

## 기능성 무기물과 폴리올레핀계 수지의 정량적 혼합시스템에 의한 환경대응형 포장소재 개발

김희삼 · 임현주<sup>1</sup> · 박영미<sup>2†</sup>

한국폴리텍섬유패션대학, <sup>1</sup>경북대학교, <sup>2</sup>University of California, Davis

### Environment Corresponding Package by Quantitative Mixing System with Functional Inorganic Material and Polyolefin Resin

Hisam Kim, Hyunju Lim<sup>1</sup> and Youngmi Park<sup>2†</sup>

Knit Design, Korea Textile & Fashion Polytechnic college, 971-1 Galsandong, Dalsegu, Daegu, 704-901, Korea

<sup>1</sup>Advanced Organic Materials Science and Engineering, Kyungpook National University 1370 Sankyudong, Bukgu, Daegu, 702-701, Korea

<sup>2</sup>Division of Textiles and Clothing, University of California at Davis, Davis, CA 95616 USA

(Received: July 24, 2008/Revised: November 13, 2008/Accepted: December 5, 2008)

**Abstract**— A lot of research has been made over the recent decade to develop testing packages with antimicrobial properties to improve food safety. In this study, a new method, experimental device and technology for environmental corresponding packages of polypropylene (PP) film has been developed to provide effective temperature buffering during the transport/long-term storage of grains or foodstuffs from the supplier to the market. This quantitatively optimized mixing system enabled to produce PP films with the 700~1,400d (width;1.5~3mm, thickness;0.01~0.5mm). In the whole mixing systems, the finely-granulated inorganic illite and PP virgin chip for master batch (M/B) chip was calculated by digital measurement methods, and then the M/B chip for PP film was adapted through a air jet and PP grinding method. The prepared PP film was characterized with tensile strength and elongation, far infrared radiation (FIR) emissivity, antimicrobial activity and deodorization properties. The results revealed that the two differently grain-sized illite could be show homogeneously dispersed on PP chip surface, and as the increasing of illite content, the FIR emissivity and the anion emission rate of film was increasingly improved. In both of 325 and 1,500 mesh-sized illite contained PP chip, of course the antimicrobial activity was good. But the ultimate deodorization rate for ammonia gas of PP film were found to be approximately the same.

**Keywords:** polypropylene film, illite, functional inorganic material, master batch chip, quantitative mixing system

## 1. 서 론

FTA 협정으로 국내외 농·수산물의 자유로운 수출입 시대에 이르면서 장기적인 보관 및 유통과정에서 부패를 방지하고 신선도 및 품질을 안정시키기 위해 다양한 형태의 저장, 유통용 포장재가 요구된다. 따라서 상대적으로 저렴한 수입 농산물에 대응할 수 있는 효과적인 고품질 전략의 일환으로 다기능성 폴리프로필렌(PP) 및 폴리에틸렌과 같은 고분자필름을 이용하는 방법이 이를 실현할 수 있을 것으로 기대된다. 그 중 PP는 고분자량과 고결정성의 강직한 소재로서, 산과 알칼리에 대한 내성,

열적안정성, 항균성 등이 뛰어난 반면, 분자구조 내 다량의 메틸기로 인해 친수성이 낮아, 젖음성(0.05% at 20°C) 및 염색성이 불량하며, 탄소원자에 부가된 수소원자들은 산소나 오존의 공격을 받기 쉬워서 산화에 대한 저항성이 떨어지며, 수지의 가공온도가 높은 등의 단점이 있어 현재까지 의류 및 다른 산업으로의 응용에 어려움이 있었다<sup>1,2)</sup>.

따라서 나일론이나 폴리에스테르와 같이 의류용으로 개발되는 대신, 뛰어난 투명성, 기계적 강도, 내열성이 요구되는 포장용 필름재료로서 주로 사용되어 왔다. 국내에서는 1980년대부터 PP수지의 이용이 증가되어, 이 후 세계적인 섬유산업의 흐름이

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-53-754-7298; Fax.: +82-53-752-7584; e-mail: ymp9397@yonsei.ac.kr

의류용도로부터 환경, 자원용 생활자재 및 산업자재 분야로 이동함에 따라 PP섬유도 이러한 분야의 수요가 확대되어 최근에는 섬유, 필름, 플라스틱 제품 등에서 고성능 흡수제나 부직포, 카펫, 기저귀류 및 유통, 포장의 원료로 활용되고 있다<sup>3,5)</sup>.

PP의 성질은 여러 가지 충전제의 배합에 의해서 상당히 개질·변화될 수 있는데, 충전 재료로는 석면, 실리카 운모, 유리섬유 등이 잘 이용된다. 최근, 일라이트(견운모) 등 다양한 기능성 무기물의 연구가 일부 이루어져 고유한 효능이 밝혀진 바 있고, 특히 일라이트는 원적외선 방사효율이 우수하여 식품의 보관을 향상시키는 효능이 있는 것으로 밝혀지면서, 일라이트나 제올라이트와 같은 무기물의 첨가에 의한 물성변화 및 기능성 향상이 상당히 주목받고 있다. 지표 및 저온환경에서 생성된 점토광물인 일라이트는 유기물질의 흡수 및 흡착성능이 뛰어나 전 세계적으로 가장 많이 이용되는 의료용 점토 중의 하나이며, 분말, 과립, 입상, 원형 또는 구형으로 각각 10~1,000 $\mu$ m의 미립자 상태로 가공되어 의약품, 화장품, 건축자재용품, 호수나 잔디 등의 바닥재, 건강보조기구, 정수필터의 재료로 다양하게 이용되고 있다. 그 중 일라이트론(illitlon®)이나 미라웨이브(Mirawave®)는 미분쇄 분말상의 일라이트를 나일론, PET, PP, 아크릴 등의 화학섬유와 혼합시켜 상품화한 것으로 축열, 탈취, 항균성능을 가지는 고기능성 고부가가치의 섬유로서 스포츠/골프웨어 소재로 사용되고 있다<sup>6-8)</sup>.

그런데 이러한 기능성 무기물들의 효능에도 불구하고 고유한 물성 변화 없이 PP계 수지에 균일하게 혼합시키는 것은 매우 어렵기 때문에 제품화의 걸림돌이 되고 있다. 따라서 현재로는 기능성 무기물을 다량 함유한 마스터배치(M/B) 칩을 일반 PP계 칩에 충전제와 함께 스크루방식으로 혼합하여 용융방사한 후 성형하여, PP제품을 생산하고 있는 것이 국내외적인 기술의 한계이며<sup>3,4)</sup>, 더구나 이러한 방식은 제조과정이 매우 복잡하여 각각의 칩의 정량적인 혼합기술을 확보할 수 없고, 전력소비가 많아 제조원가가 높을 뿐만 아니라, 또 상호 균일한 혼합 상태의 유지가 어렵고, 고품질의 제품이나 정밀도를 요하는 제품에 적용하기 어려운 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 곡물류 및 식품을 장기간 보관 또는 운송하기 위해 항균 및 탈취기능이 부가된 포장재를 개발하기 위하여 기능성 무기물인 일라이트와 폴리올레핀계 수지를 분쇄하고 이들을 균일하

게 혼합시킨 다음 마찰열을 통해 용융시켜서, 균일한 혼합 상태를 이룬 폴리머를 얻도록 고안된 시스템을 제안하였다. 이 정량적 혼합시스템은 별도의 히터를 마련하지 않고, 기능성 무기물과 폴리올레핀계 수지가 마찰열에 의해 용융되므로, 구조의 간소화와 함께 소재의 물성 변화가 억제되도록 고안된 것이 특징이다<sup>9)</sup>. 따라서 이러한 공정 단축 방안으로 일라이트와 PP칩의 혼합가열시 온도조절방법 개선, 미세한 일라이트 분말과 혼합하기 위한 PP 칩의 분쇄방법 개선, 혼합시 기능성 및 역학적 특성을 고려한 정확한 함량투입이 가능한 디지털식 측정기법 사용, 제품별 M/B 칩의 적정함량개발 및 M/B 칩과 일반 virgin 칩을 일정비율로 혼합하는 것 등이 적용되었으며, 제조된 기능성 PP 필름은 물성평가를 통해 사용가능성을 알아보았다.

## 2. 실험

### 2.1 재료

본 실험에 사용된 일라이트(325, 1,500mesh, 11~43 $\mu$ m)는 (주)옥진(이하 한국)에서 구매하였고, virgin PP칩은 경원산업에서 구매하여 사용하였다. 분산제인 Zinc stearate, 접착제인 올레핀계 왁스는 신원화학에서 산업용 등급으로 구매하여 사용하였다. 또한 최종제품인 기능성 섬유를 제조하기 위하여 사용된 M/B칩은 일라이트와 PP virgin칩, Zinc stearate 및 왁스가 포함되어 있다.

### 2.2 PP M/B 칩 및 PP 필름 제조

본 연구에서 virgin 칩은 순수한 PP수지 칩을 말한다. Fig. 1에 Air jet에 의한 PP M/B 칩 및 PP 필름의 제조과정을 나타냈다. PP M/B 칩의 개발을 위해서는 air jet과 PP 분쇄방식에 의해 무기입자를 정량적으로 균일하게 분산시키는 것이 가장 중요하다. PP 분쇄방식은 PP 칩을 호퍼에 넣고 디지털 함량측정 방식에 의해 정량씩 혼합조로부터 공급되도록 하는데, 이때 혼합조의 하단에 연결된 air jet 으로부터 고압의 압축공기를 분사하여 PP분말이 혼합조 내에서 부유 상태를 유지하도록 하는 것이다. PP필름 제조에 함유된 혼합물의 조성은 함유된 필름제조에 가장 적합한 325mesh와 1,500mesh의 입도를 가지는 일라이트 분말 2~10%와 PP virgin 칩을 90~98%의 비율로 혼합하여, 분산제인 zinc stearate 0.1~3% 및 접착제인 올레핀계 왁스를 2~3% 소량 투입하여 커플링한 후, air jet방식의 미

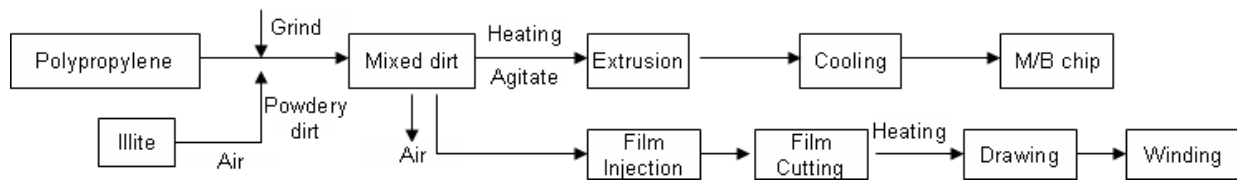


Fig. 1. Preparation of PP M/B chip and PP film by air jet.

립자로 분쇄 분사하여 정량비로 혼합, 가열교반, 압출기로 압출한 다음, 물로 냉각하여 5%, 10%, 20%의 용도별 PP M/B 칩을 제작하였다. 제조된 5% M/B 칩은 일반 virgin 칩과 일정비율로 혼합하여 자외선안정제를 첨가한 후 필라멘트 및 스테이플사 용도로 주로 사용하고, 10~15% M/B 칩은 슬릿안 용도로 사용하는 것이 가능하다.

한편, PP필름은 무기입자를 스크루방식으로 혼합하여 M/B 칩을 만든 다음 virgin 칩과 혼합하여 제조하던 기존의 공정을 생략하고, 325~1,000mesh 정도의 무기입자를 디지털함량 측정방식에 따라 PP 칩과 일정비율로 정량 혼합하여 제조하는 것이 특징이다. 이 때 순수한 일라이트 분말에는 수분이 10~13% 함유되어 있는데, 필름형성에는 0.2~0.5% 정도의 혼합이 적당하였다<sup>9)</sup>.

### 2.3 표면관찰

PP virgin 칩에 일라이트가 균일하게 혼합된 PP M/B 칩의 표면과 PP필름으로 제작한 것은 입체영상현미경(Sometech Co., CT14FE, Korea)으로 80배로 확대하여 관찰하였다.

### 2.4 필름의 두께와 강신도 측정

각각의 조건에 따라 제조된 무기입자를 함유한 700~1,400denier(폭;1.5~3mm, 두께;0.01~0.5mm)의 PP 필름은 KS K 0415에 의해 겉보기변수를 측정하였으며, 사인장강도 및 신도는 각각 KS K 0412에 준하여 측정하였다. 또한 제조된 PP필름의 두께를 thickness gauge로 측정하였다.

### 2.5 원적외선 방사성능 측정

원적외선 방사율 및 방사에너지 측정은 한국건자재시험연구원의 KICM-FIR-1005에 준하여 FT-IR spectrometer를 이용하여 흑체대비 원적외선 방사성능을 평가하였다.

측정온도는 실제 섬유직물의 사용온도에 근접한 40°C(4~20μm)로 설정하였다.

## 2.6 음이온 방출량 측정

측정대상물인 10cm×15cm 크기의 PP 필름에 대해 KICM FIR-1042에 따라 20°C, 40% RH, 대기 중 음이온 수 10<sup>2</sup>ion/cc의 조건에서 방출되는 음이온을 전하입자 측정장치(KOBE D EMPA KST-900, Japan)로 측정하였다.

## 2.7 항균성 측정

제조한 필름의 항균성능은 KICM-FIR-1003의 가압밀착법에 준하여, 대장균(*Escherichia coli* ATCC 25922, gram-negative bacterium)과 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538, a gram-positive bacterium)을 공시균주로 제공받아 시료를 넣지 않은 blank와 시료를 넣은 상태에서 초기농도(CFU/40g)와 24시간 경과 후의 잔균농도를 구한 후 각각의 세균감소율(%)로서 항균성을 평가하였다.

## 2.8 탈취성 측정

탈취성의 평가는 KICM-FIR-1085의 가스검지관법을 이용하여 암모니아 및 아황산가스에 대한 탈취능을 측정하였다. 시험방법은 초기농도에 대비하여 30, 60, 120분 경과 후의 탈취된 농도(ppm)변화를 나타내었다. 가스농도측정은 FT-IR을 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 일라이트 입자와 PP 칩의 정량적인 혼합시스템

지금까지는 고분자에 무기물을 부여하기 위해 주로 후가공법이나, 무기분말을 다량 함유한 M/B 칩을 제조하고 이를 일반 PP 칩과 혼합하여 성형하는 방법이 시행되었으나, 전자는 화학적, 기계적 마찰에 의한 내구성저하, 후자의 방법은 그 제조과정이 매우 복잡하고, 전력소비가 많아 제조원가가 높을 뿐만 아니라, PP수지와 일라이트의 상호 균일한 혼합 상태의 유지가 어려워 균일한 성능과 효과를 얻을 수 없는 단점이 있었다.

본 연구에서는 일라이트와 PP수지를 분쇄하고 이들을 혼합시킨 다음, 마찰열을 통하여 용융시켜 물성변화가 최소화된 상태의 폴리머를 얻기 위한 새로운 혼합시스템을 설계하였으며, Fig. 2는 일라이트를 포함한 PP 압출물 제조 장치를 나타낸 것이다. 전체적인 혼합시스템 구조는 원료를 투입하는 호퍼부, 미립자를 얻기 위한 분쇄부, 혼합을 위한 소용돌이(와류)순환부, 교반부 및 리드스크루부로 형성되어 있으며, 새로운 혼합시스템의 각 공정에 따라 필름형태의 제품을 생산할 수 있도록 구성되어 있다. 이 장치는 또한 고속 절단기 및 교반날개와 히터를 구비하고 있으며, 호퍼(1)에 투입하여 디지털함량 측정방식에 의해 정량씩 혼합조의 위로부터 공급되도록 한다. 이때, PP 칩은 혼합조(6)와 호퍼간에 설치된 리드스크루를 통과하여 아래쪽의 혼합조로 공급되며, 혼합조 내에 상하로 설치된 절단기 및 교반날개에 의해 PP 칩이 분쇄되어 분말형태로 혼합조 내에서 부유된 상태를 유지하게 된다. 한편, 혼합조의 한쪽에 연결된 공급관을 통해서 다른 호퍼(5)에 저장된 미세 분말상의 일라이트가 air jet 방식으로 정량씩 혼합조 내로 분사된다. 이때 호퍼에 저장된 일라이트 분말은 일단 디지털함량측정방식에 의해 일정량씩 와류형성부(3)로 공급되며, 와류형성조의 한쪽에 설치된 공기 압축장치로부터 고압의 압축공기의 분사에 의해 와류형성조 내에서 와류를 형성한 공기와 혼합되면서 부유된 상태를 유지한다. 이 때 와류형성조에는 와류형성이 잘 되도록 팬이 설치되어있다. 그리고 부유된 상태의 일라이트 분말이 위쪽의 공급관(4)을 통해 혼합조로 이동된다. 한편, 필름상으로 압출하는

경우에 사용되는 미분말상의 일라이트는 대략 325~1,500mesh 정도이며, 섬유상으로 방사할 경우에는 이보다 높은 1,000~1,500mesh 정도의 입도를 가지도록 고도로 미분화된 것이 사용된다. 그리고 각각 혼합조(22)의 위쪽에서 공급된 PP 분말과 측면에서 공급된 일라이트 분말은 공기 압축장치로부터 공급된 압축공기에 의해 형성된 와류 및 혼합조 내부에서 와류를 형성시키는 절단기와 교반날개의 교반작용에 의해 혼합이 균일하게 이루어지게 된다. 이와 같이 일라이트와 PP 분말이 균일하게 혼합되어 있는 혼합분진은 혼합조 하부를 통해 하부의 집진기(8)로 이송되어 집진이 이루어지고 집진필터를 통해 공기는 진공 압축장치(7)에 의해 외부로 배출된다. 그리고 집진된 혼합분진은 연결된 하부의 리드스크루를 통해 용융 리드스크루로 공급되어 가열, 용융되면서 반복 혼합이 이루어지게 된다. 이때 용융 리드스크루의 온도조절은 통상의 PP 필름의 압출에서와 마찬가지로 입구 부근에서 160~190℃로 조절하여 PP수지를 연화시킨 다음, 200~220℃ 정도에서 PP수지를 용융시키며, 마지막으로 230~240℃를 유지하여 완전히 용융된 상태로 하여야 다음 단계의 압출이 원활하게 이루어질 수 있다. 그 후 용융된 일라이트를 포함한 PP수지는 압출노즐(9)을 통해 필름상으로 압출되고 바로 냉각조(10)로 투입되어 냉각, 고화가 이루어진다. 다만, 이때 선상으로 압출하여 냉각, 절단한 후 칩 형태로 만들 경우에는 섬유상이나 다른 형태로 성형하는 것도 가능하다. 그 후 고화된 필름은 일반 필름 압출에서와 마찬가지로, 제1, 제2 롤러(11, 12) 사이를

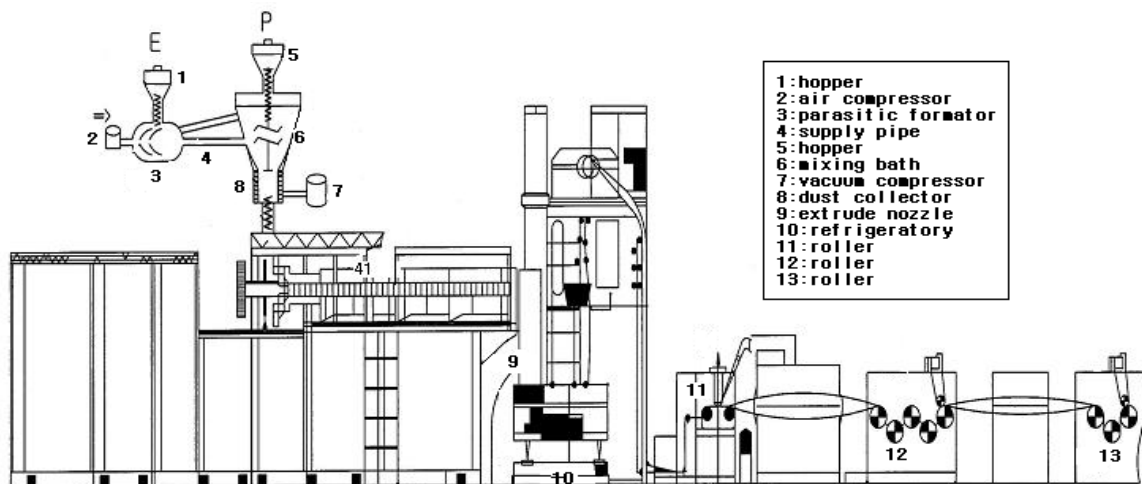


Fig. 2. Schematic draws of PP-extracts device by homogeneous mixing system of PP chip and inorganic illite.

통과시키면서 연신시키고, 제2, 제3 롤러(12, 13) 사이를 통과시키면서 단련하여 최종적으로 권취하여 사용하게 된다. 이와 같이 얻어진 필름은 그대로 포장재로서 사용하거나 슬릿사로 가공하여 제직하여 포대형태의 포장재로 활용할 수도 있으며, 그 외에 다른 용도로 활용할 수도 있다.

### 3.2 무기입자를 함유한 기능성 M/B 칩 및 PP필름의 제조

원적외선 및 음이온 방출, 향균 및 향곰팡이, 방충성, 탈취성 등의 기능성을 부여하기 위해 균일 혼합되는 무기물로 일라이트를 선정하고, 위에서 언급한 정량적으로 혼합된 새로운 혼합시스템을 이용하여 일라이트 투입량을 3, 5, 7, 10% 변화시키면서 기능성 PP필름 형성능이 가장 우수한 formulation을 찾아 제조하고, 제조된 필름으로 포대를 제직하였다. 필름형성 과정은 Fig. 1에서 이미 제시하였고, 325mesh의 함유된 PP 칩의 사진을 Fig. 3에서 볼 수 있다. 그림에서와 같이 혼합시스템 공정에 의해 일라이트가 골고루 M/B 칩에 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 일라이트의 입도가 325, 1,500mesh 모두 투입된 양이 10%까지는 필름형성이 가능하지만, 일라이트의 종류에 상관없이 함량이 10%이상 초과되면 일라이트 자체의 특성, 예를 들면, 습도 및 경도 때문에 필름형성이 곤란하였다. 따라서 일라이트를 5, 7, 10%를 함유하는 필름을 제조하여 물성실험을 진행하였다. 즉, 본 연구의 결과 일라이트 분말은 일라이트의 원적외선과 음이온 방출효과가 충분히 발휘될 수 있고 물성의 저하도 피할 수 있도록 전체 중량의 5~15% 정도 함유되도록 조절하는 것이 중요하다는 것을 확인할 수 있었으며, 섬유상으로 방사할 경우에는 방사노즐의 막힘 문제를 피할 수 있도록 2~10wt% 정도 혼입하는 것이 적절하였다.

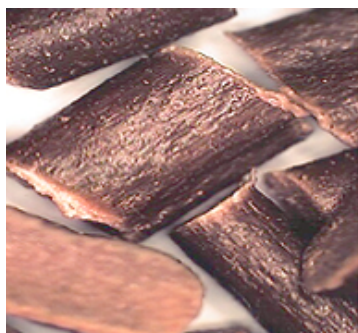


Fig. 3. Observation of PP chip containing 325mesh illite.

Table 1. Thickness of prepared PP film with different illite content

Illite Content	325 mesh	1500 mesh
5%	0.07mm	0.05mm
7%	0.07mm	0.05mm
10%	0.07mm	0.07mm

Table 1은 제조된 PP 필름의 두께를 thickness gauge로 측정한 결과로서, 일라이트의 입도가 325mesh로 비교적 일라이트 크기가 작은 경우는 일라이트 함량이 증가해도 두께의 차이가 전혀 없지만, 입도가 작은 경우는 제조된 필름의 두께가 약간 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 이와 같은 현상은 필름제조가 가능한 입도범위를 결정하는데 있어 10% 함량까지는 가능한 것과 관련해서 보면 일라이트의 함량이 증가할수록 무기물의 입도가 필름형성에 매우 중요한 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.

### 3.3 일라이트의 투입량에 따른 사인장강도와 신도

325mesh와 1,500mesh 일라이트가 각각 5, 7, 10% 함유된 PP 필름에 대해 사인장강도와 신도를 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다. 325mesh, 1,500mesh 모두 일라이트의 함량이 늘어날수록 사인장강도, 신도 모두 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 일라이트가 PP 칩들 사이에서 이물질처럼 작용하기 때문에 함유량이 늘어날수록 물리적강도가 저하된 것으로 보인다. 또한 신도의 감소도 위와 같은 이유로 두께의 증가와 무관하지 않다고 판단된다. 즉 고분자 필름의 두께증가에 따른 신도는 일반적으로 비례하여 감소하므로 325mesh와 1,500 mesh의 일라이트를 첨가한 경우 일라이트의 양이 증가할수록 강도와 신도는 둘 다 감소한 것을 알 수 있다. 325mesh의 신도와 강도가 더 작은 것으로 보아 PP 혼합물 내에서 입도가 작은 무기미립자(1,500mesh)가 좀 더 균일하게 분포되어 있음을 가정할 수 있고, 이로 인해 기계적 성질에 끼치는 영향도 더 클 것으로 예상된다.

### 3.4 원적외선 방출효과

태양광선은 생명이 생존하는데 매우 큰 영향을 끼치는데, 그 중 자외선은 화학적 살균작용을 하고, 적외선은 물리선으로 인간생활에 절대적으로 필요한 생육광선이다. 즉, 인체를 구성하고 있는 물질원자에 에너지를 가하면 전자간의 이원화현상으로 인

**Table 2.** Tensile strength and elongation of prepared PP fiber with different illite content

Illite content	325 mesh			1500 mesh		
	Tensile Strength (gf)	Elongation (%)	Thickness (denier)	Tensile Strength (gf)	Elongation (%)	Thickness (denier)
5%	5159	15.5	1,400	6034	17.7	1,400
7%	5017	13.5	1,400	5755	16.4	1,400
10%	4378	13.8	1,400	5630	15.1	1,400

**Table 3.** Far-infrared radiation emissivity and energy of functional PP film

Illite Content	325mesh		1500mesh	
	Emissivity (4 ~ 20 $\mu\text{m}$ )	Emission Energy ( $\text{W}/\text{m}^2 \times 10^2$ )	Emissivity (4 ~ 20 $\mu\text{m}$ )	Emission Energy ( $\text{W}/\text{m}^2 \times 10^2$ )
3%	0.877	3.54	0.871	3.51
5%	0.886	3.57	0.881	3.55
7%	0.890	3.59	0.886	3.57
10%	0.893	3.60	0.890	3.59

해 원자분열이 일어나고 이러한 현상은 대사 작용을 촉진함으로써 세포의 증식 및 분할이 활발해져 사람이 살아가는데 필수적인 효소합성 및 호르몬의 생산과 성장의 조건 등, 생육환경에 시너지효과를 제공하는 광선을 말한다. 이 중에서 4~1,000 $\mu\text{m}$  사이의 원적외선 방출은 야채나 과일의 신선도 유지, 실내공기 정화, 물의 정수 및 활성화, 신진대사 촉진, 살균 및 방충, 습도유지에 의한 식품의 건조방지, 채소 및 과일의 맛과 영양보존 등의 다양한 기능을 가진다. 특히 식품포장재로 사용 시 더 큰 장점이 있어, 포장재로 사용가능성이 큰 PP필름에 이러한 원적외선 방출량이 많아지면 이러한 장점을 크게 활용할 수 있을 것으로 기대 된다<sup>10-14</sup>. 실온 환경을 가정한 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 각각의 시편에 따른 원적외선 방출량을 방사율과 방사에너지로 측정한 결과를 Table 3에 나타내었다. 원적외선 역시 일라이트 함량이 늘어날수록 원적외선 방출량이 늘어나는 것을 알 수가 있으며, 1,500mesh의 일라이트 보다는 325mesh 일라이트가 함유된 필름의 원적외선 방출량이 조금 많음을 알 수 있는데 이는 PP 필름에 분산된 일라이트가 1,500mesh일 경우 원적외선이 방사될 수 있는 표면적이 좀 더 많기 때문이다. 일반적으로 원적외선 효과는 흑체대비 0.89~0.92 사이의 결과에서 최적 기대되므로 이러한 결과에 만족하려면 일라이트 함량이 7%이상은 되어야 원적외선에 의한 성능을 기대할 수 있을 것으로 보인다.

### 3.5 음이온 방출

사람들은 일반적으로 하루에 454g의 공기를 마시며 살아간다. 공기는 우리 인체에 폐를 팽창시키고 수축시키는 일 외에 몸 에너지의 56%를 공기에서 얻는다. 따라서 우리가 숨쉬는 공기의 질은 우리의 건강과 삶에 지대한 영향을 끼친다. 산림이 우거진 곳이나 폭포 그리고 바다에 서면 마음과 기분이 상쾌해지는 것을 느낄 수 있다. 이는 바로 음이온 때문이다. 다량의 음이온의 방출은 우리의 몸과 마음을 정화시켜준다. 음이온은 세포를 활성화시키고, 혈액을 정화하며, 피로회복, 자율신경 안정 및 통증을 완화시켜주는 역할을 한다. 사람뿐만 아니라 사람이 먹는 식품에도 음이온의 역할은 비슷하다. 향기와 맛을 보존해주고, 저장기간을 늘려주는 등 포장재에서 음이온이 방출되면 큰 장점이 있을 것으로 사료된다<sup>15</sup>. 식품포장재로 사용가능한 기능성 PP필름에 음이온 방출량을 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 4에 제시하였다. Blank는 통상 140 ION/cc 이상의 기준음이온 효능을 갖는 물질을 의미하며, control은 일라이트가 함유되지 않은 시료를 말한다. Fig. 4에서 보면 알 수 있듯이 앞의 원적외선 방출량과 마찬가지로 음이온 역시 일라이트 함량이 많아질수록 방출량이 많았으며, 325mesh의 일라이트 보다는 1,500mesh 일라이트가 함유된 필름이 음이온 방출량이 더 많은 것을 확인할 수 있었다. 즉, blank를 제외한 모든 필름이 우수한 음이

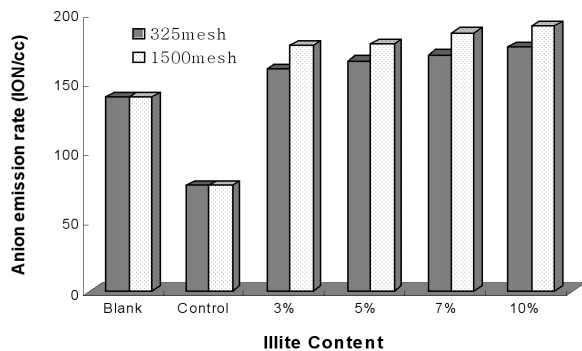


Fig. 4. Anion emissivity of functional PP film(ION/cc).

온방출효과를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 이는 일라이트를 처리함에 따라 본 연구에서 기대되었던 음이온 효과가 잘 반영되었음을 의미한다고 할 수 있다. 원적외선 방출량은 사용된 일라이트의 입도에 따라 큰 차이가 없었지만 음이온 방출량은 일라이트의 입도가 작을수록 방출량이 많은 것을 알 수 있는데 이는 일라이트의 표면적이 증가함에 따라 미세분말상의 일라이트가 방출할 수 있는 음이온 양도 그만큼 더 증가된 것으로 생각된다.

### 3.6 항균성

식품을 신선하게 장기보존 또는 유통하기 위한 식품용 포장용기는 항균성을 비롯하여 인체에 무독성, 무자극성, 지속적인 내구성 등의 조건이 요구되고 있지만 현재 대부분의 식품 보관 및 포장재들은 표면에 방부제를 처리하기 때문에 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 이러한 독성방부제를 포함하지 않은 식품용 포장용기에 대한 관심은 날로 높아져 가고 있으며, 소비자들 또한 이러한 방부제가 식품에 포함되는 것을 바람직하지 않다고 생각하고 있기 때문에, 항균성을 지닌 포장재의 개발은 필수적인 것으로 인식되고 있다.

Table 4는 제조된 기능성 PP필름의 항균특성을 시험하기 위해 치명적 식중독균인 대장균과 포도상구균을 시험균주로 사용하여 시간의 경과에 따른

세균감소율을 일라이트 함량별로 나타낸 것이다. 초기농도와 24시간 지난 후 감균수를 농도대비(%)로서 나타낸 결과, 일라이트 함량이 증가할수록 세균감소율은 증가함을 알 수 있으며, 1,500mesh의 일라이트가 함유된 PP 필름의 세균감소율이 325 mesh의 일라이트가 함유된 필름보다 약간 우수한 것을 알 수 있다. 제조된 모든 필름이 일라이트의 함량에 크게 영향을 받지 않고 94~99.8% 범위 내의 균감소율을 나타내므로 항균성은 매우 뛰어난 것을 알 수 있다. PP는 서론에서 설명한 바와 같이 분자구조가 소수성이기 때문에 습기로 인한 균의 발생을 저지시킬 수 있기 때문에 항균용 포장재를 비롯한 용도로 이미 상업화된 제품들이 많이 알려져 있다. 본 연구의 항균실험 결과 3%의 일라이트가 함유된 PP 필름도 항균성이 95%를 넘고, 5%의 일라이트가 함유된 시료가 7% 함유된 시료보다 좀 더 좋은 결과를 보인 반면, 10%와도 크게 차이가 없는 것으로 보아 균의 생장을 저지하는데 끼치는 일라이트의 영향이 매우 큰 것으로 짐작된다.

### 3.7 탈취성

식품이나 곡물류를 운송, 보관하기 위해서 음식물의 변성에 대비한 탈취성능은 항균성과 더불어 매우 중요하게 요구되는 성질이다. 일라이트는 과거부터 항균 및 탈취성이 매우 뛰어난 물질로 알려지면서 대부분의 연구에서 악취제거효과가 인정되었다<sup>6,16)</sup>. 본 연구에 사용된 일라이트는 고순도의 미립자상 원료로 PP 칩의 표면에 흡착되어 내구성이 매우 우수하다. 각각의 시료에 대한 탈취성은 시험독성가스로 암모니아가스를 사용하여, 초기농도에 대비하여 2시간 경과 후 잔류농도를 비교하여 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 항균성과 마찬가지로 탈취성 역시 일라이트가 포함되지 않았을 때 거의 효과가 없었으며(결과 제시하지 않음), 일라이트의 함량과 시간이 경과될수록 향상되는 것을 확

Table 4. Antibiotic rate of functional PP film

Illite Content	325mesh		1500mesh	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
3%	95.6	97.2	96.0	98.1
5%	96.1	98.1	98.0	99.1
7%	95.7	97.3	97.6	98.5
10%	97.0	98.2	97.8	99.2

Table 5. Deodorization of functional PP film

Time (min)	Innitial Conc. (ppm)	325 mesh				1500 mesh			
		3%	5%	7%	10%	3%	5%	7%	10%
0	200	151	151	149	147	149	147	146	144
30	176	141	140	137	137	139	137	136	135
60	169	125	124	122	122	124	122	121	120
120	145	118	117	115	115	117	115	114	114

인할 수 있으나, 7%이상에서는 효과가 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있다. 또한 1,500mesh의 일라이트를 함유한 PP필름의 탈취성이 325mesh의 일라이트를 함유한 필름보다 더 좋은 것을 알 수 있다. 그러나 탈취효과는 70~98%에 못 미치는 것을 알 수 있다. 같은 양의 일라이트를 함유한 폴리에스터(PET) 필름의 탈취성을 비교테스트 해보았을 때는 70%이상 효과를 얻을 수 있었으나<sup>16)</sup>, PP 필름은 탈취성이 20% 정도로서 그다지 만족스럽지 못한 결과를 나타내고 있다. 이는 PET와 PP의 분자구조와 표면적 차이에 기인하는 것이라 사료된다. 즉, 암모니아의 질소원자가 반응할 수 있는 기회는 탄화수소로 이루어진 강직한 PP에 비해 PET가 더 유리함을 시사하며, 표면적에 있어서는 앞의 음이온방출량 및 향균성 결과에서와 마찬가지로 입도가 작은 일라이트가 혼합된 PP 필름이 더 많은 표면적을 제공함으로써 탈취성도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 서론에서 이미 제시한 바와 같이 일라이트 본래의 기능인 탈취, 축열 및 향균 성능을 매우 잘 반영한 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

친환경 식품용 포장재를 개발하기 위해 PP 칩에 일라이트를 혼합하는 과정에서 기존의 복잡하고 비경제적인 제조방법을 대안할 수 있는 장치를 마련하였으며, 제조된 PP 필름의 물성을 평가하였다. 원적외선 및 음이온 방출, 향균, 향곰팡이 및 방충성, 탈취성 등 식품 및 곡물류의 운반/포장에 요구되는 특성을 얻기 위해 본 연구에서 사용된 일라이트가 매우 적절함을 확인할 수 있었다. 일라이트를 함유한 기능성 PP 필름은 일라이트와 virgin PP 칩을 정량적으로 균일하게 혼합할 수 있는 새로운 시스템에 의해 이루어졌는데, 즉, 이 시스템을 이용하여 입도가 다른 325mesh와 1,500mesh 두 종류의 일라이트와 zinc stearate와 wax를 일정비율로 혼합하여 PP 필름과 50%의 일라이트가 균일하게 분포

된 M/B 칩을 개발할 수 있었다. 일라이트의 입도에 상관없이 함량이 10%이상 초과되면 일라이트 자체의 물성 때문에 필름형성이 곤란하였다. 물성 시험결과, 1,500mesh의 일라이트가 함유된 필름이 325mesh 일라이트가 함유된 필름보다 물리적 성질이 우수함을 알 수 있었으며, 함량이 높을수록 향균 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 7%와 10%의 일라이트가 함유된 필름의 물성은 눈에 띄게 큰 차이는 없었기 때문에 상용화시에는 1,500 mesh 일라이트가 7% 가량 함유된 PP필름을 제조하는 것이 가장 효율적일 것으로 보이며, 또한 필름뿐만 아니라 필라멘트 역시 방사할 때 M/B 칩에 1,500mesh의 일라이트를 1~7% 범위 내에서 첨가한다면 고기능성의 PP 필라멘트를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

이 논문은 산업자원부(제10024468호)와 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRF-2007-357-C00128)

#### 참고문헌

1. G. Natta et al, *Gazz. Chim, Ital*, **87**, 570 (1957).
2. Y. S. Jeong, Polypropylene, *Polymer*, **4(4)**, 337-343(1980).
3. D. W. Lim, S. R. Yun, K. W. Kim and J. S. Ma, KR Pat. 0003672(1996).
4. S. J. Choi, KR Pat. 0005951(2002).
5. M. Yani, M. Hiral and M. Shoda, Ammonia Gas Removal Characteristics Using Biofilter with Activated Carbon Fiber as a Packing Material, *Environ. Technol.*, **19**, 709-715(1998).
6. D. J. Lee. A Study on the Geological Occurrence, the Mineralogical and Physico - Chemical Properties of the Yucheon Sericite Ore in



- Chungha Area, *The Mineralogical Society of Korea*, **10**(2), 114-125(1997).
7. S. U. Aja, P. E. Rosenberg and J. A. Kittrick, Illite Stability Equilibria in Solution : I. Phase Relationships in the System K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O between 25 and 250 Co, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**, 1353-1364(1991).
  8. Q. Du, Z. Sun, W. Forsling and H. Tang, Adsorption of Copper at Aqueous Illite Surfaces, *Journal of Colloid and Interface Science*, **187**, 232-242(1997).
  9. H. S. Kim, KR Pat. 0098930(2005).
  10. Y. H. Lee and M. S. Kim, Far-infrared Finish, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **8**, 71-77 (1996).
  11. V. Hopfea, H. Mosebachb, M. Erhardb and M. Meyerc, In-situ FTIR Emission Spectroscopy in a Technological Environment: Chemical Vapour Infiltration (CVI) of SiC composites, *Journal of Molecular Structure*, **347**(1), 331-342(1995).
  12. H. K. Lee and K. M. Lee, Far Infrared Radiation Characteristics of Germanium Compounds, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **17**(6), 597-603(2006).
  13. Y. M. Park, K. Koo, J. D. Choe and E. A. Kim, Waterproof and Breathable Textiles for Improvement of Thermal Comfort by Dual Complex Coating of Ceramics, *J. Korean Fiber Sci.*, **44**(4), 211-219(2007).
  14. H. S. Shim, M. H. Shim and C. H. Park, Far IR Emission and Thermal Properties of Ceramic Coated Fabrics by IR Thermography, *Key Engineering Materials*, **321**, 849-852(2006).
  15. K. Vaideki, S. Jayakumar, R. Rajendran and G. Thilagavathi, Investigation on the effect of RF Air Plasma and Neem Leaf Extract Treatment on the Surface Modification and Antimicrobial Activity of Cotton Fabric, *Applied Surface Science*, Accepted 2007.
  16. H. S. Kim, Y. K. Lee and G. H. Lee, KR. Pat. 0048614(2001).