

실크 피브로인/폴리카프로락톤(PCL) 블렌드 나노섬유 제조 및 구조 특성

임준식, 기창석, 김종욱, 강은희, 박영환
서울대학교 바이오시스템·소재학부

Preparation and Characterization of Silk Fibroin/PCL Blend Nanofiber

Jun Sik Im, Chang Seok Ki, Jong Wook Kim, Eun Hee Gang, and Young Hwan Park
Department of Biosystems and Biomaterials Science and Engineering,
Seoul National University, Seoul, Korea

1. 서론

실크 피브로인(SF)과 폴리카프로락톤(PCL)은 생체적합성이 우수한 소재로 널리 연구되고 있는 소재이다. 최근 전기방사에 의해 제조된 나노섬유에 대한 생체재료로서의 관심이 증대됨에 따라 이 둘 분자를 이용하여 제조한 나노섬유에 대한 연구가 보고되었다. 그러나 SF와 PCL의 한정된 기계적·물리적 특성으로 인하여 다양한 목적으로의 활용에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 SF와 PCL을 전기방사를 통해 블렌드 나노섬유를 제조하고 구조 특성 및 기계적 성질을 살펴보았다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 재료준비

세리신을 제거하기 위해 가잠 고치를 마르세유비누 0.3 (w/v%), 탄산수소나트륨 0.2 (w/v%) 수용액에 1:25의 용비로 100℃에서 1시간 동안 정련하고 수세 후 건조하여 SF를 얻었다. SF를 CaCl₂/H₂O/EtOH (mole ratio: 1/8/2) 혼합용액에 용해하고 투석 후 동결건조 하여 SF 스펀지를 얻었다. PCL은 시그마-알드리치의 수 평균 분자량 80,000을 구입하여 사용하였다.

2.2. SF/PCL 블렌드 나노섬유 매트 제조

방사원액을 제조하기 위해 SF와 PCL을 다양한 비율(100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100)로 혼합하여 포름산에 13~18%(w/v)의 다양한 농도로 용해하였다. 제조된 방사원액을 10 ml 주사기에 넣고 주사기 펌프를 사용하여 방사원액의 방출 속도를 조절하였다. 방사구(spinneret)는 22G의 주사바늘을 사용하였으며 직류전원 공급장치에 연결하였다. 방사전압은 13~15 kV 범위에서 조절하였으며 방사거리는 15 cm로 유지하였다. 나노섬유는 회전하는 금속 드럼(drum) 표면에 적층하였으며 방사 후 나노섬유 매트를 박리하고 메탄올에 1시간 동안 처리 후 건조하였다.

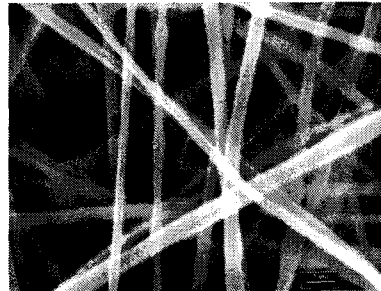
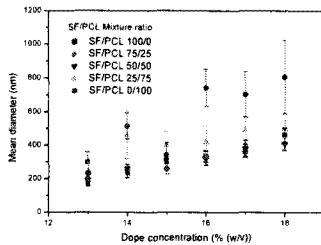
2.3. 구조 및 특성 분석

제조된 실크 피브로인/폴리카프로락톤 블렌드 나노섬유의 형태학적 구조를 살펴보기 위하여 주사전자현미경(SEM, JSM-5410LV, JEOL, Japan)을 이용하여 섬유의 형태를 관찰하였다. SF/PCL의 혼합성을 살펴보기 위하여 적외선분광분석 및 열시차주사분석을 행하였으며 기계적 특성을 살펴보기 위해 나노섬유 매트를 가로×세로 5×40 mm의 시편으로 절단하고 이를 인장강도 시험기(MINIMAT, TA instrument, USA)를 이용하여 분당 10%의 변형율로 인장하여 응력-신장 곡선을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

SF/PCL 블렌드 나노섬유는 혼합 비율에 관계없이 13% 이상의 방사원액 농도에서부터 비드 (bead)가 사라지고 균일한 형태를 나타내었다. 방사원액의 농도가 증가할수록 섬유의 단면지름은 200-1,000 nm 범위에서 증가하였으며 전반적으로 PCL의 비율이 증가할수록 지름이 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 적외선분광분석 및 열시차주사분석 결과 SF와 PCL은 분리된 상으로서 존재함을 알 수 있었고 메탄올 처리에 의해 SF의 β -구조가 증가함을 알 수 있었다.

인장강도 시험 결과 블렌드에 의해 SF 자체의 낮은 절단강신도가 향상되는 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 높은 절단강신도의 PCL의 기계적 특성이 블렌드 나노섬유에 반영된 것으로 생각된다. 또한 SF의 함량이 증가할수록 응력신장곡선에서 SF/PCL 블렌드 나노섬유 매트와 초기탄성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 SF와 PCL의 적절한 혼합비율에 따라 용도에 적합한 기계적 특성을 지니는 나노섬유 매트를 제조할 수 있을 것으로 생각되며 상대적으로 친수성인 SF에 의해 PCL의 낮은 친수성이 보완되는 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.



(a)

(b)

Fig 1. 블렌드 비율 및 방사원액 농도 따른 SF/PCL 나노섬유의 단면지름 (a) 및 SF/PCL 블렌드 나노섬유의 형태학적 구조 (배율: x10,000).

4. 결론

SF/PCL을 다양한 비율로 혼합하여 전기방사에 의해 블렌드 나노섬유를 제조하고 제조 조건에 따른 형태학적 구조 및 기계적 특성을 살펴보았다. SF와 PCL의 상분리 현상이 관찰되었음에도 불구하고 블렌드 나노섬유 매트는 상호의 기계적 성질이 보완되는 것을 확인할 수 있었고 이와 같은 결과를 바탕으로 다양한 분야에 응용될 수 있는 SF/PCL 블렌드 나노섬유 매트를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단의 SRC/ERC 프로그램(R11-2005-065)의 재정적 지원 하에 이루어졌음을 밝힙니다.

5. 참고 문헌

1. E. J. Chong, T. T. Phan, I. J. Lim, Y. Z. Zhang, B. H. Bay, S. Ramakrishna, C. T. Lim, *Acta Biomater*, **3**, 321 - 330 (2007).
2. C. S. Wu, *J Appl Polym Sci*, **92**, 1749 - 1757 (2004).