

전기방사에 의해 제조된 폴리비닐아세테이트의 필터 활용에 관한 연구

박주영, 한성우, 유창훈, 송진영, 이인화*

조선대학교 환경공학과, BK21 바이오가스기반 수소생산 전문인력양성사업팀
(ihlee@chosun.ac.kr*)

A study on utilizing electrospun polyvinylacetate(PVAc) filter

Ju Young Park, Sung Woo Han, Chang Hoon Yoo, Jin-Young Song, In Hwa Lee*

Department of Environmental Engineering,
BK21 Team for Biohydrogen Production, Chosun University
(ihlee@chosun.ac.kr*)

서론

전기방사(electrospinning)는 최근 나노기술의 하나로 서브마이크론(submicron)의 직경을 갖는 섬유를 제조할 수 있는 기술로 고분자 용액에 고전압을 걸어주면 모세관 팁과 웹을 받아주는 컬렉터 사이에 전기장을 형성시켜 섬유를 제조할 수 있는 공정이다. 전기방사는 섬유를 제조하는 전형적인 방법인 건식, 습식, 용융방사 등에 비해 설치가 간단하며 장비 가격이 저가인 장점을 가지고 있다. 전기방사에 의해 제조된 섬유는 비표면적이 크고, 매우 작은 기공을 가지고 있으므로 필터소재, 강화섬유, 생체조직배양을 위한 담체, 약물전달시스템 등 여러 많은 분야에 응용할 수 있다.

본 연구에서는 전기방사에 의해 형성된 폴리비닐아세테이트(PVAc) 섬유를 필터로 활용하기 위한 기초연구와 연속식 전기방사 장치를 활용하여 방사횟수와 방사간격을 조절하면서 먼과 부직포에 코팅하여 HEPA 필터로의 가능성을 살펴보았다.

실험방법

방사용액 제조

실험에 사용한 polyvinylacetate(PVAc)는 평균분자량이 140,000로 Aldrich에서 구입하였으며, Ethanol은 Junsei의 EP 급을 사용하였다. 용매로 에탄올을 사용하여 5wt%, 8wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt%, 25wt%, 그리고 30wt% polyvinylacetate(PVAc) 방사용액을 제조하였다.

전기방사

고전압 직류발생장치는 최대 50kV 까지 발생할 수 있는 DC power supply(PS/ER50R06-DM22, Glassman high voltage Inc., U.S.A)를 사용하였다. 먼저 농도별 섬유의 모폴로지를 확인하기 위해 먼저 Fig. 1 (a)의 평판형 방사관을 이용하였다. 방사용액을 5mL 주사기에 주입하여 syringe pump(200 series, Kd Scientific Inc., U.S.A)를 이용하였다. 이때 방전용 (+)전극을 주사기의 0.8mm의 직경을 갖는 모세관 팁(capillary tip)에 연결하고, collector는 접지하여 (-)전극으로 하였다. 토출속도는 100 μ l/min, 팁과 방사관사이의 거리는 10cm, 전압은 15kV 이었다. 필터를 제조하기 위한 연속공정은 Fig. 2 (b)의 장치를 이용하였으며, 노즐은 0.8mm의 직경을 갖는 needle이 6개 고정되어 있는 muti-nozzle를 사용 하였으며, 이때 1회 분사량은 10mL, 토출속도는 100 μ l/min, 팁과 방사관사이의 거리는 10cm, 전압은 15kV로 고정하였다.

분 석

폴리비닐아세테이트(PVAc) 용액의 점도는 Brookfield digital viscometer (Model LVDV II+, USA)를 이용하여 측정하였으며, 전기 전도도는 electric conductivity meter (CM-11P, TOA Electronic Ltd, Japan)를 사용하였다. 전기방사를 통해 제조된 폴리비닐아세테이트(PVAc)의 섬유표면과 모폴로지(morphology)는 주사전자현미경(FE-SEM, S-4800, Hitachi Ltd., Japan)을 사용하여 확인하였다. 필터 성능은 TSI 3160를 이용하여 5L/min 조건하에서 NaCl 입자로 0.1 μ m에서 0.6 μ m까지 변화시켜가며 포집율과 차압을 측정하였다.

결론

Fig. 2 는 폴리비닐아세테이트(PVAc) 농도에 따른 전기방사된 섬유의 모폴로지를 관찰한 결과이다. 일반적으로 고분자 용액의 농도가 증가할수록 섬유의 직경은 가늘어지고 비드 형성이 억제된다. 본 연구결과 10wt% 이하의 농도에서 비드가 형성되었으며, 15wt% 이상의 농도에서는 규칙적인 섬유를 얻을 수 있었고, 25wt% 이상에서는 용액의 점도가 너무 높아 섬유가 불규칙적으로 형성되었다.

Fig. 3는 농도별 폴리비닐아세테이트(PVAc) 용액의 점도와 전기전도도를 측정한 결과와 전기방사한 섬유의 직경을 나타낸 그래프 이다. 농도가 증가함에 따라 용액의 점도는 선형적으로 증가하였으며, 전기전도도는 20wt% 까지 증가하다가 다시 감소하였다. 10wt%에서 직경이 302nm의 섬유를 얻을 수 있었으나 일부 비드형성이 있었으며, 25wt%에서는 1616nm를 갖는 매우 불규칙적인 섬유가 형성되었다. 15wt%와 20wt%에서 각각 711nm와 1587nm를 갖는 일정하고 규칙적인 섬유를 얻을 수 있었다.

폴리비닐아세테이트(PVAc)를 필터로 활용하기 위하여 전기전도도가 높을수록 전기방사가 효율적이며, 고분자 용액의 농도가 높을수록 섬유의 기계적 강도가 높음을 고려하여 연속식 전기방사에 적용할 폴리비닐아세테이트(PVAc)농도를 20wt%로 결정하였다.

20wt% 폴리비닐아세테이트(PVAc)를 연속식 전기방사 장치를 이용하여 방사횟수와 방사간격을 조절하여 면(cotton)과 부직포(nonwoven)에 코팅하여 필터 성능을 평가한 결과가 Fig. 4에 나타나 있다. 5L/min 조건하에서 0.1 μ m에서 0.6 μ m의 NaCl 미립자를 변화시키면서 필터의 포집율과 차압을 측정하였다. 방사횟수를 증가시키는 방법보다 방사간격을 10cm 간격으로 일정하게 방사하는 방법이 더 효율적이었으며, 면과 부직포에 각각 10cm 간격으로 순차적 방법에 의해 전기방사한 결과 HEPA 필터 기준인 0.3 μ m의 NaCl 미립자가 99.9% 이상의 포집효율이 나왔다.

참고문헌

- 1) R. Seeram, F. Kaxutoshi, W. E. Teo, T. C. Lim and M. Zuwei, *An Introduction Electrospinning and Nanofibers*. World Scientific. Publications, Singapore (2005).
- 2) B. S. Lee, K. H. Lee, D. K. Lee, B. G. Park, and H. H. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **40**, 341 (2003).
- 3) J. M. Deitzel, J. Kleinmeyer, J. K. Hirovene, and N. C. Beck Tan, *Polymer*, **42**, 8163 (2001).
- 4) B. Ding, H. Y. Kim, S. C. Lee, D. R. Lee and K. J. Choi, *Fibers and Polymers*, **3**, 73 (2002).
- 5) I. H Lee, M. S. Seol, J. Y. Park and S. J. Yoo, *J. Korean Ind. Eng. Chem.* **17**, 255 (2005).

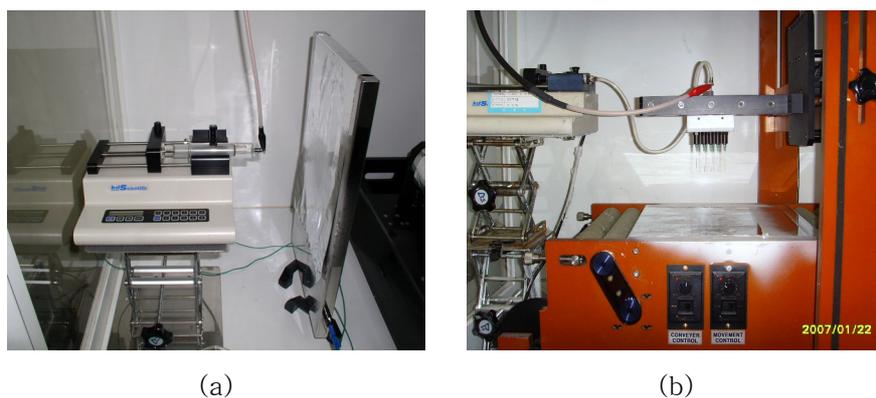


Fig. 1. The schematic diagram of the instrumental setup used in this experimental.

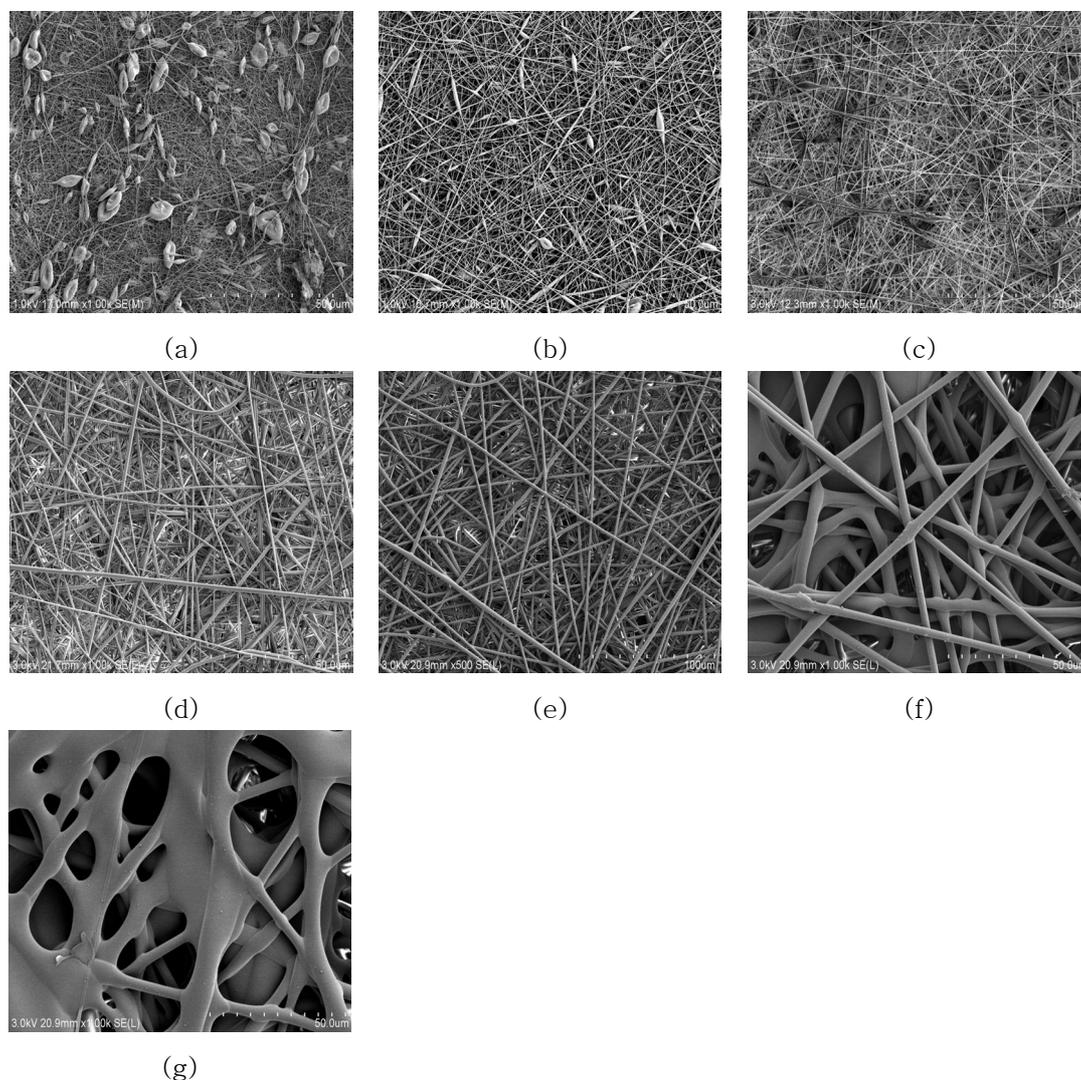


Fig. 2. The morphology by electrospun fiber as various polymer concentration. (a) 5wt%, (b) 8wt%, (c) 10wt%, (d) 15wt%, (e) 20wt%, (f) 25wt%, (g) 30wt% (Voltage; 15kV, flow rate; 100 μ l/min, TCD; 10cm)

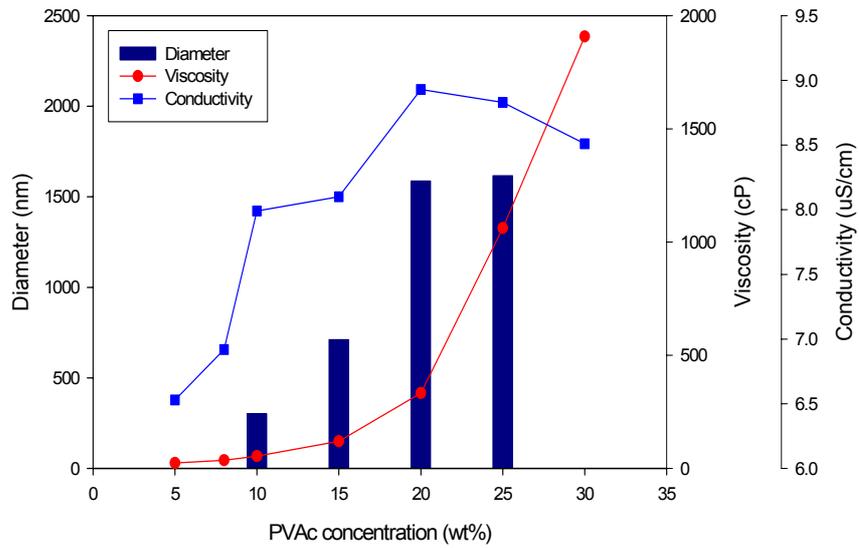


Fig. 3. The diameter by prepared electrospun PVAc fiber as viscosity and conductivity.

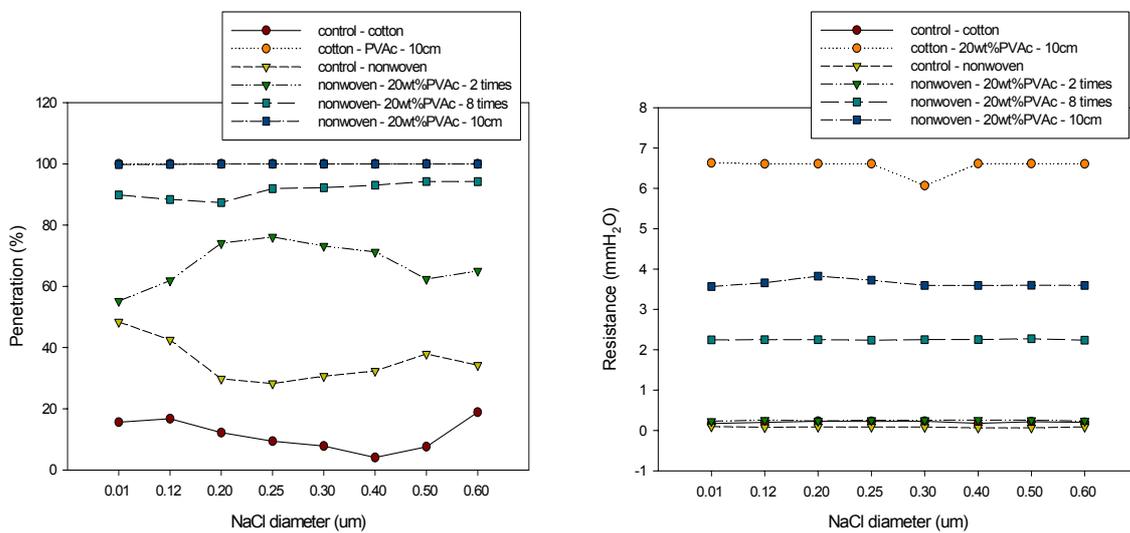


Fig. 4. NaCl particle permeability of electrospun web (Flow rate; 5L/min).