

## 식품용 가스 및 수분 제거 활성포장 사용 및 법정 규정에 대한 현황

김도원<sup>1</sup> · 오제민<sup>2</sup> · 이순호<sup>3</sup> · 김현아<sup>3</sup> · 황정분<sup>3</sup> · 고성혁<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>강릉원주대학교 생명과학대학 식품가공유통학과

<sup>2</sup>동국대학교 융합에너지신소재공학과

<sup>3</sup>식품의약품안전평가원 식품위해평가부 첨가물포장과

<sup>4</sup>연세대학교 패키징및물류학과

## Current Status of Legal Regulations Regarding Gas- and Moisture-removing Active Packaging for Food: A Review

Dowan Kim<sup>1</sup>, Jae-Min Oh<sup>2</sup>, Soonho Lee<sup>3</sup>, Hyun-Ah Kim<sup>3</sup>, Joungboon Hwang<sup>3</sup>, and Seonghyuk Ko<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Processing & Distribution, College of Life Science, Gangneung-Wonju National University, 25457, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Energy and Materials Engineering, Dongguk University-Seoul, 04620, Republic of Korea

<sup>3</sup>Food Additives and Packaging Division, Food Safety Evaluation Department, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, 28159, Republic of Korea

<sup>4</sup>Department of Packaging and Logistics, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea

**Abstract** Due to the increasing consumer demands for the safety, shelf life, and quality of food, the application and development of active packaging in the food and packaging industry have been improved. According to the standards and specifications of the Republic of Korea for utensils, containers, and packages, the function of active packaging is to remove or alleviate factors that degrade food quality. Although extensive reviews regarding the development and commercialization of active packaging have been conducted, the legal regulations and safety assessments concerning active packaging have rarely been examined. This review provides information regarding the definition, structure, components, operational mechanisms, and applications for active packaging that actively removes oxygen, moisture, carbon dioxide, and ethylene. Furthermore, the legal regulations and research results related to the development of test methods for safety assessments of active packaging are investigated.

**Keywords** Active packaging, Oxygen scavenger, CO<sub>2</sub> absorber, Ethylene scavenger, Moisture absorber, Legal regulation

## 서 론

포장 (Packaging)은 식품공급체인(Food supply chain) 내에서 식품을 물리적, 화학적, 미생물학적으로 보호하고 소비자가 식품을 안전하고 편리하게 사용할 수 있는 역할을 하고 있다<sup>1-3</sup>). 식품 내 부정적인 영향을 미치는 환경적 요인을 수동적으로 차단(Passive barrier)한다는 관점에서, 이

를 수동형 포장(Passive packaging)이라고 한다. 하지만, 식품공급체인 내에서 수분의 응축, 산화, 미생물의 성장 등과 같은 요인을 수동형 포장만으로 대응하여 식품의 품질을 유지하는 것과 보관 수명을 연장시키는데 한계가 있다<sup>1-3</sup>). 이러한 수동형 포장의 제한된 성능을 해결하기 위하여 활성포장시스템(Active packaging system)이라는 개념이 도입되어 국내외적으로 다양한 연구, 개발 및 상용화가 진행되고 있으며, 이와 동시에 활성포장관리에 대한 법제화와 안전성 시험방법 정립을 위한 프로젝트가 진행되고 있다<sup>1-7</sup>).

유럽연합에서는 활성포장에 대한 정의 및 관리 규정이 European Framework Regulation (EC) 1935/2004와 (EC) 450/2009에 정립되었고, 해당 규정에 따라 관리되고 있다.

\*Corresponding Author: Seonghyuk Ko  
Department of Packaging and Logistics, Yonsei University, 1 Yon-seidaegil, Wonju-si, Gangwon-do 26493, Korea  
Tel: +82-33-760-2299  
E-mail: s.ko@yonsei.ac.kr

규정에 따르면 활성포장은 유통기한을 연장시키거나 포장된 식품의 상태를 향상시키거나 유지하기 위한 물질과 제 품으로 정의하고 있다<sup>4,5)</sup>. 이는 포장된 식품 또는 식품 주변 환경으로 활성물질(Active components)을 방출하거나 또는 식품에서 생성되는 가스, 물 등과 같은 성분을 흡수하도록 설계된다고 정의하고 있다. 활성포장은 포장 내 포함되어 있는 ① 활성물질이 식품 내에서 발생하는 물질을 흡수·제거하는 활성제거시스템(Active scavenging system), ② 항균포장의 하나로써 식품과 포장재 내 활성물질을 헤드스페이스로 방출하는 활성방출시스템(Active releasing system)과 ③ 항균물질이 식품과 직접 접촉하여 미생물에 대한 영향을 감소시키는 접촉식 항균포장으로 구분할 수 있으며, 이를 Table 1에 정리하였다<sup>1-3)</sup>.

국내외 선행연구들에서는 항균포장, 산소제거제(Oxygen scavenger), 이산화탄소 흡수제(Carbon dioxide absorber), 에틸렌제거제(Ethylene scavenger), 수분제거제(Moisture absorber)등의 활성포장 연구개발 동향과 상용화 현황에 대한 총설은 널리 진행되었다<sup>1-3,6,7)</sup>. 하지만, 활성포장에 대한

관리 규정과 안전성 평가를 위한 시험법 정립 관련한 연구 동향에 대한 총설은 미비하였다. 본 연구에서는 국내에서 주로 사용되는 가스 및 수분 제거를 위한 활성포장의 종류와 메커니즘, 개발 및 상용화 현황에 대하여 조사하고, 특히 국내외 가스 및 수분 제거용 활성포장의 관리 규정과 안전성 평가 및 시험법 정립을 위한 연구동향 등을 조사하였다.

## 활성포장재의 상용화 및 연구현황

### 1. 산소제거제

식품포장 내 존재하는 산소는 대부분의 식품에서 호기성 미생물의 성장, 지방 산화, 효소적 갈변, 영양소 감소 등의 현상을 야기해 보관 수명과 품질에 부정적인 영향을 준다<sup>2,8)</sup>. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 산소제거제를 식품포장에 적용하고 있다. 산소제거제는 식품포장 내 존재하고 있는 산소를 제거하는 역할과 외부 산소의 유입을 방지하는 활성산소 배리어(Active oxygen barrier)의 역할을 한다. 산소 제거 원리는 주로 화학적 반응에 의해 일어난다.

**Table 1.** Types, definitions and role of general active packaging used in food industry

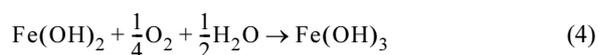
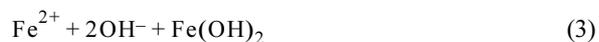
Type of active packaging		Definition and role	Application form	Active components
Active scavenging system	Oxygen scavenger	Extend shelf-life by removing the residual oxygen in package that affect the microbial growth, lipid oxidation and enzymatic browning reaction	Sachet, label, liner in cap, polymer composites	Iron, Iron/calcium hydroxide, sulfite salt, ascorbic acid, glucose oxidase, alcohol oxidase and cobalt carboxylic acid salt
	Carbon dioxide absorber	Prevent the expansion in package by removing CO <sub>2</sub> generated during fermentation and inhibit browning reaction	Sachet	Calcium hydroxide, sodium carbonate, activated carbon and zeolite
	Moisture absorber	Control the excess water accumulation that affect the texture change, microbial and mold growth	Sachet, Absorbent pad, composite film	Silica gel, super absorbent polymer based on polyacrylates and starch/carboxymethyl cellulose
	Ethylene scavenger	Inhibit the ripening process by removing the ethylene	Sachet	Potassium manganite, Clays, zeolites
Antimicrobial packaging	Active releasing system	Inhibit the growth of microbial and mold	Sachet, pad	Ethanol, SO <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub>
	Contact system		Film, tray, bottle	Silver, zinc oxide, copper oxide

**Table 2.** Oxygen scavengers used in the Korean food industry

Type of food		Potential benefit	Application form	Active components	Packaging structure
Dry food	Snack foods, agricultural processed products, beef jerkey	Prevention of rancidity, discoloration, mold growth and texture change	Sachet	Iron	PET/ Active component/ Nonwoven material / Perforated PE
Chilled foods with high moisture	Rice cake of Tteokbokki, fish cake, noodle, sausage and breads	Prevention of oxidation and mold growth	Sachet	Iron	PET/ Active component/ Nonwoven material / Tyvek <sup>®</sup> or perforated PE

Table 1과 Table 2에서 정리한 바와 같이 산소제거제의 포장 형태는 상업적으로 사체(Sachet)형태가 널리 사용되고 일부 라벨, 필름, 병뚜껍의 라이너 등으로 적용되고 있으며, 활성물질은 철(Iron), 아스코르브산(Ascorbic acid) 등이 있다.

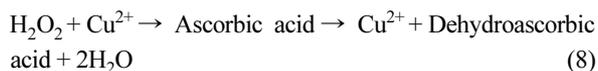
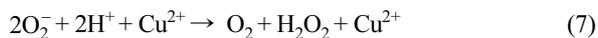
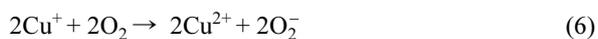
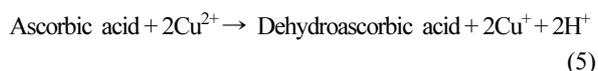
철을 이용한 산소 제거 메커니즘은 철이 수분이 존재하는 환경에서 산소와 반응하여 제거하게 되며, 식 (1)~(4)와 같은 메커니즘으로 진행된다<sup>8)</sup>. 상업적으로 활용되고 있는 철 기반의 사체형 산소제거제는 자체 반응형(Self reacting type)과 수분 의존형(Moisture-dependent type), 필름 및 용기형 등으로 구분할 수 있다<sup>8-11)</sup>. 자체반응형 사체형 산소제거제의 경우 사체 내 활성물질로서 철과 실리카겔이 혼합되어 있으며, 실리카겔은 자체적으로 수분을 보유하고 있어 철의 산소 제거를 위한 트리거(Trigger)로서 역할을 하고 있다. 산소 투과가 용이한 타공 및 다공성 구조를 보유한 사체 내부로 산소가 유입되면, 유입된 산소와 철/실리카겔 간 화학적 반응에 의해 산소를 제거하기 시작한다. 수분 의존형 사체형 산소제거제의 경우 사체 내 활성물질로서 철이 단독으로 혼입되어 있으며, 식품에서 포장으로 수분이 증발하게 되고, 타공 및 다공성 구조인 사체가 포장 내 산소와 접촉하게 되면 산소를 제거한다<sup>8-10)</sup>. 따라서, 상대적으로 고수분함량을 보유한 식품에 사용되고 있다.



필름 및 용기형 산소제거제의 경우 다층 구조 내 한 층을 철 기반의 산소흡수층으로 구성하여 포장 내 산소와 외부로부터 산소의 유입을 방지하는 활성산소제거제 및 활성

산소배리어의 역할을 하고 있다. 필름형 산소제거제의 경우 고온 충전과 레토르트 처리가 필요한 액상 제품에 적용되고 있으며, 용기형 산소제거제의 경우 건강보조식품 및 의약품에 적용되고 있다<sup>12)</sup>. 하지만, 철 기반의 사체형 산소제거제의 경우 전자레인지 사용과 식품 내 이물 검출을 위한 금속탐지기와 X선 검사기와 함께 사용하지 못하는 단점이 있다<sup>11)</sup>.

이러한 문제를 해결하기 위하여 아스코르브산을 활용한 산소제거제에 대한 연구가 널리 진행되고 있다. 아스코르브산을 이용한 산소 제거는 식 (5)~(8)과 같은 과정으로 아스코르브산이 디하이드로아스코르브산(Dehydroascorbic acid)으로 산화하는 메커니즘에 기반을 두고 있다<sup>8,11,13)</sup>. 아스코르브산 단독에 의한 산소 제거 속도는 산소 농도에 의존하기 때문에 매우 느리지만, 구리와 철 등과 같은 촉매를 함께 사용하는 경우에는 산소 제거 속도를 가속화시킨다고 보고되고 있다<sup>8,13)</sup>.



## 2. 이산화탄소제거제

이산화탄소는 육류 또는 가공류 내 미생물과 곰팡이의 성장을 방지하거나, 과채류의 호흡을 억제하여 식품의 보관수명을 연장시키는데 긍정적인 역할을 한다. 또한, 이산화탄소는 낮은 온도에서 식품에 쉽게 용해되어 탄산의 청량감과 풍미를 소비자에게 제공한다<sup>14-17)</sup>. 하지만, 김치, 요거트와 같은 발효식품과 커피의 경우, 저장기간동안 발효 및 화학적

Table 3. Carbon dioxide absorbers used in Korean food industry

Type of food		Potential benefit	Application form	Active components	Packaging structure
Dry food	Coffee	Prevent the expansion in package by removing CO <sub>2</sub> generated during mail-lard and strecker reaction and inhibit oxidation	Sachet	Calcium hydroxide, Iron	PET/ Active component/ Nonwoven material / Tyvek <sup>®</sup>
Fermentation liquid food	Gochujang, Fermented soybean paste	Prevention of expansion in package originating from CO <sub>2</sub> and oxidation	Sachet	Iron, Iron/Calcium hydroxide	PET/ Active component/ Nonwoven material / Tyvek <sup>®</sup>
	Kimchi	Prevent the expansion in package by removing CO <sub>2</sub> generated during fermentation	Sache	Calcium hydroxide	PET/ Active component/ Nonwoven material / Tyvek <sup>®</sup>

반응에 의해 포장 내 이산화탄소의 농도가 지속적으로 증가하게 되며 이로 인해 포장 부피의 팽창과 파손을 야기할 수 있다<sup>14,17</sup>. 또한, 과채류 내 허용범위보다 높은 이산화탄소 농도가 존재하면 갈변 또는 이취를 야기한다. 식품포장 내에서 이산화탄소 농도는 식품의 종류와 특성에 따라 긍정적인 영향 또는 부정적인 영향을 줄 수 있기 때문에 식품포장 내 이산화탄소 농도는 적절히 유지되어야 한다<sup>14,15</sup>. 이러한 관점에서 이산화탄소 제거제가 식품포장에 널리 사용되고 있다. Table 3에서 정리한 바와 같이, 사체형 이산화탄소 제거제가 상업적으로 널리 사용되고 있으며, 필름, 용기 등으로 적용 가능성을 확인하는 연구도 진행되고 있다. 대부분의 활성물질은 수산화칼슘(Calcium hydroxide, Ca(OH)<sub>2</sub>) 이 사용되고 있으며, 복합형 산소 및 이산화탄소 제거제로서 수산화칼슘과 철을 혼합하여 사용되고 있다. 일부 선행연구에서는 활성물질로서 탄산나트륨(Sodium carbonate)<sup>17</sup>, 활성탄(Activated carbon)과 제올라이트(Zeolite)<sup>18</sup> 등의 사용 가능성을 확인하는 연구가 진행되었다. 수산화칼슘을 이용한 이산화탄소의 제거는 식 (9)~(13)과 같은 메커니즘으로 진행되며, Ca(OH)<sub>2</sub>는 물이 존재하는 조건에서 OH<sup>-</sup>와 Ca<sup>2+</sup>를 형성하며, 형성된 OH<sup>-</sup>는 CO<sub>2</sub>와 반응하여 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>를 제거하게 되며, 최종적으로 CaCO<sub>3</sub>와 물을 형성하게 된다<sup>8</sup>.



### 3. 수분제거제

식품내 수분의 손실 또는 획득은 냉동화상, 비효소적 갈변, 미생물의 성장, 조직감, 맛과 향 같은 식품의 품질과 안전에 영향을 주는 중요한 요인이다<sup>2,19,20</sup>. 껌, 과자, 김 등의 건조식품의 경우에는 수분의 손실과 획득에 따라 눅눅해지거나 취성 증가와 같은 조직감 변화와 외관 변화를 야기한다<sup>2,19</sup>. Table 4와 같이 건조 식품의 경우 포장 내 수분 함량을 조절하기 위한 목적으로 실리카겔, 제올라이트 등을 주요 활성물질로써 사용하고 있다. 또한, 활성물질을 PET/타공PET, 종이 등으로 구성된 파우치에 혼합한 후 사체 형태로 제조하여 식품포장으로 적용하고 있다. 또한, 소고기, 돼지고기, 닭, 오징어, 고등어, 과일 등과 같은 고수분 함유 식품포장 내 수분의 응축은 외관 손상과 미생물 성장을 가속화시켜 식품의 품질에 부정적인 영향을 미친다. 따라서 고수분 함유 식품의 경우 포장 내 수분이 응축되는 것을 방지하기 위하여 3중 구조 (타공 PE층/수분 흡수층(셀룰로오스+고흡수성 고분자/다공성 PE부직포층)의 패드 형태로 제조하여 파우치 또는 트레이 내 첨가되어 사용되고 있다<sup>1,6,20</sup>. Commission Regulation (EC) No 450/2009에 대한 EU가이드라인에 따르면, 활성물질이 포함되지 않고 100% 셀룰로오스로만 구성된 수분패드도 활성포장으로 고려되지 않을 수 있다고 보고하고 있다<sup>21</sup>.

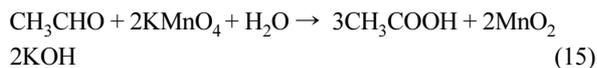
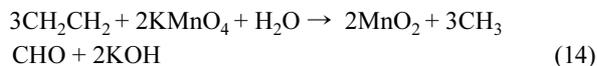
### 4. 에틸렌제거제

에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)은 과채류의 성숙과 노화 촉진에 관여하는 성장 자극 호르몬이다. 과채류의 호흡이 증가하게 되면 포장 내 에틸렌 가스 농도가 증가하게 되는데, 이는 잎이 많은 과채류의 엽록소 분해, 과일의 연화를 촉진시킨다. 따라서, 과채류의 품질과 보관 수명을 조절하기 하기 위해서 포장 내 에틸렌의 농도를 조절하는 것이 필요하다<sup>2,22-24</sup>. 에틸렌농도를 조절하는 방법으로 저온 저장, 가스환경조절, 1-

**Table 4.** Moisture absorbers and ethylene scavengers used in the Korean food industry

Type of food		Potential benefit	Application form	Active components	Packaging structure	
Moisture absorber	Dry food	Chewing gum	Prevent the texture change by controlling the moisture contents	Sachet	Silica gel	Cellulose / Active component/ Cellulose
		Snack foods, Seasoned laver	Maintain the crispness	Sachet	Silica gel	PET/ Active component/ Perforated PET
	Chilled foods with high moisture	Beef, pork, chicken, squid, Mackerel	Inhibit the microbial and mold growth by preventing the excess water accumulation in the package	Moisture absorbing pad	Cellulose, Super absorbent polymer	Nonwoven PE / Cellulose + super absorbent polymer / Perforated PE
Ethylene scavenger	Fruit	Apricot, grape, peach	Extend the shelf-life by slowing down the ripening process and respiration rate by removing the ethylene	Sachet	KMnO <sub>4</sub>	PET/ Active component/ Nonwoven material/ Perforated PE

Methylcyclopropene(1-MCP) 처리와 에틸렌제거제 사용 등이 상업적으로 널리 사용되고 있다<sup>22-28</sup>). 이중, 에틸렌제거제는 사체와 필름 내 활성물질을 혼합하여 적용하고 있으며 여기에 사용되는 활성물질은 물리적 방법과 화학적 방법에 의해 선택할 수 있다. 물리적 방법에 의한 에틸렌 제거에 사용되는 활성물질로서 다공성 구조를 가진 클레이(Clays: sepiolite clay, bentonite)<sup>22,25,26</sup>), 제올라이트<sup>22,27</sup>) 등이 사용되고 있다. 하지만, 이러한 물리적 흡착 방법에 사용되는 다공성 물질은 에틸렌을 분해하는 것이 아니라 다공성 구조 내 에틸렌을 단순히 흡착한다는 점에서 에틸렌 제거에 한계가 있다<sup>28,29</sup>). 화학적 방법에 의한 에틸렌 제거에 사용되는 활성물질로서 과망간산칼륨(Potassium manganite,  $\text{KMnO}_4$ )이 높은 산화력을 보유하고 있어 상업적으로 널리 사용되고 있다. 과망간산칼륨을 이용한 에틸렌의 제거는 식(14)~(17)과 같은 메커니즘으로 진행된다<sup>22,28</sup>).  $\text{KMnO}_4$ 는 과채류의 호흡과 증산작용에 의해 생성되는 물에 의해 반응이 시작되며,  $\text{KMnO}_4$ 의 색이 보라색에서 갈색 또는 검은색으로 변하게 된다. 최종반응결과로서 에틸렌이 산화되면서 물과 이산화탄소를 생성하게 되고,  $\text{KMnO}_4$ 로부터  $\text{MnO}_2$ 와  $\text{KOH}$ 가 생성된다.



$\text{KMnO}_4$ 의 경우 독성이 있기 때문에 식품과 직접 접촉하여 사용하지 않고 사체 내 혼합하여 사용되지만, 사체의 다공성 표면으로부터  $\text{KMnO}_4$ 가 용출되어 식품으로 전이될 가능성이 있기 때문에 이에 대한 관리가 필요하다<sup>2,28,29</sup>).

## 국내외 가스 및 수분제거 활성포장 관리 규정 및 기준

활성포장은 소비자에게 식품에 대한 품질 향상 및 안전성을 제공하기 때문에 널리 사용되고 있다. 하지만, 사체, 필름, 용기, 패드 등과 같은 활성포장으로부터 활성물질이 식품으로 전이되는 문제와 전이된 활성물질이 소비자의 건강, 식품의 관능적 특성에 미치는 영향에 대한 고려가 필요하다. 이러한 관점에서 국내외에서 활성포장에 대한 관리 규정이 정립되고 있으며, 또한 활성포장 관리를 위한 시험

법 정립에 관한 연구가 진행되고 있다.

### 1. 국내 관리 규정 및 기준

식품공전 제2.2.23)과 기구 및 용기포장 공전 II.1.나.3)에 활성포장과 활성물질에 대한 관리 규정이 제시되어 있다<sup>30,31</sup>). 식품공전 제2.2.23)에 따르면, 식품포장 내부의 습기, 냄새, 산소 등을 제거하여 제품의 신선도를 유지시킬 목적으로 사용되는 물질은 기구 및 용기포장의 기준·규격에 적합한 재질로 포장하여야 하고 식품에 이행되지 않도록 포장하도록 제시하고 있다<sup>30</sup>). 기구 및 용기포장 공전 II.1.나.3)에 따르면, 식품의 품질 저하 요인을 제거 또는 완화시키는데 사용되는 용기포장의 물질은 식품에 이행되지 않도록 기준 및 규격에 적합하게 제조 및 사용되어야 한다고 규정하고 있다. 또한, 활성포장에 사용되는 물질이 기능을 발휘하기 위하여 식품이나 식품첨가물을 사용하는 경우에는 해당 물질의 기준 및 규격 범위 내에서 식품으로 이행될 수 있다고 규정하고 있지만, 식품의 특성에 영향을 주면 안 된다고 규정하고 있다<sup>31</sup>).

### 2. 국외 관리 규정 및 기준

유럽에서는 European Framework Regulation (EC) 1935/2004와 (EC) 450/2009에 따라 관리하고 있다. Regulation 1935/2004는 식품에 활성적으로 영향을 주는 물질과 제품에 대해 일반적인 규정을 제시하고 있으며, Regulation 450/2009: 식품 접촉 및 비접촉 활성 및 지능형 물질과 제품에 대해 규정하고 있다<sup>4,5</sup>).

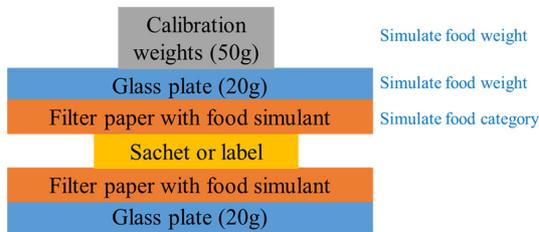
European Framework Regulation (EC) 1935/2004의 Article 3에 따르면, 식품과 직접적으로 접촉하는 활성포장에 사용되는 물질과 제품은 반드시 안전해야 하며, 소비자에게 위험과 식품의 관능적 특성에 영향을 주는 정도의 전이는 없어야 한다고 규정하고 있다. 하지만, Article 4에 따르면 식품 첨가제 지침사항(Directive 89/107/EEC)을 만족하는 물질과 제품은 전이 가능하다고 규정하고 있다<sup>32</sup>). 그리고, 식품첨가제로서 승인을 받은 활성물질과 제품이라도 소비자에게 식품 부패, 변형과 안전에 대한 잘못된 정보를 제공해서는 안 된다고 규정하고 있다. Article 5에서는, 활성 및 지능형 물질, 제품 그리고 이에 포함된 활성물질의 사용 및 허가를 받기 위하여 ① 물질과 제품 제조 사용을 위한 승인된 물질 목록, ② 승인된 물질의 순도, 사용조건, ③ 식품에 전이되는 물질의 전이 한계, ④ 섭취 시 발생하는 위험을 보호하기 위한 표시사항 등과 같은 사항들을 규정하고 있다. Article 15에서는 활성포장에 사용되는 물질과 제품에 대한 정보를 소비자에게 쉽게 설명을 하도록 표시 문구에 대하여 규정하고 있다<sup>4</sup>).

European Framework Regulation (EC) 450/2009의 Article 3에 따르면, 활성포장과 지능형포장에 사용되는 물질, 제품,

활성물질 등에 대한 용어를 정의하고 있다. Article 4에서는 European Framework Regulation (EC) 1935/2004의 Article 3과 4의 내용과 동일하게 식품에 접촉하는 물질과 제품은 전이되면 안 되며, 다만 식품 첨가제 지침사항(Directive 89/107/EEC)을 만족하는 물질과 제품은 전이 가능하다고 규정하고 있다. Chapter II에서는 Community list에 포함된 활성물질의 경우 식품전이 가능하며 전이 평가는 필요하지 않다고 규정하고 있는 반면, Community list에 미 포함된 활성물질의 경우 식품전이가 불가능하며 전이 평가가 필요하다고 규정하고 있다. 또한, Community list에 미포함된 물질을 사용하기 위한 지침이 Article 5~10에서 규정되어 있으며, 활성물질을 활성포장 내 적용하기 위한 방법, Community list에 포함되기 위한 조건 및 절차, 활성물질의 전이 허용량 등을 규정하고 있다. 유럽의 경우 식품에 접촉되는 물질과 물품에 대한 독성 및 안전성 평가는 European Food Safety Authority (EFSA)에 의해 시행되고 있다<sup>1,5)</sup>.

**3. 국의 활성포장에 관리방안을 위한 시험법 개발에 관한 연구**

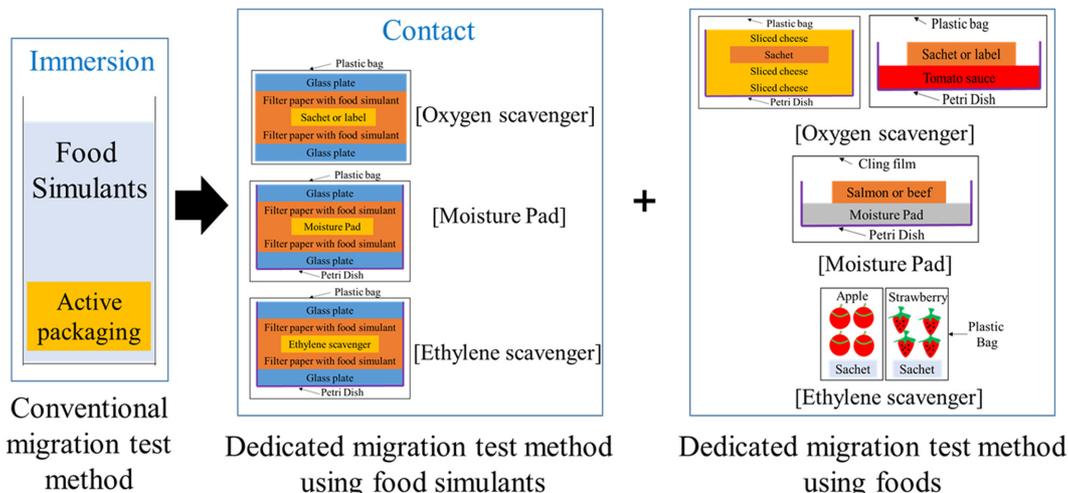
Dainelli등<sup>7)</sup>은 일차 포장 내 삽입되는 사쇄, 라벨, 시트와



**Fig. 1.** Suggested migration test method for active packaging applied to solid food with high moisture content. (modified)<sup>7)</sup>

같은 활성포장의 경우 식품의 종류에 따라 안전성 평가 방법을 구분하여 설계하도록 제안하였다<sup>7)</sup>. 커피, 빵과 같은 건조 식품에 사용되는 활성포장은 식품과 직접 접촉하여 안전성을 평가하도록 제안하였다. 주류, 음료와 같은 액상 식품에 사용되는 활성포장은 EU규정 내 Test conditions 82/711/EEC와 Simulant selection 85/572/EEC를 따라 식품모 사용매를 사용하여 활성포장을 침지하여 안전성을 평가하도록 제안하였다<sup>7)</sup>. 육류 등과 같은 고수분함유 식품의 경우 Fig. 1과 같이 식품모사용매로 침지 시킨 필터 페이퍼 사이에 사쇄 또는 라벨과 같은 활성포장을 삽입한 다음, 식품의 무게만큼 유리판과 분동을 이용하여 압착하여 저장한 후 필터페이퍼로 전이되는 활성물질을 확인하는 접촉모사 방식의 전용시험법을 제안하였다<sup>7)</sup>.

Bradley등<sup>6)</sup>은 TNO(Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) 프로젝트를 통해서 유럽에서 사용되고 있는 활성포장의 활성물질을 확인하였고, 활성포장이 식품에 적용되었을 때 활성물질이 식품으로 전이되는 정도와 잠재적 위험을 평가하였다<sup>6)</sup>. 이때 사용된 전이시험법은 Dainelli등<sup>7)</sup>이 제안한 접촉 모사와 유사한 방식으로 진행되었다. 활성포장을 식품모사용매가 접촉된 필터 페이퍼와 식품에 접촉시켜 활성물질의 전이를 Fig. 2와 같은 방법으로 확인하였다. 산소제거제의 전이 시험에서는 사쇄형 산소제거제와 라벨형 산소제거제가 사용되었다. 접촉모사방법에 사용된 식품모사용매로는 3%초산, 95%에탄올, 올리브오일이 각각 사용되었고, 사쇄형 및 라벨형 산소제거제를 식품모사용매가 침지된 필터페이퍼 사이에 삽입한 다음 필터페이퍼 상면과 하면에 유리판으로 하중을 부여하였다. 식품모사용매의 증발을 막기 위해 플라스틱 백에 넣고 40°C 조건에서 10일간 저장한 후, 사용된 필터페이퍼를 회수하여 ICP-AES (Inductively coupled plasma-Atomic emission spectroscopy)



**Fig. 2.** Dedicated migration test methods using food simulants and foods for oxygen scavenger, moisture absorber, and ethylene scavenger.<sup>6)</sup>

를 사용하여 259 nm에서 철의 농도를 확인하였다. 실제 식품을 사용한 전이테스트에서는 지방식품과 산성식품을 모사하기 위하여 치즈와 토마토소스가 각각 사용되었고, 40°C 조건에서 10일간 저장한 후 식품에서 철의 함량을 분석하였다. 접촉모사방법과 식품을 사용하여 시험한 결과, 사체형 산소제거제의 경우 활성물질인 철의 함량이 최대허용섭취량(48 mg 철/kg식품)을 초과하지 않음을 확인하였다. 하지만, 라벨형 산소제거제를 3% 초산, 토마토소스에서 접촉한 경우 전이된 철의 함량이 최대허용섭취량(48 mg 철/kg 식품)을 초과함을 보고하였다.

에틸렌제거제의 전이시험에서는 사체형 에틸렌제거제가 사용되었고 접촉모사방법에 사용된 식품모사용매로는 3% 초산, 10%에탄올, 올리브오일이 각각 사용되었다. 필터페이퍼를 회수하여 ICP-MS(Inductively coupled plasma-Mass spectroscopy)를 사용하여 활성물질인 망간의 농도를 확인하였고, 식 (18)으로 사체로부터 전이되는 망간의 함량을 계산하였다. 그 결과, 전이된 망간의 함량이 0.3 mg/kg으로 specific migration limit(SML, 0.6mg/kg)보다 낮음을 확인하였다. 실제 식품을 사용한 전이테스트에서는 사과와 딸기가 사용되었고, 사용된 식품에서 전이된 망간의 함량이 SML(0.6 mg/kg) 보다 낮음을 확인하였다.

$$\frac{\text{Mass of migration}}{\text{One sachet}} \times \frac{\text{One sachet}}{\text{Fruit}(14\text{kg})}$$

$$= \frac{\text{Mass of migration}(\text{mg})}{\text{Fruit}(1\text{kg})} \quad (18)$$

수분제거제의 전이시험에서는 수분패드가 사용되었고 식품 접촉 모사용매로는 10% ethanol, 3% acetic acid, 올리브오일을 각각 사용하였다. 사용된 필터페이퍼를 20 ml의 D4-diisobutyl phthalate가 함유된 Acetonitrile를 이용하여 추출한 후 GC-MS(Gas Chromatography-Mass spectroscopy)를 사용하여 Diisobutyl phthalate, Di-(2-ethylhexyl) maleate, Di-(2-ethylhexyl)fumarate 등의 농도를 확인한 결과 용출 기준을 넘지 않았다. 실제 식품을 사용한 전이테스트에서는 연어와 소고기가 사용되었고, 식품 전이된 Di-(2-ethylhexyl) fumarate의 함량이 용출기준을 넘지 않음을 확인하였다.

## 요 약

안전한 식품, 긴 보관 수명과 좋은 품질을 보유한 식품에 대한 소비자의 요구가 증가하고 있으며, 이에 대응하여 활성포장의 상용화와 개발이 증가하고 있다. 본 총설에서는 산소제거제, 수분제거제, 이산화탄소제거제 및 에틸렌제거제의 정의, 사용되고 있는 활성포장의 구조, 활성물질과 구동 메커니즘, 적용 식품 분야와 잠재적 효과 및 활성포장 관리 규정 등에 대하여 조사하였다. 국내 상용화 현황을 보

면 활성물질을 다공성 또는 타공 구조를 가진 파우치에 넣은 다음, 식품포장에 적용하는 사체형 활성포장이 주로 적용되고 있음을 확인하였다. 이러한 다양한 종류의 활성포장이 식품포장에 널리 사용되고 있음에도 불구하고, 유럽에 비해 국내에서는 소비자의 건강과 식품의 안전에 영향을 줄 수 있는 활성포장과 활성물질에 대한 정의, 관리, 안전성 평가 및 사용 등에 대한 구체적인 관리 규정과 안전성 평가방법에 대한 구축은 미비함을 확인하였다. 식품은 건조식품, 액상식품, 고 수분함유 식품 등 종류가 다양하고 각 식품의 품질에 영향을 미치는 화학적, 물리적, 생물학적 요인 및 보관조건 등도 다양하다. 활성포장에 사용되는 활성물질이 식품으로 전이되면, 식품 성분과 화학적/물리적으로 상호작용하여 품질과 안전에 부정적인 영향을 야기할 가능성이 있다. 따라서, 활성포장의 최적 성능을 구현하기 위해서는 식품 맞춤형으로 설계하는 것이 필요하며 활성포장과 활성물질에 대한 관리 규정 및 안전성 평가방법도 식품 종류와 활성포장의 종류에 따라 세분화하여 정립하는 것 또한 필요하다고 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년도 식품의약품안전처의 연구개발비(21162식품위014)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Wyrwa, J. and Barska, A. 2017. Innovation in the food packaging market: active packaging. *Eur. Food Res. Technol.* 243: 1681-1692.
2. Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M.K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., and Coma, V. 2018. Active packaging applications for food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17: 165-199.
3. Otoni, C.G., Espitia, P.J.P., Avena-Bustrillos, R.J. and McHugh, T.H. 2016. Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads, *Food Res. Int.* 83: 60-73.
4. Commission Regulation (EC). 2004. No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC.
5. Commission Regulation (EC). 2009. No 450/2009 of the European Parliament and of the Council on active and materials and articles intended to come into contact with food.
6. Bradley, E., Driffield, M., Leon, I., Ticha, J., Stee, V.S., Beuken, E.Z-v.D. and Koster, S. 2009. Identification of chemicals specific to active and intelligent packaging on the European Market and the extent to which they migrate into food. Food Standards Agency. TNO Report. United Kingdom.

7. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Beuken, E.Z-v.D. and Tobback, P. 2008. Active and Intelligent Food Packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends Food Sci. Technol.* 19: S103-S112.
8. Cruz, R.S., Camilloto, G.P. and Pires, A.C.D.S. 2012. Oxygen Scavengers: An Approach on Food Preservation, Structure and Function of Food Engineering, Ayman Amer Eissa, IntechOpen.
9. <http://www.lipmen.co.kr/kor/index.asp>
10. <http://www.tpg.co.kr/kr/index.php>
11. Lee, J-S., Chang, Y., Lee, E-S., Song, H-G, Chang, P-S. and Han, J. 2018. Ascorbic acid-based oxygen scavenger in active food packaging system for raw meatloaf. *J. Food Sci.* 83: 682-688.
12. <http://ageless.mgc-a.com/>
13. Dey, A. and Neogi, S. 2019. Oxygen scavengers for food packaging applications: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 90: 26-34.
14. Lee, D-S., Wang, H.J., Jaisan, C. and An, D.S. 2022. Active food packaging to control carbon dioxide. *Packa. Technol. Sci.* 35: 213-227.
15. Lee, H-G, Jeong, S. and Yoo, S. 2019. Development of food packaging materials containing calcium hydroxide and porous medium with carbon dioxide-adsorptive function. *Food Packag. Shelf Life.* 21: 100352.
16. Lee, H-G, Cho, C. H. Kim, H. K. and Yoo, S. 2020. Improved physical and mechanical properties of food packaging films containing calcium hydroxide as a CO<sub>2</sub> adsorbent by stearic acid addition. *Food Packag. Shelf Life.* 26: 100558.
17. Wang, H.J., Jo, Y.H., An, D.S., Rhim, J-W. and Lee, D.S. 2015. Properties of agar-based CO<sub>2</sub> absorption film containing Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as active compound. *Food Packag. Shelf Life.* 4: 36-42.
18. Jaisan, C., An, D.S. and Lee, D.S. 2018. Application of physical gas absorbers in manipulating the CO<sub>2</sub> pressure of Kimchi package. *J. Food Sci.* 83: 3002-3008.
19. Karkhanis, S.S., Stark, N.M., Sabo, R.C. and Matuana, L.M. 2021. Potential of extrusion-blown poly(lactic acid)/cellulose nanocrystals nanocomposite films for improving the shelf-life of a dry food product. *Food Packag. Shelf Life.* 29: 100689.
20. Bovi, G.G., Caleb, O.J. Klaus, E., Tintchev, F., Rauh, C. and Mahajan, P.V. 2018. Moisture absorption kinetics of fruit pad for packaging of fresh strawberry. *J. Food Eng.* 223: 248-254.
21. European Commission. 2011. EU Guidance to the Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food.
22. Gaikwad, K.K., Singh, S. and Negi, Y.S. 2020. Ethylene scavengers for active packaging of fresh food produce. *Environ.Chem.Lett.* 18: 269-284.
23. Gaikwad, K.K. and Y.S. Lee. 2017. Current Scenario of gas scavenging system used in active packaging -a review. *J. Korean Soc. Packaging. Sci. Technol.* 23: 109-117.
24. Han, J-W., Ruiz-Garcia, L., Qian, J-P. and Yang, X-T. 2018. Food packaging : a comprehensive review and future trends. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17: 860-877.
25. Upadhyay, A., Kumar, P., Kardam. S. and Gaikwad, K.K. 2022. Ethylene scavenging film based on corn starch-gum acacia impregnated with sepiolite clay and its effect on quality of fresh broccoli florets. *Food Biosci.* 46: 101556.
26. Srithamaraj, K., Magaraphan, R. and Manuspiya, H. 2012. Modified porous clay heterostructures by organic-inorganic hybrids for nanocomposite ethylene scavenging/sensor packaging film. *Packa. Technol. Sci.* 25: 63-72.
27. Bruijn, J.D., Gómez, A., Loyola, C., Melin, P., Solar, V., Abreu, N., Azzolina-Jury, F. and Valdés, H. 2020. Use of a copper- and zinc-modified natural zeolite to improve ethylene removal and postharvest quality of tomato fruit. *Crystals.* 10: 471.
28. Wei, H., Seidi, F., Zhang, T., Jin, Y. and Xiao, H. 2021. Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: a review. *Food Chem.* 337: 127750.
29. Kim, S., Jeong, G.H. and Kim, S-W. 2019. Ethylene gas decomposition using ZSM-5/WO<sub>3</sub>-Pt-nanorod composites for fruit freshness. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 7: 11250-11257.
30. Ministry of food and drug safety. 2022. Food Code. Chapter 2. Common standards and specifications for general food.
31. Ministry of food and drug safety, 2021. Standards and specifications for utensils, containers and packages. II. Common stadards and specifications. 1. Common manufacturing standards. b. manufacturing and processing criteria. 3) Standards for intelligent and active packaging.
32. European Commission. Council Directive 89/107/EEC of 21 December 1988 on the approximation of the laws of the Member States concerning food additives authorized for use in foodstuffs intended for human consumption.

투고: 2022.03.16 / 심사완료: 2022.03.30 / 게재확정: 2022.04.11