

УДК: 539.23+577.114+546.57

М. А. Белявская, мл. науч. сотр.,
Е. В. Хаинская, мл. науч. сотр.,
В. В. Николайчук, асп., науч. сотр.,
К. С. Гилевская, вед. науч. сотр., канд. хим. наук
(ИХНМ НАН Беларуси, г. Минск)

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ «УМНЫЕ» МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕКТИНА И ХИТОЗАНА ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

В последнее время ультратонкие пленки на основе полисахаридов активно изучаются в связи с возможностью их использования в биомедицине, фармакологии, клеточной инженерии и других областях. Материалами для создания таких покрытий могут служить природные и синтетические полимеры, наночастицы и др. Среди природных полимеров наиболее перспективны такие полисахариды, как пектин и хитозан, а также их производные, например конъюгаты с фрагментами фенольных кислот [1].

Варьируя качественный и количественный состав таких покрытий, можно получить пленки с улучшенными функциональными свойствами: механическими, противомикробными, антибактериальными, противовоспалительными и т.д.

Цель работы: формирование ультратонких многослойных покрытий на основе производных пектина и хитозана с заданными свойствами (толщина, гидрофильность, устойчивость к стерилизации, антиоксидантная активность) пригодных для модификации полипропиленовых сетчатых имплантов.

В работе использовали хитозан (Chit30, 30кДа, степень деацетилирования 85%), нанокомпозит пектин с серебром (ClassicAg25) [2], конъюгат хитозан-галловая кислота (ChitGal, степень пришивки $30,9 \pm 1,5\%$).

Тонкие пленки получали методом послойного осаждения полиэлектролитов (Layer-by-Layer assembly, LbL) на стеклянных и кремниевых подложках, в качестве поликатиона использовали Chit30 и конъюгат ChitGal, в качестве полианиона – нанокомпозит ClassicAg25. Закономерности чередующейся адсорбции компонентов изучали *in situ* методом кварцевого микровзвешивания (QCM-D, Biolin Scientific).

Морфологию поверхности и шероховатость (Rms) полученных пленок до и после стерилизации этанолом исследовали методом атомно-силовой микроскопии (Nanoscope IIIA, Veeco). Антирадикальную

активность полученных материалов определяли спектрофотометрическим методом (СМ2203, Solar) с использованием катион-радикала АВТС⁺. Краевой угол смачивания (КУС, Θ) определяли методом лежащей капли.

Методом послойного осаждения получены мультислойные покрытия (Chit30/ClassicAg)₁₀ и (ChitGal/ClassicAg)₁₀. С увеличением числа бислоев масса покрытий возрастает линейно (рисунок 1а).

Анализ зависимости частоты колебаний резонатора от диссипации энергии (D) свидетельствует о формировании вязкоэластичных слоев (рисунок 1 б). Оцененное значение толщины мультислойного покрытия (Chit30/ClassicAg)₁₀ составляет 15,74±1,79 нм.

Введение в состав пленок модифицированного фрагментом галловой кислоты хитозана приводит к формированию покрытий с большей в 2 раза толщиной – 37,36± 6,93 нм. Сформированные покрытия имеют бездефектную поверхность и однородную гладкую морфологию поверхности: показатель шероховатости не превышает 3 нм (рисунок 2, таблица 1).

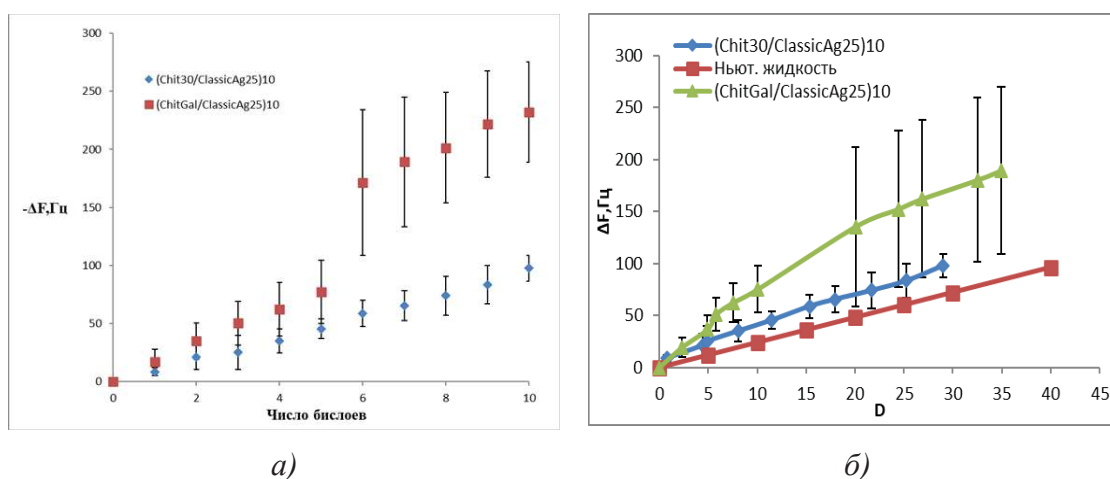


Рисунок 1 – Зависимость частоты колебаний (F) кварцевого резонатора от числа бислоев (а) и D (б) при формировании пленок

Покровтия являются гидрофильными, краевой угол смачиваемости менее 60° (таблица 1).

Стерилизация обработкой 70%-ным этиловым спиртом приводит к незначительным изменениям морфологии покрытий (рисунок 2 б, г) и увеличению значений КУС на 17,7% и 15,4% для образцов (Chit30/ClassicAg)₁₀ и (ChitGal/ClassicAg)₁₀ соответственно (табл.).

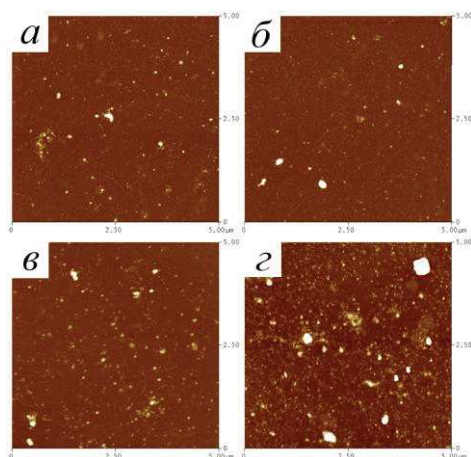


Рисунок 2 – АСМ-изображения (Chit30/ClassicAg)₁₀ и (ChitGal/ClassicAg)₁₀ до и после стерилизации: а - (Chit30/ClassicAg)₁₀ до, б - (Chit30/ClassicAg)₁₀ после, в - (ChitGal/ClassicAg)₁₀ до, з - (ChitGal/ClassicAg)₁₀ после. Перепад по z - 50 нм.

Таблица – Значения шероховатости и КУС образцов

Образец	До стерилизации		После стерилизации	
	Rms, нм	Θ, °	Rms, нм	Θ, °
(Chit30/ClassicAg) ₁₀	2,0±0,8	35,9 ±4,0	1,2±0,3	53,6 ± 1,9
(ChitGal/ClassicAg) ₁₀	2,5±0,5	45,7 ±6,6	3,5±1,1	61,1 ± 3,3

Пленки на основе конъюгата ChitGal обладают более выраженной антиоксидантной активностью – время выхода на полуингибирующую концентрацию (IC₅₀) составило 1440 и 160 минут для (Chit30/ClassicAg)₁₀ и (ChitGal/ClassicAg)₁₀ соответственно (рис. 3).

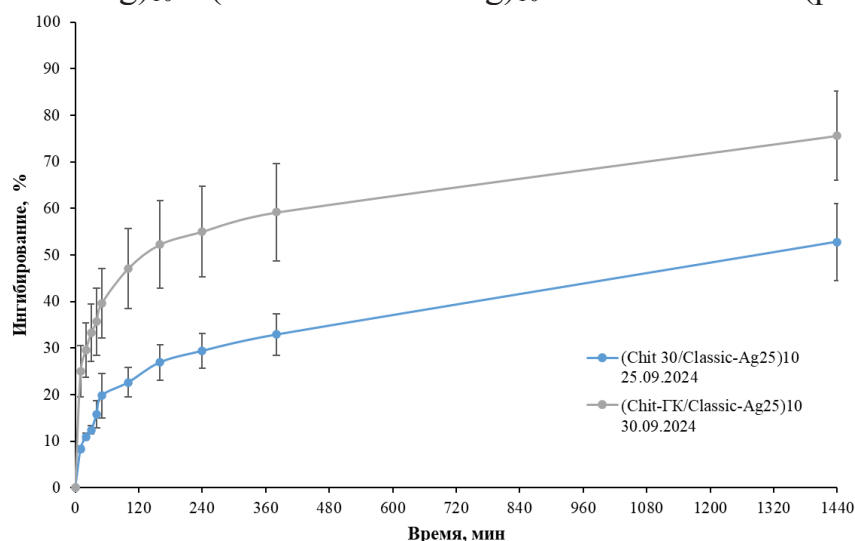


Рисунок 3 – Зависимость ингибирования радикала (%) от времени

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция-2025» (задание 3.03.1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пленочные полимерные покрытия на основе хитозана / Р.Д. Каримова, М.С. Гурина, Р.Ю. Лаздин, В.В. Чернова, Е.И. Кулиш, Г.Е. Заиков // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 11. – С. 132–135.
2. Hileuskaya K. et al. ‘Green’ approach for obtaining stable pectin-capped silver nanoparticles: Physico-chemical characterization and antibacterial activity // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2020. – V. 585. – С. 124141.

УДК: 543.8

А. И. Фокина, канд. биол. наук, доц.,
А. Р. Киреева, магистрант, В. В. Шишкина, студ., С. А. Харина, студ.
(ВятГУ, г. Киров, Россия)

ИЗУЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ ИЗ ЛЕКАРСТВЕННЫХ КАРАНДАШЕЙ

Карандаш лекарственный – твердая лекарственная форма в виде карандаша цилиндрической или конической формы с закругленным концом, предназначенная для наружного применения с целью оказания местного действия и состоящая либо только из действующих веществ (одного или нескольких), либо представленная подходящей основой, в которой равномерно распределены действующие вещества [1]. Достоинствами являются компактность, гигиеничность, экономичность и удобство в применении. Поэтому актуальность разработки рецептуры и изучения свойств показана в публикациях многих авторов [2–5]. Для применения на поверхности кожи описаны рецептуры карандашей, включающих в состав активные компоненты синтетического происхождения (ацикловир, анилокаин, нитрат серебра и т. д.), входящие в состав уже существующих лекарственных форм и природных (эвкалимин и т. д.). Важной характеристикой лекарственных карандашей является биодоступность активных компонентов [2]. О биодоступности можно ориентировочно судить по степени высвобождения, так как это первый этап процесса, в ходе которого лекарственное средство высвобождает активный ингредиент [6].

С давних времен смола ели зарекомендовала себя как великолепное средство при заживлении ран различной этиологии [7]. Анализ методом ГХ-МС показал, что в состав используемой в нашей работе смолы входит более 50 соединений, в том числе соединения – антиоксиданты: пинены, абиетиновая кислота [8, 9]. Антиоксидантные свойства, сопряженные со специфическими лечебными свойствами, могут