

정전기방사에 의한 폴리비닐알콜(PVA)나노섬유제조와 방사조건이 섬유직경에 주는 영향

최원, 김남혁

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보산업, 나노산업, 생물산업과 같은 첨단기술산업을 대대적으로 창설하여 나라의 경제발전에서 첨단기술산업이 차지하는 비중과 중추적역할을 높여나가야 합니다.》

정전기방사에 의해 만든 나노섬유는 비표면적이 크고 기공률이 높은 우점을 가지고 있는것으로 하여 려과재료, 생물의료용재료, 수감재료로 널리 리용되고있다.[1, 2] 특히 폴리비닐알콜나노섬유는 높은 화학적안정성과 생물적합성 및 생물분해성을 가지는 환경보호재료로 되고있으며 높은 기계적세기와 내부식성으로 하여 생물의료용재료로 많이 리용된다.[3, 4] 선행연구들에서는 정전기방사의 일정한 조건에서 PVA나노섬유의 제조만을 고찰하였을뿐 정전기방사조건들이 나노섬유의 직경분포에 주는 영향에 대해서는 고찰하지 못하였다.

우리는 정전기방사법으로 PVA나노섬유를 제조할 때 중합물의 방사전압, 방사거리 등이 나노섬유의 직경분포에 주는 영향을 실험적으로 고찰하고 PVA나노섬유의 물물립성을 낮추기 위한 한가지 방도를 제기하였다.

1. 정전기방사에 의한 폴리비닐알콜(PVA)나노섬유제조

정전기방사용폴리비닐알콜방사액의 제조에 전자천평(《TD1002》), 강력교반기(《JJ-1A》)와 항온가열기(《98-I-C》), 초음파분산기(《JP-010》)들을 리용하였으며 나노섬유는 정전기방사장치(《ET-1334H》)로 제조하였다. 방사하여 얻은 나노섬유의 형태와 섬유직경을 측정하기 위하여 주사전자현미경(《JSM-6610A》)을 리용하였다.

강력교반기와 항온가열기를 리용하여 중합도가 8 000정도인 폴리비닐알콜분말을 80~90℃의 증류수에서 3~5h정도 교반시켜 용해시켰으며 폴리비닐알콜(PVA)용액의 걸면장력을 줄이기 위하여 초산용액을 농도가 0.5%정도 되게 넣고 초음파분산기로 1h정도 분산시켰다. PVA방사액을 정전기방사장치에서 방사하여 PVA나노섬유를 제조하였다.

정전기방사장치는 크게 주사뿔프와 바늘식노즐, 수집기, 직류고압전원단으로 이루어져있다.(그림 1)

주사뿔프의 노즐에는 정의 전압(15~25kV)을, 수집기에는 부의 전압(-2~-3kV)을 걸어주며 방사전압과 방사거리(10~20cm)를 변경시키면서 정전기방사를 진행하였다. 방사기내부의 온도는 25~40℃, 습도는 25~30%로 보장하였다. 회전하는 수집기원통에는 알루미늄박지를 감아 그우에 나노섬유가 부직포형태로 얻어지게 하였다.

노즐과 수집기의 전압이 각각 +18, -2kV이고 방사거리가 12cm, PVA방사액의 농도가 8%일 때 정전기방사된 PVA나노섬유의 주사전자현미경(SEM)사진을 그림 2에 보여 주었다.

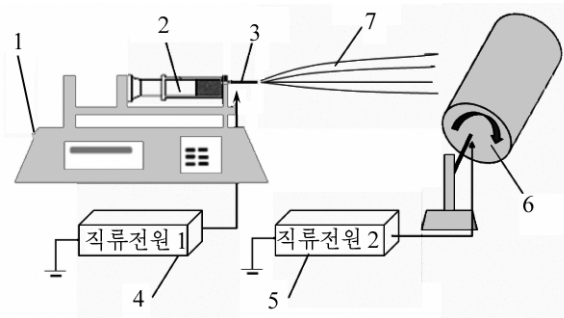


그림 1. 정전기방사장치구성도
1-주사뿔프, 2-주사기, 3-노즐, 4,5-직류전원단,
6-수집기, 7-방사액분출

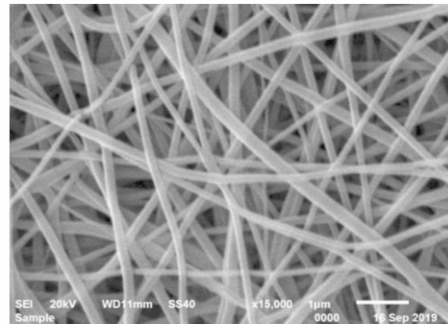


그림 2. 정전기방사된 PVA나노섬유의 SEM사진

2. 폴리비닐알콜의 나노섬유직경에 미치는 방사조건인 영향

1) 방사전압의 영향

방사용액의 농도를 8%, 방사노즐(바늘끝)로부터 수집기원통표면까지의 거리를 12cm로 고정시키고 노즐전압을 14kV에서 20kV까지 2kV 간격으로 올리면서 방사한 PVA 나노섬유의 평균직경을 평가하였다.(그림 3) 그림 3에서 보는바와 같이 노즐전압이 14kV에서 18kV로 증가할 때 방사된 나노섬유의 평균직경은 감소하지만 전압이 18kV에서 20kV까지 증가하면서 평균직경은 커지는 경향성을 나타냈다. 일반적으로 방사전압이 증가하면 분출가지들이 많이 형성되고 연신작용이 세지므로 섬유는 더 가늘어지게 된다. 그러나 방사전압이 더욱 높아지면 분출가지들이 더 빨리 수집기에 도달하게 되며 연신작용시간이 짧아지게 되고 섬유는 반대로 굵어지게 된다.

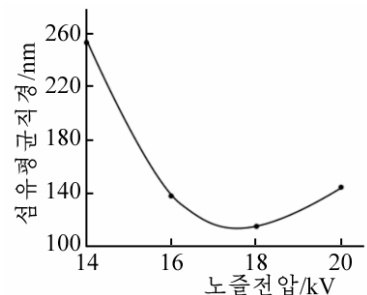


그림 3. 방사전압에 따른 PVA나노섬유의 평균직경

2) 방사거리의 영향

방사노즐과 수집기사이의 방사거리가 섬유직경에 어떤 영향을 주는가 보기 위하여 노즐전압을 20kV로 고정시키고 방사거리를 12, 14, 16, 18, 20cm로 변화시키면서 나노섬유의 평균직경과 그 분포를 고찰하였다.(그림 4) 그림 4에서 보는바와 같이 방사거리가 12cm로부터 16cm까지 증가할 때 섬유의 평균직경은 약간 감소하지만 그 변화는 뚜렷하지 않다. 그러나 방사거리가 16cm이상으로 증가할 때 섬유의 평균직경은 명백히 증가하게 된다. 이것은 전기마당세기의 감소와 분출가지의 비행시간증가로 설명할 수 있다. 방사거리가 증가할수록 전기마당세기가 작아져 용액의 연신작용이 약화되게 되며 결과 섬유의 평균직경은 증가하게 된다. 한편 방사거리가 증가할수록 분출가지의 비행시간이 길어져 섬유의 평균직경이 감소할수도 있지만 용매의 증발로

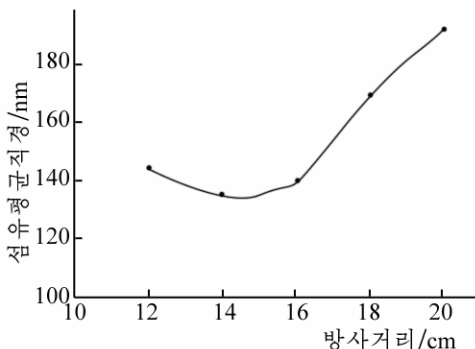


그림 4. 방사거리에 따른 섬유의 평균직경

일어나는 점도증가는 연신작용을 억제하며 섬유가 연신되지 못하게 한다.

따라서 방사거리가 더 길어지면 섬유직경은 오히려 증가하게 된다.

3. PVA나노섬유의 아세탈화

폴리비닐알콜나노섬유는 폴리비닐알콜의 고분자속에 히드록실기가 많이 들어있는것으로 하여 친수성이 강하고 물에 매우 쉽게 풀리는 결함을 가지고있다. PVA나노섬유의 친수성을 억제하기 위하여 섬유를 열처리하고 아세탈화하였다. 정전기방사한 나노섬유를 알루미늄박지에서 떼어내지 않은 상태에서 2h이상 자연건조시킨 다음 폴리비닐알콜나노섬유를 사불화수지에 감고 마플로에서 180℃로 열처리하였다. 이때 섬유막은 약간 수축되면서 누런색을 띠게 된다. 이것을 포르말린처리하였다. 포르말린처리는 열처리한 나노섬유를 포름알데히드 4%, 망초 20%, 염산 2%인 혼합용액속에 넣고 10℃의 온도를 유지하면서 10h 동안 방치해놓는 방법으로 하였다. 결과 섬유막의 면적은 원래의 1/3정도로 줄어들며 열처리에서 수소결합을 이루지 못한 섬유표면의 -OH기들이 포르말린의 알데히드기와 아세탈화반응을 일으키며 물풀림성은 낮아지게 된다. 이와 같이 열처리와 포르말린처리를 거친 PVA나노섬유는 뜨거운 물에서도 잘 풀리지 않는다.

맺 는 말

1) 폴리비닐알콜방사액을 정전기방사할 때 방사전압과 방사거리에 따라 섬유의 평균 직경은 달라지며 최소로 되는 전압과 거리가 있다.

2) 폴리비닐알콜나노섬유를 열처리와 포르말린화하여 물풀림성이 낮은 나노섬유로 만들수 있다.

참 고 문 헌

- [1] A. Arinstein; Electrospun Polymer Nanofibers, World Scientific, 11~20, 2018.
- [2] J. Quiros et al.; Polymer Reviews, 56, 631, 2016.
- [3] J. Li et al.; Express Polymer Letters, 7, 683, 2013.
- [4] F. Cengiz et al.; Polymer Engineering and Science, 50, 936, 2010.

주체109(2020)년 3월 5일 원고접수

On the Preparation of Polyvinyl Alcohol(PVA) Nanofiber by Electrospinning and the Effects of Spinning Conditions on the Fiber Diameter

Choe Won, Kim Nam Hyok

We considered the effects of spinning parameters such as the voltage and the distance between the nozzle and the collector on the mean diameter of nanofiber when polyvinyl alcohol nanofiber is fabricated by electrospinning process.

Keywords: electrospinning, nanofiber