

УДК 547.458.1

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА СТРУКТУР (БИО)ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО
КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ КАРРАГИНАНА И ХИТОЗАНА**

Кузнецов Д.А. (Университет ИТМО), **Виротайнен К.Э.** (Университет ИТМО),
Подшивалов А. В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.х.н., Подшивалов А.В.
(Университет ИТМО)

Введение. Лекарства являются неотъемлемой частью жизни современного человека. За время развития цивилизации было найдено и получено огромное количество различных лекарств, но, что важнее, были выявлены их недостатки, такие как высокая токсичность, низкая биосовместимость, побочные эффекты, низкие сроки или очень строгие условия хранения. Инкапсуляция лекарств позволит решить эти проблемы и, более того, может предоставить новые возможности по использованию лекарств, такие как контролируемое высвобождение [1], значительное увеличение срока пролонгированного действия, целевая доставка [2] и возможность эффективно использовать некоторые новые лекарства. Такой метод решения проблемы налагает ряд ограничений на методы получения и материалы, используемые для микрокапсул. Материалы должны быть доступными и дешёвыми (по меньшей мере дешевле лекарства), биосовместимыми и нетоксичными, поэтому выбор был остановлен на природных биополимерах каррагинане и хитозане, способных к образованию (био)полиэлектrolитного комплекса ((био)ПЭК) с новыми свойствами [1]. В свою очередь метод должен быть доступным, недорогим и масштабируемым, со-электрораспыление обладает всеми указанными свойствами [3].

Основная часть. В работе использовался рафинированный пищевой каррагинан (Россия), пищевой низкомолекулярный водорастворимый хитозан (Россия). Были приготовлены индивидуальные растворы полимеров в воде с концентрацией 1 мас.% для смешения и 0,1, 0,2 мас.% для электроформования. Растворы готовились при перемешивании в течение часа при температуре 90 °С для каррагинана и 40 °С для хитозана. Затем растворы доводили до комнатной температуры при постоянном перемешивании.

Индивидуальные растворы были подвергнуты ротационной вискозиметрии с помощью реометра Physica MCR-502, Anton Paar при температуре 25 °С в диапазоне скоростей сдвига от 10^{-2} до 10^{-3} с⁻¹. Путём смешения индивидуальных растворов полимеров при соотношениях каррагинан:хитозан 1:3, 1:1 и 3:1 были получены структуры (био)ПЭК. Полученные структуры были исследованы методом динамо-механического анализа (ДМА) при помощи реометра. Далее получение структур (био)ПЭК было произведено путём со-электрораспыления индивидуальных растворов с использованием соосного прядильного элемента при напряжении электрического поля 20-30 кВ, объёмном расходе растворов 0,1-0,4 мл/ч. Морфология полученных структур анализировалась методом оптической микроскопии при помощи микроскопа STM-6, Olympus.

Значения вязкости для со-электроформования исследуемых растворов должны быть близки для обеспечения наибольшей стабильности процесса. Для растворов каррагинана динамическая вязкость составляла 10 и 15 мПа·с при концентрациях 0,1 и 0,2 мас.%, соответственно, а для растворов хитозана 5 и 7 мПа·с при концентрациях 1 и 2 мас.%, соответственно. Как видно, значения динамической вязкости разбавленных растворов каррагинана и концентрированных растворов хитозана подобны и для процесса электроформования были выбраны соотношения концентрации раствора каррагинан:хитозан 0,1:1 и 0,2:2 мас.%. Результаты исследования структур (био)ПЭК по методу DMA показали, что точка текучести смещается в область более высоких деформаций при увеличении доли раствора каррагинана, что свидетельствует о большей упругости структуры (био)ПЭК. Анализ морфологии полученных структур (био)ПЭК после электроформования показал наличие одномерных стержнеобразных объектов длиной 15-30 мкм и внешним диаметром

1,6-2,8 мкм, а также сферических микрочастиц диаметром 0,5-1,1 мкм, из чего следует возможность получения микроструктур (био)ПЭК каррагинана и хитозана таким методом.

Выводы. Было установлено, что индивидуальные растворы хитозана и каррагинана должны обладать подобной вязкостью для формирования структур (био)ПЭК. Показано, что увеличение содержания хитозана в смеси повышает упругие свойства структур (био)ПЭК. Полученные в работе методом со-электроформования растворов полимеров стержнеобразные и сферические объекты микроструктуры указывают на возможность получения структур (био)ПЭК.

Список использованных источников:

1. Evangelista TFS, Andrade GRS, Nascimento KNS, dos Santos SB, Fatima Costa Santos M, Da Ros Montes D'Oca C, dos S. Estevam C, Gimenez IF, Almeida LE, Supramolecular polyelectrolyte complexes based on cyclodextrin-grafted chitosan and carrageenan for controlled drug release // Carbohydrate Polymers. - 2020.
2. Yuexin Sun et al Fabrication of folic acid decorated reductive-responsive starch-based microcapsules for targeted drug delivery via sonochemical method // Carbohydrate Polymers. – 2018. – 200. – 508-515 p.
3. Ebrahimi S., Fathi M., Kadivar M. Production and characterization of chitosan-gelatin nanofibers by nozzleless electrospinning and their application to enhance edible film's properties // Food Packaging and Shelf Life. - 2019. - №22. - С. 38- 45.