

전기방사 공정을 이용한 생분해성 PVA 나노 필터의 제작

한서연¹, 김기출^{1,2*}

¹목원대학교 도시환경화학공학과, ²목원대학교 신소재화학공학과

*e-mail: kckim30@mokwon.ac.kr

Fabrication of Biodegradable PVA Nanofilters Using the Electrospinning Process

Seo-Yeon Han¹, Ki-Chul Kim^{1,2*}

¹Department of Urban Environmental Chemical Engineering, Mokwon University

²Department of Advanced Chemical Engineering, Mokwon University

요약

최근 전 세계적으로 유행하고 있는 COVID-19로 인하여 많은 양의 마스크가 소비되고 있고, 사용된 마스크가 폐기되면서 환경오염을 유발하고 있다. 따라서 필터링 효율이 우수하면서 생분해가 가능한 필터가 개발되어 마스크에 적용된다면 환경오염을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 생분해성 플라스틱 소재인 PVA(Polyvinyl Alcohol)를 이용하여 전기방사(Electrospinning) 공정으로 나노필터를 제작하기 위하여 다양한 조건으로 PVA 나노파이버를 방사하였다. 특히 전기방사 조건 중 인가전압에 따른 PVA 나노파이버의 직경 및 방사 형태를 조사하였다. 전기방사 된 PVA 나노파이버의 방사 모양을 광학현미경(Optical Microscope, OM)과 전계방출형 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, FE-SEM)으로 관찰하였다. 연구결과, 7 kV로 전기방사 된 PVA 나노파이버와 비교하면 20 kV로 전기방사 된 PVA 나노파이버의 직경이 보다 얇았고, 균일한 형태로 방사되었다. 또한 PVA 나노파이버가 적층된 형태도 20 kV 조건으로 전기방사 되었을 때 보다 촘촘하게 방사되었다. 따라서 최근 환경 문제로 부각되고 있는 초미세 플라스틱 마스크를 생분해성 PVA 나노파이버로 대체한다면 PVA의 우수한 생분해성으로 인하여 환경오염 문제를 다소 저감시킬 것으로 기대한다.

1. 서론

최근 코로나19(COVID-19) 바이러스로 인하여 마스크를 착용하는 것은 필수가 되었고 이에 따라 마스크의 사용이 급증하였다. 하지만, 마스크는 플라스틱을 원료로 만들어지고 있으며, 특히 일회용 마스크는 폴리프로필렌(Polypropylene, PP) 소재로 만들어지고 있다. PP는 쉽게 썩지 않으므로 폐기된 마스크가 환경오염 문제를 유발하고 있다[1]. 또한 마스크 뿐만 아니라 현대 생활에서 광범위하게 사용되고 있는 플라스틱 소재는 사용 후 폐기될 때 쉽게 썩지 않기 때문에 환경을 오염시키는 문제가 크게 대두되고 있다.

PVA(Polyvinyl Alcohol)는 친수성이며 물에 녹을 수 있는 특징으로 인해 휴지 첨가제로 사용된다[2]. 또한, 미생물에 의한 생분해가 가능하여 식품 포장재로도 쓰이기도 한다. 이러한 생분해성 물질인 PVA로 플라스틱을 만들게 되면 기존 플라스틱과 다르게 수개월 만에 분해되어 지구 생태계의 보호에 큰 도움이 된다. 또한, 뜨거운 물질을 담아도 안전하고 신체에도 무해하기 때문에 생분해성 플라스틱을 활용한 다양한 제품 개발이 필요하다.

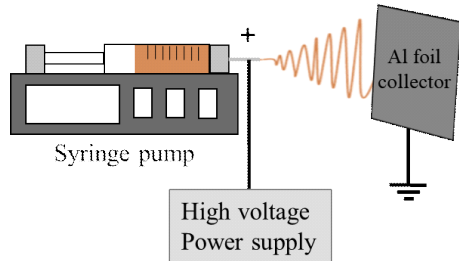
전기방사(Electrospinning)는 고분자 용액에 전기장을 가하여 실처럼 나노 섬유를 뽑아내는 공정을 말한다. 전기방사는 고전압 전원 공급 장치(High Voltage Power Supply), 콜렉터(Collector), 주사기(Syringe)로 구성되어 있다. 전기방사 되는 물질은 고분자 물질(Polymer)을 이용하며 인가 전압, 용액 농도, TCD(Tip Collector Distance), 유속 등 여러 가지 매개 변수를 제어하여 다양한 공정으로 전기방사 되는 섬유의 길이와 직경, 정렬 방향 등의 제어가 가능하다[3].

본 연구에서는 환경친화적인 마스크의 제작을 위해 전기방사 공정을 이용한 생분해성 PVA 나노필터를 제작하였다. 다양한 조건으로 PVA 나노파이버를 전기방사 하였고, 방사 조건에 따른 파이버의 형상과 방사 형태를 조사하였다. 또한 전기방사 된 PVA 나노파이버 필터의 여과 효과를 조사하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 전기방사 장치의 개략도를 [그림 1]에 나타내었다. PVA 나노파이버는 [그림 1]과 같은 전기방사 장치를 법을 이용하여 제작되었다. 우선 PVA 고체 Chip을 DI-Water Solvent에 40 wt%로, 12시간 동안 상온에서 교반하여 분산하였다. 분산된 고분자 용액을 Syringe에 넣고 18

G(Gauge)의 팁(tip)을 사용하여 0.2 mL/h의 유량으로 Pumping 하였다. 용액을 넣은 Syringe Tip에는 7 kV와 20 kV의 고전압을 인가하였고, Tip과 10 cm 떨어진 Al Foil(Collector) 위에 30분 동안 방사하였다.

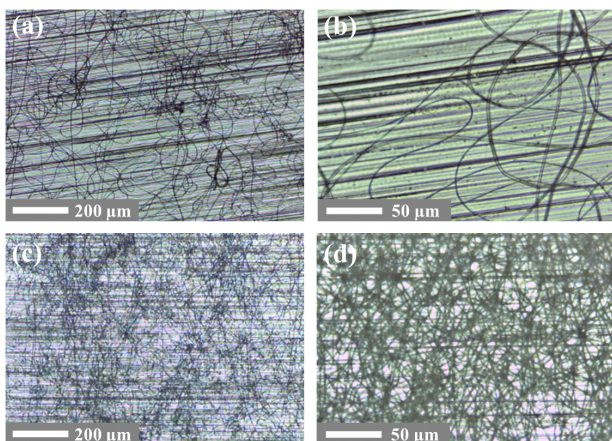


[그림 1] 전기방사 장치 및 전기방사 과정의 개략도

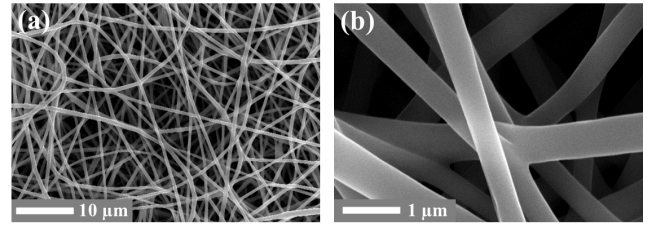
3. 실험결과 및 고찰

Al Foil(Collector) 위에 방사된 PVA 나노파이버의 방사형태 및 파이버의 형상을 광학현미경(Optical Microscope, OM)과 전계방출형 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, FE-SEM, JEOL JSM- 6500F)으로 분석하였고 그 결과를 [그림 2]와 [그림 3]에 나타내었다.

[그림 2]는 전기방사 된 PVA 나노파이버를 OM으로 관찰한 결과이다. (a)와 (b)는 인가전압 7 kV, (c)와 (d)는 인가전압 20 kV로 전기방사 된 PVA 나노파이버이다. 이때, 인가전압 7 kV로 방사된 나노파이버는 직경이 균일하지 못하고, 방사 형태도 균일하지 않고 뭉쳐져 있다. 반면에, 인가전압 20 kV로 방사된 나노파이버는 직경이 보다 얇고, 방사된 형태도 균일하며, 방사된 파이버의 양이 더 많았다. 따라서 인가전압이 더 높을수록 나노파이버의 직경은 더 얇고 많은 양의 나노파이버가 방사되는 것을 알 수 있다.



[그림 2] PVA 나노파이버의 OM 이미지, (a, b) 7 kV로 전기방사된 PVA 나노파이버, (c, d) 20 kV로 전기방사된 PVA 나노파이버. (a, c)는 저배율(100배), (b, d)는 고배율(400배)



[그림 3] 인가전압 20 kV로 전기방사 된 PVA 나노파이버의 FE-SEM 분석 이미지, (a)는 저배율(5,000배), (b)는 고배율(50,000배)

[그림 3]은 인가전압 20 kV로 전기방사 된 PVA 나노파이버의 형상을 관찰한 FE-SEM 이미지이다. 광학현미경에서는 형클어진 실타래처럼 보였던 PVA 나노파이버가 비교적 균일한 직경을 갖고 있으며, 표면이 매끄러운 형태를 가지고 있는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 생분해성 플라스틱 소재인 PVA(Polyvinyl alcohol)를 사용하여 생분해성 마스크의 제작에 적용할 수 있는 생분해성 PVA 나노필터를 전기방사 공정으로 제작하였다. PVA 나노파이버의 형상과 방사 형태를 조사한 결과 전기방사의 인가전압이 20 kV 일 때 전기방사 된 PVA 나노파이버의 직경이 비교적 균일하였고, 방사형태도 균일하였다. 따라서 20 kV의 인가전압으로 전기방사 된 PVA 나노파이버 필터가 보다 우수한 필터링 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Pongpol Ekabutr et al, "Development of antituberculosis melt blown polypropylene filters coated with mangosteen extracts for medical face mask applications", *Polymer Bulletin*, Vol. 76, pp. 1985 - 2004, 2019.
- [2] Pitt Supaphol et al, "On the Electrospinning of Poly(vinyl alcohol) Nanofiber Mats: A Revisit" *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 108, pp. 969 - 978, 2008.
- [3] Mohamed Elkasaby et al, "Modeling and optimization of electrospinning of polyvinyl alcohol (PVA)", *Adv. Polym. Technol.*, Vol. 37, pp. 2114 - 2122, 2017.