

УДК 664.2:678

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ  
ХИТОЗАНА/КРАХМАЛА МАНИОКИ С ДОБАВКОЙ ЧАСТИЦ БЕНТОНИТА,  
НАПОЛНЕННЫХ ЭФИРНЫМ МАСЛОМ ИМБИРЯ**

**Кастро Д.** (Университет ИТМО), **Игнатова Н.А.** (Университет ИТМО),  
**Подшивалов А.В.** (Университет ИТМО)

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

**Введение.** На сегодняшний день известно широкое использование полисахаридов в качестве упаковочных материалов для пищевой химии. Крахмал и хитозан являются одними из самых перспективных биополимеров для производства съедобной упаковки вследствие низкой стоимости, а также разнообразия сырьевой базы [1]. Биокomпозиционные пленки на их основе обладают биodeградируемостью, биосовместимостью, гидрофильностью. Однако данные материалы обладают низкими механическими и эксплуатационными характеристиками. Для управления эксплуатационными свойствами используют различные добавки, такие как пластификаторы и армирующие агенты [2,3]. Введение биоактивных веществ в виде эфирного масла имбиря способствует повышению механических характеристик и проявлению антимикробных свойств биополимерных пленок. Целью настоящей работы является получение и исследование морфологии и антибактериальной активности пленок на основе смеси крахмала маниоки/хитозана с добавлением частиц бентонитовой глины, наполненной эфирным маслом имбиря для армирования и придания антибактериальных свойств.

**Основная часть.** В работе получены способом интеркаляции антибактериального эфирного масла имбиря в структуру частиц натриевого монтмориллонита и биополимеры на основе смеси крахмала/хитозана при различном соотношении концентраций глина с маслом. Для интеркаляции эфирного масла имбиря в структуру частиц натриевого монтмориллонита навеску глины диспергировали в дистиллированной воде с концентрацией 3 масс. % , при температуре 60 °С в течение 48 ч для набухания с последующей обработкой ультразвуком для увеличения межслоевого расстояния. Далее раствор эфирного масла в этаноле с долей масла 2,24 об.% вводили в дисперсию частиц глины до объёмного соотношения 2/3 и перемешивали смесь при комнатной температуре в течение 24 ч. Затем с использованием механического диспергатора T 25 digital Ultra-Turrax (IKA) дисперсии глины с раствором масла обрабатывались при 8000 об/мин в течение 30 мин для интеркаляции компонентов эфирного масла в межслоевое пространство частиц глины. Полученные дисперсии были фракционированы методом центрифугирования при 3500 об/мин в течение 15 мин с выделением средней фракции и последующей лиофилизацией при температуре -35 °С и давлении 1,65 мПа в течение 72 ч.

Для получения биокomпозиционных пленок на основе матрицы крахмал маниоки/хитозан наполненной армирующими и антибактериальными частицами бентонит/эфирное масло имбиря были приготовлены индивидуальные водные растворы крахмала и хитозана с концентрацией 2,5 масс.% при температурах 90 и 40 °С, соответственно. Затем растворы смешивались в соотношении хитозан/крахмал 80/20 об.% и дополнительно примешивались при 50 °С в течение 15 мин. В качестве пластификатора в смесь вводили сорбитол в количестве 25 масс.% от сухой массы биополимеров. Далее в полученную смесь вводили навеску частиц глины интеркалированных эфирным маслом в количестве 2-6 масс.% от массы биополимеров. Полученные плёнкообразующие растворы были формованы методом литья на подложку объёмом 20 мл с последующей сушкой при температуре 35 °С и постоянной конвекции воздуха.

Загрузка компонентов эфирного масла имбиря в структуру частиц глины оценивалась с использованием термомикровесов TG 209 F1 Libra (Netzsch). Морфология пленок

биокомпозитов была изучена методом оптической микроскопии, а антибактериальные свойства диско-диффузионным методом EUCAST на микроорганизмах *Escherichia coli*.

Результаты метода термогравиметрического анализа образцов глины показали, что потеря массы при 900 °С образца частиц глины интеркалированных эфирным маслом после лиофилизации приблизительно на 10% выше, чем для образца глины после набухания в воде и лиофилизации при схожей изначальной массе образца. Результаты анализа морфологии пленок биокомпозитов показали, что микрочастицы глины наполненные эфирным маслом имбиря со средним диаметром 6,17 мкм встроены в биополимерную матрицу и хорошо диспергированы в ней. Результаты микробиологических исследований показали, что зона ингибирования роста колоний микроорганизмов для образцов плёнок наполненных антибактериальным наполнителем приблизительно на 40 % меньше, чем для образцов пленок без наполнителя.

**Выводы.** В работе механическим способом была произведена интеркаляция эфирного масла имбиря в структуру частиц натриевого монтмориллонита без использования синтетических ПАВ, что подтверждается результатами термогравиметрического анализа. Введение частиц глины, наполненных эфирным маслом в состав биополимерных пленок на основе матрицы хитозан/крахмал маниоки показало значительное увеличение бактерицидной активности пленок по отношению к микроорганизмам штамма *Escherichia coli*.

#### **Список использованных источников:**

1. Veisi H. et al. Chitosan-starch biopolymer modified kaolin supported Pd nanoparticles for the oxidative esterification of aryl aldehydes // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 191. P. 465–473.
2. Saucedo-Zuñiga J.N. et al. Controlled release of essential oils using laminar nanoclay and porous halloysite / essential oil composites in a multilayer film reservoir // Microporous and Mesoporous Materials. 2021. Vol. 316. P. 110882.
3. de Oliveira L.H. et al. Montmorillonite with essential oils as antimicrobial agents, packaging, repellents, and insecticides: an overview // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2022. Vol. 209. P. 112186.