

ТЕНДЕНЦИИ В РАЗРАБОТКЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ КАРКАСОВ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ

Пецух Г.Р. (ИТМО), Подшивалов А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат химических наук, Подшивалов А.В. (ИТМО)

Введение. К 2030 году Всемирная организация здравоохранения прогнозирует удвоение численности пожилого населения до 1,4 миллиарда человек [1]. Из приведённого заявления следует, что в ближайшие годы будет расти спрос на хирургические варианты решения возрастных проблем, таких как истирание суставов и понижение доли кальция в опорно-двигательной системе. На данный момент механически прочными являются имплантаты на основе металлов, однако они вызывают у пациентов сильный иммунный ответ. Биополимерные материалы, напротив, отличаются химической инертностью и биосовместимостью. Настоящее исследование уделяет внимание разработке состава полимеров, отвечающих за характеристики биокаркасов, а также анализу способов их синтеза.

Основная часть. Методы, основанные на экструзии материалов, широко применяются в биомедицине. Получение каркасов на лабораторных экструдерах отличается технологической простотой и удобством контроля параметров, что обосновывает популярность данной техники. Опубликованные литературные данные подтверждают, что благодаря хорошим значениям биорезорбции полисахариды являются подходящими кандидатами для различных клинических испытаний [2]. В недавней работе плёнки из окисленного кукурузного крахмала и полибутиленадипаттерефталата были изготовлены методом экструзии и гранулирования с использованием двухшнекового экструдера (SJ-26, Cenmen Equipment Corp., Ltd., Цзянсу, Китай) при массовом соотношении 20:80, 30:70 и 40:60 [3]. Диапазон температур от зоны подачи до головки оборудования был установлен в диапазоне от 140°C до 160°C при скорости шнека 70 об/мин. Полученный композит, содержащий 40% крахмала, достиг высоких значений среди аналогов: прочность на сжатие составила $16,5 \pm 1,39$ МПа, а относительное удлинение – $460 \pm 50\%$. Испытания *in vitro* для оценки цитотоксичности на клетках млекопитающих необходимы для определения биосовместимости плёнок. Жизнеспособные клетки контролировали в течение 48 часов с использованием МТТ-анализа. По окончании эксперимента, значительное снижение жизнеспособности клеток ($P < 0,05$) наблюдалось, начиная с концентрации 2 мг/мл, однако итоговые значения удовлетворяют установленным нормам цитотоксичности.

В данной работе был успешно получен полимерный филамент из расплава полипропилена. Для данного синтеза был использован двухшнековый экструдер (10 мм Microlab, Rondol, Великобритания) с размером шнека (L/D) 20:1, диаметром головки 2 мм и пятью зонами нагрева. Температурный профиль соответствовал 150/200/230/230/235°C от зоны загрузки до головки экструдера, соответственно. Скорость шнека была установлена на 60 об/мин, а скорость подачи – на 15 об/мин. Согласно проведённым испытаниям и анализу научных исследований, данный экструдер возможно использовать для переработки биорезорбируемых каркасов на основе термопластичного крахмала.

Выводы. Благодаря своим уникальным свойствам биополимерные каркасы привлекли большое внимание в инженерии костной ткани [4]. Данные трёхмерные структуры можно имплантировать в места переломов костей, чтобы предотвратить разрывы окружающих клеток и способствовать пролиферации остеобластов. С использованием метода 3D-печати возможно получить функциональные и индивидуальные биорезорбируемые каркасы для пациентов. Для эффективного использования данной техники выбор полимерного состава биочернил имеет решающее значение [5]. Согласно изученным литературным источникам, упомянутый лабораторный экструдер применим для получения биорезорбируемых каркасов на основе

крахмала при условии пониженного температурного режима. Исследуемые полимерные системы склонны к улучшенным характеристикам биорезорбции по сравнению с популярными продуктами нефтехимической промышленности.

Список использованных источников:

1. Старение и здоровье. Отчёт Всемирной организации здравоохранения за 2022 год [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health> (дата обращения 03.02.2024).
2. Ravoor J., Karuppan D., Elsen S. R. Binder optimization for extrusion based 3D printing of hydroxyapatite materials using different polymeric binders //Materials Today: Proceedings. – 2023.
3. Li H. et al. Extrusion-blown oxidized starch/poly (butylene adipate-co-terephthalate) biodegradable active films with adequate material properties and antimicrobial activities for chilled pork preservation //International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – Т. 253. – С. 127408.
4. Iranmanesh P. et al. Bioprinting of three-dimensional scaffold based on alginate-gelatin as soft and hard tissue regeneration //Journal of Materials Research and Technology. – 2021. – Т. 14. – С. 2853-2864.
5. Zhao H. et al. Nanocomposite hydrogels for tissue engineering applications //Nanoscale. – 2020. – Т. 12. – №. 28. – С. 14976-14995.