

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ХИТОЗАН–ФУКОИДАН И ИХ СВЯЗЫВАНИЕ С МАНГИФЕРИНОМ

Бульонкова А. Л.¹

Научный руководитель — канд. хим. наук Подшивалов А. В.¹

¹Университет ИТМО

albulonkova@itmo.ru

Введение

Полиэлектродитные комплексы (ПЭК) представляют собой надмолекулярные структуры, образованные противоположно заряженными макромолекулами за счёт электростатических взаимодействий. В последние годы они рассматриваются в качестве перспективных систем доставки лекарственных средств [1]. Особый интерес представляют ПЭК на основе природных биополимеров, таких как хитозан и фукоидан, что обусловлено их различными биологическими свойствами. Такие ПЭК являются стабильными соединениями с регулируемыми свойствами и структурными параметрами, что позволяет использовать их как носители для фармакологически активных веществ. Одним из таких соединений является мангиферин – природный ксантоновый гликозид, проявляющий биологическую активность [2]. Связывание мангиферина с ПЭК может способствовать его стабилизации и обеспечить его пролонгированное высвобождение [3]. Таким образом, исследование механизмов формирования ПЭК на основе хитозана и фукоидана, их физико-химических свойств и способности к связыванию мангиферина является актуальной проблемой.

Основная часть

Объектами исследования являлись ПЭК на основе фукоидана (Китай) и хитозана (Россия) и мангиферин (Китай). Химическая структура отдельных соединений и образованных ПЭК была исследована с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Для получения ПЭК использовались индивидуальные растворы фукоидана в дистиллированной воде и хитозана в 0,5% уксусной кислоты соответственно. Для оценки ионогенных характеристик исходных полимеров было проведено потенциометрическое титрование растворов хитозана и фукоидана на спектрофотометре Unico 2100, United Products & Instruments (США). Полученные кривые титрования позволили определить области протонирования и депротонирования функциональных групп, а также оценить их эффективный заряд в исследуемом диапазоне рН. Формирование ПЭК исследовали методом турбидиметрического титрования при соотношениях компонентов от 1:2 до 1:6. Изменение оптической плотности отражало процесс агрегации частиц. Максимум мутности характеризовал рН, соответствующий оптимальному взаимодействию заряженных групп, что указывало на наиболее эффективное образование комплекса. Кинетику формирования и стабильность ПЭК оценивали по изменению оптической плотности во времени в течение 24 часов на спектрофотометре UV-1800, Shimadzu (Япония). Для всех исследуемых соотношений значения оптической плотности оставались практически неизменными. Отсутствие снижения мутности свидетельствует о формировании устойчивых дисперсных систем. Эффективность загрузки мангиферина в ПЭК определяли при различных соотношениях компонентов. Показано, что включение активного вещества в структуру комплекса происходит с большей эффективностью по сравнению с индивидуальными полимерами. При этом соотношение компонентов

оказывает влияние на степень связывания, что подтверждает роль структуры ПЭК в процессе инкапсуляции.

Выводы

Анализ ИК-спектров ПЭК подтвердил взаимодействие между функциональными группами исходных полимеров. Установлены закономерности формирования ПЭК на основе хитозана и фукоидана в диапазоне соотношений 1:2–1:6. Полученные комплексы характеризуются коллоидной стабильностью в течение 24 часов. Показана их способность к связыванию мангиферина, при этом эффективность загрузки определяется составом системы.

Литература

1. Lankalapalli S., Kolapalli V. R. Polyelectrolyte complexes: A review of their applicability in drug delivery technology // *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2009. Vol. 71, no. 5. P. 481–487. <https://doi:10.4103/0250-474X.58165>.
2. Shaikh I., Tatapudi H. K. A review on formulation and analytical aspect of mangiferin a natural phenolic xanthonoid // *Discovery Chemistry*. 2025. Vol. 2. P. 115. <https://doi.org/10.1007/s44371-025-00193-0>.
3. Razura-Carmona F. F., Pérez-Larios A., González-Silva N., Herrera-Martínez M., Medina-Torres L., Sáyago-Ayerdi S. G., Sánchez-Burgos J. A. Mangiferin-loaded polymeric nanoparticles: Optical characterization, effect of anti-topoisomerase I, and cytotoxicity // *Cancers*. 2019. Vol. 11, no. 12. P. 1965. <https://doi.org/10.3390/cancers11121965>.