

특집 : 식품 신소재의 최근 동향

새로운 기능성 식품포장재 및 포장기법에 대하여 New Functional Food Packaging Materials and Technology

이광호 · 권기성 (Kwang Ho Lee and Kisung Kwon)

식품의약품안전청 용기포장과

서 론

최근 식품의 품질향상과 보존을 위한 끊임없는 연구결과 신소재 기능성 포장재와 active packaging 혹은 smart packaging과 같은 새로운 포장기법들이 많이 개발되어 실용화되고 있다. 본고에서는 이와 같은 기능성 포장재 및 포장기법에 대하여 살펴보기로 한다.

주요 기능성 포장재 및 포장기법의 종류

표 1은 기능성 포장재 및 포장기법과 관련한 주요 사항이다. 이들 포장재의 대부분은 신소재이거나 이들을 라미

네이션, 코팅하기도 하고, 혹은 기능성 물질이 첨가된 포장재들로 구성되어 있다.

1. 가스차단성 포장재

산소, 탄산가스, 수분 및 휘발성물질에 대하여 고차단성을 갖고 있는 이들 기능성 포장재들은 식품의 산패, 변색 및 미생물 성장 등을 방지하는데 사용된다. 최근의 고차단성 포장재는 SiOx를 코팅한 포장재나 EVOH, PVDC와 같은 고차단재를 공압출한 포장재로 PP/EVOH/PP, PP/PVDC/PP와 같은 포장재 등이 있으며 이들은 주로 즉석밥이나 육가공 제품 등에 사용되고 있다.

표 1. 주요한 기능성 식품포장재 및 포장기법

주요기능		종 류
차단성 포장재	산소	EVOH, PVDC, PAN, NYLON, AL 증착, SiOx 코팅
	탄산가스	EVOH, SiOx 코팅
	수분	HDPE, OPP, Al 증착, SiOx 코팅
	빛(UV)	Titanium oxide 첨가, Iron oxide 첨가, Hydroxybenzophenon 첨가
	휘발성	PET, PC, PVDC, EVOH, SiOx 코팅
	단열	발포
	스모킹	Polyamide alloy
	기체 고투과성	LLDPE, OPP, PVC, EVA, PS, Polybutadiene, Polymethylpentene, Micro-perforated
항균성 포장재	Ag-Zeolite 첨가, 4급 암모늄염 첨가 등	
방담성 포장재	계면활성제 첨가 등	
흡수성 포장재	흡수성 폴리머 첨가, 탈수제 첨가 등	
가스흡수성 포장재	Zeolite 첨가 등	
내열성 포장재	PVDC, 무기물 충전 PP, C-PET, PC, PPS, PI 등	
저취성 포장재	저취성 열접착층	
저향미흡수성 포장재	PET-G, PAN, Heat sealable-EVOH	
가스 흡수 또는 방출제	휘발성물질 발생	Ethanol Vapor, 페놀계 항산화제, Ally isothiocyanate 등
	휘발성물질 제거	Potassium permanganate, Zeolite, 활성탄 등
	산소제거	철분계 무기물, 활성탄 등
	수분흡수	산화칼슘, 염화칼슘, 실리카겔 등

2. 향미차단성 포장재

식품의 독특한 향미 등을 유통기간 동안 잘 보존하기 위해서는 차단성 포장재 뿐 아니라 식품과 접촉하는 면에 향미 성분이 흡착하는 것을 방지하는 것도 필요하다. 특히 오렌지 주스에 있어서는 중요한 휘발성물질인 limonene은 terpenoid계 탄화수소물로서 PE와 같은 폴리올레핀으로 만들어진 포장재를 식품과 접촉하는 면에 사용하면 포장재에 이들 물질이 상당량 쉽게 용해되어 결국 향미의 균형이 깨지게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 탄화수소계 휘발성물질과 친화력이 없는 포장재를 사용하는 것이 바람직하다.

이러한 용도로서 새로운 포장재로 사용되는 것이 폴리에스터인 PET-G와 폴리아크릴로니트릴, EVOH 등이 있는데 현재 PET-G 포장재는 과일주스, 알콜음료, 우유 등에 사용되고 있으며 이러한 포장재는 폴리올레핀과 같이 식품과 접촉하는 면의 흡수성지로부터 발생하는 플라스틱 특유의 냄새와 같이 바람직하지 않는 냄새 등을 줄이는데도 유용하다.

3. 선택적 가스투과성 포장재

선택적 투과성을 갖춘 기능성 포장재로서는 스모킹용 케이싱을 예로 들 수 있다. 이 포장재는 고온 다습한 조건에서 스모킹할 때 향미성분은 투과하나 산소투과는 되지 않는 포장재이다. 이 포장재는 폴리아미드인 나이론을 개질시킨 포장재로 스모크 햄이나 소세지, 생선류 등에 사용된다.

4. 수분·습도 조절가능 포장재

흡수성 폴리머를 이용한 포장재로 과량의 수분을 흡습하거나, 메말라버리는 것을 막기 위해, 육류나 생선류에서 흘러나오는 육즙을 흡수하기 위한 받침 시트나, 햄버거, 후라이 치킨같이 따뜻한 상태의 음식을 포장 주문하여 갈 때 커버 시트, 꽃이나 채소류를 유통중에 시드는 것을 방지하거나, 무게가 감소되는 것을 방지하거나, 저온에서 생선류를 부분 건조하기 위한 시트로 사용된다. 또 다른 형태의 수분흡수제가 포함된 포장재로는 건조식품이나 의약품의 수분함량이 낮도록 유지시키기 위해 사용된다.

5. 항균성 포장재

1980년대 말 기능성 포장재의 개발됨으로 인해 많은 종류의 포장재가 개발되었는데 그 중 항균성 포장재를 들 수 있다. 항균성 포장재는 표 2와 같이 항균제를 코팅하여

생활용품인 주방용 기구, 위생용품, 식품포장재, 정수기 필터 등에 많이 사용되고 있다.

이때 사용되는 항균제는 안전성이 요구되는 물질로서 일반적으로 Ag나 Cu와 같은 금속, 천연물인 hinokitiol 같은 것들이 사용되고 있다. 식품에 사용되는 경우 이러한 소재는 안전성 뿐만 아니라 식품에 이행이 잘 되지 않아야 하는데 Ag과 결합한 Ag-zeolite가 가장 흔하게 사용된다.

1) Ag의 항균작용

박테리아를 Ag나 Cu, Ni와 같은 표면 위에 배양하면 이들 미생물은 3~4일 후면 죽는 반면에, 유리 혹은 플라스틱 위에서는 2주가 지나도 계속 살아 있다. 이는 금속표면에 형성되어 있는 금속이온 때문이다. 이러한 현상은 구리나 황동으로 만든 문 손잡이는 다습한 조건에서도 곰팡이 등 균이 잘 자라지 못하는 것에서도 볼 수 있다.

Cu 이온은 미생물, 바이러스 등을 살균하는 작용이 있으며 금속성 효소의 성분으로 생체내의 필수 성분이기도 하다. Cu는 생명체에 의해 농축되지 않으며 고등동물에 부작용도 드물고, 다른 금속에 비해 상대적으로 안전한 금속으로 알려져 있다. 금속 이온중에는 Ag 이온이 가장 강한 항균력을 갖고 있는 반면 Cu도 이에 버금가는 강한 항균력을 갖고 있다. 그러나 금속 자체로서 Ag는 Cu 만큼 이온을 쉽게 방출하지 않고 항균력도 강하지 않다. 또한 Ag는 불활성이며 안전하여 예전부터 식기나 수저, 포크 등에 사용하고 있다.

Ag는 지표중에 0.1ppm 이하의 매우 낮은 농도로 분포되어 있으며 주요 용도로는 사진현상, 주방기구, 동전 등에 사용되며 그 밖에 약이나 수처리제로도 사용된다. Ag은 물에 녹으면 이온상태로 존재하며 염소화합물과도 아주 쉽게 작용하며 불용성이 된다.

2) Ag-nitrate의 항균작용

Ag-nitrate는 물에서 이온으로 형성되는데 이것은 강력한 항균력을 갖고 있다. 농도가 매우 낮은 상태에서도 단백질 변성을 일으켜 박테리아성 질환 치료제나 소독제로 사용되기도 한다.

Ag-nitrate의 항균력은 1.0ppm에서 박테리아의 성장을

표 2. 항균제의 주요 용도 및 사용예

용도	사용예
섬유	침대시트, 속옷, 타올, 양말 등
주방용품	도마, 정수기, 물동이, 부러쉬 등
위생용품	칫솔, 가습기 필터, 마스크, 일회용 가운 등
식품포장재	런치 박스, 파우치, 종이 용기, 랩, 물기제거 등
기타	기계용 필터, 포장재, 가전제품, 인공치아, 매트 등

완전히 억제한다. Ag 이온은 단백질과 매우 쉽게 결합하는데 메카니즘은 Ag 이온이 처음 박테리아의 세포 표면에 흡착된 다음 능동 수송인 active transport와 관련된 방법으로 세포내에 작용하여 생명력을 유지하기 위해 필요한 신진대사 효소의 작용을 방해함으로 항균력을 갖게 된다.

3) Ag-zeolite의 항균작용

Zeolite는 결정체내 구조 속에는 Na 이온이 있는데 이것은 다른 금속으로 치환될 수 있다. 예로 Ag 이온이 Na 이온과 쉽게 치환하여 Ag-zeolite가 된다. 순수한 물에서는 Ag-zeolite 파우더에서 Ag가 유리되는 것이 발견되지 않으나 영양염 한천배지 상태에서는 거의 대개 Ag 이온이 유리된다. 이러한 유리된 Ag 이온이 황화합물과 결합되거나 다른 성분과 결합하게 되는데 유리된 Ag 이온의 일부가 항균작용을 나타내는 것이다.

연구결과 Ag를 2.5% 함유한 Ag-zeolite 파우더의 항균력을 측정하면 Ag의 농도가 1.5~3.5ppm정도면 미생물의 성장이 억제되었다. 또한 더 많은 Ag로 zeolite를 치환하면 항균력도 더 증가하였다.

Zeolite는 Ag 이온을 안정적이고 효과적인 상태로 결합하고 있다가 미생물이 Ag 이온과 접촉한 면에서 항균력을 갖는다. Ag-zeolite의 항균력 특징은 박테리아 대상이 매우 폭넓으며 이외에 효모, 곰팡이 등에도 동등한 효과가 있다. 이러한 사실로 보아 Ag 이온의 작용은 미생물이 공통적으로 갖고 있는 구성 물질에 대한 방해 작용을 하는 것으로 보인다.

내열성이 있는 박테리아 포자에 대해서는 활성이 없는 것으로 나타났으나 이미 발아한 포자에는 활성이 나타났다. Ag-zeolite는 zeolite 골격내에 Ag 이온으로 남아 있으며 항균활성을 보이나 만일 Ag 이온이 모두 떨어져 나가거나 또는 Ag 이온이 다른 성분과 결합하여 불활성의 형태로 되면 항균활성을 잃게 된다.

식품중에는 Ag 이온의 활성을 강화 시키거나 약하게 하는 성분들이 많이 있는데 예로 황화합물, 황화수소, 황을 함유한 아미노산 등을 들 수 있다. 이들은 Ag-zeolite의 활성을 약화 시키는데 아직 메카니즘과 Ag-zeolite의 한계점들이 명확히 더 규명되어야 한다.

4) Ag-zeolite의 포장재 응용

여러 종류의 항균포장재가 사용되는데 그중 Ag-zeolite를 함유한 포장재가 가장 많이 사용되고 있다. Ag-zeolite는 고가인 관계로 식품과 접촉하는 면에 그림 1과 같이 3~5µm의 두께로 공압출한 포장재가 사용되고 있다. 항균력은 zeolite에 결합되어 있는 Ag 이온에 의해 발생하는데

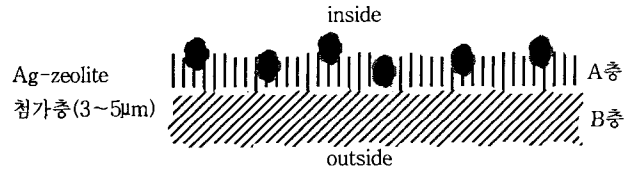


그림 1. Ag-zeolite를 첨가한 식품포장재의 예.

첨가된 Ag-zeolite는 포장재의 투명도나 열접착 강도에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 통상 1~3% 사용중이다. 여러 종류의 식중독균과 부패균을 식염 등과 같이 혼합하여 Ag-zeolite가 1% 함유된 폴리에틸렌 포장재에 스프레이하면 모든 박테리아는 1~2일 내에 죽게 된다.

6. 기타 기능성 포장재 및 포장기법

식품의 품질을 잘 보존하기 위해서는 식품에서 발생하는 에틸렌이나 탄산가스, 암모니아냄새, 황화합물, 아민, 알데히드와 같은 유해가스 성분을 흡수하거나 분해하여 제거하는 포장재나 보조제들이 사용된다. 많은 보조제들은 탄산가스를 생성하거나 에탄올가스, arylisothiocyanate와 hinokitiol vapor 등과 같은 것이 개발되었으며 가공식품이나 신선식품의 보존에 사용되고 있다.

표 3은 산소흡수제의 특징적인 기능성에 대한 설명이다. 많은 종류의 산소 흡수제가 일본에서 판매중인데 주로 건조식품이나 반건조 식품에 사용된다. 또한 단기간 내의 저온 유통되는 생선류와 같은 신선식품에도 사용된다.

그밖에 온도-시간 지시계들은 제품을 유통판매하는 동안 냉장조건을 모니터링하는 역할을 하며 향후 중요한 포장기법의 하나다. 표 4는 이와 같은 time-temperature, oxygen 및 carbon dioxide indicators에 대한 예로 유통과정중 식품이 외부로부터 노출된 온도나 식품포장내의 산소나 탄산가스의 농도 등이 모니터링되어 소비자에게 시각적으로 보여줌으로 식품의 품질 이상 유무를 판단케 하는 중요한 수단으로 활용된다.

표 3. 산소흡수제의 기능적 특징 및 주요 내용

특징	주요 내용
흡수 속도	고속, 중속, 저속
식품의 수분 영향	수분이 많은 식품, 중간수분식품, 건조식품
첨가된 특수 기능	O ₂ 흡수+CO ₂ 흡수, O ₂ 흡수+CO ₂ 발생, O ₂ 흡수+에탄올 증기 발생
모양	Sachet, Tablet, Sheet, Tray
원재료	활성탄, 환원제, 철분, 산화철분 등
사용대상 식품	냉동식품, 냉장식품, 전자렌지용 식품

표 4. Time-temperature, oxygen 및 carbon dioxide indicators 예

제 조 업 체	국 가	상 품 명	
Time-temperature indicators	Lifelines Tech. Inc.	USA	Fresh-Check
	Trigon Smartpak Ltd.	UK	Smarpak
	3M Packaging Systems Div.	USA	MonitorMark
	I-Point Ab	Sweden	I-Point
Oxygen indicators	Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd.	Japan	Ageless-Eye
	Toppan Printing Co. Ltd.	Japan	-
	Toagosei Chemi. Ind. Co. Ltd.	Japan	-
	Finetec Co. Ltd.	Japan	-
Carbon dioxide indicators	Sealed Air Ltd	UK	Tuffles GS

결 론

이상에서 새로운 기능성 식품포장재 및 포장기법에 대하여 살펴보았다. 새로운 소재의 기능성 식품의 개발과 아울러 이러한 식품을 더욱 신선하고 맛있게, 그리고 더 오래 보관하기 위하여 새로운 소재의 기능성 포장재들과 새로운 포장기술도 끊임없이 개발되어 식품에 응용하고 있으며, 앞으로도 이러한 새로운 식품 포장기술은 더욱 다양하게 발전하리라 예측된다.

문 헌

- Ahvenainen, R. and Hurme, E. : Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Additives and Contaminants*, **14**, 753-762(1997)
- Abe, Y. and Kondoh, Y. : Oxygen absorbers. In "*Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum packaging of Foods*" Brody, A. L.(ed.), Trumbull, Connecticut, Food & Nutrition Press, pp.149-174(1989)
- Day, B. P. F. : Active packaging for fresh produce. In "*Food and Packaging Materials Chemical Interactions*" Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T.(eds.), The Royal Society of Chemistry, pp.189-200(1997)
- Guilbert, S., Cuq, B. and Gontard, N. : Recent innovations in edible and or biodegradable packaging materials. *Food Additives and Contaminants*, **14**, 741-751(1997)
- Hoojjat, P., Harte, B. R., Hernanzed, R. J., Giacini, J. R. and Miltz, J. : Mass transfer of BHT from high density polyethylene film and its influence on product stability. *Journal of Packaging Technology*, **1**, 78-81(1987)
- Hurme, E., Vaari, A. and Ahvenainen, R. : Active and smart packaging of foods. Mininal Processing of Foods, VTT Symposium 142, Ahvenainen, R. and Mattila-Sandholm, T.(eds.), The Swedish Institute for Food and Biotechnology, pp.169-182(1996)
- Ishitani, T. : Active packaging for food quality preservation in Japan. In "*Food and Packaging Materials Chemical Interactions*" Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T.(eds.), The Royal Society of Chemistry, pp.177-188(1997)
- Rooney, M. L. : Overview of active food packaging. In "*Active Food Packaging*" Rooney, M. L.(ed.), Blackie Academic & Professional, pp.1-38(1995)
- Smith, J. P., Ramaswamy, H. S. and Simpson, B. K. : Developments in food packaging technology. Part II. Storage aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 183-191(1990)
- Smith, J. P., Hoshino, J. and Abe, Y. : Interactive packaging involving sachet technology. In "*Active Food Packaging*" Rooney, M. L.(ed.), Blackie Academic & Professional, pp. 143-173(1995)
- Taoukis, P. S., Fu, B. and Labuza, T. P. : Time-temperature indicators. *Food Technology*, **45**, 70-82(1991)