

на метаболическую активность уксуснокислых бактерий.

При дегустации винного уксуса, произведенного при оптимизированных условиях было показано, что он характеризовался типичным янтарным цветом, винно-уксусным букетом, отсутствием посторонних запахов, мягким и приятным вкусом.

Результаты органолептической оценки показали, что в условиях первого эксперимента положительные признаки уксуснокислого брожения были выявлены только у образцов 3 и 4. Данные

В результате проведённых исследований установлено, что эффективность уксуснокислого брожения и качество винного уксуса в значительной степени зависят от исходных характеристик виноматериала и концентрации этанола. Определён оптимальный диапазон концентраций этанола, обеспечивающий интенсивное накопление уксусной кислоты и формирование стабильных органолептических показателей готового продукта. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования местных виноматериалов Узбекистана для производства натурального винного уксуса и могут быть использованы при разработке и оптимизации промышленных биотехнологических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. De Ory I., Romero L., Cantero D. Optimization of acetic acid fermentation processes.
2. ГОСТ 32097–2013. Уксусы из пищевого сырья.

УДК 577.117.2+577.151.63

Д. А. Белов, канд. хим. наук, доц.,  
Я. В. Фалетров, канд. хим. наук, доц.,  
П. С. Яковец, ассист. (БГУ, г. Минск)

### **СИНТЕЗ ПОЛИАКРИЛАМИДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕКСАНОВОГО ПРОИЗВОДНОГО ЦИПРОФЛОКСАЦИНАВ В РОЛИ ФОТОИНИЦИАТОРА**

**Введение.** В течение последних нескольких десятилетий исследователи изучали включение антибактериальных агентов в композитные полимерные материалы для достижения эффективного ингибирования роста бактерий. Ципрофлоксацин - это антибиотик широкого спектра действия, эффективный против многих грамположительных и отрицательных бактерий, а также он имеет много функциональных групп, которые можно модифицировать [1,4-5]. Его гидрофобизированные производные могут быть использованы в том числе как флуо-

ресцирующие амфифильные фотоинициаторы [1-3]. В данной работе мы осуществили фотополимеризацию акриламида при помощи такого производного описанного в [3].

**Материалы и методы.** В работе использовались следующие реактивы и материалы: фармацевтическая субстанция ципрофлоксацина (CPF) гидрохлорида (Zhejiang LangHua Pharmaceutical Co LTD), ангидрид гексановой кислоты, триэтиламин (Sigma-Aldrich, США), метанол и ацетонитрил (качество для ВЭЖХ, Merck, Германия), хлороформ, диметилсульфоксид (производства стран СНГ), акриламид и метилен-бис-акриламид-N,N. Синтез гексаноилированного производного проводили согласно [3]. Для анализ продуктов модификации ципрофлоксацина проводили с помощью следующих методов: ТСХ (проводилась используя пластин Sorbfil со слоем силикагеля в системе растворителей ацетон: уксусная кислота (5:1)), масс-спектрометрия (система LCMS 2020, Shimadzu) и спектрофотометрия (Solar PB2201, РБ).

**Результаты и обсуждения.** Противомикробное соединений ципрофлоксацин обладает способностью флуоресцировать синим светом, а также генерировать свободные радикалы при фотолизе вследствие наличия в его структуре ацетофенонового фрагмента.. Он очень хорошо растворим в воде, поэтому модификация его гидрофобными группами позволяет получить амфифильные флуоресцирующие фотополимеризаторы. В результате облучения раствора смеси акриламида и метилен-бис-акриламида с добавкой гексанового производного ципрофлоксацина (CPF-Нех) (рисунок 1) в водно-спиртовой среде ультрафиолетовым светом ( $\lambda = 365$  нм) образуется трехмерный сетчатый полимер, вормирующий стабильный аквагель.

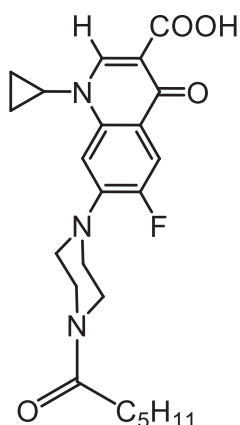
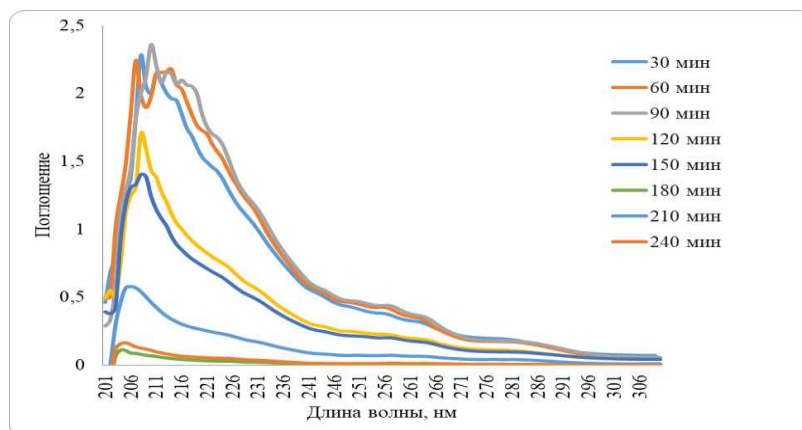


Рисунок 1 – структурная формула CPF-Нех

Многочкратная промывка равными объемами воды позволили построить кривую высвобождения CPF-Нех из геля, указывающую на то, что большая часть его быстро высвобождается, т.е. не связана ковалентно с матрицей, что отражено на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Спектры поглощения перешедшего в водный раствор CPFF-Nex из образовавшегося геля за 8 промывок в течение 240 мин. (время инкубации 30 мин.)**

С другой стороны, так как гель обладал остаточной синей флуоресценцией, мы предположили, что CPFF-Nex частично остался внутри геля за счет формирования ковалентной связи при фотосшивке.

**Выводы.** Вышеуказанное говорит о способности гексанового производного ципрофлоксацина проявлять свойства фотоинициатора полимеризации (облучение светом 365 нм) на модельной системе водно-спиртовых растворов акриламида и N,N'-метилен-бис-акриламида, также CPFF-Nex способен к ковалентному взаимодействию в процессе полимеризации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Medicinal potential of ciprofloxacin and its derivatives/ W. Castro [et al] // *Future Med. Chem.* – 2012. – Vol. 5, №1. – P. 81-96.
2. Polymer–antibiotic conjugates as antibacterial additives in dental resins/ Runsheng Zh. [et al.] // *Biomater. Sci.* – 2019. – Vol. 7. – P. 287-295.
3. A Hydrophobic Derivative of Ciprofloxacin as a New Photoinitiator of Two-Photon Polymerization: Synthesis and Usage for the Formation of Biocompatible Polylactide-Based 3D Scaffolds/ Bardakova K.N. [et al.] // *Polymers.* – 2021. – Vol. 13, № 19. – P. 3385.
4. Флуоресцеина дигексаноат как профлуоресцентный маркер для мониторинга гидролитической деструкции полилактидных материалов. Белов Д.А. [и др.] // *Журнал Белорусского государственного университета. Химия.* 2022. 1. 53–60 (на англ.). <https://doi.org/10.33581/2520-257X-2022-1-53-60>
5. Hydrophobic ciprofloxacin derivatives as dual-functional photoinitiators for photocurable polylactide scaffolds in treatment of infected bone defects / Bardakova K.N. [et al.] // *Biomater. Sci.* – 2025. doi: 10.1039/d5bm01345c