

PCL и PCL/PVP СКАФФОЛДЫ, СФОРМОВАННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА, ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

А.Д. БАДАРАЕВ, В. БУКАЛ

Томский политехнический университет

E-mail: vrb2@tpu.ru

Поликапролактон (PCL) нашел свое широкое применение в медицине благодаря высоким механическим свойствам. Однако, медленная деградация и гидрофобные свойства ограничивают область его применения [1]. Поливинилпирролидон (PVP) обладает высокой смачиваемостью и биосовместимостью [2], однако имеет низкие показатели механической прочности [3]. Создание композиционных материалов из PCL/PVP позволяет нивелировать указанные недостатки полимеров. Таким образом, создание скаффолдов из PCL/PVP является актуальной задачей, и они могут найти применение в биомедицине.

Для изготовления скаффолдов использовали 8 % растворы PCL (Sigma-Aldrich, Великобритания) и PCL/PVP в хлороформе (CHCl_3 , Fisher Scientific, Великобритания). Содержание PVP (BASF, Германия) относительно PCL в растворе составляло 5 %. Электропрядение (электроспиннинг) растворов осуществляли на установке NANON-01A (MECC Co, Япония) при следующих режимах: скорость расхода растворов – 4 мл/ч; напряжение между коллектором и иглой – 22 кВ, расстояние между коллектором и иглой – 140 см.

Оценка различий диаметров волокон осуществлялась с помощью U-критерия Манна-Уитни. Механические свойства были оценены на различия тестом one-way ANOVA. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Статистическая обработка данных была проведена в программе OriginPro[®] 2019 (OriginLab, Northampton, США).

На приборе JCM-6000Plus (Jeol, Япония) методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) были получены изображения волокон PCL и PCL/PVP скаффолдов при 1000× увеличении. Гистограммы распределения волокон по диаметрам были получены в программе Image J 1.48 (National Institutes of Health, США) с использованием плагина Diameter J v. 1.018. Краевые углы смачивания скаффолдов водой были оценены методом «сидячей капли» на приборе DSA-25 (KRUSS, Германия), рисунок 1.

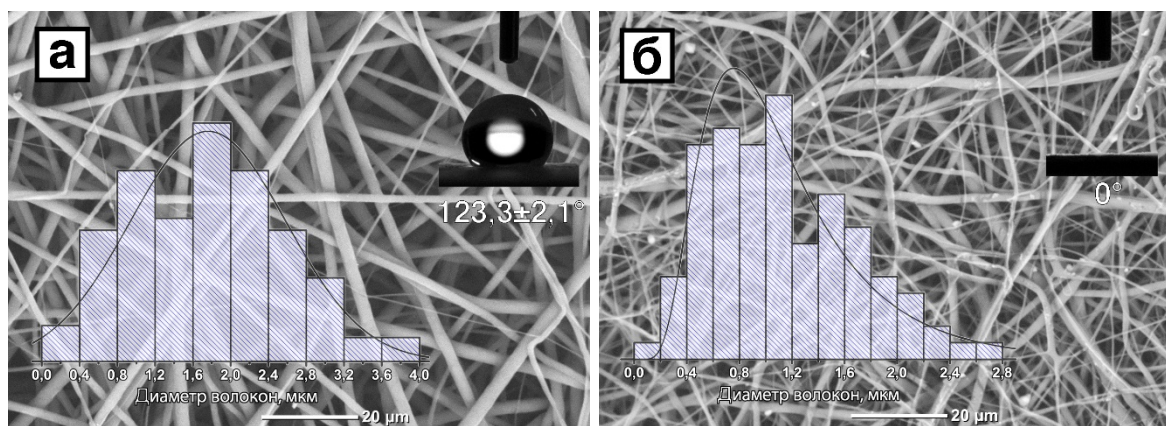


Рисунок 1 – СЭМ изображения, гистограммы распределения диаметров и смачиваемость скаффолдов: а) PCL; б) PCL/PVP

Скаффолды имеют нетканую структуру, которая характеризуется хаотично переплетенными волокнами. Средний диаметр волокон у PCL скаффолда составляет $1,73 \pm 0,81$ мкм, для PCL/PVP – $1,12 \pm 0,52$ мкм. PCL скаффолды характеризуются гидрофобными свойствами, средний краевой угол смачивания их водой составляет

123,3±2,1°, угол смачивания не изменялся в течении 1 минуты. PCL-PVP скаффолды обладают гидрофильными и сорбирующими свойствами, в течении 2-5 секунд капля с водой полностью впитывается.

Меньшие значения диаметров волокон у PCL/PVP скаффолдов по сравнению с PCL согласуются с литературными источниками [4]. Высокая смачиваемость и сорбирующие свойства у PCL/PVP скаффолдов связаны с гидрофильной природой PVP [3].

Механические свойства скаффолдов были исследованы на приборе Instron 3343 (Illinois Tool Works, США), оснащенный сенсором Instron 2519-102 (Illinois Tool Works, США), таблица 1.

Таблица 1 – Механические свойства скаффолдов

Скаффолд	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Модуль Юнга, МПа
PCL	3,1±0,3	870±50	6,5±0,5
PCL/PVP	2,8±0,4	295±13	7,9±0,3

Пределы прочности и модули Юнга исследуемых скаффолдов достоверно не отличаются. У PCL/PVP скаффолда относительное удлинение достоверно меньше (в ~ 3 раза) по сравнению с PCL скаффолдом. Снижение значения относительного удлинения у PCL/PVP скаффолда связано с отсутствием эластичности у PVP [3].

Методом электроспиннинга были изготовлены PCL и PCL/PVP скаффолды. PCL скаффолд обладает гидрофобными свойствами. Добавление 5 % PVP в прядильный раствор на основе PCL позволяет изготавливать композитные PCL/PVP скаффолды с гидрофильными и сорбирующими свойствами, обладающими прочностными свойствами и модулем Юнга, сопоставимыми с PCL скаффолдами. А благодаря гидрофильным свойствам PCL/PVP скаффолды могут успешно применяться в медицине.

Список литературы

1. Cipitria A., Skelton A. Dargaville TR и др. Design, fabrication and characterization of PCL electrospun scaffolds—a review // *Journal of Materials Chemistry*. – 2011. – Т. 21. – №. 26. – С. 9419–9453.
2. Wu J., Wang Z., Yan W. и др. Improving the hydrophilicity and fouling resistance of RO membranes by surface immobilization of PVP based on a metal-polyphenol precursor layer // *Journal of Membrane Science*. – 2015. – Т. 496. – С. 58–69.
3. Li J., Zivanovic S., Davidson P.M. и др. Characterization and comparison of chitosan/PVP and chitosan/PEO blend films // *Carbohydrate Polymers*. – 2010. – Т. 79. – №. 3. – С. 786–791.
4. Jia Y., Huang G., Dong F. и др. Preparation and characterization of electrospun poly (ϵ -caprolactone)/poly (vinyl pyrrolidone) nanofiber composites containing silver particles // *Polymer Composites*. – 2016. – Т. 37. – №. 9. – С. 2847–2854.