어나는 것을 방지할 수 있으며, 그 중에서도 실리카겔은 독성 및 부식성이 없기 때문에 가장 널리 사용되고 있는 소재이다(2).

일반적으로 칩, 견과류, 향신료, 비스킷, 크래커, 인스턴트커피와 같이 수분 함량을 낮게 유지해야 하는 제품의 경우에는 패키징 내에 사체 형태의 수분 제거제를 동봉하며, 식육 제품이나 어패류의 경우에는 이러한 방법과 함께 수분 흡수층이 포함된 적층 필름으로 제품을 포장하는 방법이 사용되기도 한다. 또한 피자 같은 냉동식품을 전자레인지에서 조리를 할 수 있는 전자레인지용 필름에 수증기를 제거하는 제거제를 필름에 증착시킨 패키징 방법도 있다. 이 필름은 저주파 오븐에서 식품의 조리가 가능하며, 가열되었을 때 식품에서 생기는 수증기(김)를 제거할 수 있는 필름이다(12). 이 때 사용되는 수분 흡수층은 폴리에스테르 그래프트 공중합체, 폴리우레탄 수지, 아크릴 수지, 비닐 수지 등으로 구성되어 있다.

7. 풍미 및 냄새 부여제/흡수제

식품 포장재 중 일부는 식품에서 풍미(flavor)를 부여하는 성분과 결합함으로써 식품 품질의 저하를 가져올 수 있으며, 제품을 가공하는 과정 중에서도 높은

열 등에 의해 식품의 풍미가 손실될 수 있다. 따라서 이렇게 손실된 풍미 성분을 보충하기 위한 포장 시스템이 필요한데, 풍미의 손실이 포장재에 기인한 것일 경우 앞서 살펴 본 산소 제거제나 이산화탄소 제거제와 같이 지속적으로 유효 성분이 작용하는 시스템은 상당히 비효율적이다. 특히 풍미의 경우, 제품의 포장을 열었을 때 처음 맡는 냄새가 그 제품에 대한 소비자의 인상에 큰 영향을 주므로, 포장을 개봉함과 동시에 풍미 성분이 방출되는 포장 시스템을 적용하는 것이 바람직하다(17).

식품 내의 이미 또는 이취 등은 주로 산소에 의한 지방 산패와 그에 의한 알데히드 생성, 어육 단백질이 분해되면서 생성되는 아민류에서 기인하는데, 냄새 흡수제는 이러한 포장 내부의 바람직하지 못한 냄새를 제거하는 역할을 한다(2).

V. 국내 기술 현황

식품산업에 있어 포장기술의 위치는 날로 발전하고 있으며, 우리나라의 액티브 패키징 기술의 세부항목별 성장률은 <표 2, 그림 4>와 같다. 그러나 액티브 패키징 시스템 기술개발을 위한 정부차원의 지원은 미미한 실정이다. 포장기술에 대한 정부의 지원은 1970년도부터 이루어져 비교적 오래되었으나, 사회와 환경변화에 맞는 기술개발에 대한 지원은 체계, 내용, 규모 등에서 선진국이나 다른 경쟁국에 비해 상대적으로 미흡하다. 때문에 우리나라는 상대적으로 포장 기술에 관한 연구와 기초 기술 지식이 부족한 실정이다(4). 반면, 선진국들은 액티브 패키징에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 예로서 1990년대에 일본의 도요우 제관사에서 환원철을 소재로 한 옥시가드(Oxyguard) 트레이 및 필름을 개발한 것을 들 수 있다. 그것이 토대가 되어 현재에는 무균밥, 젤리, 콘스프 등의 식품포장과 더 나아가 주름개선제, 수액백(fluid transfusion bag) 외과우치 등의 다양한 분야에 이용되고 있다. 또한 미국과 유럽 등에서는 Heinz사의 레토르트 식품, Cryovac사의 유기계 산소흡수 필름의 개발로 파스타 제품 등 다양한 제품들이 상품화 되어 있으며, 이 밖에도 맥주, 주스 등 다양한 식품에도 이용되고 있다.

표 2. 액티브 패키징 세부기술별 성장률 (2001~2006) (단위: %)

세부기술	CAGR
산성도 제어장치	58.5%
제거 & 흡수제	38.0%
가스투과제	27.2%
건조제	14.9%
에틸렌 흡수제	14.9%
산소제거제	12.2%
향균제	미확인
향취제	미확인

¹⁾CAGR (Compound Annual Growth Rate): 연평균성장률
출처 : Kim JN, Lee YS. 2006. (4).

이와 달리 국내의 현재 액티브 패키징 시스템 기술은 포장 및 용기 그 자체가 열화 요인들을 줄이거나 영향을 최소화하여 제품의 가치를 생산 초기 수준에 가깝게 유지하는 정도에 중점을 두고 있는 실정이다. <표 3>에서 나타내듯이 선진국과 우리나라의 기술 격차는 평균 9년이며, 선진국 대비 우리나라의 기술수준은 약 40% 정도로 평가되고 있다. 국내에서 주로 이용하는 포장 방법인 내용물의 품질 보존과 유통기한의 연장을 위한 멸균과 살균 기술만으로는 상품화에 한계가 있다. 따라서 포장 소재로부터 부가 기능을 접목시킨 ‘액티브 패키징’ 제품의 상품화 연구가 신속히 진행되어야 한다(6).

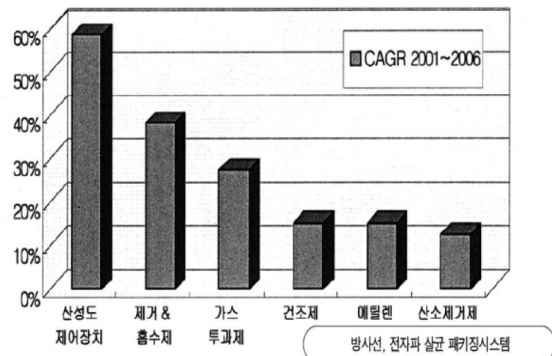


그림 4. 액티브 패키징 시스템 구성

출처 : Kim JN, Lee YS. 2006. (4).

VI. 해외 개발 현황

액티브 패키징의 가장 대표적인 형태이며 가장 많은 개발이 이루어진 산소 흡수 패키징의 경우를 살펴보자면, 산소 흡수성 포장재에 대한 개념 자체는 이미 오래 전부터 있었던 것으로 보인다. 그러나 실용 단계에서의 산소 흡수성 포장재의 개발은, 미국 캔(can) 제조사의 적층 필름 사이에 파라디움 촉매를 끼워 포장 시스템 내에 질소와 수소 혼합가스를 봉입하여 잔존 산소와 수소를 반응시켜 제거하는 ‘라미플렉스’가 최초이다.

그 후 얼마간 산소흡수 포장재에 대한 개발이 진행되지 않았으나, 1989년, 미국 아크아노틱스사는 ‘LONGLIFE’라는 코발트계 유기금속착체를 실리카 단체에 고정화 한 타입의 탈산소제를 발표하였다. 유리병용 캡의 라이너(cap liner)로, 병맥주의 용존산소를 감소시키는데 효과가 있다고 알려져 있으며, 그 후 ‘SMART CAP’이라는 산소 흡수성 캡라이너를 캡 메이커인 자파타사와 공동으로 개발하여 미국 쉐라네바다빌사의 맥주병 왕관에도 적용하였다. 또한 프랑스의 CMB 사에서도 1990년에 ‘OX-BAR’ 시스템을 개발하였다. 나프텐산 코발트의 촉매기능에 의한 MXD-6 나일론의 산화반응을 이용한 것으로 음료용 PET 병으로서 검토되었으나 블랜딩 시스템이기 때문에 투명성이 나빠져 실용화되지 않았다.

일본의 경우, 적용사례가 많은 봉입용 탈산소제는 이

미 각사에서 특허를 냈으나, 실용화가 진행되고 있는 것은 ‘옥시가드’ (도요우제관) 뿐이다. 미국에서도 이와 같은 타입인 환원철 시스템의 탈산소제인 ‘Fresh-Pax’ (Multisorb Technologies Inc.)가 개발되었으며, 이를 이용한 환원철 시스템의 산소흡수 제품을 이용하여 최근 산소흡수제를 코팅한 산소흡수 필름인 ‘SLF 필름’도 개발하고 있다.

최근 미국에서 산소흡수성 용기의 개발과 실용화가 급속히 진행되고 있다. 맥주 회사인 밀러사는 CPT사의 5층 PET 시스템 산소흡수성 병에 충전한 맥주를 출시하였다. 이 병은 위에서 언급한 ‘OX-BAR’의 기술과 비슷하여 MXD-6 나일론에 코발트염의 산화촉매를 섞은 산소흡수제를 가진 타입이며, ‘OX-BAR’의 단점인 투명성도 개선되었다.

그 밖에도 폴리에스테르계 용기에 적용 가능하도록 개발된 BP Amoco사의 ‘Amosorb 3000’이 있다. 이 탈산소제는 폴리에스테르와 폴리부타디엔의 공중합체 (co-polymer)로써 폴리에스테르계 다층 음료병이나 입구가 넓은 식품용 병에 쓰인다. 또한 최근 Cadillac Products사와 공동으로 레토르트용, 비레토르트용, 냉동식품용 유연(flexible) 포장재에 적용할 산소흡수제의 개발도 진행중이다.

Cryovac사는 공압출 필름용 산소흡수성 재료 ‘OS 1000’을 개발하여 샘플을 제공 하고 있다. 이 ‘OS 1000’은 불포화 2중결합을 갖는 폴리올레핀에 코발트염과 벤조페논계 자외선 증감제를 첨가한 것으로, 자

표 3. 미래 예측 패키징 기술 분야의 국내 역량 인식

미래예측 핵심 패키징 시스템	기술범위	기술분야	선진국 기술대비 국내수준(%)	기술격차 (년)
Active/Passive 패키징 시스템	• Scavengers of absorber(흡착제) • Emitters[Active agent(방출)] 패키징 기술 • Control of gas permeation	소재기술 -흡착방출제 기술 -포장소재 기술	40	8
		설계기술 -패키징 융합	25	10
		가공기술	50	8
		상품화기술	30	8

출처 : Kim JN, Lee YS. 2006. (4).

외선 조사에 의해 산소흡수 기능이 발현된다. 또한 W.R. 그레이스사 산하의 Darex Container Products 사에서는 ‘Dana Fresh’의 개량 타입을 출시하여 맥주 용 왕관 라이너로 사용하고 있으며, 크라레의 협력을 얻어 개발한 ‘DarEval’은 에틸렌계 불포화 2중결합을 갖는 폴리머와 EVOH를 조합한 타입으로, EVOH를 사용함으로써 탄산가스 역시 차단 가능하다.

Chevron Phillips Chemical에서는 ‘OSP System’이라는 산소흡수 포장재를 개발하였다. 이 시스템의 산소흡수제는 아크릴계 수지인 에틸렌-메틸 아크릴레이트-시크로헥산-메틸아크릴레이트(EMCM) 수지에 코발트염과 광증감제를 섞은 계통으로, 투명하고 산화 반응에 의한 분해 생성물이 생성되지 않는다. 이것은 필름, 코팅제, 블로우(blow) 성형용기에 적용 가능하다(18).

Ⅶ. 미래에 대한 전망

<표 4>의 액티브 패키징의 SWOT분석에 의하면 오늘날 소비자들은 대형마트에서 대량으로 제품을 구매하거나 인터넷 쇼핑 등의 소비패턴의 형태를 지니고 있다. 이에 따라 신선도 유지 및 제품의 유통기한이 연장되는 것을 원하고 있다. 액티브 패키징 중 하나인 가스, 수분 및 냄새 제거제 및 방출제는 식품의 부패를 방지하여 소비자들의 신뢰를 높이고, 부패, 변질로 인한 손실을 줄일 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 이러한 형태의 액티브 패키징 기술은 기초연구 단계

에서 상품화까지 오랜 시간이 걸리고, 효과에 비해 가격이 높아, 전체적으로 경제성이 떨어진다. 또한 농수산 축산가의 액티브 패키징에 대한 기술지식이 부족하고 이에 관한 연구가 매우 취약한 상태이므로, 이를 보완하는 방향으로 연구를 진행시켜야 한다.

액티브 패키징은 환경에 대한 법적 규제도 강화되고 정책적인 대책이 없어 혼란이 예상되는 분야이나, 미개발 분야이며 식품에 전반적으로 적용할 수 있는 범위가 넓으므로 발전 가능성이 돋보인다(4).

Ⅷ. 결론

패키징 기술은 물류산업과 수출산업의 경쟁력을 향상시키는데 큰 기여를 하고 있으며, 미래 첨단기술과의 융합을 통한 고부가가치 창출을 기대할 수 있는 분야이다(19). 액티브 패키징 중 하나인 각종 가스, 수분 및 냄새 제거제 및 방출제는 내적 요인이나 외적 요인의 영향을 최소화하여 내용물의 품질 보존과 유통기한의 연장에 크게 기여하여, 소비자들의 급속도로 변화하는 라이프스타일의 대응책으로서 떠오르고 있다(20). 이는 향후 각 나라의 식품 포장계에서 그 발전 속도가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 각각의 강점을 살리고 약점을 보완하여 식품뿐만 아니라 화장품, 제약, 의약품 등 다양한 분야로의 확대가 기대된다.

표 4. 액티브 패키징의 SWOT 분석

S (strength)	W (weakness)
<ul style="list-style-type: none"> · 소비자들의 소비패턴의 변화 (예: 대형마트에서 대량으로 제품구매)로 인해 신선도 유지 및 제품의 Shelf-life 연장 요구 · 제품의 부패를 방지하여 소비자들의 신뢰도를 높임 · 부패, 변질로 인한 손실을 줄일 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 액티브 패키징의 효과에 비해 코스트가 높다 · 기초연구단계에서 상품화까지 매우 시간이 걸림 · 농수산 축산가의 액티브 패키징에 대한 기술지식이 거의 없음
O (opportunity)	T (threat)
<ul style="list-style-type: none"> · 미개발 분야임 · 적용범위가 넓음 (식품에 전반적으로 적용가능) 	<ul style="list-style-type: none"> · 환경에 대한 법적 규제 · 정책적인 대책이 없어 혼란이 예상됨

출처 : Kim JN, Lee YS. 2006. (4).

참고문헌

1. Broody AL, Strupinsky ER, Kline LR. Active packaging for food applications. Lancaster: Technomic Publishing Co. PA. USA (2001)
2. Rooney ML. Active food packaging. London: Blackie (2005)
3. Ozdemir M, Floros JD. Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44: 185-193 (2004)
4. Kim JN, Lee YS. Current technology trends on active packaging. *Journal of Korea Society of Packaging Science & Technology*. 12: 13-20 (2006)
5. Lubuza TP. Active packaging for high quality prepared cuisine. University of Minnesota (1994)
6. Kim MI. Active packaging for oxygen absorption. *The Monthly Packaging World*. 156: 61-65 (2006)
7. Day BPF. Active packaging - A fresh approach. *J. Brand Technol*. 1: 32-41 (2001)
8. Summers L. Intelligent packaging. London: Centre for Exploitation of Science and Technology (1992)
9. Day BPF. Intelligent packaging of Foods. *New Technologies Bulletin No. 10*. Campden & Chorleywood Food Research Association Group, Chipping Campden, 1-7 (1994)
10. Ingenious Label Design Ensures Food Safety - PSFK <http://www.psfk.com/2009/09/ingenious-label-design-ensures-food-safety.html>
11. Packaging solutions on <http://nooxidation.com/products/>
12. Brody AL. Active packaging becomes more active food technology December. 59: 82-84 (2005)
13. Abeles FB, Morgan PW, Saltveit ME. Ethylene in plant biology. London: Academic Press (1992)
14. Smith JS. Food Processing: Principles and applications. 1st ed. Iowa: Blackwell Publishing. 125-126 (2004)
15. Lubuza TP, Breene WM. Applications of active packaging for improvement of shelflife and nutritional quality of fresh of fresh and extended shelf life foods. *J. FoodProcess Preserve*. 13: 1-69 (1989)
16. Rooney ML. Active packaging in polymer films. In: *Active Food Packaging*. 74-110 ed. Lancaster: Rooney, M. L. Blackie Academic and Professional (1995)
17. Broody AL. Flavor, flavor everywhere-but in packaging? *Cereal Food World*. 37: 834-835 (1992)
18. Tadahiko K. Recent trends of gas-barrier and active packaging. *Journal of Packaging Science & Technology, Japan*. 11: 11-23 (2002)
19. 양효석, 김병찬, 김현수, 장태우. 포장용기의 국내 기술수준 및 SWOT 분석을 통한 대응방안 제시. *한국산업경영시스템학회 춘계학술대회 논문집*. 113-120 (2009)
20. Dainelli D, Gontard N, Spyropoulos D, Beuken EZ, Tobback P. Active and intelligent food packaging : legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*. 19: S103-S112 (2008)