

고배열성 나노파이버 제작을 위한 방법에 관한 연구

Fabricating method for highly oriented electrospun nanofiber

*윤현, 이형진, 안승현, 전호준, 이행남, 박길문, #김근형

*H. Yoon, H. J. Lee, S. H. Ahn, H. J. Jeon, H. N. Lee, G. M. Park, #G. H. Kim(gkim@chosun.ac.kr)

바이오/나노 유체 실험실, 조선대학교 기계공학과

Key words : nanofiber, poly ϵ -carpolactone(PCL), electrospinning

1. 서론

나노기술에 대한 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 나노기술은 극미세 수준의 정밀도를 요구하는 과학기술로 큰 잠재력을 지닌 분야다. 나노기술의 한 응용분야로서 나노 수준의 섬유를 만들어 낼 수 있는 기술이 전기방사기술이다. 나노파이버는 용도에 따라 다양한 고분자물질을 원료로 사용하지만 섬유를 뽑아내는 방법은 동일하다. 일반적으로 섬유는 스피너릿(Spinneret) 속으로 섬유원료를 밀어 넣고 높은 압력을 가해 섬유를 만들어낸다. 반면 나노파이버는 고압 대신 전기장을 가해 뽑아내는데 이를 전기방사(electrospinning)기술이라고 한다.

전기방사를 이용하여 나노파이버를 만드는 원료인 고분자물질에 고전압 전기장을 걸면, 원료물질 내부에 전기적 반발력이 생겨 분자들이 뭉치고 나노 크기의 섬유 형태로 갈라진다. 전기장이 강할수록 가늘게 찢어지기 때문에 10 ~ 1,000 나노미터의 극미세 섬유의 제조가 가능하다. 이러한 나노파이버는 미세입자나 박테리아는 통과하지 못하게 하면서도 내부의 땀은 배출하는 호흡성이 있어 세균 등의 침투를 막는 방어복 등으로 사용될 수 있으며, 부피에 비해 표면적이 크기 때문에 필터로 사용하였을 때 탁월한 여과효과를 볼 수 있고, 전도성 나노파이버는 리튬이온 전지의 전해질로 사용할 경우 전해액의 누출을 막으면서도 전지의 크기와 무게를 최소화 할 수 있다. 그밖에 생체조직과 흡사하게 만든 인공단백질로 나노파이버를 만들면 상처가 아물면서 바로 체내로 흡수되는 봉대나 인조 피부도 만들 수 있다. [1]

일반적으로 나노파이버는 전기방사공정에 의해서만 제조가 가능하며, 전기장의 불안정성으로 인하여 나노 섬유의 형성이 불규칙적이기 때문에 통제가 어렵고 배향 및 굵기 등의 조절이 힘든 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 AC전압, 주파수 및 콜렉터(Collector)의 회전 속도 등의 변수를 이용하여 제작된 나노파이버가 DC전압만을 이용하여 제작된 나노파이버 보다 우수한 강도와 배향성을 가질 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 실험결과에 의하면 실제로 AC전압을 사용하였을 때 낮은 주파수에서는 강도 및 배향성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

2. 재료 및 분석방법

재료 본 연구에서는 DMF(N,N-dimethyl formamide, Junsei Chemical co.) MC(methylene chloride, Junsei Chemical co.) 을 사용하여 용해시킨 poly(ϵ -carpolactone) (PCL, $M_w = 80,000$, Aldrich) 8 wt% 재료를 전기방사의 고분자 용액으로 사용하였다.

분석 전기 방사된 나노파이버의 직경을 측정하기 위하여 sputter coater(E-1030, Hitachi)로 60 mA에서 5분 동안 코팅, 7 nm의 백금 코팅을 하였으며 주사전자현미경(SEM, S-4800, Hitachi)을 이용하여 5 kV의 빔으로 100배에서 관찰 하였다. 나노 섬유의 인장강도를 측정하기 위해 나노파이버 시편을 가로 \times 세로 각각 5 mm \times 30 mm로 만들었으며 현미경을 이용하여 100배 관찰 후 두께를 측정하였고 DMA (Q800,TA instrument)을 이용하여 인장강도를 측정하였다.

3. 장비 및 실험 조건

장비 본 연구에서의 기본 전기방사실험장치의 구성요소로는 고전압전원공급장치(high voltage power supply, HVPS, SHV200 40kV/5mA, Converttech), 실린지 펌프(syringe pump, model 781100, KD Science), 다양한 모양의 노즐(various nozzle), 콜렉터(collector)를 이용하였다[1].

또한 AC전압 및 주파수를 주기위하여 function generator(model WF 1944B, NF Corporation)를 사용하였으며 발생된 AC 전압을 증폭시키기 위하여 high voltage amplifier를 사용하였다. 또한 이렇게 만들어진 AC의 전압 및 주파수를 사용하기 위하여 오실로스코프를 사용하였다.

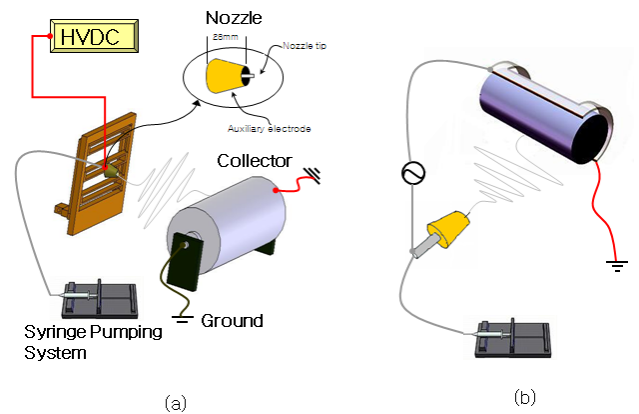


Fig1. Schematics of (a) a DC electrospinning process and (b) a modified electrospinning process

노즐의 위치는 콜렉터(Collector)에서부터 130 mm 떨어진 곳에 있으며 (Fig1)노즐은 보조전극으로부터 4 mm 돌출 시켜 고전압을 걸어주어 전기장에 의해 방사하였다. 전기방사시 노즐에 고전압, 시간, 거리 등의 동일한 조건에 의해 방사하였다. 방사의 기본 조건인 고전압 전원은 20 kV로 설정하였으며 PCL 용액은 20 G의 노즐을 장착한 10 mL 주사기에 넣은 후 실린지 펌프를 이용, 3 mL/h의 속도로 주입하여 10분간 방사하였다. 또한 콜렉터(Collector)의 회전수는 각각 300 rpm과 1000 rpm으로 비교하였다. AC를 사용한 경우는 DC 전압을 20 kV로 고정된 후 AC의 전압은 5kV, 주파수를 20Hz, 500Hz로 변경하여 실험하였다.

4. 결과 및 결론

Fig2 는 주파수(Hz)에 의하여 나노파이버의 초기방사젯(initial jet) 사진을 촬영한 것으로 DC만을 사용하였을 때는 흔들림 없이 방사가 되지만(Fig2 A), AC를 사용하여 주파수를 걸어주면 초기방사젯이 상하로 움직이는 것(Fig2 B)을 확인할 수 있었으며 이로 인해 나노 섬유의 배향에 영향을 줄 것으로 예상된다.

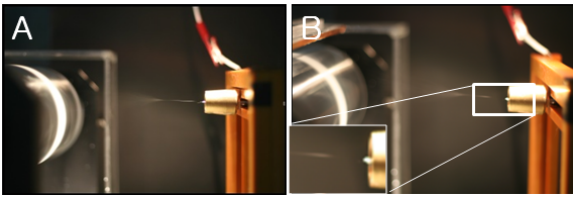


Fig2. 나노 섬유 초기 방사셋.

나노파이버는 Fig3에서 확인할 수 있듯이 동일한 전압에서 주파수에 따라 배향성이 영향을 받음을 알 수 있었고, 또한 콜렉터 (collector)의 회전수가 증가할수록 배향성이 증가하는 것을 확인 하였다. A는 DC 20 kV, 300 rpm, B는 DC 20 kV, AC 5 kV, 20 Hz, 300 rpm, C는 DC 20 kV, 1000 rpm, D는 DC 20 kV, AC 5 kV, 20 Hz, 1000 rpm의 조건으로 제작하였다.

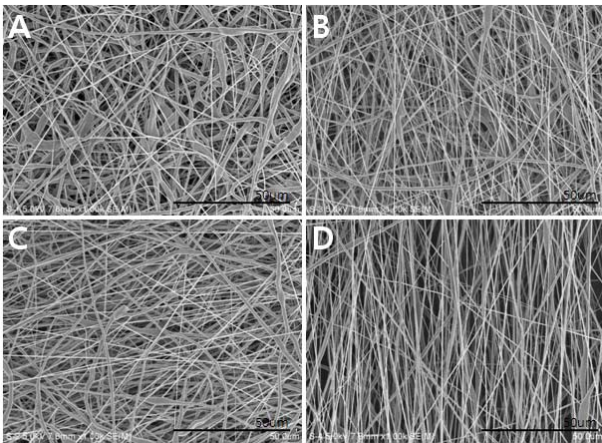


Fig3. 나노 섬유의 배열성.

Fig 4는 나노 섬유의 인장강도를 측정 한 것으로 회전체의 속도는 300rpm이며 AC field를 사용하였을 때 더 우수한 강도를 나타내었다. 이처럼 AC를 사용하게 되면 배향성이 증가하며 강도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

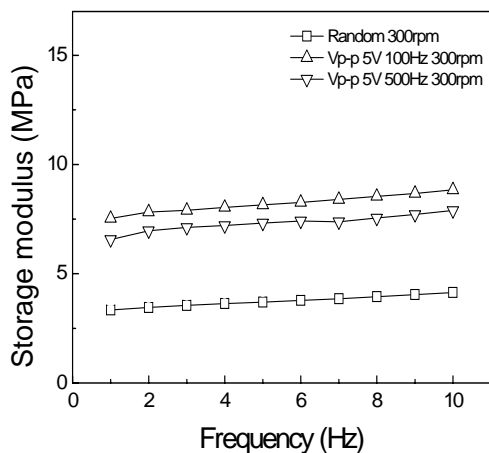


Fig4. 나노파이버의 인장 강도.

각 실험 결과에 의하면 나노파이버의 AC 전압이 있음으로 인해 우수한 배향성이 얻어짐을 확인하였고 이는 인장 강도의 결과와 일치함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 나노 섬유의 배향성이 증가함으로서 나노파이버의 전체적인 강도가 증가

는 것으로 생각되어진다. 향후 이렇게 만들어진 나노파이버는 다양한 형태의 배향성을 조절할 수 있을 것으로 예상되며 고기능성 필터, 의류 및 바이오 소재 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 조선대학교 RIC 센터의 지원을 받아 연구되었습니다.

참고문헌

1. H. Yoon, G. H. Kim, and W. D. Kim. "Electrohydrodynamic Process Supplemented by Multiple-Nozzle and Auxiliary Electrodes for Fabricating PCL Nanofibers", *Polymer(Korea)*, Vol. 32, No. 4, pp 1-6, 2008
2. J. J. Lee, K. B. Choi, Y. w. Choi, and G. J. Ahn, "Process Characteristics and Elements Design of Thermal Imprinting System", *한국정밀공학회 2006년도 추계학술대회논문집*
3. K. S. Kim, H. J. Choi, and I. J. Chin, *Polymer Science and Technology*, 16, 458 (2005)
4. J. M. Deitzel, W. Kosik, S. H. McKnight, NCB Tan, J. M. DeSimone, and S. Crette, *Polymer*, 43, 1025 (2002)
5. W. S. Chun, J. S Park, and S.G. Ahn, Korea Patent, KR10-0034856 (2000)
6. D. J. Smith, D. H. Reneker, A. T. McManus, A. L. Schreuder-Gibson, C.Mello, and M. S. Sennet, US Patent 6753454(2004).