



# 나노 기술을 적용한 패키징 소재

## Nano Technology and Packaging Materials

가진동, 김재능 / 연세대학교 패키징학과

### 1. 서론

나노 기술(Nano Technology)은 물질을 나노 수준에서 제어 또는 가공을 하여 물질 고유의 특성을 보다 강화하고 나노 수준에서는 존재하지 않는 잠재된 기능을 활성화하여 물질의 기능을 개선하는 기술을 의미하는데 이와 같은 나노 기술은 재료를 다루는 모든 산업 및 과학 분야에서 활발한 연구와 기술 개발이 이루어지고 있다.

특히 국가 정책의 일환으로 BT, IT, ET, CT 분야와 함께 NT 분야의 육성 및 장려가 이루어지고 있어 21세기를 주도할 핵심적인 과학기술로 성장이 기대되는 기술이라고 할 수 있다.

나노 기술에 대한 국가 및 산업계에서 관심이 증가되면서 2001년 나노기술 종합발전계획을 국가적으로 수립하고 이에 대한 기술 개발이 빠르게 진전되고 있다.

이와 같은 기술은 나노 사이즈의 물질을 합성하는 나노 입자의 제조와 물질을 나노 수준에서 구조나 형태를 변형시키는 극초미세 가공으로 나눌 수 있는데, 나노재료 및 소자는 물론, 우주

항공, 환경, 에너지, 생명공학, 정밀화학, 전자 정보, 의료 보건 및 방위산업 분야 등에서 주요 핵심기술로 보고 지속적으로 광범위한 기술 개발이 이루어지고 있다.

포장분야도 나노 기술의 이용에 대한 잠재력이 높은 분야로서 나노 기술을 응용한 다양한 시도가 이루어지고 있는데, 포장분야에서 나노 기술의 응용은 주로 포장재에 활용되어 첫째, 기체 차단성을 강화하는 수단, 둘째, 특정 기능을 띄는 나노 물질을 적용하여 포장재에 기능성을 부여하는 수단, 셋째, 포장 제품의 정보를 지시하는 스마트 포장으로 크게 나누어 볼 수 있다.

이와 같은 나노 기술의 응용에는 포장재료 고분자를 판상이나 섬유상 또는 입자상의 구조를 갖는 나노 입자로 강화하는 나노 컴포짓(Nano Composite) 기술이 핵심기술로 접근 가능하여 다양하게 개발 및 상용화가 이루어지는 것으로 알려져 있다.

전세계적으로 나노기술에 대한 개발이 본격화된 것은 95년부터 다투, 듀폰, 티코나 등 세계적 포장기업에서 개발에 대한 투자가 시작된 것으로

[표 1] 포장소재로 적용 가능한 나노 소재와 기능적 특성

| Properties          | Purposes   | Nano particles   |
|---------------------|--|--|
| Electronic property | Sensors(gases, temperature, humidity)                          | SnO <sub>2</sub> , Ag, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>                         |
| Optical property    | Light extinction materials<br>(UV-ray blocker), Photocatalytic | TiO <sub>2</sub> , FeOx, SiO <sub>2</sub> , ZnO  |
| Thermal property    | Heat-proof materials   | SiC, Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , YSZ  |
| Mechanical property | wear-resistant materials,<br>High intensity materials          | SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , WC, TiC, TiCN, T <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| Chemical property   | Catalysts  | Pt, Pd:Mb, TiO <sub>2</sub> , ZnO  |
| Adsorption property | Gas adsorbents, Desiccants, Sensors(gases)                     | Ni, Ag, SiO <sub>2</sub>   |

로 2000년에 들어서면서 일부 시제품들이 출시되고 있다.

## 1. 나노 기술과 포장 적용 가능성

나노기술(nano technology)이란 10억분의 1(nanosecond는 십억분의 1초, nanometer는 십억분의 1미터)이라는 정밀도를 바탕으로 원자나 분자를 조작해 새로운 물질을 만들고 계를 창조하는 기술로 물리, 화학, 생물, 재료 등 여러 과학기술이 서로 융합해서 이루어지는 기술이다.

이러한 나노 기술은 물질의 최소 단위로 알려진 분자 또는 원자의 세계로 진입하여, 이를 조작하고 활용할 수 있기 때문에 100nm 이상의 물질이나 수준에서 존재하지 않는 새로운 물리 화학적, 기계적, 전자기적, 광학적 특성들을 응용할 수 있어서 나노입자의 제조나 나노 세공과 복합 기술들이 주목받고 있다.

특히 포장으로 응용할 수 있는 나노기술에서

가능성을 가지고 있는 것이 고분자 나노복합체인데 이는 적용이 비교적 쉽고 생산성이 좋으며 다양한 소재개발이 가능하기 때문이다. 고분자 나노복합체는 기능성을 가지고 있는 나노사이즈의 물질을 고분자에 직접 첨가하여 시트나 필름 상으로 압출하는 일련의 마스터배치 형태의 기법을 적용한 고분자 복합체, 또는 시트나 필름 상의 고분자에 나노입자를 적층시킨 형태를 의미한다.

이러한 고분자 나노복합체는 기계적 강도의 향상과 열적 특성과 광학적 특성의 부여하고, 포장재를 경량화하며 기계차단성을 보다 향상시키는 효과를 갖는다.

서언에서 언급하였던 나노기술의 응용이 가능한 포장개발 기술 분야는 기계차단성 강화, 기능성 부여, 지능형 포장으로 볼 수 있는데, 첫째로 기체 차단성을 높이는 방법으로 플라스틱 고분자 사슬에 무기성 나노 물질을 삽입하여 고분자 사슬 사이의 공극을 채움과 동시에 층간 차단효과를 부여함으로써 기체의 투과를 차단하는 방



법으로 적용될 수 있다.

일반적으로 이러한 기술을 적용하면 80~90% 산소 및 탄산 가스의 차단효과를 기대할 수 있다.

두 번째로 나노 물질이 독특한 기능성을 가지고 있어서 이를 포장재에 적용하면 제품의 품질 유지 효과를 볼 수 있는 Active 포장의 구현이 가능하다.

기능성 포장재로 적용 가능한 물질로는 식품의 이취제거 기능을 갖는  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $SiO_2$  등과 항균특성을 갖는 나노 은, 니신(nisin), 포장내의 강성을 향상시키는 MMT, 나노 클레이 등이 있다.

세 번째로 나노 사이즈로 제조한 민감성 고분자를 바이오 센서화하여 포장재로 적용함으로써 식품 상 미생물의 증식, 부패의 진행 정도를 감지하여 제품의 위생 안전성을 확보할 수 있는 포장 Indicator의 적용이 가능하다.

이러한 나노 기술은 극초미립자로 표면적이 대단히 넓어서 반응성이 크게 높아지고 매크로 입자가 이를 수 없는 활성까지 쉽게 발현하는 특성을 가지기 때문에 앞으로 포장분야에서 나노 기술의 적용과 확대가 지속적으로 이루어질 것으로 예상된다.

## 2 포장적용가능 나노물질 종류와 특성

앞에서 언급하였듯이 나노기술과 포장이 접목되기 위해서 실현 가능성이 높고 다양한 적용이 가능한 기술은 나노물질을 적용한 포장 소재의 개발이라고 할 수 있다.

나노 물질은 포장소재로 적용함으로써 기능

성 포장재의 효율 및 효과 증대와 첨단 포장 소재의 개발 영역이 확장되었다는 점에서 의미가 크다.

나노 소재는 분말 형태(0차원), 튜브내지는 휘스커 형태(1차원), 박막형태(2차원), 벌크 형태(3차원) 등 다양한 형태를 가질 수 있는데 나노 소재 분야에서 가장 활발히 연구, 산업화되고 있는 분야가 나노 분말입자 소재 분야이다.

형상이나 구조에 상관없이 100nm 이하의 물질을 나노입자로 볼 수 있는데 나노입자의 특성은 일반적으로 입자의 미세화에 따른 표면적 증가에 의한 표면효과에 의한 것과 미크론(micron) 또는 서브미크론(submicron) 입자에는 없었던 새로운 기능 나노수준에서 발현되는 것으로 볼 수 있다.

나노입자가 갖는 이물질의 흡착 기능, 강한 응집성, 모세관응축(capillary condensation) 등은 나노입자의 표면효과에 의한 것이며 나노화됨에 따라 반도체(semiconductor) 특성과 유사하게 촉매효과 및 자성효과를 갖는 것은 기존에 없었던 특성이 새롭게 나타난 것의 예로 볼 수 있다.

이렇게 다양한 기능을 갖는 나노 입자를 포장에 응용한다면 이는 나노 기술을 적용한 포장보다 포장 제품의 품질 유지는 물론 품질 증대의 효과를 가장 크게 볼 수 있다.

### 2-1. 나노 산화실리콘

나노 산화실리콘은 거대한 비표면적·다표면 중립다공질(mesoporous)구조와 매우 강한 흡착능력 및 특이한 물리화학적 특성을 가지고 있어서 기체의 흡착을 쉽게 제어할 수 있기 때문에

[표 2] 포장 소재 물성 및 적용 가능 포장 및 나노 소재

| Functions        | Packaging materials | Nano particles            |
|------------------|---------------------|---------------------------|
| Gas barrier      | PA, aramid          | MMT                       |
|                  | Acryl film          | MMT                       |
|                  | PI, PET             | MMT, LCP                  |
| Non-flame        | PA6                 | MMT, Fluoride<br>Veclite  |
|                  | MA grafted PP       |                           |
|                  | PS                  |                           |
| Antiwear         | PA66                | MMT                       |
|                  | UV hardening Acryl  | Silica                    |
| Transparency     | PA                  | MMT                       |
|                  | UV hardening Acryl  | Silica                    |
| Pigment coloring | -                   | CB, TiO <sub>2</sub> , Au |
| Biodegradable    | polycaprolactone    | clay                      |

MAP/CAP 등 Active packaging에 응용이 가능하다.

특히 과채류의 선도를 저하시키는 기체를 쉽게 흡착, 제거할 수 있다.

또한 높은 온도조건이나 강알칼리성 환경에서도 효과적으로 향균·항곰팡이 활성을 띄기 때문에 식품포장에서 필수불가결한 요소인 미생물 억제를 위한 Active packaging으로 응용할 수 있고, 앞서서 언급하였듯이 중립다공질에 음이온 등을 포함한 향균 활성 작용기를 수용할 수 있기 때문에 향균 효과를 더 향상시킬 수 있다.

### 2-2. 나노 은

나노 은입자는 크기가 극미세화되면서 살균, 향균, 방미, 탈취 등의 기능을 갖는데, 특히 향균 효과가 매우 탁월하기 때문에 은입자를 많이 적용한다.

나노 은은 뛰어난 향균, 탈취 기능을 갖기 때문에 포장분야 뿐만 아니라 섬유 탈취제, 세제, 건축 내장재 첨가물 등 다양한 분야에서 널리 적용되고 있는 물질이다.

나노 은은 미생물에 존재하는 비공유 원자단인 티올기, 아미노기, 이미다졸기, 카르복실레이트기가 음이온과 쉽게 결합을 하게 되는데, 이는 박테리아나 미생물들의 호흡과정이나 전자전달 과정을 억제하여 사멸시키게 된다.

이와 같은 특성을 갖는 나노 은입자를 식품포장에 응용한다면 제품과 기능성 포장재 사이의 유희공간이 최소화된 포장식품에서 접촉식 향균 기능을 만족시킬 수 있으며 또한 이취제거 능력 또한 우수하기 때문에 식품의 품질유지에 큰 효과를 얻을 수 있다.

### 2-3. 나노 클레이

나노 클레이(nano-clay)같은 미세한 점토입자를 고분자에 첨가함으로써 포장재의 기계적 강도를 향상시킬 수 있고 보다 우수한 품질유지 효과를 기대할 수 있다.

네덜란드 고분자 복합재료 회사인 DSM社の Martin van Es에 의한 연구에 따르면 나노 클레이가 함유된 포장재는 산소차단성의 향상과 기계적 강도의 향상을 기대할 수 있다고 하였다.

이러한 소재 개발의 예로, 국내의 LG화학은 몬모릴로나이트 나노 입자를 고분자 수지상에 완전 분산시켜 이 수지상을 배향, 차단성을 갖는 기능성 포장소재를 개발하였다.

또한 도요타 자동차 연구팀은 4%의 규조토를 나일론 포장소재에 적용하여 tensile modulus



와 인장강도를 각각 91%, 55% 증가시킨 사례가 있다.

나노 클레이를 포장필름의 코팅분야에 응용할 경우 경도와 내스크래치성 및 내마모성을 향상시킬 수 있다. 또한 내구성, 투명성, 가스투과 억제성 및 방염성면에 있어서도 상당한 이점을 줄 것으로 기대된다.

## II. 결론

지금까지 나노 기술이 적용 가능한 포장소재의 범위와 특히 나노 입자를 적용할 수 있는 포장소재 개발의 가능성을 정리하였다.

나노 소재가 갖는 고유의 특성인 기체 차단성, 기계적 물성 향상과 특수 기능성 부여를 통한 Active 포장 개발 등 다양한 특성 등이 포장

소재에 효과적으로 접목될 수 있다면 제품의 품질 유지와 향상에 크게 기여할 것으로 기대한다.

그러나 나노 소재가 포장에 적용될 때 요구되는 분산기술의 미진과 명확하게 규명되지 않은 나노 소재의 인체 유해성 여부 등 선결되어야 할 과제가 앞으로 지속적으로 연구되어야 하며, 이러한 문제점을 극복한다면 나노 기술은 분명 첨단 포장소재 개발에 핵심적이면서 선도적인 역할을 할 것으로 기대 된다.

본 연세대학교 패키징학과에서도 이와 같은 나노소재를 적용한 첨단 기능성 포장소재 연구를 다양한 방면으로 수행하고 있다.

연세대 패키징학과는 향후 나노 기술을 핵심으로 한 포장소재 개발과 전략화에 기여할 것으로 예상된다. ☐

## 사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

**(사)한국포장협회**

TEL. 10212026-8655-9

E-mail : kopac@chollian.net