

## 집먼지 진드기 알레르겐 차단 침구에 사용되는 극세 공극 직물의 공극 측정을 위한 입자 투과 실험 장치의 개발

김동희<sup>†</sup>

동양미래대학교 생명화학공학과  
08221 서울시 구로구 경인로 445  
(2022년 7월 1일 접수, 2022년 7월 6일 수정본 접수, 2022년 7월 6일 채택)

## Development of the Experimental Apparatus to Measure a Pore Size of Micro-pore Fabrics Used for a Bedding to Block the House Dust Mite Allergen

Donhue Kim<sup>†</sup>

Department of Biochemical Engineering, Dongyang Mirae University, 445 Gyeongin-ro, Guro-gu, Seoul, 08221, Korea  
(Received 1 July 2022; Received in revised form 6 July 2022; Accepted 6 July 2022)

### 요 약

극세 공극 직물의 알레르겐 투과율을 측정하기 위해서는 극세 공극 직물의 공극을 측정하는 편리하고 적절한 실험 장치의 연구 개발이 필요하다. 본 연구에서는 중량 감소율을 측정하여 극세 공극 직물의 공극 크기를 측정하기 위한 간단하고 경제적인 실험 방법을 개발하였다. 또한, 개발된 미세 입자 투과 장치를 사용하여 다양한 직물의 공극 크기를 측정하여 알레르겐 차단 성능을 평가하였다. 본 연구에 의하면 극세 공극 직물의 공극의 크기는 중량 감소 비율을 측정함으로써 구할 수 있었다. 또한 중량 감소 비율의 값은 입자 투과 장치를 통과하는 흡입 압력이 작을수록, 흡입 시간이 길수록 큰 값을 나타냈으며, 이 값으로부터 직선 삽입 방법을 통하여 실험 직물의 공극 크기를 측정 할 수 있었다. 개발된 실험 장치 및 방법은 집먼지 진드기 차단 침구에 사용되는 극세 공극 직물에 대하여 그 효과를 검증하는 품질 관리 방법의 실험 기준으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** – In order to measure the allergen penetration of micropore fabrics, it is necessary to develop a convenient and appropriate experimental method for measuring a pore size of micropore fabrics. In this study, a simple and economical experimental apparatus was developed for the analysis of the pore size of micropore fabrics by measuring the weight reduction rate. In addition, the allergen blocking properties was evaluated by measuring the pore sizes of various fabrics. According to this study, the size of the pores of the microporous fabric could be obtained by measuring the weight reduction rates. In addition, higher weight reduction rate was obtained as the suction pressure passing through the particle permeation device decreased and the suction time was increased. It is expected that the developed experimental method and apparatus can be utilized as an experimental standard for quality control methods to verify the effectiveness of micropore fabrics used for house dust mite blocking bedding.

Key words: House dust mite, Allergen, Micro pore fabric, Micro pore size, Micro-particle penetration

### 1. 서 론

집먼지 진드기가 알레르기 질환의 주요 원인 물질이라는 것이 1967년 Voorhst의 연구에서 발표된 이후, 집먼지 진드기와 호흡기 알레르기 질환의 관계에 대하여 많은 연구가 진행되었다[1-4]. 국내 연구에서도

호흡기 알레르기 환자의 50%에서 80%가 집먼지 진드기에 대한 알레르기 피부 시험에 양성반응을 보이고 있다[5,6]. 집먼지 진드기 알레르겐에 대한 노출을 감소시키기 위하여 공기정화기를 사용하거나, 극세 공극 직물을 사용한 침구류를 사용하는 환경관리 방법이 제시되고 있다.

침구는 먼지를 많이 발생시키며 집먼지 진드기가 대량으로 서식하는 주요 장소이기 때문에 많은 사람들이 밤에 잠을 자는 동안 직접적으로 대량의 알레르겐에 폭로가 일어난다[7,8]. 현재까지 밝혀진 환경관리법 중 침구류에 있는 집먼지 진드기 알레르겐을 감소시키는 데 가장 효과적이고 중요한 방법은 집먼지 진드기 알레르겐

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.

E-mail: donhue@dongyang.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성분이 통과하지 못하게 만든 특수 직물로 이불, 요, 베게, 매트리스커버 등과 같은 제품을 만들어 사용하는 것이다. 초기에는 침구에 비닐이나 코팅 직물 등과 같은 재질로 침구를 덮어씌우는 방법이 제시되었으나, 비닐이나 코팅 재질이 가지는 수분 및 공기에 대한 비 투과성으로 인해서 위생상의 문제와 수면환경을 방해하는 문제가 제기되어 현재는 사용되지 않고 있다. 그에 대한 대안으로 직물의 공극의 크기가 집먼지 진드기 알레르겐 크기보다 작게 만든 고밀도 극세 공극 직물로 제작한 집먼지 진드기 알레르겐 차단 침구가 시중에 널리 사용되고 있다[9]. 그러나 이러한 극세 공극 직물의 알레르겐 차단 효능에 대하여 검증할 실험 방법이 없기 때문에 극세 공극 침구의 알레르겐 차단 효과에 대한 검증 실험이 필요한 실정이다.

극세 공극 직물의 알레르겐 투과율을 측정하기 위해서는 극세 공극 직물의 공극을 측정하는 장치가 필요하다. 그러나 이러한 극세 공극 직물의 알레르겐 방지 효과에 대한 편리하고 적절한 검증 실험 방법이 없기 때문에 극세 공극 직물에 대한 공극 측정을 편리하게 할 수 있는 실험 장치의 연구 개발이 필요한 실정이다. 공극의 크기를 측정하는 종래의 실험 장치로서 멤브레인 필터의 공극의 크기를 측정하는 용도로 개발된 버블 포인트 실험 장치가 있다. 극세 공극 멤브레인 필터는 유체 흐름에서 박테리아와 미립자를 제거하기 위해 사용되고 있다[10-13]. 버블 포인트 측정 장치는 멤브레인 필터에 사용되는데 공극을 통과하는 유체의 점도와 흐름에 작용하는 압력 차이와 공극 크기의 함수 관계로부터 공극을 측정한다[14,15]. 그러나 버블 포인트 실험 장치는 얇은 직물의 공극을 측정하는 경우에 오차가 크고, 실험 방법도 간단하지 않다. 유체에 작용하는 점유의 종류에 따라 유체와 직물간의 표면 장력이 변화하기 때문에 이러한 오차를 적용할 별도의 실험이 필요하다. 또한 버블 포인트 방법은 공극을 원기둥으로 가정하여 식을 수립하는데 원단에 발생하는 공극은 사각형 형태의 불규칙한 구멍이 대부분이고 그 방향도 흐름 방향과 일정하지 않아 많은 보정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 중량 감소율을 측정하여 극세 공극 직물의 공극 크기를 측정하기 위한 간단하고 경제적인 실험 방법을 제시하였다. 본 연구에서 개발된 실험 장치는 직물 위에 소량의 미세 입자를 투과하고 흡입 압력과 진동을 부가하여 입자를 통과 시킨 후 일정 흡입 시간 후 중량 감소율을 측정하도록 설계한 장치를 사용하여 중량 감소 비율에 따라 극세 공극 직물의 공극을 측정한다. 또한, 개발된 미세 입자 투과 장치를 사용하여 다양한 직물의 공극 크기를 측정하여 알레르겐 차단 성능을 평가하였다.

## 2. 실험 재료 및 방법

### 2-1. 실험 재료

본 연구에서는 현재 시판되고 있는 집먼지 진드기 방지 침구에 사용되고 있는 극세 공극 직물 세 종류와 일반 직물 한 종류가 사용되었다. 실험에 사용된 네 가지 종류의 극세 공극 직물의 물성은 Table 1에 나타나 있다. 각 직물의 사용된 경사와 위사의 종류에 따라 직물의 이름을 명명하였다. 6550 직물은 폴리에스터 극세사 (Polyester PET)로 144 가닥으로 이루어진 50 De (1 g/9000 meter) 굵기의 경사와 위사를 사용하여 제작되었다. 6560 직물은 폴리에스터 극세사로 204 가닥으로 이루어진 65 De 굵기의 경사와 면 60 수 위사로 제작되었으며, 6563 직물은 폴리에스터 극세사 204 가닥

Table 1. Names of the fabrics used in this experiments

Name of fabric	Warp yarn	Weft yarn
6550 fabric	PET 50 De, 144 filler	PET 50 De, 144 filler
6660 fabric	PET 65 De, 204 filler	60 De, cotton
6563 fabric	PET 65 De, 204 filler	PET 65 De, 204 filler
6060 fabric	60 De, cotton	60 De, cotton

65 De 굵기의 경사와 위사로 제작되었다. 6060 직물은 면 60 수의 경사와 위사로 제작된 고밀도 면직물이다. 집먼지 진드기에서 발생하는 알레르겐의 크기는 10~50  $\mu\text{m}$ 로 집먼지 진드기의 크기 (100~400  $\mu\text{m}$ ) 보다 약 1/10 이하의 미세한 입자들이 보통이다[16]. 집먼지 진드기의 배설물이나 죽은 사체가 부패하여 분해된 미세한 크기의 단백질 등의 입자가 알레르기를 일으키는 알레르겐이기 때문이다. 이러한 집먼지 진드기 알레르겐은 항원으로 작용하여 면역력이 약한 알레르기 환자에게 대량으로 흡입되어 피부염, 비염, 천식, 결막염 등의 알레르기 질환을 일으키는 주요 원인이 되고 있다[17-19]. 일부에서는 집먼지 진드기 통과 실험을 통해서 집먼지 진드기가 통과하지 못하고 차단되는 기포실험을 실시하고 있다. 이 실험 결과를 기준으로 알레르기를 예방하는 특수 직물인 것으로 발표하여 알레르기를 예방할 수 있는 것으로 오인하게 하는 원인이 된다. 그러나 알레르기 질환을 일으키는 원인은 집먼지 진드기 자체가 아니라 집먼지 진드기에 의한 미세한 알레르겐이므로 집먼지 진드기를 차단하는 것과 이보다 매우 크기가 작은 집먼지 진드기 알레르겐을 차단하는 것이 중요하다.

Fig. 1은 실험에서 사용된 직물의 현미경 사진이다. 투과 현미경의 빛의 광도를 조절하여 경사와 위사 사이 공극을 통해 빛이 투과 되도록 하였다. 사진에 나타난 빛의 투과로부터 공극의 크기를 측정하는 공극 측정은 공극이 빛의 진행 방향과 일정하다는 가정으로 가능하다. 그러나 직물의 경우 발생하는 공극은 경사와 위사가 만

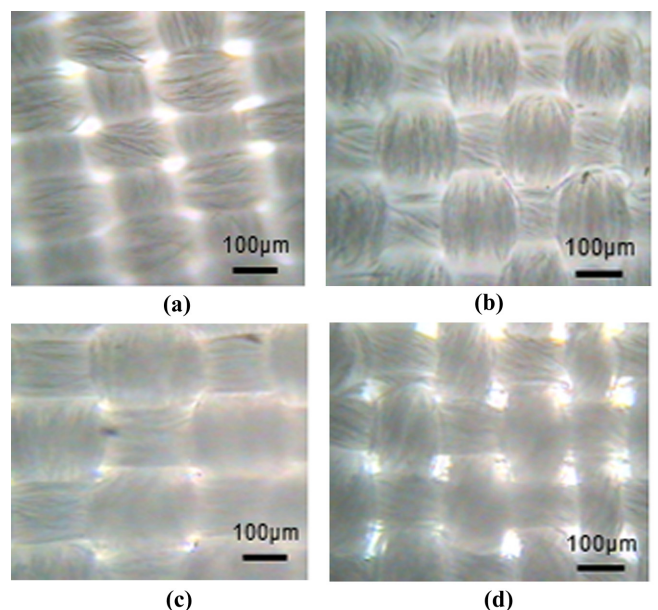


Fig. 1. Microscope pictures of fabrics (a) 6550 fabric (b) 6560 fabric (c) 6563 fabric (d) 6060 fabric.

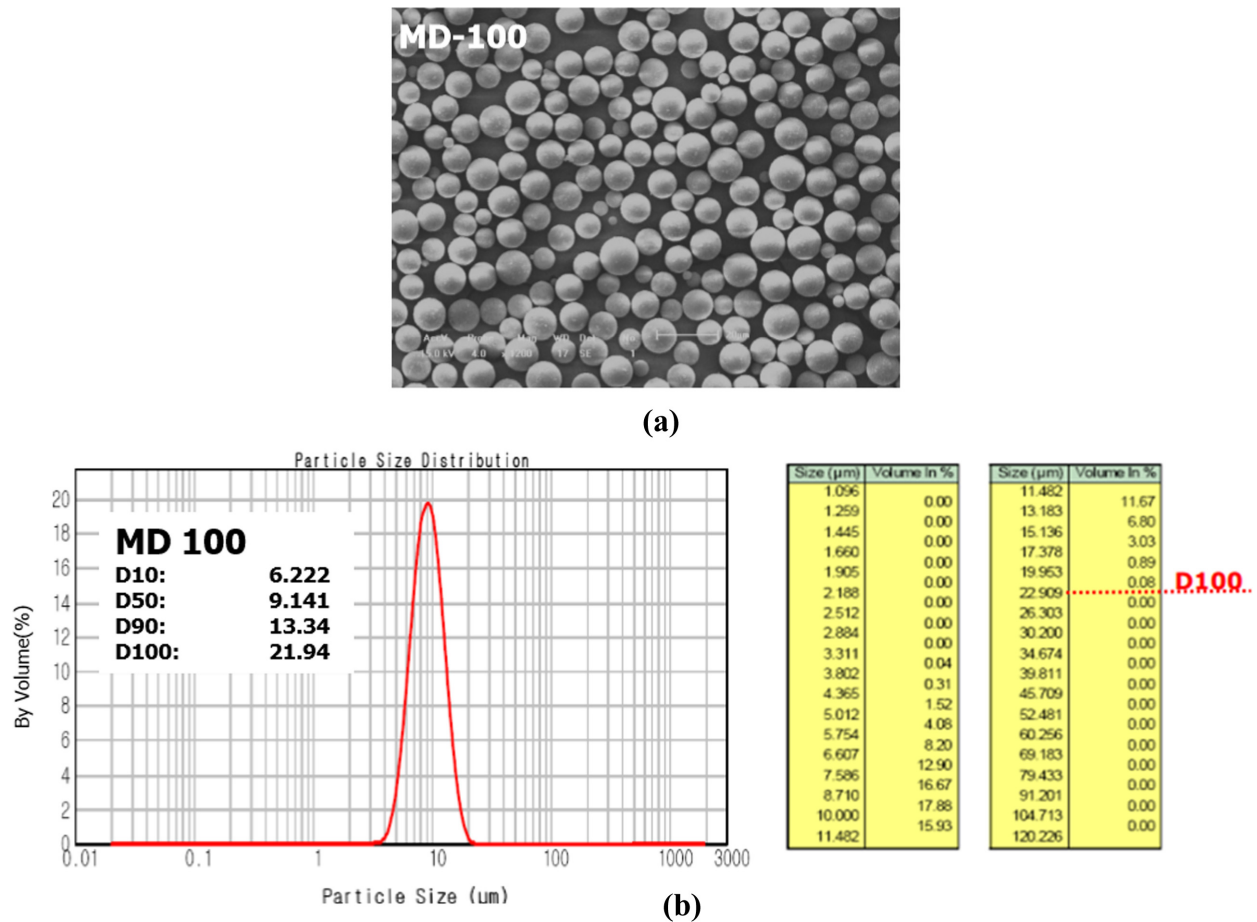


Fig. 2. MD100 particles used in this study (a) Microscope picture (b) size distribution and data of size vs. volume%.

나는 부분에서 발생한다. 따라서 투과 현미경 사진에서 보이는 공극과 실제 공극은 매우 다르다. 경사와 위사의 굵기 차이가 다른 고밀도 직물의 경우 빛의 투과되는 구멍은 작게 보일 수 있으나 실제로는 큰 공극이 존재하게 된다. 또한 직물을 재직하는 방법에 따라 공극의 형태는 현미경에서 보이는 빛에 의한 투과 모양과 상당히 다르게 존재하기 때문에 현미경 사진의 공극 크기는 실제 공극과 상당한 차이를 보이게 된다.

본 연구에서는 직경 10 μm 수준의 작은 집먼지 진드기 알레르겐 입자를 차단할 수 있는 능력을 시험하기 위하여 평균크기가 10 μm 이하인 입자를 사용하여 알레르겐 차단 성능을 시험하였다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 입자의 현미경 사진과 입자의 평균 크기의 분포이다. 사용된 입자는 선진뷰티사이언스(주)가 제공한 MD100으로 평균입자의 크기가 10 μm인 입자로서 집먼지 진드기 알레르겐의 작은 입자의 크기를 대표하는 입자로 사용되었다. Fig. 1(a)는 전자현미경 사진으로 입자들의 비교적 균일한 직경의 분포를 살펴볼 수 있다. Fig. 1(b)는 입자의 직경 μm를 부피 비율로 표시한 결과 그래프이다. 최소 직경은 약 3 μm 이고 최대 직경은 약 21.9 μm로 나타났다. 누적 부피 분포 10%에서 직경은 6.222 μm 이고 누적 부피 분포 100%에서의 직경은 21.94 μm로 측정되었다.

## 2-2. 실험 방법

미세 입자의 투과 성능을 시험하는 장치는 필터를 장착한 실험 키트에 실험 입자를 투입한 후 흡입 압력과 진동을 추가하여 흡입

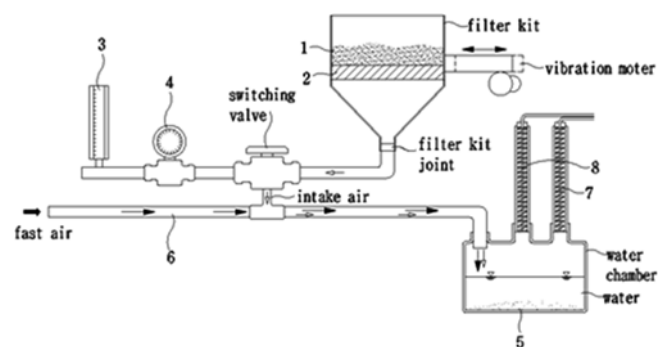


Fig. 3. The experimental system for measuring the weight reduction rate of the filter kit.

- |                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| 1. Micro fine particles      | 5. Fluid            |
| 2. Micropore fabric          | 6. Suction tube     |
| 3. Flow measuring device     | 7,8. Revolving tube |
| 4. Pressure measuring device |                     |

시간 별로 필터에 부가한 입자의 중량을 측정할 수 있도록 설계하여 제작하였다. Fig. 3은 미세 입자 투과 실험을 실시하는 실험 장치의 구조를 도시하고 있다. 극세 공극 직물에 일정량의 미세입자를 투입한 필터 키트를 실험도구에 장착할 수 있도록 설계하였고, 장착된 필터 키트는 측정 장치에서 분리되도록 설계하여 흡입 압력이 작용하여 공기가 흡입되는 일정 시간 경과 후 키트의 무게를 측정할 수 있으며 시간에 따른 중량 감소율을 구하였다. 입자 투과 실험

험 장치에는 흡입 공기의 유량과 흡입 압력을 측정할 수 있도록 유량측정 장치와 압력측정 장치가 부착되었다. 그림에 표시된 스위치 밸브는 흡입되는 유량과 압력을 측정한 후 밸브의 방향을 바꾸어 입자 통과용 필터 키트에 흡입 압력을 가할 수 있도록 설계하였다. 고압 고속의 유체가 흡입관을 통과하면 필터 키트에 흡입 압력을 가하게 된다. 흡입된 미세 입자는 액체와 접촉하여 걸러질 수 있도록 설계되었다. 배출되는 공기 속에 있는 미세 입자는 액체와 접촉하고 회전판에서 회전하면서 외부로 배출되지 않도록 하였다. 고압의 공기가 튜브에 유입되고 압력차에 따라 유입관으로 공기가 흡입되고 실험키트에 있는 입자가 유입되도록 하였다. 필터 키트에 흡입 압력이 전달되는 동안에 진동 장치를 사용하여 필터의 입자들이 분산되도록 하였다. 흡입되는 모양을 관찰할 수 있도록 현미경을 부착하여 실험 전 후의 필터 키트의 변화를 관찰 할 수 있도록 하였다. 필터 키트는 폴리우레탄 튜브와 실리콘 튜브를 사용하였고, 튜브의 내부 직경이 6 mm인 튜브에 외부 직경이 6 mm 철관을 삽입하여 두 관 사이에 직물이 잘 밀착되도록 설계하여 사용하였다. 입자 통과 실험 장치는 유입되는 고압 유체의 유량을 세 가지 단계로 조절하여 흡입 압력을 유지 하였다. 튜브에 유입되는 유체의 유속이 빠를수록 측정된 흡입 압력은 작게 나타났는데 유속을 조절하여 흡입 압력이 900 hPa, 840 hPa, 780 hPa로 유지 되도록 조절 하였다. 각 각의 흡입 압력에서 필터 키트에 80 mg 미만의 MD100 입자를 투입하여 실험하였고 정해진 흡입 시간이 경과 한 후 필터 키트를 분리하여 중량 감소 비율을 정밀 저울을 사용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

극세 공극织물의 공극을 정확하게 측정하는 것은 많은 연구가 필요한 연구 분야이다. 측정 방법에 따라 오차가 발생하고 실험 대상인 측정 재료에 따라 다른 실험 방법이 필요하다. 액체의 점도와 표면장력으로부터 공극의 크기를 측정하는 종래의 방법인 버블 포인트 측정 방법은 몇 가지 가정을 하고 있다. 측정하는 재료의 구멍이 구형이고, 구형의 공극 터널에서 생기는 표면 장력은 측정 시료의 표면 성질과 관계없이 일정하고 또한 측정 재료와 유체 간에 접촉력도 일정하다고 가정하고 있다. 그러나 직물의 경우 발생하는 공극은 경사와 위사의 밀도에 따라 매우 다른 형태를 취하게 되고 직물의 종류에 따라 현저히 다른 표면이 형성된다. 또한 액체와 직물 표면의 장력도 직물에 사용된 섬유 표면의 형태에 따라 변화한다. 직조 방법에 따라라도 공극의 모양이 현저히 다르게 나타난다. 발생하는 공극 또한 원기둥 모양이 아니며 오히려 사선 형태를 이루고 있는 꼬아진 상자 모양에 가깝다. 따라서 버블 포인트에서 측정된 공극의 직경은 참고적 값으로 보아야 한다. 극세 공극织물에 일정 강도의 빛을 조사하여 이를 통하여 얻어지는 구멍의 크기를 사용하여 공극을 측정할 수도 있으나, 이 또한 빛의 방향, 강도에 따라 현미경에서 맺어지는 상이 상당히 변화한다. 따라서 본 연구에서는 크기를 알고 있는 입자를 직물 위에 놓은 후 이들 입자를 흡입 압력을 가하여 통과 하도록 필터 키트를 제작하였다. 미세한 입자의 경우 입자간의 응집력이 작용하기 때문에 이를 완화 할 수 있도록 흡입 압력이 가해지는 동안 필터 키트에 진동 장치를 부착하였다.

흡입 압력에 의하여 필터 키트에 있는 미세 입자 MD100은 실험 직물의 공극을 통과하여 흡입된다. 또한 극세 공극织물의 공극의

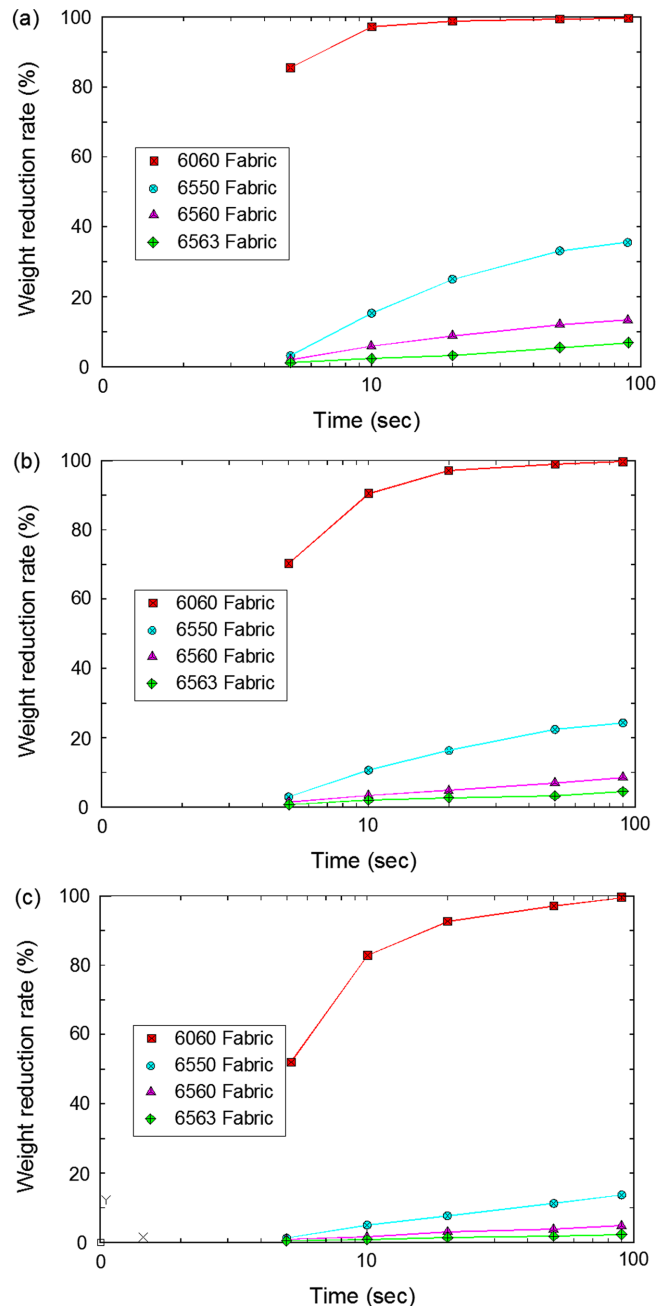


Fig. 4. Weight reduction rate versus time (a) 780 hPa (b) 840 hPa (c) 900 hPa.

크기에 따라 흡입 시간에 따른 중량 감소 비율이 다르게 나타나게 된다. Fig. 4는 실험에 사용된 극세 공극织물에 대하여 주어진 흡입 압력 900 hPa, 840 hPa, 780 hPa에서 시간에 따른 중량 감소 비율을 측정된 결과이다. 흡입 압력이 낮을수록 중량 감소 비율 값이 크게 나타났다. 또한 사용된 극세 공극织물의 종류에 따라라도 중량 감소 비율 값이 다르게 나타났다. 6060 직물의 경우 모든 압력 조건에서 실험 시작된 후 수 초 만에 투입된 MD100 입자의 90%이상 통과되는 것으로 나타났다. 이는 6060 직물의 공극이 평균직경 10  $\mu$ m의 값과 비교하여 매우 크기 때문에 발생하는 현상이다. 직물에 존재하는 공극의 크기가 실험에 사용되는 입자의 측정 범위를 넘어서는 경우의 직물로 파악된다. 그러나 6550, 6560, 6563 직물의 경



우는 흡입 압력이 증가 할수록 중량 감소 비율 값이 증가 하였으며, 측정 시간이 증가 할수록 중량 감소 비율 값이 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 실험 결과를 바탕으로 0.1~50  $\mu\text{m}$ 의 공극을 가진 극세 공극 직물은 주어진 흡입 압력 조건에서 공극의 크기에 비례하여 중량 감소 비율 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 중량 감소 비율과 평균 공극의 크기를 산정하는 실험적 방법을 도출 할 수 있을 것으로 판단된다. 중량 감소 비율은 비교적 측정하기 쉬운 물리량이다. 또한 본 연구에 사용된 입자 투과 장치는 필터 키트를 정해진 시간에 분리하여 중량을 측정할 수 있도록 설계하였기 때문에 지정된 흡입 시간에 필터 키트를 분리하여 중량을 측정하면 중량 감소 비율을 간단하게 얻을 수 있도록 하였다.

아직 국내 실험 규정에는 집먼지 진드기 알레르겐을 차단 효과를 규명하는 국가 공인 실험 규격이 없는 실정이다. 어떤 직물이 집먼지 진드기 알레르겐을 차단하는 직물인지 실험적 규격과 그 검증 실험이 없기 때문에 현재는 집먼지 진드기 차단용 침구가 시중에 만들어 저서 시판되고 있지만 이에 대한 기술적 한계와 효용성에 대한 검증도 어려운 상황이다. 그러나 집먼지 진드기 알레르겐을 차단하는 효과를 실험적 방법으로 증명하는 국가 공인 실험 규격 방법이 정해진다면, 시장에 유통되고 있는 집먼지 진드기 차단 침구에 대한 정확한 규격을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 사용한 입자 투과 장치는 이러한 실정을 감안하여 개발되었다. 집먼지 진드기 알레르겐은 가장 작은 입자가 약 10  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가진다. 따라서 실험에 사용된 MD100 입자의 투과율이 규격 미만 이라면 입자의 직경이 10  $\mu\text{m}$  이상인 입자는 입자 투과가 되지 않는 것으로 판단 할 수 있고, 따라서 집먼지 진드기 알레르겐을 차단 할 수 있는 것으로 검증할 수 있을 것이다[20].

물론 이 경우에도 미세 입자의 응집력에 따라 입자 투과율이 상당한 차이가 나타나기 때문에 응집력을 이겨 낼 수 있는 진동력과 적절한 흡입 압력을 설정하는 것이 그 과제로 남아 있으며, 극세 공극 직물과 미세 입자 사이에 상호 작용하는 친화력도 중요한 변수가 될 것으로 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서 실시한 실험의 결과를 보면, 개발된 입자 투과 장치가 극세 공극 직물의 알레르겐 투과 여부를 판단 할 수 있는 중요한 실험 방법이 될 수 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 개발된 입자 투과 장치는 측정 장치 구성을 저렴하게 할 수 있는 장점이 있을 뿐 만 아니라, 측정에 사용되는 방법 또한 간단하다. 따라서 일반적인 생산 공정에서 품질 관리 시설이나, 시험 관리 연구실에서 충분히 실험이 가능한 방법으로 사용될 수 있다.

Fig. 5는 버블 포인트 방법으로 측정된 공극의 평균 지름 값이 4.2  $\mu\text{m}$ 와 21.9  $\mu\text{m}$ 인 두 가지 극세 공극 직물을 본 연구에서 개발된 입자 투과 장치를 이용하여 실험한 결과이다. 세 가지 압력 조건에서 실험을 실시하였고 흡입시간 90 초에서 중량 감소 비율을 측정 하였다. 이 두 가지 직물은 본 연구에 사용된 직물의 공극의 크기를 측정하기 위한 기준 값으로 사용하기 위하여 제작되었다. 공극이 작은 직물은 제작 시 경사 밀도와 위사 밀도를 6563 직물 보다 약 10% 높도록 제작하여 공극의 크기를 작게 만들도록 하였고 그 결과 4.2  $\mu\text{m}$ 의 평균 공극 값을 보였으며, 공극이 21.9  $\mu\text{m}$ 로 측정된 직물은 본 연구에서 사용되는 6550과 현미경 사진을 비교하여 관찰하여 선정된 후 공극을 측정하였다. 두 가지 기준 직물에 대하여 측정된 공극의 크기는 한국 의류 시험 연구원(KATRI)에 있는 실험 장비를 이용하여 측정한 결과 값이다. 물론 이 공극의 값은 정확한 공극의 값은 될 수 없으나, 직물에 있는 공극을 원으로 가정하고 액체의 점

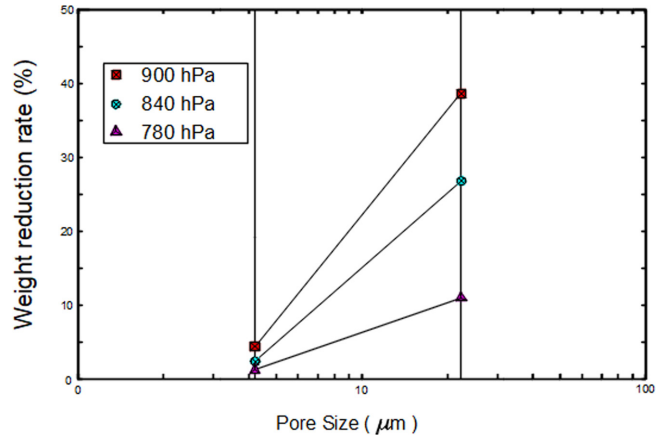


Fig. 5. Weight reduction rate versus pore size.

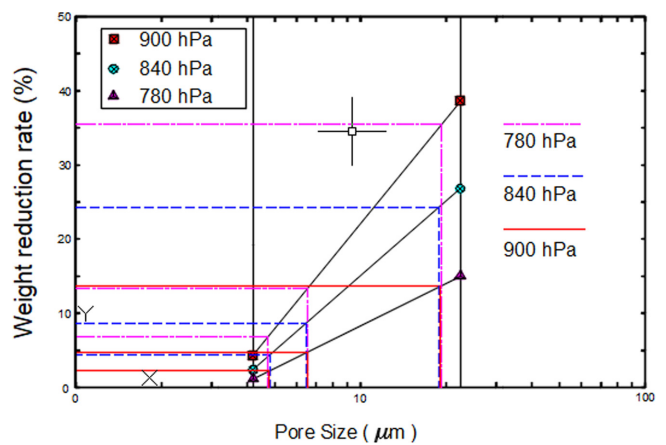


Fig. 6. Weight reduction rate versus pore size of micro-pore fabrics.

도와 압력간의 식으로부터 유도된 값이다. 이 측정값을 극세 공극의 기준 값으로 설정하여 본 연구에서 사용된 극세 공극 직물의 공극을 측정하는 두 가지 기준 직물로 사용하였다.

Fig. 6은 기준 실험에서 얻어진 결과를 사용하여 본 연구에서 사용된 극세 공극 직물에 대한 공극의 크기를 구한 결과이다. 실험에서 구한 중량 감소 비율의 값을 각 각의 흡입 압력 조건의 경우에 대하여 직선 삽입법을 사용하여 공극의 크기를 결정하였다. 직선은 900 hPa, 점선은 840 hPa, 중점선은 780 hPa의 흡입 압력에서 측정된 중량 감소 비율 값을 기준 실험 결과에 적용하여 본 연구에서 사용된 6550, 6560, 6563 극세 공극 직물의 공극 크기를 구할 수 있다.

6563 직물은 4.58~4.67  $\mu\text{m}$  값의 공극 크기를 구했다. 6560 직물은 6.33~6.35  $\mu\text{m}$ 로 공극 크기를 구하였으며, 6550 직물은 18.32~18.81  $\mu\text{m}$ 의 공극 크기를 갖는 것으로 나타났다. 각 각의 흡입 압력에서 구한 직선 삽입 방법에 의하여 구한 공극은 크지 않은 오차 범위에서 공극 크기의 값을 보임을 확인하였다. 또한 본 연구에 의하면 공극의 크기가 10  $\mu\text{m}$ 인 경우에 중량 감소 비율은 각 각의 흡입 압력 900, 840, 780 hPa에서 22.2%, 15.1%, 8.4%로 나타났다. 이 값은 극세 공극 직물의 공극이 10  $\mu\text{m}$ 인 값을 나타내는 것으로써 중요한 의미를 가진다. 미지의 극세 공극 직물의 공극이 10  $\mu\text{m}$ 의 기준을 통과하여 이보다 적은 공극을 가지면 집먼지 진드기 알레르겐의 차

단 효과가 있는 것으로 판단 할 수 있는 기준이 되는 것이다. 따라서 미지의 극세 공극 직물의 공극을 중량 감소율을 측정함으로써 간편하게 측정할 수 있으며, 실험 대상의 직물의 집먼지 진드기 알레르겐 차단 효과를 검증 할 수 있는 기준이 될 수 있다.

본 연구에서는 버블 포인트 측정 방법에 의하여 기준이 되는 두 가지 종류의 천의 중량 감소 비율 값을 사용하여 여러 가지 극세 공극 직물의 공극 크기를 측정하는 방법을 제시하였다. 본 연구에 사용된 입자 투과 장치는 입자를 통과하는 미세 입자의 중량을 측정하여 정해진 흡입 압력과 흡입 시간에 따라서 중량 감소율을 측정하였고, 이 값을 통하여 적은 오차 범위 안에서 극세 공극 직물의 공극을 측정하였다. 또한 집먼지 진드기에 의한 알레르겐의 차단 효과를 실험적 방법으로 확인하는 기준으로서 본 입자 투과 실험 장치가 사용될 수 있음을 보여 주었다. 주어진 흡입 압력과 흡입 시간의 조건에서 극세 공극 직물의 공극의 크기가 10  $\mu\text{m}$ 를 초과 하는지를 중량 감소율 측정 방법으로 간편한 실험을 통하여 검증할 수 있었다.

#### 4. 결 론

극세 공극 직물의 집먼지 진드기 알레르겐 차단 성능을 시험하기 위한 입자 투과 장치를 개발하여 실험에 사용된 극세 공극 직물의 알레르겐 차단 성능을 시험하였다. 실험에 사용된 입자 MD100은 평균 직경이 10  $\mu\text{m}$ 인 입자이다. 이 입자는 집먼지 진드기 알레르겐의 작은 크기를 대표하는 입자로 사용되었다. 사용된 극세 공극 직물은 세 종류로 6550 6560 6563로 명명된 세 가지 직물이 사용되었다. 각각의 극세 공극 직물은 입자 투과 장치를 사용하여 중량 감소 비율을 측정한 결과 흡입 압력이 작을수록, 흡입 시간이 증가할수록 중량 감소 비율의 값이 크게 나타났다. 입자 투과 실험에서 구한 중량 감소 비율 값을 사용하여 실험에 사용된 극세 공극 직물의 공극의 크기를 구하였다. 기준이 되는 두 가지 직물의 공극의 크기 값을 사용하여 중량 감소 비율 값을 직선 삽입 방법으로 구한 것이다. 6563 직물과 6560 직물은 공극의 크기가 각각 4.6  $\mu\text{m}$ , 6.3  $\mu\text{m}$ 로 나타나 집먼지 진드기 알레르겐을 효과적으로 차단 할 수 있는 직물인 것으로 나타났다. 그러나 6550 직물은 공극의 크기가 18  $\mu\text{m}$ 보다 다소 큰 값을 보여 집먼지 진드기 차단 효과가 상당히 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 실험에 사용된 6060 직물은 실험이 시작된 후 수초 후에 거의 모든 입자가 통과하였고 따라서 실험의 측정 범위를 벗어나는 큰 공극을 가진 것으로 나타났다.

본 연구에 의하면 극세 공극 직물의 공극의 크기는 중량 감소 비율을 측정함으로써 구할 수 있었다. 또한 중량 감소 비율의 값은 입자 투과 장치를 통과하는 흡입 압력이 작을수록, 흡입 시간이 길수록 큰 값을 나타냈으며, 이 값으로부터 직선 삽입 방법을 통하여 실험 직물의 공극 크기를 측정 할 수 있었다. 이러한 입자 투과 장치는 실험 장치가 비교적 간단하며, 실험이 90 초 이내에 종료되기 때문에 극세 공극 직물의 공극을 측정하는 매우 경제적이며 간단한 방법이다. 이러한 실험 방법을 사용하여 집먼지 진드기 차단 침구에 사용되는 극세 공극 직물에 대하여 그 효과를 검증하는 품질 관리 방법의 실험 기준으로 사용할 수 있으며, 또한 극세 공극 직물의 집먼지 진드기 차단 효과를 증명하는 성능 평가 실험의 기준으로 본 연구의 실험 장치와 실험 방법이 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감 사

본 연구는 동양미래대학교의 학술 연구 지원으로 수행되었습니다.

#### References

1. Voorhost, R., Spieksma, F. T. M., Varekamp, H., Leupen, M. J. and Lyklema, A. W., "The House Dust Mite (*Dermatophagoides Pteronyssinus*) and the Allergen Produces, Identify with the House-Dust Allergen," *J. Allergy*, **39**, 325-339(1967).
2. Dowse, G. K., Tuner, K. J., Stewart, G. A., Alpers, M. P. and Woolcock, A. J., "The Association between *Dermatophagoides* Mite and the Increasing Prevalence of Asthma in Village Communities Within the Papua New Guinea highland," *J. Allergy Clin Immunol.*, **75**, 75-83(1985).
3. Voorhost, R., Spieksma-Boezeman, M. I. A. and Spiekma, F. T. M., "Is a Mite (*Dermatophagoides* sp.) the Producer of the House Dust Allergen," *Allergy Asthma*, **10**, 329-334(1964).
4. Platts-Mills, T. A. E. and de Week, A. L., "Dust Mite Allergens and Asthma- a Worldwide Problem," *J. Allergy Clin Immunol.*, **83**, 416-427(1989).
5. Heyman, P. W., Chapman, M. D. and Platts-Mills, T. A. E., "Antigen Der f 1 from the Dust Mite *Dermatophagoides farinae*; Structural Comparison with Der p 1 from *Dermatophagoides pteronyssius* and Epitope Specificity of Murine IgG and Human IgG Antibodies," *J. Immunol.*, **137**, 2841-2847(1986).
6. Biloitti, G., Passaleva, A., Romagnani, S. and Ricci, M., "The Environmental Influence on Childhood Asthma," *Clin Allergy*, **2**, 109-113(1972).
7. Min, K. Y., Kim, Y. Y. and Kang, S. Y., "An Epidemiologic Study on Inhalant Allergens in Perennial Allergic Rhinitis," *J. Asthma Allergy Clin Immunol.*, **2**, 78-85(1983).
8. Buchana, D. J. and Jones, I. G., "Allergy to House Dust Mites in the Tropics," *Brit. Med. J.*, **3**, 764(1972).
9. Tovey, E. and Marks, G., "Methods and Effectiveness of Environmental Control," *J. Allergy Clin Immunol.*, **103**, 179-191(1999).
10. Brantley, J. and Martin, J., "Integrity Testing of Sterilizing-Grade Filters," *Genet. Eng. News*, **17**, 24(1997).
11. Emory, S. F., "Principles of Integrity-Testing Hydrophilic Microporous Membrane Filters," *Part I. Pharm. Technol.*, **13**, 68-77(1989).
12. Hofmann, F., "Integrity Testing of Microfiltration Membranes," *J. Parenteral Sci. Technol.*, **38**, 148-158(1984).
13. Schroeder, H. G. and DeLuca, P. P., "Theoretical Aspects of Sterile Filtration and Integrity Testing," *Pharm. Technol.*, **4**, 80-85(1980).
14. Olson, W. P., Martinez, E. D. and Kern, C. R., "Diffusion and Bubble-Point Testing of Microporous Cartridge Filters: Preliminary Results at Production Facilities," *J. Parenteral Sci. Technol.*, **35**, 215-222(1981).
15. Johnston, P. R., Lukaszewicz, R. C. and Meltzer, T. H., "Certain Imprecisions in the Bubble-Point Measurement," *J. Parenteral Sci. Technol.*, **35**, 36-39(1981).
16. Kim, D., "A Study for the Effects of Fine Gap Fabric Bedding on the Levels of Dust and House Dust Mite Allergens," *Korean Chem. Eng. Res.*, **43**, 136-139(2005).
17. Beltrani, V. S., "The Role of House Dust Mites and Other

- Aeroallergens in Atopic Dermatitis,” *Clin Dermatol.*, **21**, 177-182 (2003).
18. Hewitt, N., Barrow, G. L., Miller, F., Turk, F. and Turk, S., “Mites in the Personal Environment and Their Role in Skin Disorders,” *Brit. J. Derm.*, **89**, 401-409(1973).
19. Helson, G. A. H., “House-dust Mites and Possible Connection with Sudden Infant Death Syndrome,” *N Z Med. J.*, **74**, 209(1971).
20. Kim, D., “A Study on the Thermo-pressing Sewing Method for Prevention of Allergen Penetration Through Micropore Fabric,” *Korean J. Chem. Eng.*, **35**, 1680-1686(2018).

#### Authors

**Donhue Kim:** Associate professor, Department of Biochemical Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul 08221, Korea, donhue@dongyang.ac.kr