УДК 338.28:334.021

МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

MICROCAPSULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND THEIR USE FOR THE FUNCTIONALIZATION OF TEXTILE MATERIALS

О.И. ОДИНЦОВА, Л.С. ПЕТРОВА, О.В. КОЗЛОВА
O.I. ODINTSOVA, L.S. PETROVA, O.V. KOZLOVA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)
(Ivanovo State University of Chemistry and Technology)
E-mail:odolga@yandex.ru

В работе представлена методика получения микрокапсул биологически активных веществ (БАВ), формируемых на основе наноэмульсий. Методом неинвазивного обратного рассеивания проведены измерения размеров капсул на приборе Photocor Compact-Z. Исследовано влияние поверхностно-активных веществ, используемых в составе наноэмульсий, природы и концентрации масел БАВ на размеры синтезируемых капсул.

Рассмотрена технологическая схема заключительной отделки целлюлозных текстильных материалов, основанной на использовании микрокапсулированных форм функциональных препаратов.

In the work the technique of obtaining microcapsules of biologically active substances (BAS), formed on the basis of a nanoemulsion, is presented. The non-invasive backscattering method was used to measure the size of the capsules on the Photocor Compact-Z. The effect of surfactants used in the composition of nanoemulsions, the nature and concentration of BAS oils on the size of synthesized capsules was studied.

Technological scheme of final finishing of cellulosic textile materials based on the use of microencapsulated forms of functional preparations are considered.

Ключевые слова: микрокапсула, наночастица, иммобилизация, синтетический полиэлектролит, биологически активные вещества.

Keywords: microcapsule, nanoparticle, immobilization, synthetic polyelectrolyte, biologically active substances.

* По материалам пленарного доклада на XXI Международном научно-практическом форуме "SMARTEX-2018" (г. Иваново, ИВГПУ, 2018).

Традиционный текстиль активно замещается "умными" материалами медицинского, бытового, технического, информационного назначения, для получения которого используют наукоемкие нанотехнологии [1], [2].

К таким технологиям относятся различные способы синтеза нанокапсул, включающих функциональные вещества. Наиболее популярным является метод создания микрокапсул на основе полиэлектролитов, основанный на послойной (Layer-by-Layer) электростатической самосборке (Electrostatic-Self-Assembly) противоположно заряженных полиэлектролитов на коллоидных наноразмерных частицах [3], что обусловлено возможностью широкого применения полиэлектролитных капсул в медицине, фармацевтической, косметической, пищевой, текстильной промышленности и сельском хозяйстве [4], [5]. Полиэлектролитные капсулы представляют собой полое пространство, ограниченное тонкой стенкой, сформированной двумя противоположно заряженными полимерами за счет их электростатических взаимодействий. Формирование оболочек капсул может осуществляться как на темплатах, так и на частицах наноэмульсий. Методика рассматриваемого процесса заключается в формировании многослойной оболочки толщиной несколько нанометров путем поочередной адсорбции противоположно заряженных макромолекул полиэлектролитов на поверхности сферических частиц масла.

Модификация стенки капсулы посредством варьирования количества нанесенных слоев, выбора материала оболочки и способа введения наночастиц металлов в ее структуру позволяет целенаправленно регулировать свойства и функции капсулы.

В качестве полиэлектролитов были выбраны: катионактивный полидиаллилдиметиламмоний хлорид и анионактивный сополимер акриловых соединений (акремонLK-2). Наноэмульсии готовили на основе маслорастворимых витаминов и биологически активных веществ, которые окрашивали жирорастворимым красителем суданом красным IV. В качестве эмульгаторов опробованы неионогенные (оксиэтилированные алкилфенолы и производные жирных спиртов), а также анионоактивные ПАВ различного химического строения. Наиболее устойчивая прямая эмульсия получена при введении в систему Карбоксипав, Эмпола 10 и Синтанола АЛМ-10. Средней эмульгирующей способностью обладают Эмпол С-10, Эмпол 8 и Эмпол 12 (рис. 1).

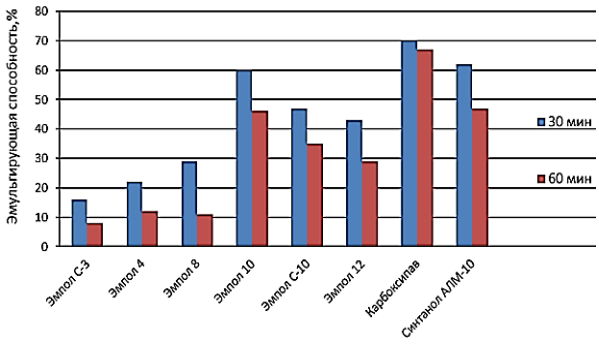


Рис.1

Выявлено влияние природы поверхностно-активных веществ, используемых в составе наноэмульсий на размеры синтезируемых капсул. Определение размера частиц выполнено на приборе Photocor Compact-Z методом динамического рассеяния света. Явление самоорганизации капсул исследовано с помощью микроскопии на приборе Микмед-6 путем наблюдения, фото- и видеофиксирования.

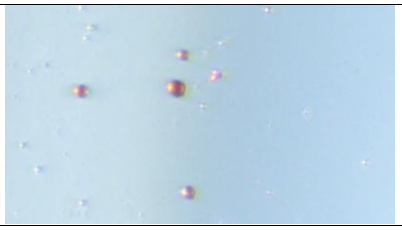
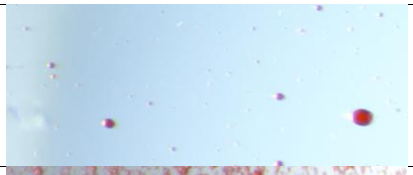
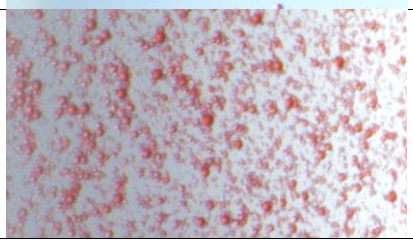
Представленные структуры являются упорядоченными (табл. 1). Вид и характер самоорганизации позволяет предположить, что последний существенно зависит от природы инкапсулированного биологически активного соединения.

Размер формируемой капсулы определяется природой и концентрацией в системе масляного вещества. Капсулирование при одинаковых условиях масел грейпфрута и розмарина позволяет получить капсулы различного размера (табл. 1).

Сравнение полученных капсул, содержащих масло грейпфрута, при использовании для эмульгирования различных ПАВ показало, что минимизировать их размер позволяет применение в процессе эмульгирования неионогенного ПАВ синтанола

АЛМ-10. В этом случае размер капсул составляет от 9 до 13 нм. Если эмульгирование осуществляли с помощью смеси карбоксипав и неонола АФ-9/10, размер синтезированных капсул увеличивался до 45...185 нм.

Таблица 1

Состав эмульсии	Размер частиц, нм	Содержание частиц в составе, %	Фотографии нанокапсул
Масло грейпфрута-5 г/л Карбокси ПАВ Неонол ВПК-402 АкремонLK-2	185,4 114 45,1	40 60 100	
Масло грейпфрута-5 г/л Синтанол АЛМ-10 ВПК-402 АкремонLK -2	9,227 13,00	100 100	
Масло розмарина -5 г/л Карбокси ПАВ Неонол ВПК-402 АкремонLK -2	25,07 155,5	100 72	
Масло розмарина -50 г/л Карбокси ПАВ Неонол ВПК-402 АкремонLK -2	75,05 69,22 155,7	100 100 86	
Витамин А-5 г/л Метранидозол Синтанол АЛМ-10 ВПК-402 АкремонLK-2	33,99	83	-
Витамин А -5 г/л Карбокси ПАВ Неонол ВПК-402 АкремонLK-2	174,1	100	-

В случае капсулирования витамина А минимальный размер капсул -33,9 нм также достигается при использовании синтанола АЛМ-10, при эмульгировании масляного субстрата смесью неонола АФ-9/10 и карбоксипав размер капсул возрастает до 174,1 нм.

Интересные данные получены в процессе капсулирования масла розмарина. Оценен размер капсул розмарина при различных концентрациях в составе эмульсии.

При концентрации масла розмарина в эмульсии 5 г/л размер капсул в системе составляет от 25,07 до 155,5 нм. Увеличение концентрации масла розмарина до 50 г/л практически не влияет на размер капсул (средний размер 75...121 нм), однако в дальнейшем происходит их частичная агрегация – "слипание".

Получить устойчивые системы, содержащие капсулированные вещества, удалось

посредством подбора стабилизаторов. В результате разработаны методики синтеза бислойных и тетраслойных оболочек капсул, содержащих масляные растворы функциональных веществ. Предложено топировать оболочки капсул наночастицами серебра и наполнять антибактериальными препаратами, что позволяет придавать текстильным материалам антибактериальные свойства пролонгированного действия.

ВЫВОДЫ

Разработаны технологические схемы отделки БАВ, ароматной и репеллентной отделок целлюлозных тканей, включающие пропитку капсулированным препаратом, сушку при температуре 100...130°С, послойное закрепление (Layer-by-Layer) противоположно заряженными полиэлектролитами, конвективную или контактную сушку. Разработанные технологии рекомендованы в качестве базовых для полупроизводственных испытаний [6...9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кузьменко В.А., Малышева К.А., Одинцова О.И., Русанова А.И.* Современное состояние и перспективы развития ароматной отделки текстильных материалов //Химия растительного сырья. – 2015, №1. С.15...27.

2. *Одинцова О.И., Кузьменко В.А., Прохорова А.А.* Применение синтетических полиэлектролитов для иммобилизации функциональных веществ на хлопчатобумажные ткани // Сб. научн. ст. Междунар. научн.-практич. конф.: Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. – 2015. С.112...114.

3. *Кузьменко В.А., Одинцова О.И., Русанова А.И.* Свойства синтетических полиэлектролитов и перспективы их применения для отделки текстильных материалов // Журнал прикладной химии. – 2014. Т.87, № 9. С.1193...1203.

4. *Kowalczuk A., Trzcinska R., Trzebicka B., Müller A.H.E., Dworak A., Tsvetanov C.B.* Loading of polymer nanocarriers: Factors, mechanisms and applications // Prog. Polym. Sci. – №39(1), 2014. P.43... 86.

5. *Sergeeva A.S., Gorin D.A., Volodkin D.V.* Polyelectrolyte Microcapsule Arrayes: Preparation and Biomedical Applications // BioNanoScience. – №4, 2013. P.1...14.

6. *Прохорова А.А., Петрова Л.С., Владимирцева Е.Л., Одинцова О.И.* Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 332...335.

7. *Прохорова А.А., Одинцова О.И., Авакова Е.О., Кузьменко В.А.* Применение метода layer-by-layer для иммобилизации акарицидных веществ на целлюлозных текстильных материалах // Изв.вузов Химия и химическая технология. – 2016.Т.59, № 7. С.42...46.

8. Патент РФ № 2594422. Способ получения ароматизированного текстильного материала/ Кузьменко В.А., Одинцова О.И., Никифорова Т.Е., Прохорова А.А, Одинцова Л.С. //опубл. 20.08.2016 (приор.от. 26.03.2015).

9. Патент РФ № 2596452. Способ производства текстильного материала, содержащего нано- и микрокапсулированные биологически активные вещества с замедленным высвобождением / Одинцова О.И., Королев С.В., Кузьменко В.А., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Королев Д.С., Крутских Е.В., Муратова Н.Н., Одинцова Л.С., Прохорова А.А., Никифорова Т.Е. //опубл. 10.09.2016 (приор. от. 10.06.2015).

REFERENCES

1. Kuzmenko V.A., Malysheva K.A., Odincova O.I., Rusanova A.I. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya aromatnoj otdelki tekstil'nyh materialov //Himiya rastitelnogo syrya. – 2015, № 1. S.15...27.

2. Odincova O.I., Kuzmenko V.A., Prohorova A.A. Primenenie sinteticheskih polielektrolitov dlya immobilizacii funkcionalnyh veshestv na hlopchatobumazhnye tkani // Sb. nauchn. st. Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf.: Aktualnye napravleniya fundamentalnyh i prikladnyh issledovanij. – 2015. S.112...114.

3. Kuzmenko V.A., Odincova O.I., Rusanova A.I. Svojstva sinteticheskih polielektrolitov i perspektivy ih primeneniya dlya otdelki tekstil'nyh materialov // Zhurnal prikladnoj himii. – 2014. T. 87, № 9. S.1193...1203.

4. Kowalczuk A., Trzcinska R., Trzebicka B., Muller A.H.E., Dworak A., Tsvetanov C.B. Loading of polymer nanocarriers: Factors, mechanisms and applications // Prog. Polym. Sci. – №39(1), 2014. P.43... 86.

5. Sergeeva A.S., Gorin D.A., Volodkin D.V. Polyelectrolyte Microcapsule Arrayes: Preparation and Biomedical Applications // BioNanoScience. – №4, 2013. P.1...14.

6. Prohorova A.A., Petrova L.S., Vladimirceva E.L., Odincova O.I. Ispolzovanie metoda mikroemulsionnogo kapsulirovaniya dlya pridaniya tekstil'nym materialam akaricidnyh svojstv // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, № 1. S.332...335.

7. Prohorova A.A., Odincova O.I., Avakova E.O., Kuzmenko V.A. Primenenie metoda layer-by-layer dlya immobilizacii akaricidnyh veshestv na cellyuloznyh tekstil'nyh materialah // Izv.vuzov Himiya i himicheskaya tehnologiya. – 2016.T.59, № 7. S.42...46.

8. Patent RF № 2594422. Sposob polucheniya aromatizirovannogo tekstil'nogo materiala/ Kuzmenko V.A., Odincova O.I., Nikiforova T.E., Prohorova A.A, Odincova L.S. // opubl. 20.08.2016 (prior.ot. 26.03.2015).

9. Patent RF № 2596452. Sposob proizvodstva tekstil'nogo materiala, soderzhashego nano- i mikrokapsulirovannye biologicheski aktivnye veshestva s zamedlennym vysvobozhdeniem / Odincova O.I., Korolev S.V., Kuzmenko V.A., Vladimirceva E.L., Kozlova O.V., Korolev D.S., Krutskih E.V., Muratova N.N., Odincova L.S., Prohorova A.A., Nikiforova T.E. //opubl. 10.09.2016 (prior. ot. 10.06.2015).

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 06.06.18.