

전기방사법을 이용한 생분해성고분자 마스크 필터 제조 및 성능평가

황경익, 김강민*, 차명경*, 이경태*, 홍영기*

*건양대학교 의료신소재학과

ymhong@konyang.ac.kr

Manufacturing and performance evaluation of biodegradable polymer mask filters using electrospinning

Gyeong-Ig Hwang*, Kang-Min Kim*, Myeong-Gyeong Cha*, Gyeong-Tae Lee*, Young-Ki Hong*

*Dept. of Biomedical Materials, Konyang University

요약

본 논문에서는 보건용일회용마스크 폐기 시 환경오염 문제를 해결하고자 생분해성 소재인 Poly(lactic acid)(PLA)와 Poly(butylene adipate terephthalate)(PBAT)를 이용하여 마스크용 필터를 개발하고자 한다. 생분해성 소재인 PLA와 PBAT는 가공성이 좋고 특별한 분해공정 없이 6개월 이내에 분해된다는 특징을 지녔다. 전기방사법 중 섬유 형성에 영향을 미치는 매개 변수로 용액의 농도, 전압, 유속, TCD 등 최적의 변수를 수립하여 필터 제작을 목표로 연구를 진행하였다.

1. 서론

최근에 장기화되고 있는 코로나와 지속적인 미세먼지, 황사 등으로 인해 외출 시 일회용 마스크 착용은 필수가 되었다. 마스크에 사용되는 소재는 열가소성 플라스틱인 Poly Propylene(PP)으로 분해기간까지 450년이 소요되며, 마스크의 특성상 분리수거나 재활용이 쉽지 않기 때문에 환경을 생각해 새로운 소재로 대체할 필요가 있다[1].

현재 대부분 우리가 사용하는 일회용 마스크는 3겹 구조로 만들어지고 있다. 사용자의 안면부에 닿는 안감과 바깥감은 Spun-bond 기법의 부직포를 사용한다. 비교적 뽑아지는 섬유의 두께가 두껍기 때문에 섬유의 형태안정성이 좋다. 중간층은 필터층으로 Melt-blown 기법을 이용한다. Melt-blown 필터는 미세섬유들이 무작위로 얽힌 구조의 부직포에 정전기를 부여하여 미세입자를 차단할 수 있도록 제작한다[2]. 전기방사법은 정전기력에 의해 낮은 점도상태의 고분자 용융물이 순간적으로 섬유형태로 방사되어 미세섬유를 얻는 방식이다. 마이크로 단위의 직경을 갖는 물질을 이용해 나노미터 단위의 섬유를 제조할 수 있어 각광받는 제조 방식이다[3].

Poly(lactic acid)(PLA)는 옥수수수와 사탕수수 등의 식물로 만들어진 생분해성 플라스틱으로 세계적으로 생분해성 고분자 중 가장 많이 생산되며, 가공성이 우수한 특징을 보인다. 토양에서 매립 시 미생물 작용으로 물과 탄산가스로 분해된다[1].

Poly Butylene Adipate Terephthalate(PBAT)는 석유기반 생분해성 고분자로 유연성과 가공성이 좋아 다양한 용도에서 적용할 수 있다. 자연에서 특별한 분해공정 없이 6개월 이내에 분해된다는 특징을 지녔다[5].

본 연구에서는 마스크 폐기 시 환경오염 방지를 위해 생분해성 고분자들을 이용한 마스크 용 필터를 제작하고 연구를 진행하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 시약 및 재료

본 연구에서는 전기방사를 통한 생분해성 마스크 필터의 제작을 위해 전기방사 용액에 Poly(lactic acid) pellet(Mw:50,000, PLA Grain 1kg, Magerial Science, USA)(PLA) Poly(butylene adipate terephthalate)pellet(Mw=57,000, PBAT Grain 1kg, Magerial Science, USA)(PBAT) 고분자를 사용하였고 용매로는 N,N-Dimethylacetamide(Mw:87.12g/mol, 99.5%, SAMCHUN, KOREA)(DMAC)를 사용하였으며, 전기방사 기기는 HV power supply(HV generator, NanoNC, KOREA), Spinneret(NE-300, New Era Pump System, NY, USA), Collector(NNC-DC90H, NanoNC, KOREA)을 사용하였다.

2.2 고분자 용액 제조

PLA와 PBAT를 오븐에서 50°C, 24시간 동안 건조 시킨 후 각의 고분자를 용매 DMAc에 혼합하여 80°C, 40°C에서 24시간 동안 200rpm으로 교반하였다. 고분자 용액의 농도는 [표1]에 나타내었다.

[표 1] 고분자 용액 제조 (wt%)

Compositions	Sample codes					
	PLA 10	PLA 15	PLA 20	PBAT 10	PBAT 15	PBAT 20
PLA Pellet	10	15	20	•	•	•
PBAT pellet	•	•	•	10	15	20
DMAc	90	85	80	90	85	80

2.3 전기방사 조건 변수 및 필터 방사

제조한 용액은 [표2]의 조건변수들을 바탕으로 전기방사하여 마스크용 부직포 필터를 수집하였다. 수집한 필터는 shaking incubator에서 1시간 동안 증류수 세척을 진행하였다. 세척한 필터는 Oven에서 12 hour 건조 후 최종적으로 필터를 제작하였다.

[표 2] 전기방사 조건 변수

	Tip to Collector Distance	Collector RPM	flow	Voltage
Sample	10 cm	190	1 ml / hour	15 KV

2.4 제조 용액의 FT-IR 분석

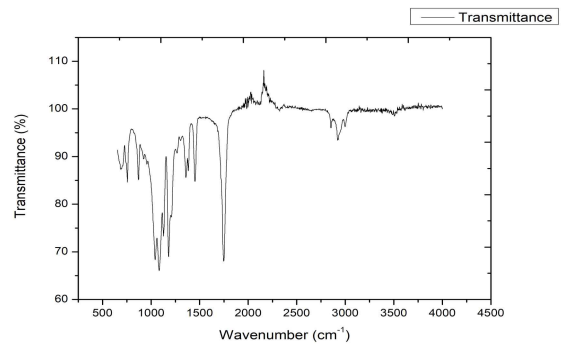
제작한 고분자 용매의 화학적 결합을 확인하기 위해 Fourier Transform Infrared(FT-IR, Cary 630, Agilent Technologies)을 사용하여 4000cm⁻¹ ~ 400cm⁻¹을 파동 범위에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

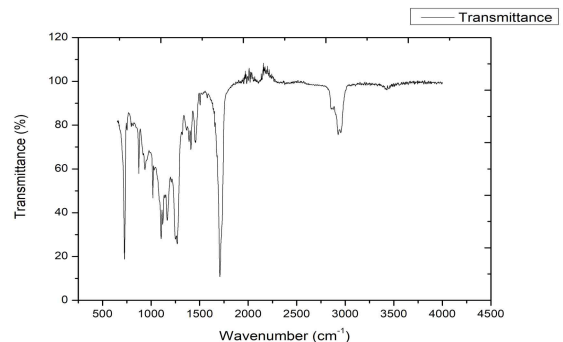
3.1 화학적 및 형태학적 특성

[그림1]는 PLA의 화학적 결합을 확인하기 위하여 측정된 FT-IR 스펙트럼이다. 2900cm⁻¹에서 -CH₂ Stretching에 의한 피크 발생하였으며, 1750cm⁻¹에서 카보닐기에 의한 강한 피크를 관찰할 수 있었다.

[그림2]는 PBAT의 FT-IR스펙트럼이다.2900cm⁻¹에서 -CH₂ Stretching에 의한 피크 발생하였으며, 1710cm⁻¹에서 강한 피크, 1500cm⁻¹에서 벤젠링에 의한 약한 피크가 관찰되었다.



[그림1] PLA의 FT-IR.



[그림2] PBAT의 FT-IR.

4. 결론

본 연구에서는 전기방사법을 기반으로 생분해성 고분자를 이용한 마스크용 필터를 제작하는 것을 목표로 진행 하였으며, 분석된 실험결과는 본 연구에 기반이 될 것이라 판단하였다.

참고문헌

- [1] Ling Wang, Yanfei Gao, Junpeng Xiong, Weili Shao, Chen Cui, Ning Sun, Yuting Zhang, Shuzhen Chang, Pengju Han, & Fan Liu, Jianxin He. (2021). Biodegradable and high-performance multiscale structured nanofiber membrane as mask filter media via poly(lactic acid) electrospinning.
- [2] Soo, X. Y. D., Wang, S., Yeo, C. C. J., Li, J., Ni, X. P., Jiang, L., ... & Loh, X. J. (2022). Polylactic acid face masks: Are these the sustainable solutions in times of COVID-19 pandemic?. *Science of The Total Environment*, 807, 151084.
- [3] 김진운, 김경민, 박경완, & 석중현. (2018). 은 박막이 첨가된 전기방사법으로 제작한 PCL/MWCNTs 나노섬유의 전기적 특성. *전기전자재료학회논문지 (J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.)*, 31(4), 238-243.
- [4] 김대진. (2013). PLA/PBAT 블렌드의 개질과 열적, 기계적 특성 (경북대학교 고분자공학과, 경북대학교 산학협력 선도대학사업단, (주)우성케미칼 연구소)
- [5] 박성욱, 김성훈, 최혜선 & 조현후. (2010). 용융방사에 의한 생분해성 PBS, PBAT 블렌드 모노필라멘트 제조 및 물리적 특성 (국립수산과학원 시스템 공학과, 부산대학교 유기소재시스템공학과)