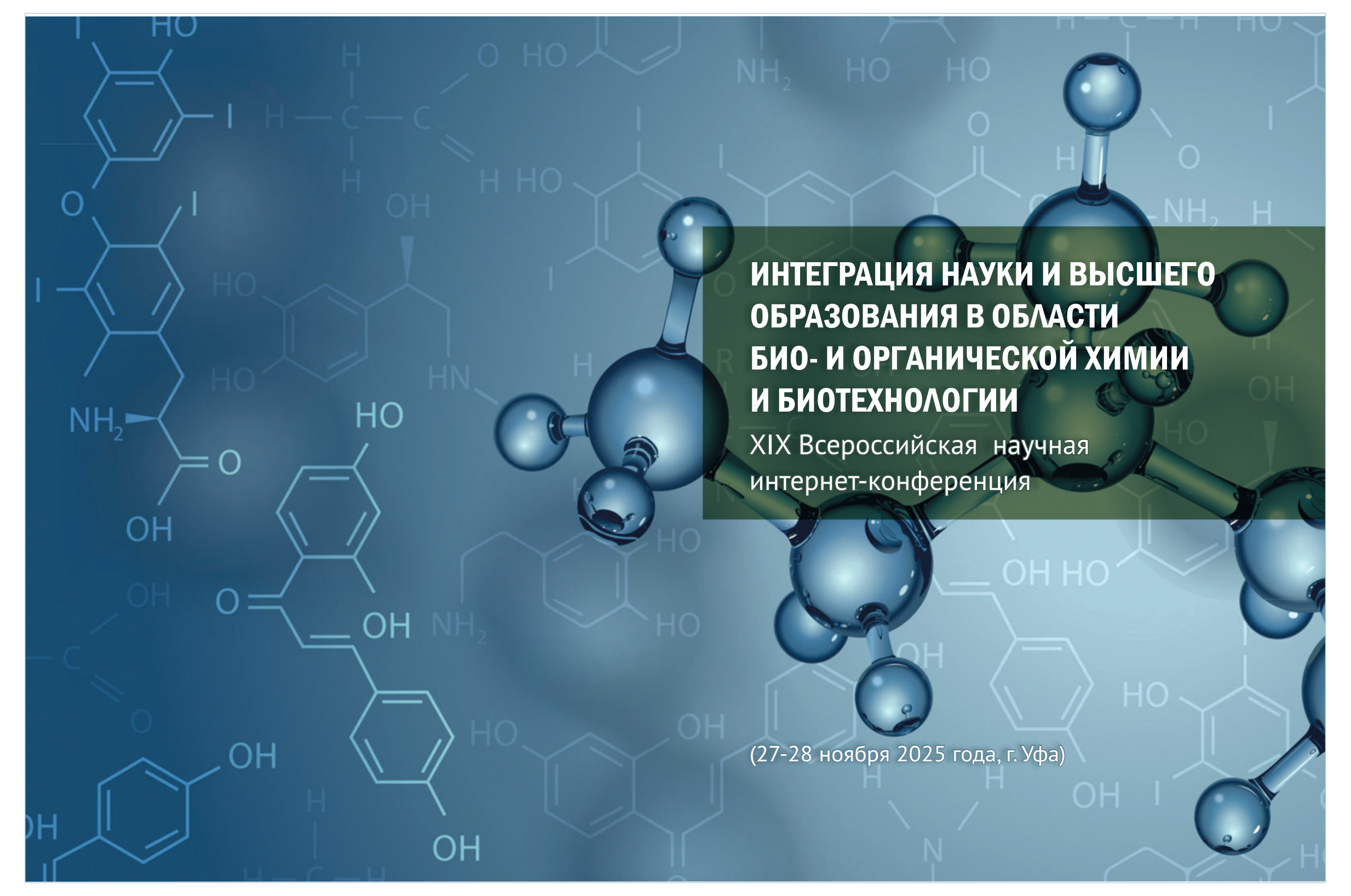


The background of the entire image is a dark blue gradient. It is populated with various chemical structures in a lighter blue, semi-transparent style. On the left side, there are several complex organic molecules, including what appears to be a substituted benzene ring with multiple functional groups like hydroxyl (-OH), amino (-NH2), and iodine (-I). In the center and right, there are 3D ball-and-stick molecular models. These models use blue spheres for carbon atoms, white for hydrogen, red for oxygen, and light blue for nitrogen. The models show different spatial arrangements of atoms, representing molecular geometry. The overall theme is clearly chemistry and molecular science.

ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БИО- И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

XIX Всероссийская научная
интернет-конференция

(27-28 ноября 2025 года, г. Уфа)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ БИО- И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Материалы XIX Всероссийской научной интернет-конференции

(27-28 ноября 2025 года, г. Уфа)

Уфа
УНПЦ «Издательство УГНТУ»
2025

УДК 577.1
ББК 28.072
И73

Редакционная коллегия:

И.Г. Ибрагимов – д.т.н., проректор по НИР УГНТУ
В.В. Зорин – член-корр. АН РБ, д.х.н., проф. (УГНТУ)
А.И. Мелентьев – д.б.н., проф. (Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН)
Г.Ю. Ишмуратов – д.х.н., проф. (Уфимский Институт химии УФИЦ РАН)
Л.Я. Василова – к.т.н., доц. (УГНТУ)
А.Р. Чанышева – к.х.н., доц. (УГНТУ)

И73 Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии: материалы XIX Всероссийской научной интернет-конференции / редкол.: И.Г. Ибрагимов и др. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2025. – 98 с.

(Материалы авторов помещены в сборник без редакторской правки)
ISBN 978-5-7831-2613-0

XIX Всероссийская научная интернет-конференция «Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии» проводится с целью развития интеграции науки и высшего образования, повышения уровня научных исследований и качества подготовки специалистов, а также пропаганды научно-технических достижений в области био- и органической химии и биотехнологии.

В сборнике представлены материалы, отражающие результаты научно-исследовательских работ в области био- и органической химии и биотехнологии.

УДК 577.1
ББК 28.072

ISBN 978-5-7831-2613-0

© Академия наук Республики Башкортостан, 2025
© ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2025
© Коллектив авторов, 2025

СЕКЦИЯ
«БИО- И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 542.943-92+547.596.4+547.596.7

**В.А. Выдрина¹, А.А. Коваленко¹, М. П. Яковлева¹, К.Е. Мухачев²,
Р.В. Празничных², Г.Ю. Ишмуратов¹**

**ОКИСЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ МОНОЦИКЛИЧЕСКИХ
МОНОТЕРПЕНОВ ПРЕПАРАТОМ НУК-15 ПО ПРИЛЕЖАЕВУ**

¹*Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, г. Уфа*

e-mail: insect@anrb.ru

²*Бирский филиал, Уфимский университет науки и технологий,
г. Бирск*

Интерес исследователей к химическим превращениям терпеновых соединений обусловлен доступностью и химической лабильностью этого класса веществ, что позволяет получать на их основе продукты самого разнообразного строения. Особый интерес представляют кислотно-катализируемые превращения терпенов и их кислородсодержащих производных, поскольку протекающие при этом перестройки углеродного скелета открывают пути селективного получения либо ценных труднодоступных веществ, либо новых соединений с необычным типом остова. Использование олефинов терпенового ряда и их эпоксидов в качестве объектов для исследования позволяет не только получать новые соединения, но и дает возможность расширять представления о механизмах химических реакций и относительной реакционной способности данного класса соединений.

Мы представляем новый реагент для окисления монотерпеновых моноциклических олефинов по Прилежаеву – коммерчески доступный препарат НУК-15, выпускаемый отечественными химическими предприятиями городов Ижевска, Воронежа, Дзержинска и других. Он является раствором 15%-ной надуксусной кислоты (НУК) и 20%-ного H_2O_2 в воде с плотностью 1.01 г/см³ и широко используется как дезинфицирующее средство на предприятиях пищевого и медицинского назначения, а также в быту.

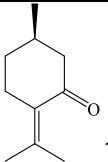
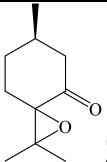
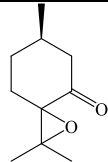
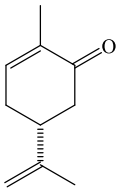
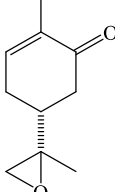
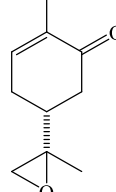
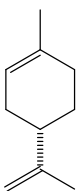
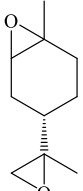
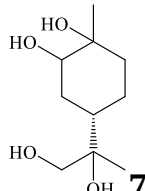
Окисление проводилось в двух вариантах. В первом случае после экстрагирования смеси НУК и H_2O_2 из воды в CH_2Cl_2 , во втором – непосредственно препаратом НУК-15.

Установлено, что окисление сопряженного кетона – *R*-пулегона (1) – препаратом НУК-15 приводит с высокими выходами к соответствующему эпоксиду (2) в виде равновеликой смеси диастереомеров. Данный эпоксид (2) является ингибитором коррозии стали [2].

Несколько по-другому ведет себя другой сопряженный кетон – *R*-карвон (3). Если в присутствии Na_2CO_3 он не окисляется вообще [1], то в отсутствии соды и в хлористом метиле и в воде образуется эпоксид (4) только по экзодвойной связи.

S-Лимонен (5) окисляется по обоим двойным связям до эпоксида (6) в хлористом метиле, а в воде под действием уксусной кислоты происходит раскрытие эпоксидных функций до диольных с получением тетраола (7).

Низкий выход тетраола (7) связан с хорошей растворимостью в воде и трудностью его экстракции в органическую фазу.

Метод Субстрат	А: AcOOH, H ₂ O ₂ / CH ₂ Cl ₂		В: AcOOH, H ₂ O ₂ / H ₂ O	
	Продукт	Выход, %	Продукт	Выход, %
 1	 2	91	 2	90
 3	 4	92	 4	78
 5	 6	92	 7	30

Таким образом, используя промышленно доступный препарат НУК-15 для окисления монотерпеновых олефинов в различных условиях (хлористый метилен, вода) получен целый ряд эпоксидов и продуктов их перегруппировок – ценных полупродуктов органического синтеза.

Работа выполнена по теме госзадания «Разработка стратегии и методов целенаправленного синтеза практически важных веществ на основе фундаментальных исследований свойств природных соединений и продуктов органического синтеза» (№ 125020601627-6).

Список литературы

1. Яковлева М.П., Коваленко А.А., Выдрина В.А. *Химия природ. соедин.* **2025**. 173–174.
2. Faska Z., Bellioua A., Bouklah M., Majidi L., Fihi R., Bouyanzer A., Hammouti B. *Monatsh. Chem.* **2008**. 139. 1417–1422.

УДК 547.94:834.2

А.Р. Гильмутдинов¹, А.В. Ковальская¹, З.Р. Зилеева², И.П. Цыпышева¹
СИНТЕЗ ТРИАЗОЛ-СОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ САЛЬСОЛИНА
С ЦИТОТОКСИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

¹Уфимский институт химии УФИЦ РАН,²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН

71, пр. Октября, Уфа, 450054

e-mail: tsypysheva.ip@gmail.com

Согласно статистическим данным, ежегодная смертность от онкологических заболеваний приближается к 10 млн человек, и прогноз роста числа диагностированных пациентов со злокачественными новообразованиями неутешителен [1, 2]. Применяемые на практике средства химиотерапии, как правило, характеризуются высокой токсичностью и побочными эффектами; кроме того, эффективность лечения заметно снижается за счет лекарственной резистентности. Поэтому разработка новых противоопухолевых агентов, в том числе, на основе растительных алкалоидов, не теряет своей актуальности. Установлено, что противоопухолевые свойства алкалоидов структурной группы изохинолина обусловлены способностью ингибировать метаболическую активность опухолевых клеток, индуцируя апоптоз, что указывает на их высокий потенциал в разработке новых химиотерапевтических агентов [3]. Так, (±)-сальсолин – относительно доступный изохинолиновый алкалоид (рис. 1), его выделяют из солянки Рихтера (*Salsola Richteri*), произрастающей в Средней Азии (Каракумы, Кызылкумы, Мангышлак); содержание (±)-сальсолина в растении может достигать 1.4% от веса сухого растительного сырья [4].

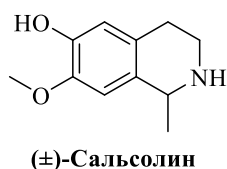
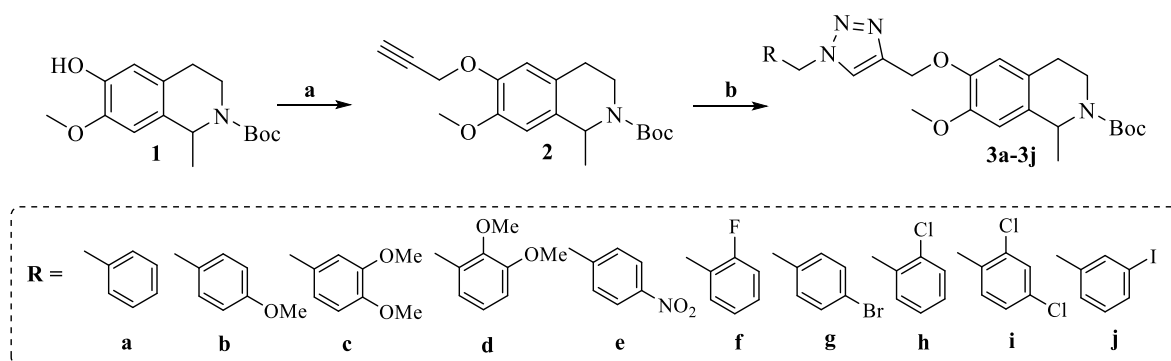


Рисунок 1 – Изохинолиновый алкалоид (±)-сальсолин и солянка Рихтера

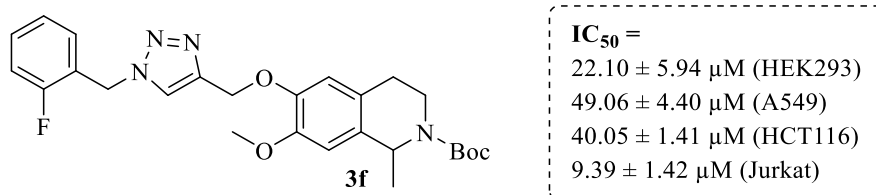
Для синтеза библиотеки производных (±)-сальсолина, содержащих триазольный фрагмент, в качестве исходного соединения было выбрано *N*-Вос защищенное производное **1** (схема 1). Сначала амид **1** трансформировали в эфир **2** реакцией с пропаргиллом бромистым в кипящем ацетоне в присутствии K_2CO_3 , после чего полученный **2** вовлекали в реакцию с замещенными бензилазидами RCH_2N_3 (схема 1) в условиях катализируемого медью азид-алкинового 1,3-диполярного циклоприсоединения (CuAAC). Выходы синтезированных конъюгатов **3a-3j** составили 72-94%.



Реагенты и условия: **a)** ацетон, K_2CO_3 , пропаргил бромистый; **b)** RCH_2N_3 , $t\text{-BuOH:H}_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, NaAsc.

Схема 1

Оценка цитотоксических свойств проведена в лаборатории молекулярной фармакологии и иммунологии Института биохимии и генетики УФИЦ РАН. Среди синтезированных соединений выявлен один конъюгат **3f**, ингибирующий метаболическую активность клеточных линий HEK293 (клетки эмбриональной почки человека), A549 (рак легкого), HCT116 (рак толстой кишки) и Jurkat (Т-клеточный лейкоз) (рис. 2).

Рисунок 2 – Цитотоксичность соединения-хита **3f**

Работа выполнена в рамках государственного задания УФИХ УФИЦ РАН «Направленные химические трансформации природных соединений растительного происхождения (терпеноидов, алкалоидов, флавоноидов, липидов, углеводов) для разработки перспективных лекарственных средств профилактики и терапии ряда социально-значимых заболеваний» № 125020601629-0.

Список литературы

1. <https://www.who.int/ru/news/item/01-02-2024-global-cancer-burden-growing--amidst-mounting-need-for-services>
2. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность) /под ред. А.Д. Каприна – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. – 276 с.
3. Buckingham J., Baggaley K.H., Roberts A.D., Szlabo L.F. Dictionary of Alkaloids. Boca Raton London New York: CRC Press. 2010. – 2377 с.
4. S. Y. Yoon, S. J. Park, Y. J. Park. The Anticancer Effect of Natural Plant Alkaloid Isoquinolines // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22. – P. 1653.

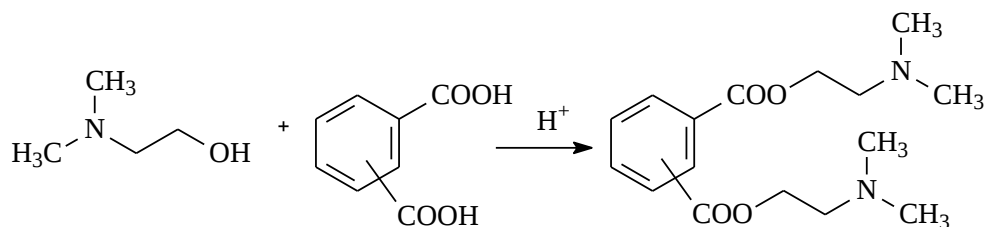
УДК 547.464.7

Р.Р. Даминев, А.И. Мусин, Ю.Г. Борисова

СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ 2,2-ДИМЕТИЛАМИНОЭТАНОЛАМИНА*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический**университет», г. Уфа, Россия**e-mail: yulianna_borisova@mail.ru*

Соединения класса аминспиртов проявляют значительную биологическую активность – фунгицидную, биоцидную, гербицидную и др., а их производные – эфиры, амиды и соли, обладают антиокислительным действием и тормозят кислотную коррозию металлов [1].

Нами была выполнена этерификация 2,2-диметиламиноэтанолamina **1** фталевой **2** и терефталевой **3** кислотами в известных условиях с применением ксилола и серной кислоты при 130°C [2].



Синтез сложных эфиров **4**, **5** происходил за 10-11 ч. с выходом более 90%. Отметим, что полученные эфиры обладают антикоррозионными свойствами. Наибольшую антикоррозионную активность проявил терефталат **5**, степень защиты которого составила 51% (коэффициент торможения = 3.61). Предполагаем, что наличие двух эфирных заместителей в молекуле способствует увеличению гидрофильности, что в свою очередь, согласно [3] повышает ингибирующий эффект органических соединений.

Список литературы

1. Waiker D.K., et al. Design, Synthesis, and biological evaluation of piperazine and n-benzylpiperidine hybrids of 5-phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-thiol as potential multitargeted ligands for alzheimer's disease therapy. ACS Chemical Neuroscience. 2023. V.14. № 11. P. 2217-2242. doi: 10.1021/acscchemneuro.3c00245.
2. Раскильдина Г.З., Яковенко Е.А., Злотский С.С. Синтез и гербицидная активность эфиров и амидов арилоксиуксусных кислот, содержащих циклоацетальный фрагмент. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. № 1. С. 91-97.
3. Mamlieva A.V., Mikhailova N.N., Shavshukova S.YU. Corrosion inhibitors based on cyclic acetals and their derivatives. Oil & Gas Chemistry. 2020. 1:30–33. <https://doi.org/10.24411/2310-8266-2020-10103>

УДК 547.814.5:54.056

М.Ю. Дидух¹, Э.Т. Ямансарова¹, О.Б. Зворыгина²
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСТРАКЦИИ НА ВЫХОД И СОСТАВ
ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ
(*BETULA PENDULA*)

¹ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия

² ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
e-mail: anny_sl@mail.ru

Листья березы повислой (*Betula pendula*) имеют разнообразный состав экстрактивных веществ и оказывают выраженное фармакологическое действие. Водные экстракты проявляют желчегонную, диуретическую, гепатопротекторную активность. Кроме того, они обладают антибактериальным, противогрибковым и противовоспалительным эффектом [1].

Такое разнообразное действие обусловлено наличием в листьях полифенольных соединений – флавоноидов, проатоцианидинов, оксикоричных кислот [2]. Листья березы повислой разрешены к применению в Российской Федерации в качестве лекарственного растительного сырья и выпускаются как ведущими фармпредприятиями, например, АО «Красногорсклексредства», так и региональными производителями.

Следует отметить, что извлечение водой не позволяет исчерпывающе экстрагировать полифенолы в виду их плохой растворимости [3]. Для полноты выделения целесообразно применять полярные органические растворители, водно-органические смеси, как в виде однофазных, так и в виде двухфазных систем растворителей. К интенсификации экстракции может приводить обработка ультразвуком, как эффективная процедура для разрушения клеточной структуры.

Данная работа осуществлялась с целью подбора оптимальных условий экстракции флавоноидов из фитопрепарата листьев березы повислой (*Betula pendula*), производства ООО «Травы Башкирии», Республика Башкортостан.

В качестве экстрагентов использовали 40%-ный этиловый и 100%-ный изопропиловый спирты. Экстракцию осуществляли при комнатной температуре и перемешивании с помощью магнитной мешалки в течение 15-90 минут при гидромодуле 1:40. Другая группа экспериментов состояла в экстракции под действием ультразвука. Его генерировали с помощью ультразвуковой ванны Сапфир ТТЦ (рабочая частота 35 кГц).

Наличие флавоноидов определяли фотометрически по реакции комплексообразования с хлористым алюминием при $\lambda_{\max} = 400$ нм. Результаты по определению выхода флавоноидной фракции приведены таблице.

Групповой состав флавоноидов определяли с помощью ТСХ на силикагеле (элюент – н-бутанол : уксусная кислота : вода – 4:1:2, проявитель

йод, 3%-ный спиртовой раствор хлористого алюминия в ультрафиолетовом свете при 254 и 360 нм).

Нами было установлено, выход и состав флавоноидных фракций, извлекаемых из листьев березы, зависит от природы экстрагента и времени экстракции при постоянных температуре и гидромодуле. Максимальные выходы экстрактов получали при использовании этанольного раствора. Оптимальная длительность контакта при механическом перемешивании составляет 90 минут, а облучение ультразвуком сокращает время экстракции до 10 минут. Причем, следует отметить, что увеличение периода облучения до 15-30 минут приводит сокращению выхода в 1.5 раза.

Во всех экстрактах обнаруживается кверцетин и рутин, а также неидентифицированная фракция малополярных флавоноидов.

Список литературы

1. Дмитрук С.Е. Лекарственные растения, сырье и фитопрепараты. Учебное пособие. Часть I. Томск: СибГМУ, 2004. С. 42.
2. Б.Н. Головкин, Р.Н. Руденская, И.А. Трофимова, А.И. Шретер. Биологически активные вещества растительного происхождения. В 3 т. Т. III. Наука, 2002. - 216 с.
3. Апаева А.В., Ямансарова Э.Т., Куковинец О.С., Абдуллин М.И. Оптимизация процесса экстракции фенольных соединений из плодовых оболочек гречихи // В книге: Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Тезисы докладов VIII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. 2015. С. 122-123.

УДК 542.943.5+546.171.5+547.518

Г.Ю. Ишмуратов, М.П. Яковлева, И.С. Назаров, К.М. Саитов
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ
ОЗОНОЛИЗА (1R)-p-МЕНТ-3-ЕНА В ПРИСУТСТВИИ
ДИГИДРАЗИДА СЕБАЦИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Уфимский Институт химии

Уфимского федерального исследовательского центра

Российской академии наук, 450054 Уфа, Россия

e-mail: insect@anrb.ru

Известно, что N-ацилгидразоны из-за присутствия в молекулах взаимно связанных карбонильной и азометиновой групп являются перспективными биоактивными соединениями, причем основным методом их синтеза является конденсация с карбонильными производными (альдегидами или кетонами) гидразидов карбоновых кислот в органических растворителях, преимущественно спиртового типа.

В данной работе нами были изучены превращения пероксидных продуктов озонлиза доступного из природного L-ментола (1) (её 100 %) тетразамещенного алкена – 1R-p-мент-3-ена (2) [1] – под действием дигидразида природной биологически активной себаценовой кислоты в растворителях различной природы (Схема 1).

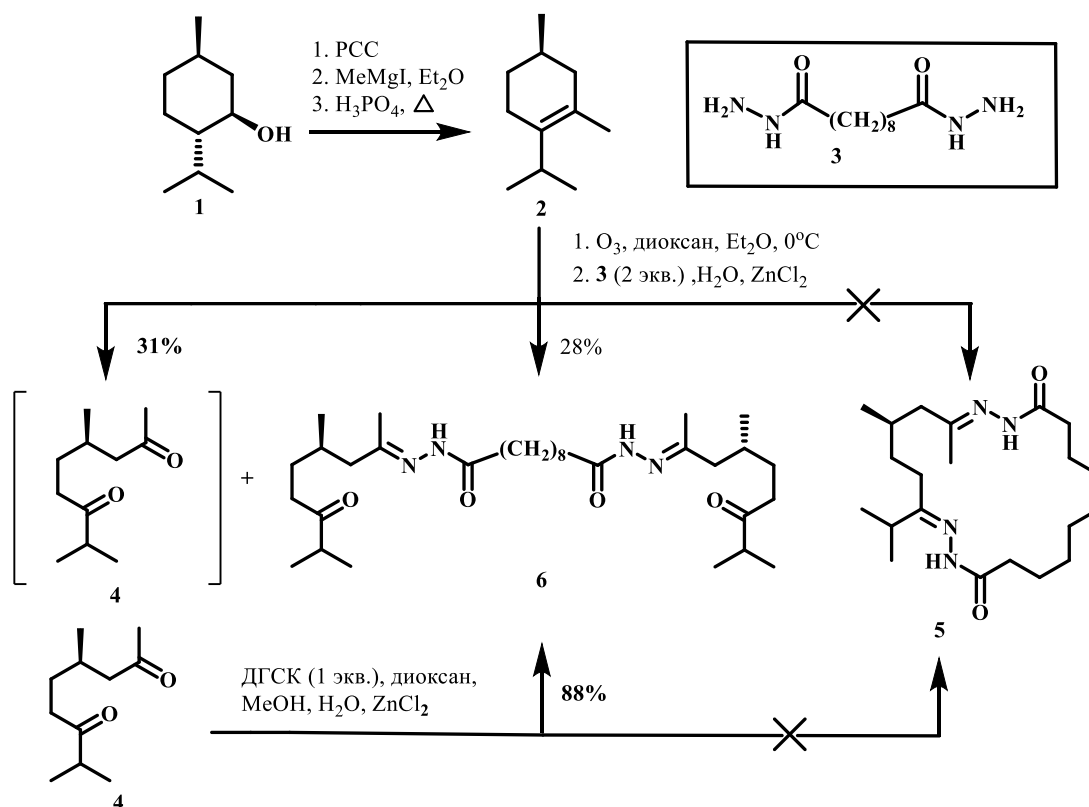


Схема 1.

Установлено, что обработка пероксидных продуктов озонлиза алкенового субстрата (2) двухмольным количеством дигидразида себаценовой кислоты (3) в смеси (1:1) апротонных растворителей диоксана и диэтилового эфира ведет к образованию с выходами 31% и 28% соответственно ключевого дикетона (4) и продукта его [2+1]-конденсации с реагентом – диацилогидразонодиизопротилкетона (6). Продукт [1+2]-конденсации дигидразида себаценовой кислоты (3) по метилкетонному фрагменту соединения 4 был получен с более высоким (88%) выходом взаимодействием последнего в смеси (4:1) диоксан-метанол в условиях высокого разбавления при участии хлорида цинка как катализатора. При этом образования продукта [1+1]-конденсации – макрогетероциклического диацилгидразона (6) – также не наблюдалось.

Список литературы

1. Ишмуратов Г.Ю., Яковлева М.П., Легостаева Ю.В., Боцман Л.П., Муслухов Р.Р., Толстиков Г.А. Окислительные превращения 3-метил-р-ментона // Химия растительного сырья, 2009, №1, с. 53-58.

УДК 547

З. А. Кабирова, А. В. Зорин

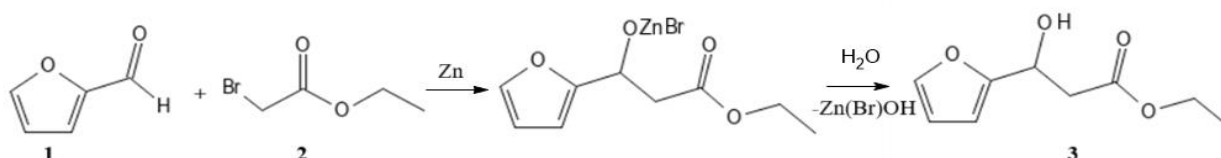
СИНТЕЗ 3-ГИДРОКСИ-3-ФУРАНПРОПИОНАТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ФЕРМЕНТАТИВНО КАТАЛИЗИРУЕМОГО КИНЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ В РЕАКЦИИ ГИДРОЛИЗА

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

e-mail: kzulfira575@gmail.com

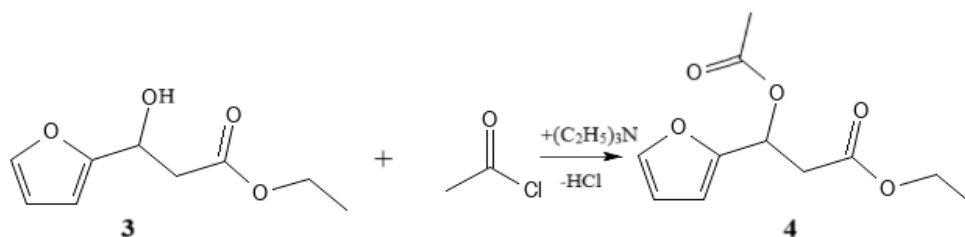
β -Гидроксикарбоновые кислоты и их эфиры широко используются в органическом синтезе. Особый интерес представляют энантиомерно чистые продукты, на основе которых осуществляется синтез лекарственных препаратов, феромонов насекомых, парфюмерных продуктов и средств защиты растений. Эффективным методом получения эфиров β -гидроксикислот является реакция Реформатского.

Нами осуществлен синтез рацемического этил-3-гидрокси-3-фуранпропионата **3** путем взаимодействия фурфурола **1** с этилбромацетатом **2** в присутствии цинка. Цинковую пыль (0,02 моль) активировали нагреванием с небольшой порцией смеси этилбромацетата (0,01 моль) и фурфурола (0,01 моль) в бензоле. Остаток смеси добавляли в течение 40 минут и кипятили 1,5 часа при 70 °С. Охлажденный продукт обрабатывали 1% HCl, затем экстрагировали эфиром, промывали насыщенными растворами NaHCO₃, NaCl и сушили, после чего упаривали растворитель.



Строение полученного эфира подтверждено данными спектров ЯМР ¹H и ЯМР ¹³C спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии.

Для анализа энантиомерного состава использовали газожидкостную хроматографию с энантиоселективной колонкой «AstecChiraldex В-РМ»(30м×0,25мм×0,12мм). Для полученной рацемической смеси не удалось подобрать режим разделения на индивидуальные энантиомеры. Для решения этой задачи эфир **3** был ацилирован ацетилхлоридом. Ацилированный продукт этил-3-ацетилокси-3-фуранпропионата был разделен на энантиомеры.



Для кинетического разделения рацемического эфира **3** использовали процессы ферментативного гидролиза в присутствии ферментных препаратов PPI, Novozym 435. Установлено, что в изученных условиях гидролиз практически не протекает. В связи с этим в настоящее время проводятся исследования по оптимизации условий и поиску новых ферментных препаратов для энантиоселективного гидролиза и переэтерификации.

Список литературы

1. Шевердина Н. И. Методы элементоорганической химии / Шевердина Н. И., Кочешков К. А. – М.: Издательство «Наука», 1964. – 130 с.
2. Травень В. Ф. Органическая химия / Травень В. Ф. – Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 92 с.

УДК 547.7

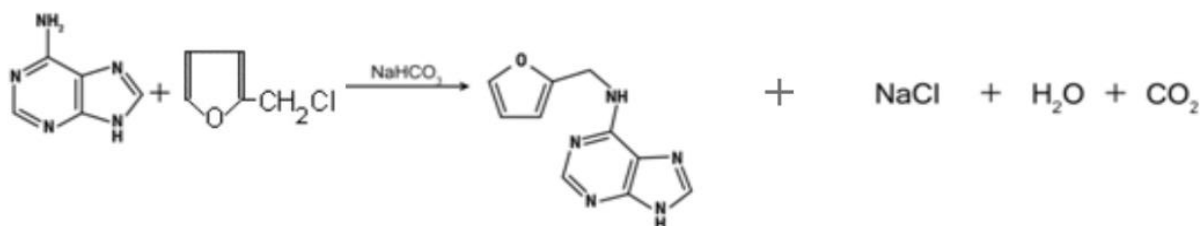
А.А. Тимербулатова
СИНТЕЗ КИНЕТИНА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет,
450064, ул. Космонавтов 8, Уфа
e-mail: timerbulatova.azaliya@mail.ru*

Цитокинины представляют собой обширную группу аденинсодержащих регуляторов роста, контролирующих деление и дифференцировку клеток у растений. Они участвуют в формировании органов, поддержании метаболической активности и замедлении возрастных изменений, влияют на соотношение роста корневой и надземной частей, поддерживают фотосинтетическую активность и повышают устойчивость к абиотическим нагрузкам. Особое внимание привлекает кинетин (6-фурфуриламинопурин), один из наиболее изученных синтетических представителей этого класса. Его биологическая активность обусловлена запуском сигнальных каскадов, управляющих клеточным делением и ростовыми процессами. Обработка растений кинетином ускоряет формирование побегов, увеличивает биомассу, повышает толерантность к неблагоприятным условиям и замедляет развитие сенесцентных изменений [1, 2].

Для изучения влияния экзогенного воздействия кинетина на ряд сельскохозяйственных культур его синтезировали по известной методике путем прямого алкилирования аденина фурфурилхлоридом в присутствии бикарбоната натрия.

Для синтеза использовали коммерческий аденин и хлористый фурфурил, который был получен хлорированием фурфурилового спирта тионилхлоридом. Реакция характеризуется низким выходом целевого продукта, поэтому данная методика требует оптимизации условий.



На втором этапе исследований планируется изучение влияния экзогенной обработки растений бобовых культур кинетином. Основное внимание будет уделено оценке морфометрических показателей, таких как длина и толщина стебля, масса и архитектура корневой системы, для выявления стимулирующего эффекта этого фитогормона.

Список литературы

1. Fathy M., Saad Eldin S.M., Naseem M. et al.. Cytokinins: Wide-Spread Signaling Hormones from Plants to Humans with High Medical Potential. *Nutrients*. — 2022. — Vol. 14, №7. — P. 1495. doi: 10.3390/nu14071495
2. Othman E.M., Naseem M., Dandekar T. Cytokinins from Plants to Humans. *Biol. Life Sci. Forum*. — 2022. — Vol. 12, №1. — P. 48. doi: 10.3390/IECN2022-12364

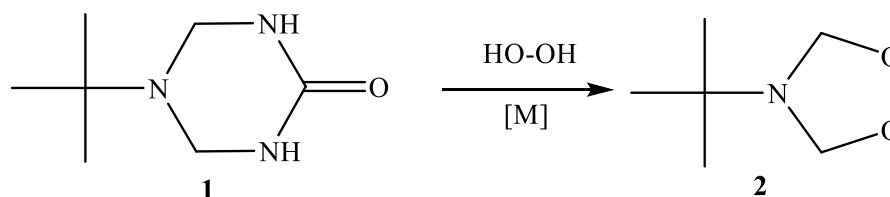
УДК 547.7/.8+547.551+542.97

Н.Н. Махмудиярова^{1,2}, И.Р. Ишмухаметова², Г.Р. Закариева²,
Л.А. Гарипова², А.А. Хайруллина²**СИНТЕЗ ПЯТИЧЛЕННЫХ АЗАПЕРОКСИДОВ
НА ОСНОВЕ ЛАНТАНИД-КАТАЛИЗИРУЕМОЙ РЕЦИКЛИЗАЦИИ
5-(ТРЕТ-БУТИЛ)-1,3,5-ТРИАЗИНАН-2-ОНА**¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа²Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия
e-mail: iuliania93@mail.ru

Циклические органические пероксиды рассматриваются как высокоперспективный класс фармакологически активных соединений, что подтверждается их противомаларийной [1] и противоопухолевой активностью [2]. Стимулом для развития синтетических стратегий направленного получения гетероатомных пероксидов послужил успешный синтез и последующее изучение таких соединений, как веррукулоген, фумитреморгин А и 6(11)-азаартемизинины, проявляющих как противомаларийные, так и противораковые свойства.

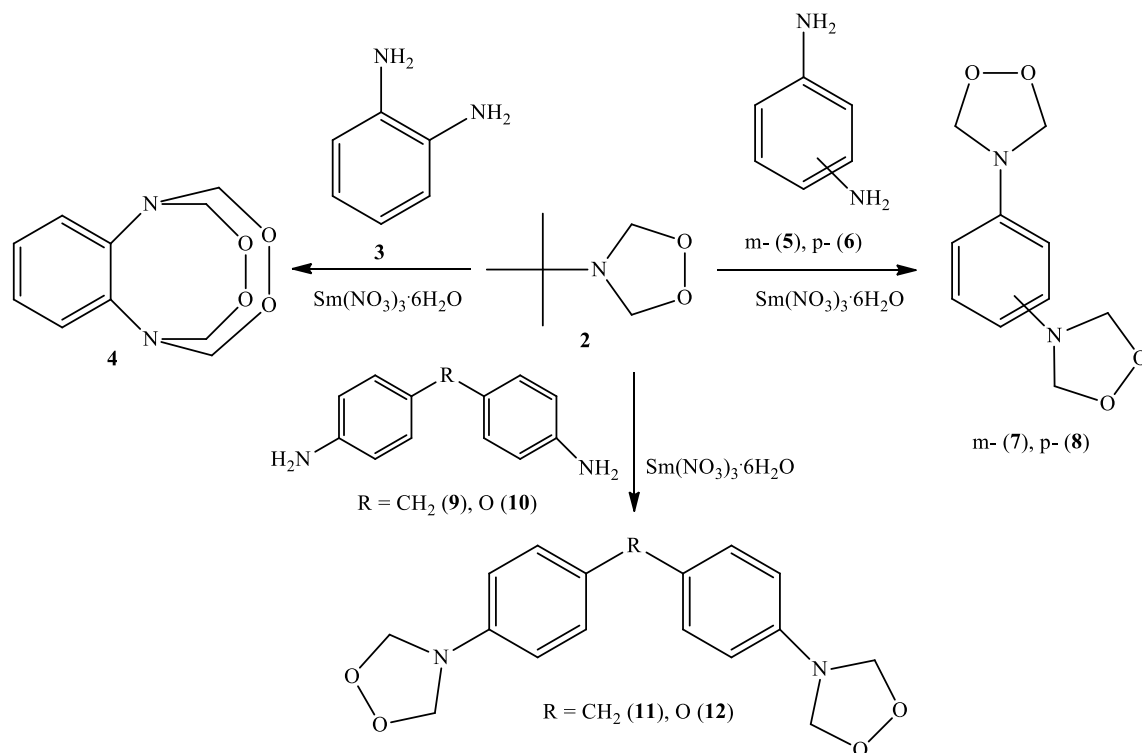
В рамках разработки методов синтеза *N*-арил-1,2,4-диоксазолидинов была изучена реакция рециклизации 5-(*трет*-бутил)-1,3,5-триазиан-2-она с пероксидом водорода. Наибольшую каталитическую активность проявили соли лантанидов, особенно $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, что позволило получить 4-(*трет*-бутил)-1,2,4-диоксазолидин **2** с выходом 90% в ТГФ за 5 часов при комнатной температуре [3-6].

Схема 1



Далее соединение **2** было вовлечено в реакции рециклизации с ароматическими диаминами. С *о*-фенилендиаминном **3** образовалась смесь продукта **4** и *трет*-бутиламина (выход 50%), а с *м*- и *п*-фенилендиаминными **5**, **6** — продукты **7** и **8** с выходами 85% и 92% соответственно. Аналогично с 4,4'-метилениданилином **9** и 4,4'-оксиданилином **10** были получены диоксазолидины **11** и **12** с выходами 83% и 80%.

Схема 2



Разработан каталитический метод синтеза пятичленных азапероксидов, основанный на рециклизации ключевого интермедиата **2** с диаминами. Использование $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в мягких условиях открывает путь к целенаправленному получению перспективных циклических азотсодержащих пероксидов.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института нефтехимии и катализа УФИЦ РАН № FMRS-2025-0037 и № FMRS-2025-0041.

Список литературы

1. I.A. Yaremenko, Yu.Yu. Belyakova, P.S. Radulov, M.G. Medvedev, N.V. Krivoshchapov, I.V. Alabugin, A.O. Terent'ev, *J. Org. Chem.*, 2023, 88, 13782–13795; DOI: 10.1021/acs.joc.3c01415.
2. J.L. Vennerstrom, *J. Med. Chem.*, 1989, 32, 64–67; DOI: 10.1021/jm00121a013.
3. Н.Н. Махмудиярова, И.Р. Ишмухаметова, У.М. Джемилев, *ЖОрХ*, 2025, 2, 2, 151–158; DOI: 10.7868/S3034630425020046.
4. N.N. Makhmudiyarova, I.R. Ishmukhametova, K.R. Shangaraev, L.U. Dzhemileva, V.A. D'yakonov, A.G. Ibragimov, U.M. Dzhemilev, *New J. Chem.*, 2021, 45, 2069–2077; DOI: 10.1039/d0nj05511e.
5. N.N. Makhmudiyarova, K.R. Shangaraev, L.U. Dzhemileva, T.V. Tyumkina, E.S. Mescheryakova, V.A. D'yakonov, A.G. Ibragimov, U.M. Dzhemilev, *RSC Adv.*, 2019, 9, 18923–18929; DOI: 10.1039/c9ra02950h.
6. N.N. Makhmudiyarova, I.R. Ishmukhametova, T.V. Tyumkina, E.S. Mescheryakova, L.U. Dzhemileva, V.A. D'yakonov, A.O. Terent'ev, U.M. Dzhemilev, *J. Org. Chem.*, 2023, 88, 11473–11485; DOI: 10.1021/acs.joc.3c00555.

УДК 547.98 : 547.458.8 : 547.458.61

С.Ф. Мирзаахмедов¹, Э.Т. Ямансарова¹, О.Б. Зворыгина²

КИСЛОТНЫЕ СВОЙСТВА

НИЗКОЗАМЕЩЕННЫХ ФОСФАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

¹ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия

² ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

e-mail: anny_sl@mail.ru

Основой многих современных кровоостанавливающих средств являются природные полисахариды как растительного, так и животного происхождения. Например, материалы на основе монокарбоксицеллюлозы, содержащей анионогенные группы, характеризуются высокой абсорбирующей способностью по отношению к белкам плазмы крови, увеличенной скоростью гемостаза и регенерации раны.

В этой связи хорошей перспективой могут обладать эфиры целлюлозы, содержащие фосфорнокислые группы, поскольку являются материалами с повышенной биосовместимостью. Они нетоксичные, биоразлагаемые.

Целью работы являлось изучение кислотных свойств фосфорнокислых эфиров целлюлозы, полученных при взаимодействии с дигидрофосфатом натрия в присутствии карбамида.

Синтез фосфатов осуществляли по методике [1]. Природу фосфатных групп изучали с помощью кислотно-основного и потенциометрического титрования. Результаты определения обрабатывали по методу Гендерсона-Хассельбаха для описания кислотных свойств катионитов.

Кислотно-основное титрование проводили для расчета статической и полной обменной емкости в Н-форме в присутствии смешанного индикатора (0.1%-ные водные растворы метилового красного и метиленового голубого 2:1). Потенциометрическое титрование фосфатов целлюлозы осуществляли в Н-форме на фоне постоянной ионной силы (0,05 М NaCl) и строили кривые титрования как функцию $pH=f(VNaOH)$.

Как видно из таблицы 1 значения ОЕ – соответствуют первой ступени на кривой потенциометрического титрования и характеризуют сильнокислотные группы, а значения ПОЕ – слабокислотные. Кривая титрования имеет во всех случаях 2 скачка титрования, первый соответствует сильнокислотным группам, второй – в слабокислотной.

Для уточнения данных о природе катионоактивных групп по методу Гендерсона-Гассельбаха были рассчитаны кажущиеся константы ионизации этих групп. При решении линейного уравнения Гендерсона-Гассельбаха выявлено, что каждый график имеет два участка, расположенные под разным наклоном, и соответствуют нейтрализации разных по природе фосфатных групп. Исходя из этого, установлено что кажущиеся константы кислотности для фосфатов целлюлозы варьируются для 1 ступени в области $pK_1 = 3.3-5.2$

для 2 ступени $p\bar{K}_2 = 6.8-7.1$, что подтверждает предположение о разной природе фосфатов.

Таблица 1

Зависимость кислотных свойств образцов фосфатов целлюлозы от условий фосфорилирования

Образец	Соотношение реагентов в пересчете на 1 ГПЗ*	Общий фосфор C_p , мг	Связанный фосфор P , %	$CЗ_p$	ОЕ, мг·экв/г	ПОЕ, мг·экв/г	$p\bar{K}_1$	$p\bar{K}_2$
Ц1	1:2:2	0.075	0.010	0.060	2.32	11.6	5.2	6.8
Ц2	1:2:4	0.053	0.019	0.065	2.08	6.4	3.3	7.1
Ц3	1:4:2	0.095	0.020	0.065	1.76	8.8	3.4	7.0

*Соотношение целлюлоза : дигидрофосфат натрия : карбамид

Таким образом, при фосфорилировании целлюлозы в описанных условиях (соотношение реагентов 1:(2-4):(2-4), температура 80°C, время 30 минут) получают низкозамещенные эфиры целлюлозы с содержанием фосфора не превышающим 0.02 % с моно- и дизамещенными фосфатными группами.

Список литературы

1. Терегулов И.У., Ямансарова Э.Т., Зворыгина О.Б. Перспектива использования фосфатов целлюлозы в технологиях нефтедобычи // В сборнике: Актуальные вопросы современного материаловедения. Материалы X Международной молодежной научно-практической конференции. Отв. редактор А.А. Мухамедзянова. Уфа, 2023. С. 191-193.

УДК 547

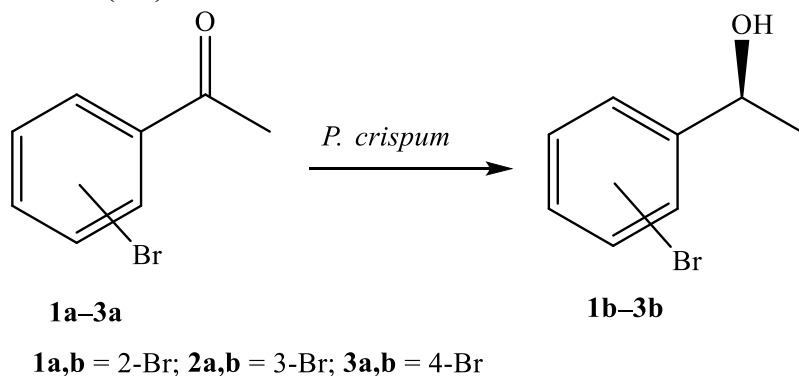
Н.В. Привалов, К.И. Усманова, А.Р. Чанышева, В.В. Зорин
АСИММЕТРИЧЕСКОЕ БИОВОССТАНОВЛЕНИЕ
***O*-, *M*-, *P*- БРОМАЦЕТОФЕНОНОВ, КАТАЛИЗИРУЕМОЕ**
PETROSELINUM CRISPUM

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной
 технический университет», г. Уфа
 e-mail: ya@nprivalov.ru

Энантиоселективное восстановление прохиральных ароматических кетонов, в частности ацетофенона и его замещенных производных позволяет получать соответствующие практически значимые вторичные спирты, необходимые для создания лекарственных препаратов, компонентов парфюмерных композиций, агрохимикатов и т.д. [1-5]. Так, например, оптически активный 1-(4-бромфенил)этанол используется в синтезе фталоцианинов, применяющихся в качестве фотосенсибилизаторов в фотодинамической терапии и флуоресцентной диагностике злокачественных опухолей, трофических язв и др. [6].

Ранее нами было изучено влияние природы заместителя на относительную реакционную способность ацетофенона и его *para*-замещенных производных, а также энантиоселективность биовосстановления до соответствующих *S*-спиртов, катализируемого растительными клетками *Petroselinum crispum*. Показано, что природа заместителя оказывает существенное влияние на реакционную способность замещенных ацетофенонов и энантиоселективность биокаталитического восстановления: электроноакцепторные заместители увеличивают начальную скорость реакции и выходы продуктов, тогда как электронодонорные заместители снижают их [7].

В данной работе нами было исследовано влияние положения заместителя в ароматическом кольце ацетофенона на эффективность и стереоселективность биовосстановления карбонильной группы, катализируемого клетками *P. crispum* на примере трансформации прохиральных 1-(2-бромфенил)этанона (**1a**), 1-(3-бромфенил)этанона (**2a**), 1-(4-бромфенил)этанона (**3a**) до (*S*)-(-)-1-(2-бромфенил)этанола (**1b**), (*S*)-(-)-1-(3-бромфенил)этанола (**2b**) и (*S*)-(-)-1-(4-бромфенил)этанола (**3b**), соответственно.



Установлено, что биовосстановление кетонов **1a-3a** с участием клеток *P. crispum* в водном растворе в течение 72 ч во всех случаях протекает энантиоселективно с образованием S-спиртов **1b-3b**. При этом оптическая чистота спиртов **1b-3b**, полученных в ходе биотрансформации с участием катализатора *P. crispum*, превышает 90% ee.

Так, трансформации **2a** и **3a** приводят к образованию спиртов S-конфигурации с выходами 65% (93% ee) и 66 (94% ee), соответственно. В случае биовосстановления прохирального кетона **1a** в течение 72 ч образуется S-спирт **1b** с выходом 34% (96% ee), что, вероятно, связано с пространственным влиянием *орто*-положения на формирование фермент-субстратного комплекса.

За ходом протекания реакции следили хроматографически, используя заведомо синтезированные образцы рацемических ($\pm$)-**1b-3b**, с применением энантиоселективной колонки Astec ChiralDEX B-PM (30м x 0.25мм x 0.12мкм).

Строение полученных бромзамещенных фенилэтанолов установлено с помощью методов ЯМР ^1H и C^{13} -спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии, конфигурация продуктов была подтверждена поляризметрически.

Список литературы

1. Ishmuratov G. Y. et al. Monoterpene ketones in the synthesis of optically active insect pheromones // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2012. – Т. 38. – С. 667-688.
2. Kurbanoglu E. B. et al. Asymmetric reduction of substituted acetophenones using once immobilized *Rhodotorula glutinis* cells // Bioresource Technology. – 2010. – Т. 101. – №. 11. – С. 3825-3829.
3. Talpur F. N. et al. Stereoselective Bioreduction of Acetophenone to (R)-1-Phenylethanol by *Bacillus thuringiensis* // Current Organic Chemistry. – 2023. – Т. 27. – №. 20. – С. 1814-1820.
4. Чанышева А. Р., Шейко Е. А., Зорин В. В. Асимметрическое биовосстановление 4-хлорацетофенона, катализируемое клетками *Daucus carota*, в воде и органических растворителях // Эколог. химия. – 2021. – Т. 30. – №. 6. – С. 301-305.
5. Bordón D. L. et al. Weeds as biocatalysts in the stereoselective synthesis of chiral phenylethanols used as key intermediates for pharmaceuticals // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2015. – Т. 4. – №. 4. – С. 493-499.
6. Ramos A. A. et al. Photochemical and photophysical properties of phthalocyanines modified with optically active alcohols // Molecules. – 2015. – Т. 20. – №. 8. – С. 13575-13590.
7. Chanysheva A. R., Vorobyova T. E., Zorin V. V. Relative reactivity of substituted acetophenones in enantioselective biocatalytic reduction catalyzed by plant cells of *Daucus carota* and *Petroselinum crispum* // Tetrahedron. – 2019. – Т. 75. – №. 36. – С. 130494.

УДК 544.4

Ю.Е. Сапожников

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФТАЛИМИДА И ИЗАТОВОГО АНГИДРИДА В РЕАКЦИОННЫХ СРЕДАХ

ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан»,
450112, г. Уфа, ул. Ульяновых, 65,
e-mail: yuryis@rambler.ru

Изатовый ангидрид (4*H*-3,1-бензоксазин-2,4(1*H*)-дион), получаемый из фталимида перегруппировкой Гофмана, является промежуточным продуктом ряда перспективных пестицидов. Экспериментально установлено, что оба соединения гидролизуются в водных средах до антраниловой и фталаминовой кислоты, соответственно. Существенным фактором, определяющим скорость процессов, является значение водородного показателя среды.

Нами изучено изменение концентрации фталимида в водных растворах от времени при различных значениях водородного показателя в диапазоне от рН=4,85 до 9,92. Требуемое значение рН реакционной массы поддерживалось использованием соответствующего буферного раствора. Концентрация фталимида в ходе реакции измерялась методом абсолютной калибровки ВЭЖХ. Начальная концентрация реагента составляла $C_0=0,3$ ммоль/л. Поскольку эта стадия технологического процесса осуществляется при охлаждении или комнатной температуре изучение гидролиза проводили при $t=25^\circ\text{C}$. Изменение относительной концентрации фталимида во времени представлено на рис. 1.

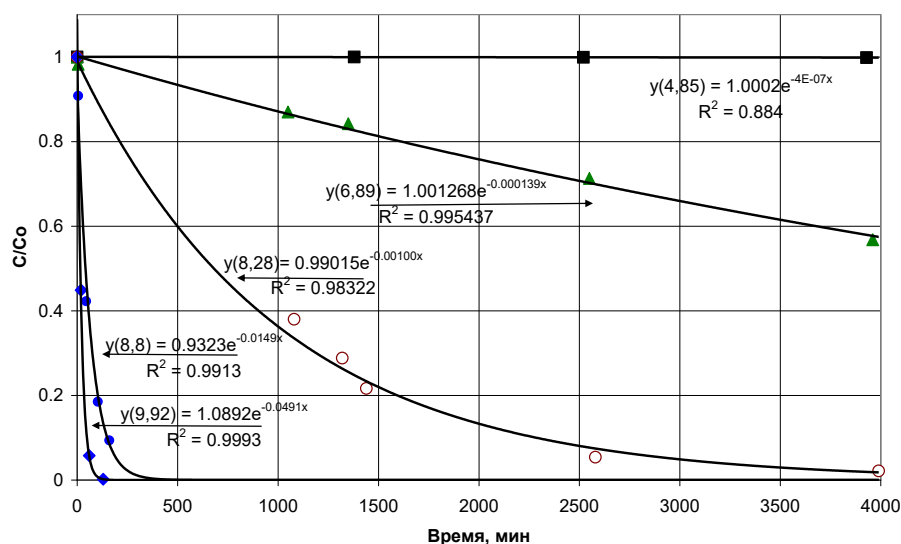


Рис. 1. Изменение во времени относительной концентрации фталимида в водных буферных растворах при различных значениях рН, $Y(pH)=C/C_0$.

Аналогичные измерения выполнены для изатового ангидрида (рис. 2). Начальная концентрация ангидрида составляла $C_0=0,26$ ммоль/л.

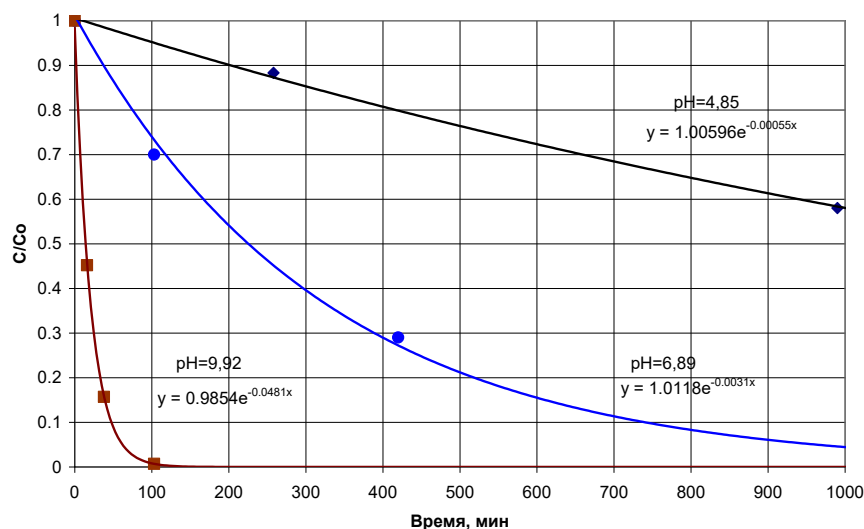


Рис. 2. Изменение во времени относительной концентрации изотового ангидрида в водных буферных растворах при различных значениях pH.

В приближении реакции общего второго порядка и с учетом малой концентрации одного из реагентов на основании данных о времени полупревращения оценены константы наблюдаемой скорости взаимодействия. Зависимости наблюдаемых констант скоростей гидролиза фталимида и изотового ангидрида от водородного показателя раствора приведены на рис. 3.

Сопоставление наклонов прямых рис. 3 обнаруживает более сильное влияние pH на гидролиз фталимида. Так изменение водородного показателя с pH=5 до 10 ускоряет реакцию на пять порядков в случае фталимида и лишь на два у изотового ангидрида. Следует отметить и тот факт, что при значении pH=9,92 измеренные константы наблюдаемой скорости гидролиза для обоих соединений практически совпадают и составляют $k_{\text{набл}} = 8,8 \cdot 10^{-4}$ и $8,6 \cdot 10^{-4}$ л/(моль·мин) для фталимида и изотового ангидрида, соответственно.

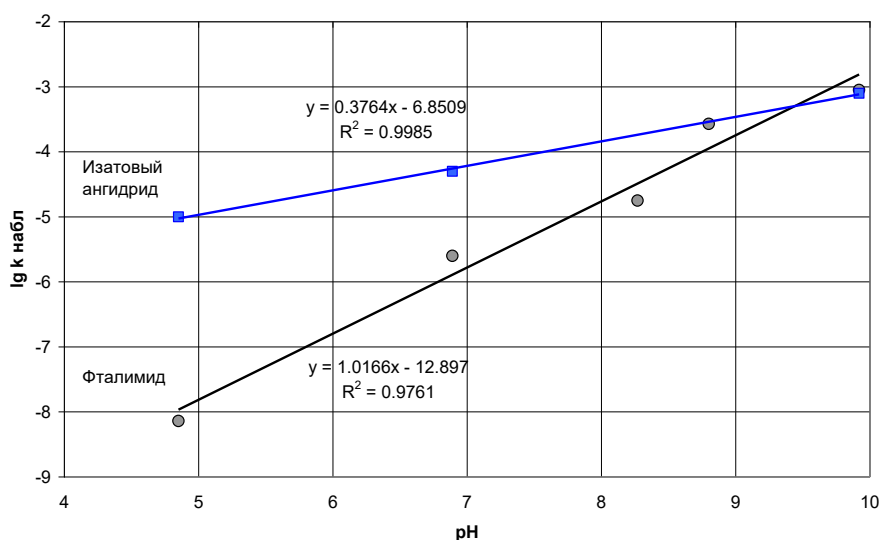


Рис.3. Зависимость логарифма наблюдаемых констант скоростей гидролиза фталимида и изотового ангидрида от pH раствора при $t=25^\circ\text{C}$.

УДК 661.669

**Д.Б. Сундеткалиев, А.В. Рамазанова, И.А. Мустафин,
А.Р. Ханов, Т.И. Фатхиев, В.О. Кучкина**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ
Н-ПЕНТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО
КАТАЛИЗАТОРА**

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа
e-mail: di hans@mail.ru*

Углеродные нанотрубки (УНТ) – материал с уникальными физическими, химическими и механическими характеристиками. Благодаря своим многогранным свойствам данный материал может находить применение во многих областях [1, стр.2]. Однако из-за отсутствия эффективной технологии получения углеродных нанотрубок существует проблема высокой себестоимости продукта, что напрямую влияет на его применение. Целью настоящей работы является создание эффективной методики промышленного получения углеродных нанотрубок, используя в качестве катализатора металлоорганическую соль никеля. Задачами данной работы являлись: выбор оптимального метода синтеза УНТ, подбор оптимальных параметров процесса, анализ полученного материала, составление материального баланса.

Исследования проводились на лабораторной установке по получению углеродных нанотрубок методом chemical vapour deposition (CVD). Выбор обоснован тем, что качество УНТ, получаемых при использовании метода CVD, практически не уступает таким широкоизвестным методам, как лазерная абляция и электродуговой разряд. Однако производительность выбранного метода превосходит их в разы. Подготовка к проведению процесса заключалась в предварительной загрузке катализатора в реактор. Органическое сырье (н-пентан) в ходе проведения процесса подвергалось термокаталитическому разложению. Углерод, образующийся в ходе распада углеводорода, присоединялся к наночастицам никелевого катализатора, формируя наноуглеродную структуру. При проведении процесса в температурном диапазоне 400 - 550 °С наблюдается увеличение выхода углеродного материала. При дальнейшем увеличении температуры выход снижается и содержание побочных продуктов увеличивается. С увеличением длительности проведения процесса выход углеродного материала снижается. Оптимальная масса катализатора, при которой число его наночастиц достаточно для связывания с осаждающимся углеродом, составляет 0,1 г. по никелю. По мере уменьшения скорости подачи сырья выход углеродного материала увеличивается (табл.1).

Таблица 1.

Зависимость выхода углеродного материала от скорости подачи сырья

Скорость подачи сырья, мл/ч	Использовано сырья		Получено							
			Углеродный материал		Жидкий продукт (непревращенное сырье)		Водородсодержащий газ		Сумма	
	г	% мас.	г	%	г	% мас.	г	% мас.	г	% мас.
25	15,68	100	0,56	5,68	1,46	14,81	7,84	79,51	9,86	100,00
50	14,46	100	0,58	3,92	5,64	37,81	8,24	55,25	14,46	100,00
100	26,97	100	0,51	1,89	20,15	74,71	6,31	23,40	26,97	100,00
200	46,47	100	0,46	0,99	32,87	70,73	13,14	28,28	46,47	100,00

Это обусловлено тем, что время связывания углерода с наночастицами катализатора меньше, чем скорость подачи сырья и не происходит перенасыщение сырьем. После проведения процесса при оптимальных параметрах продукт был проанализирован на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi Regulus (рисунок 1) и Рамановском микроскопе M532/785.

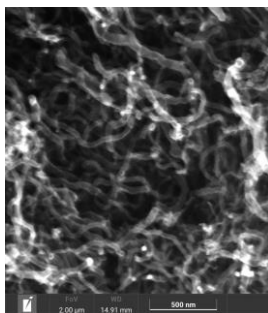


Рисунок 1 – Снимок СЭМ полученного материала

По результатам исследований лучшими параметрами для синтеза углеродных нанотрубок методом химического осаждения н-пентана на никельсодержащем катализаторе являются: масса катализатора 0,1 г по никелю, температура 500-550 °С. Методами комбинационного рассеяния света и электронной микроскопии было выяснено, что полученный материал представляет собой многостенные углеродные нанотрубки с высокой степенью кристалличности и диаметром от 10 до 120 нм.

Список литературы

1. Nanofibrous carbon (multi-wall carbon nanotubes): synthesis and electrochemical studies by using field-effect transistor setup / Ildar A. Mustafin, Arslan F. Akhmetov, Renat B. Salikhov, Ilnur A. Mullagaliev, Timur R. Salikhov, Rail N. Galiakhmetov, Olga V. Shabunina, Dmitry S. Kopchuk, Igor S. Kovalev, Akhat G. Mustafin // *Chimica Techno Acta*, Ural Federal University. – 2024. стр. 1–7.

УДК 547.8; 661.162.2

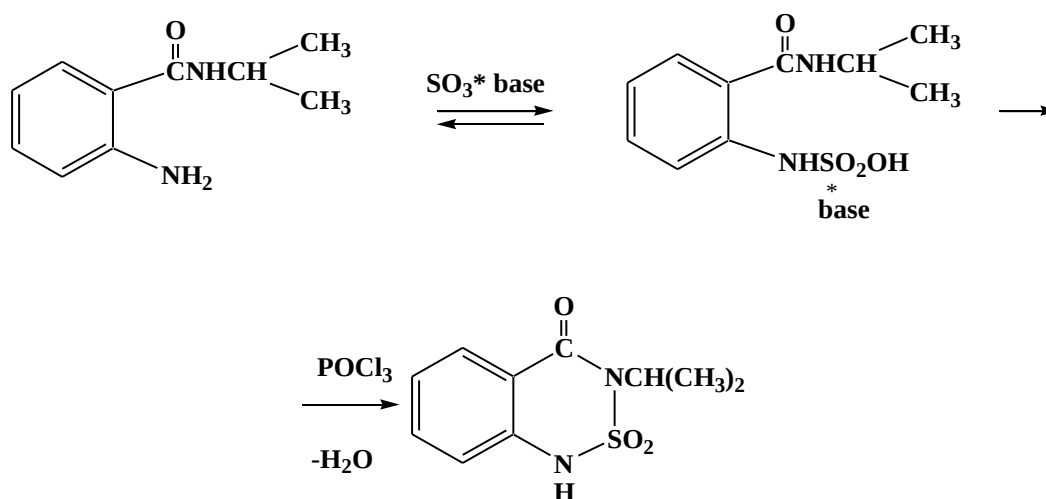
Г.Е. Чикишева, Л.Г. Анисимова.

**ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ТРИОКСИДА СЕРЫ
С РАЗЛИЧНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ В СИНТЕЗЕ БЕНТАЗОНА**

ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук РБ»,
450112, г. Уфа, ул. Ульяновых 65, e-mail: g.e.chik@yandex.ru

Бентазон (3-изопропил-2,1,3-бензотиадиазина-4-она-2,2-диоксид) является эффективным, малотоксичным гербицидом или средством борьбы с сорняками, который избирательно действует на двудольные сорные растения. При опрыскивании действующее вещество через листовые пластины попадает в сорняки, прекращает процесс фотосинтеза, что в итоге, уже через 3-5 дней, приводит к гибели сорной растительности, поэтому активно используется в сельском хозяйстве [1]. Бентазон – это единственный гербицид, который полностью уничтожает однолетние двудольные сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х [2].

Процесс получения бентазона включает стадию сульфирования изопропиламида антраниловой кислоты комплексами триоксида серы с различными основаниями с последующей циклизацией с помощью 1-3 эквивалента хлорангидрида или ангидрида кислоты. Наиболее часто используется POCl_3 [3-7].



Проведены синтезы получения бентазона из изопропиламида антраниловой кислоты для оценки эффективности при использовании комплексов трехокиси серы с диоксаном, триэтиламино, пиридином и пикколином. Комплексы были получены из хлорсульфоновой кислоты и непосредственно из трехокиси серы.

В ходе проведенных исследований лучшие результаты получения бентазона с выходом 70,1% по изопропиламиду антраниловой кислоты были

достигнуты при использовании хлорсульфоновой кислоты и пятикратного избытка пиколина к изопропиламиду антраниловой кислоты.

При использовании хлорокиси серы и двухкратного избытка пиколина к изопропиламиду антраниловой кислоты выход бентазона составил 75,06% с содержанием основного вещества 98%.

При использовании трехокиси серы и триэтиламина выход бентазона составил всего лишь 45%.

Наличие в системе малорастворимого осадка пиколиновой соли 1-(изопропиламидокарбонил)-фенилсульфаминовой кислоты сдвигает равновесие процесса в сторону образования конечного продукта реакции и значительно увеличивает выход бентазона.

Список литературы

1. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987. – С. 636 – 639.
2. Химическая Энциклопедия. Т. 1., Гл. ред. И.Л. Кнунянц. — М.: Советская энциклопедия, 1988.
3. Патент СССР № 509233, кл. С 07 D 285/16, опубл. 1975.
4. Патент СССР № 514571, кл. С 07 D 285/16, опубл. 1976.
5. Патент СССР № 715021 Ханс Меркле, Альбрехт Мюллер, Карл Цоплер. Способ получения производных 2,1,3- триадазин-4-он-2,2-диоксида. Кл. С 07 D 285/16 Оpubл 05.02.80 Бюл. № 5.
6. Ю.Н. Маляр, Н.Ю. Васильева, А.С. Казаченк, Г.П. Скворцова, И.В. Королькова, С.А. Кузнецова. Сульфатирование этанолигнина пихты комплексами триоксида серы с 1,4-диоксаном и пиридином. // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 5–15.
7. Tyo Sone, Yukio Ave, Norio Sato, Manabu Ebina. The use N,N,-dimetilformamide–sulfonil chloride complex for the preparation of thiophenilsulfonil chlorides. // Bull. Chem. Soc. Jap. 1985. – 58. – P.1063-1064.

УДК 544.4

К.С. Шараева, Ш.М. Охиров, Э.Р. Латыпова
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОКСИМА
ТЕТРАГИДРОФУРАНОНА-3 В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРА
ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа
e-mail: sharaevs221000@mail.ru

В настоящее время изучение антиоксидантной активности является актуальной задачей в поиске лекарственных препаратов, способных замедлить нежелательные окислительные процессы и предотвратить последующее повреждение макромолекул. Возможными ингибиторами окислительных процессов могут выступать соединения из класса оксимов, изучения свойств которых подтверждают широкий спектр биологической активности [1]. В настоящей работе были изучены кинетические закономерности радикально-цепного окисления 1,4-диоксана в присутствии оксима тетрагидрофуранона-3.

Реакционную способность оксима тетрагидрофуранона-3 в качестве антиоксиданта изучали на примере модельной реакции инициированного окисления 1,4-диоксана при $T = 348\text{ K}$ (инициатор – азодиизобутиронитрил, скорость инициирования $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$). Эффективность ингибирования окислительного процесса оценивали по скорости поглощения кислорода воздуха в отсутствие и присутствии добавок изученного соединения. Из рис. 1 следует, что с увеличением концентрации вводимых добавок оксима тетрагидрофуранона-3 скорость поглощения кислорода уменьшается. Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемое соединение обладает свойствами антиоксиданта.

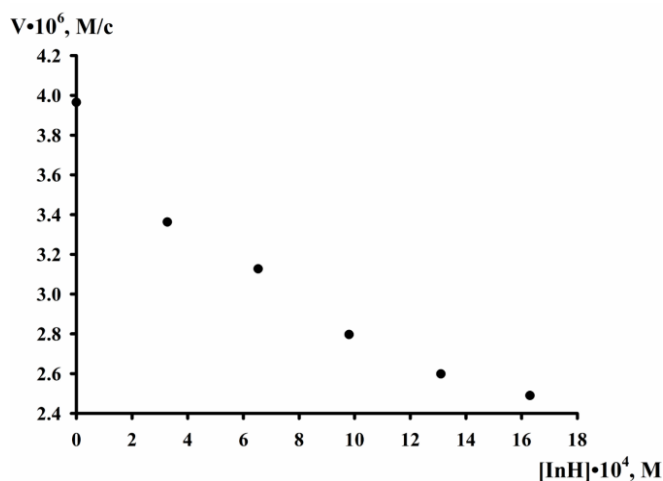


Рис.1. Зависимости скорости окисления 1,4-диоксана от концентрации исследуемого соединения. $T = 348\text{ K}$, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7}\text{ M/c}$.

Список литературы

1. Dhuguru J., Zviagin E., Skouta R. FDA-approved oximes and their significance in medicinal chemistry / Pharmaceuticals, 2022. – V. 15. – №. 1.

СЕКЦИЯ
«БИОТЕХНОЛОГИЯ»

УДК 544.778.3

Д.М. Аминева, С.В. Матусевич, Э.Р. Гильмуллина, Л.Х. Халимова**ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПААГ****ПРЕПАРАТОВ ЛАККАЗЫ ГРИБА *FOMES FOMENTARIUS* ВКПМ F-1531***ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический**университет», г. Уфа**e-mail: halimovabtmp@gmail.com*

Наиболее часто биокатализаторы на основе ферментов получают путем включения белков в полиакриламидный гель (ПААГ). Используемый метод иммобилизации в ПАА предполагает диспергирование белков с ПАА на магнитной мешалке в течение 10 мин до его полного растворения и формирование шариков биокатализатора при смешении с раствором хлорида кальция и последующей инкубации их в этом растворе в течение 2 ч.

Для иммобилизации использовали очищенный препарат лакказы с активностью (по пирокатехину) 23 ед/мл и концентрацией внеклеточного белка 350 мг/л. В результате перемешивания реакционной смеси при комнатной температуре в течение 10 мин иммобилизовалось около 60% белка, остаточное количество которого фиксировали по методу Лоури. Лакказная активность (по пирокатехину 10 мМ, комнатная температура) иммобилизованного препарата ферментов (биокатализатор 1) составляла 4 ед/мл, что составило 12% от начальной. Увеличение времени перемешивания (до 30 мин) не приводила к увеличению степени иммобилизации белков (до 65%), однако активность возрастала и составляла 6,8 ед/мл (биокатализатор 2). Дробная иммобилизация с частью ПАА (50%) в условиях 15-ти минутного перемешивания приводила к увеличению количества иммобилизованного белка (до 84%) и увеличению активности до 12,9 ед/мл (биокатализатор 3).

Изучение окислительного потенциала биокатализаторов 1-3 по реакции окисления пирокатехина (10 мМ) в условиях перемешивания (ацетатный буфер рН 4.4, температура 25°C, 120 об/мин) в сравнении со свободными ферментами показало невысокую эффективность в течение 1-го цикла окисления пирокатехина (40-43%) даже при увеличении времени окисления до 4 ч, в то время как «свободные» ферменты аналогичной активности осуществляли его окисление (до 90-95%) в течение 1,5-2 ч. Заметное снижение активности наблюдали во втором цикле для свободных ферментов (до 40%) и биокатализаторов 1,2 на 17-26%; в то время как для биокатализатора 3 его практически не наблюдали. Последующие циклы (3-5) трансформации пирокатехина биокатализаторами 1,2 также показали стабильное снижение эффективности окисления до 20-26%, в то время как для биокатализатора 3 - лишь на 13-17%.

УДК 579.67

Н.А. Атыкян, А.С. Соловьева, В.В. Ревин
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА СПИРТОВЫХ ДРОЖЖЕЙ
НА РАЗНЫХ СРЕДАХ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
e-mail: kistig2@yandex.ru

Спиртовые дрожжи широко распространены в окружающем мире – встречаются в воздухе, почве, на поверхности растений и т.д. Однако при поиске новых рас дрожжи чаще всего изолируют из фруктов, ягод и соцветий растений, ведь именно в них содержится достаточное количество сахаров, которые так необходимы для питания дрожжей. В настоящее время основные расы дрожжей, применяемые на спиртовых заводах – импортные. В рамках импортозамещения необходимо выделить собственные культуры высокоактивных спиртовых дрожжей, а также подобрать состав питательных сред для их культивирования, что и являлось целью нашей работы.

В работе исследовались производственные дрожжи – расы «Quickferm Super» и «Safdistil C-70», а также дрожжи, выделенные из хмеля. В качестве питательных сред для их культивирования использовались среды на основе мелассы с/без добавления послеспиртовой барды и молочной сыворотки, а также среды на основе зернового сусла, приготовленного из пшеницы или ржи.

На первом этапе исследование по подбору оптимальных сред проводилось с использованием мелассы в качестве основы и с добавлением сульфата аммония как источника азота. Полученные результаты позволили выбрать оптимальный вариант среды, в состав которой входит 100 г/л мелассы и 3 г/л сульфата аммония. Наиболее продуктивными на данной среде оказались дрожжи, выделенные из хмеля. Их выход по сухой биомассе составил около 32 г/л.

Замена в меласной среде сульфата аммония на молочную сыворотку или послеспиртовую барду показала, что наиболее продуктивными на данных средах также оказались дрожжи, выделенные из хмеля. Однако они накапливали немного меньше биомассы – до 28 – 29 г/л.

Исследование по подбору оптимальных сред на основе зернового сусла для культивирования дрожжей показало, что оптимальным для накопления биомассы для производственных и хмелевых дрожжей является среда на основе пшеничного сусла. Однако на этой среде дрожжи, выделенные из хмеля, росли хуже и накапливали лишь до 24 г/л биомассы, что в среднем было на 14% меньше по сравнению с производственными дрожжами.

Таким образом, для культивирования спиртовых дрожжей, выделенных из хмеля наиболее оптимальным вариантом является меласная среда с добавлением сульфата аммония. Она обеспечивает прирост биомассы дрожжей до 32 г/л и может быть рекомендована для дальнейших исследований по масштабированию процесса культивирования.

УДК 579.66;577.18

А.О. Богатырева, Е.С. Липатова, Д.А. Трубицына, В.В. Ревин
РАЗРАБОТКА РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОГЕЛЯ
С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, 26Б

bogatyrevaaao@mail.ru

Повреждения кожных покровов, вызванные травмами, ожогами, ранами, различными кожными заболеваниями ослабляют защитные функции кожи [1].

Самые распространенные методы обработки ран это: промывание, наложение стерильной повязки, пластыря, обработка антисептическими средствами и др. Однако их применение не всегда может быть эффективным.

Раневые покрытия играют важную роль в заживлении повреждений кожи, поскольку они обеспечивают физический барьер между раной и внешней средой, тем самым предотвращая возникновение дальнейших травм или инфицирование условно-патогенными микроорганизмами [2]. Среди наиболее распространённых бактерий, вызывающих инфицирование ран, *S. aureus* и *S. epidermidis* выделяются как основные патогены, вызывающие инфекции [3]. Лечение ран, инфицированных этими двумя патогенами, становится чрезвычайно сложной задачей, поскольку они устойчивы к антибиотикам и образуют биоплёнку, что требует новых терапевтических стратегий для устранения этих инфекций и ускорения процесса заживления ран [4].

Особый интерес исследователей и медиков привлекают гидрогели. Влажная среда, создаваемая гидрогелями, усиливает процесс рассасывания ран на клеточном уровне. Проницаемые структуры гидрогеля также обеспечивают беспрепятственный обмен газами.

Таким образом, актуальность данного исследования заключается во включении антибиотиков широкого спектра действия в гидрогелевый материал для его местного применения. Исследование подчеркивает потенциал гидрогелевых покрытий как носителя антибиотиков, нацеленных на раневые инфекции с множественной лекарственной устойчивостью.

Цель работы: разработать гидрогель с высвобождением антибиотика, который позволит минимизировать побочные эффекты и повысить эффективность лечения.

В качестве гидрогелевой матрицы нами была выбрана бактериальная целлюлоза, которая обладает уникальными свойствами [2]. В полученные пленки путем сорбции встраивали антибиотические вещества. В качестве антибактериальных агентов тестировали два антибиотика: цефазолин и цефтриаксон. Сорбцию проводили в течение 8 часов в растворах антибиотика с концентрацией 50 и 100 мкг/мл. После чего проверяли антибактериальную активность полученных композитов с помощью метода диффузии в агар.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изучение антибактериальной активности композитов
на основе бактериальной целлюлозы и антибиотиков в отношении
Staphylococcus aureus и *Pseudomonas fluorescense*

Тест-культура	Диаметр зон задержки роста, мм			
	Цефтриаксон		Цефазолин	
	50	100	50	100
<i>Staphylococcus aureus</i>	24,9±0,4	28,6±0,5	33,2±0,8	36,3±0,4
<i>Pseudomonas fluorescense</i>	23,5±0,9	30,4±0,8	-	-

Как видно из данных таблицы, образцы бактериальной целлюлозы, насыщенные антибиотиками, проявляли выраженные антибактериальные свойства в отношении как *Staphylococcus aureus*, так и *Pseudomonas fluorescense*. Диаметр зон задержки роста зависел от природы антибиотика и его концентрации в растворе. В отношении *P. fluorescense* цефазолин активности не проявил, что соответствует его известному спектру действия, преимущественно направленному на грамположительные бактерии.

Таким образом, проведённые испытания показали, что полученные композиты обладают выраженным антимикробным эффектом. Наиболее активным оказался гидрогель с цефазолином против *S. aureus*, что делает его перспективным для применения в составе раневых покрытий, предназначенных для профилактики и лечения инфекций, вызванных грамположительными патогенами.

Список литературы

1. Hosseinzadeh S. Fabrication of nanocellulose loaded poly(AA-co-HEMA) hydrogels for ceftriaxone controlled delivery and crystal violet adsorption / S. Hosseinzadeh, H. Hosseinzadeh, S. Pashaei. – DOI 10.1002/pc.24875 // Polymer Composites. – 2018. – Vol. 40. – P. 559-569.
2. Revin V. V. Bacterial-Cellulose-Based Nanocomposites / V. V. Revin, E. V. Liyaskina, A. O. Bogatyreva, N. B. Nazarova [et al.]. – DOI 10.1134/S263516762301010X // Nanobiotechnology Reports. – 2023. – Vol. 1. – P. 56-63.
3. Ronco T. Efficacy of a Novel Antimicrobial Hydrogel for Eradication of *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* and *Cutibacterium acnes* from Preformed Biofilm and Treatment Performance in an in Vivo MRSA Wound Model / T. Ronco, M.F. Aragao, S. Svenningsen, [et al.]. – DOI 10.1093/jacamr/dlab108 // JAC Antimicrob. Resist. – 2021. – Vol. 3. – P. 1-7.
4. Liu W.T. Emerging Resistance Mechanisms for 4 Types of Common Anti-MRSA Antibiotics in *Staphylococcus aureus*: A Comprehensive Review / W.T. Liu, E.-Z. Chen, L. Yang, [et al.]. – DOI 10.1016/j.micpath.2021.104915 // Microb. Pathog. – 2021. – Vol. 156. – P. 104915.

УДК 579.66

Э.Р. Гильмутдинова¹, С.В. Матусевич², Д.Р. Аминев¹, Л.Х. Халимова¹
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ЛАККАЗЫ
МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
ГРИБА *FOMES FOMENTARIUS F-1531*

¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа,

²ГБУ РБ «НИИ гербицидов и регуляторов роста растений АН РБ», г. Уфа
e-mail: halimovabtmp@gmail.com

Для получения препаратов грибных лакказ эффективным методом культивирования продуцента является метод поверхностно-твердофазного выращивания в оптимальных условиях на твердо-сыпучей питательной среде на основе разнообразного лигноцеллюлозного сырья. При этом лигнин в составе компонентов среды является естественным стимулятором синтеза лакказы. В результате на сбалансированной среде достигается высокий выход биомассы мицелия и, соответственно, в оптимальный продуктивный период накапливается высокоактивная продукция внеклеточных лакказ. Далее, оптимизируя процессы водной экстракции ферментов с целью выделения лакказ, при использовании методов ультразвуковой обработки мицелия можно получать в достаточно короткие сроки концентрированные растворы ферментов [1].

С целью получения препаратов лакказы методом твердофазного культивирования грибной штамм *F. fomentarius F-1531* выращивали на специально подобранной лигноцеллюлозной среде на основе опилок древесных, овса молотого и шрота подсолнечника в течение 9 - 14 сут. При этом инокулятом служила 7-9-ти суточная глубинная культура, выращенная на модифицированной среде Чапека в присутствии CuSO_4 (250 мг/л). В результате получали высокоактивную продукцию лакказы с выходом до 150-400 ед/г биомассы сухого мицелия при оценке лакказной активности полученных экстрактов по субстрату лакказы – пирокатехину (10 мМ) при комнатной температуре (22 °C).[2]

При внесении добавок агропромышленных отходов (10-50%) в виде высушенных измельченных кожурок бананов, тыквы, граната, мандаринов, а также добавок (1-10%) чайных листьев, барды послеспиртовой и гуматов, наблюдали в период оптимальной продуктивности стимулирование лакказной активности в экстрактах еще на 30-150%.

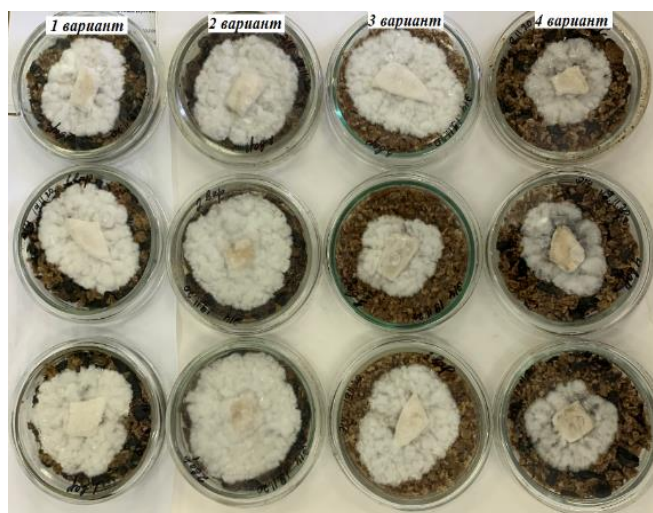


Рисунок – Продукция мицелия при росте гриба *F. fomentarius* Э-14 на лигноцеллюлозной среде с различным содержанием кожуры тыквы (варианты 1-4, *три повторности*) на 7 сут роста

Последующая экстракция мицелиально-лигноцеллюлозной биомассы методом ультразвуковой обработки в низкочастотном диапазоне (10-30% амплитуды в течение 1-10 мин) позволила получать высокоактивный ферментный раствор. Например, обработка мицелиальных блоков с остаточной лигноцеллюлозой в процессе обработки ультразвуком (30% амплитуды 2 мин) позволила увеличить выход ферментов до 3 раз по сравнению с методом перемешивания (150 об/мин) в течение 1,5-2 ч [3].

Таким образом, оптимизация процессов твердофазного культивирования *F. fomentarius* F-1531 включала использование высокопродуктивных питательных сред и агропромышленных добавок, засев инокулятом в виде глубинной мицелиальной культуры, создание оптимальных условий роста мицелия и синтеза лакказ (влажность, температура, внесение индукторов), а также последующее выделение лакказ методами экстрагирования в низкочастотном диапазоне ультразвука.

Список литературы

1. Sh. S. Nadar, V. K. Rathod. Ultrasound assisted intensification of enzyme activity and its properties: a mini-review //World J Microbiol Biotechnol.- 2017.- v. 33 - p. 170. DOI 10.1007/s11274-017-2322-6
2. Матусевич С.В., Аминев Д.М., Гильмутдинова Э.Р. Халимова Л.Х. // «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов» - сб. матер. конф. IX Пущин. конф., 5-7 декабря 2023 г., Пущино.- с. 163
3. Гильмутдинова Э.Р., Скорняков А.Н., Халимова Л.Х. // «Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии» - матер. XVIII всеросс. научн. интернет-конф., 28-29 ноября 2024 г., г. Уфа. - Уфа: изд-во УГНТУ, 2024. – с. 55.

УДК 664.9

Д.В. Деров, С.А. Ибрагимова
ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ АЛЬГИНАТНЫХ ОБОЛОЧЕК
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
e-mail: dmitrijderov011@gmail.com

Современная мясная промышленность испытывает необходимость в использовании безопасных и эффективных пищевых ингредиентов. Исследования в области применения альгината натрия в качестве структурообразователя для оболочек мясопродуктов открывают широкие возможности для разработки инновационных пищевых оболочек, сочетающих в себе улучшенные защитные, функциональные и экологические характеристики.

В качестве объекта исследования выступали полимеризованные гели альгината натрия и пленки, полученные на их основе. В работе исследовали различные варианты гелевых композиций на основе альгината натрия с индексом 1000 и 500 (стандартизированная вязкость 1% раствора при 20 °C), а также с добавлением метилцеллюлозы.

Альгинатные пленки получали методом выливания: гель альгината натрия выкладывали на горизонтальную поверхность, покрытую пленкой из полиэтилена и распределяли равномерным слоем при помощи регулируемого аппликатора LR209. Далее раскатанный альгинатный гель помещали в раствор 20% хлорида кальция.

В заключении проводили определение силовых свойств альгинатных пленок – это комплекс физико-механических характеристик, определяющих способность пленки противостоять различным механическим воздействиям и нагрузкам без разрушения (растяжимость, прочность и прочность на разрыв).

В результате проведенных исследований было выявлено:

1 Альгинат натрия с индексом 1000 и 500 является перспективным полисахаридом для получения пищевых пленок.

2 Оптимальными вариантами для получения пленок методом выливания оказались гели альгината натрия с индексом 1000 и 500 с добавлением метилцеллюлозы, обладающие наименьшими значениями обратной экструзии.

3 Прочность альгинатных пленок зависит от величины pH гелей, на основе которых они получены: кислая среда снижает прочность, в то время как нейтральная и щелочная повышает.

4 Добавление метилцеллюлозы повышает растяжимость альгинатных пленок.

Полученные данные подтверждают актуальность изучения пищевых альгинатных оболочек, что открывает возможности для создания инновационных решений по многим задачам в пищевой промышленности.

УДК 628.3

О.В. Духанина, Й.В. Кобелева, А.С. Сироткин**ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСНОГО
КОАГУЛЯНТА-ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В БИОТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД***ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань
e-mail: moortmain@gmail.com*

Применение комплексных реагентных препаратов становится необходимым, когда традиционная биологическая очистка не обеспечивает достижения требуемых нормативов по содержанию специфических загрязнений, таких как стойкие органические соединения или биогенные элементы. Использование коагулянтов и флокулянтов совместно с биологической очисткой позволяет эффективно удалять мелкодисперсные и коллоидные загрязнения, а также направленно усиливать деятельность микробного сообщества, что обеспечивает глубокое и стабильное удаление загрязнений [1].

Со стороны биотехнологии очистки сточных вод для применения таких реагентов необходим особый подход, включающий в себя изучение механизмов действия наночастиц металлов на микробное сообщество активного ила. В литературных источниках описано двоякое действие реагентов в форме наночастиц на активный ил: в низких дозах они работают как стимулятор, а в высоких – как токсикант. Ключевой механизм воздействия наночастиц коагулянтов на примере солей железа на микроорганизмы – это провоцирование умеренного окислительного стресса, который усиливает защитные ферментные системы микроорганизмов [2], а также прямое снабжение клеток железом как жизненно важным кофактором для ферментов дыхания [3,4]. Таким образом, наночастицы солей металлов могут целенаправленно усиливать метаболизм участников микробного сообщества, ускоряя при этом деградацию специфических стойких загрязнителей. Исходя из вышеизложенного, следует сделать вывод о том, что при правильно подобранных дозировках комплексные реагентные препараты на основе железа можно эффективно использовать на биологических очистных сооружениях.

В ходе проведенных исследований была разработана собственная рецептура реагентного препарата на основе соли железа и сополимера акриловой и винилсульфоновой кислот. По физическому состоянию лабораторный образец реагентного препарата представляет собой жидкость желто-оранжевого цвета со значениями pH около 4, полностью смешивается с водой. Распределение размера частиц в составе реагентного препарата было исследовано методом динамического рассеяния света с использованием анализатора Zetasizer Nano ZS. На графике распределения размера частиц по интенсивности их нахождения представлен полидисперсный характер реагентного препарата (рис. 1). Следует выделить два основных пика: первый, в области 10 нм, который соответствует мельчайшим стабилизированным

наночастицам, и второй, основной пик в диапазоне 300-700 нм, указывает на присутствие более крупных структур, а именно агрегированных наночастиц железа.

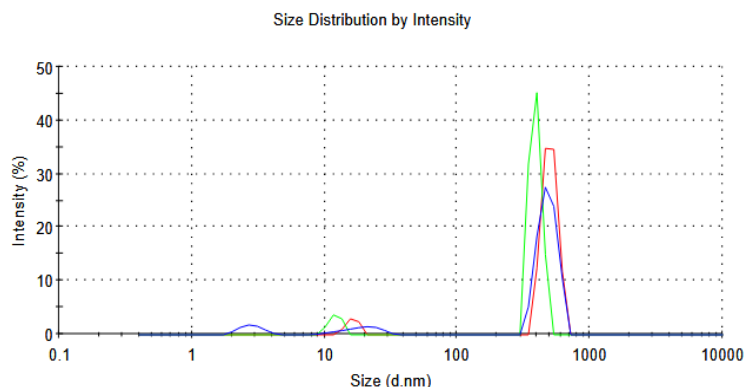


Рисунок 1 – Распределение частиц препарата по размеру

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что комплексный реагентный препарат обладает экологической безопасностью; показателем его нетоксичности является выживаемость простейших организмов (инфузорий). Более того, реагент не оказывает ингибирующего действия на активный ил очистных сооружений, что подтверждается увеличением значений дегидрогеназной активности – ключевого показателя, отражающего окислительно-восстановительный потенциал микроорганизмов активного ила.

В результате проведенного сравнительного анализа эффективности процессов совместной биологической и реагентной очистки сточных вод было выявлено, что исследуемая композиция реагентного препарата в дозировке 50 мкл/л увеличивает эффективность удаления органических веществ по ХПК на 60 % по сравнению с контролем (собственно биологической очисткой). Кроме того, разработанный реагент улучшает седиментационные свойства активного ила, ускоряя его осаждение на 20%.

Список литературы

1. Петросян О.П. Современные методы и средства обеззараживания воды в технологиях водоподготовки. - М.: Инфра-Инженерия, 2025. - 432 с.
2. Alena Ševcu, Yehia S. El-Temsah, Erik J. Joner, and Miroslav Cernik Oxidative Stress Induced in Microorganisms by Zero-valent Iron Nanoparticles // *Microbes Environ.* - 2011. - №4. - С. 271–281.
3. Foozieh Moghadami, Ramin Hosseini Effect of iron and silver nanoparticles on coenzyme Q production by *Gluconobacter japonicus* FM10 // *IRAN. J. MICROBIOL.* - 2020. - №6. - С. 592-600.
4. Shiying He & Youzhi Feng & Hongxuan Ren & Yu Zhang & Ning Gu & Xiangui Lin The impact of iron oxide magnetic nanoparticles on the soil bacterial community // *J Soils Sediments.* - 2011. - №11. - С. 1408–1417.

УДК 60:663:637.14.35

Н.В. Исаева, В.В. Шутова
ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ
НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ
ЯГОДНО-ФРУКТОВЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
e-mail: natashaisaeva96@yandex.ru

В России на молочных предприятиях внедрение технологий переработки молочной сыворотки идет достаточно сложно и, как правило, дорого, а своего потребителя в России практически нет. Это ведет к проблеме нерационального использования вторичных продуктов при производстве и затрагивает экологические проблемы. Разработка современных технологий и внедрение в производство новых видов продукции на основе молочной сыворотки позволит решить вышеизложенные проблемы.

Молочная сыворотка является ценным продуктом при производстве различных видов творога и сыра. В ней содержится половина сухих веществ от исходного молока. Около 70% занимает лактоза, на белок приходится 15% и остальная часть – жир, минеральные соли, ферменты, витамины, молочная кислота. Из молочной сыворотки извлекают ценные органические и неорганические вещества, её используют в кондитерской, молочной, мясной промышленности, фармакологии и косметологии.

В наше время большое значение приобретает получение функциональных напитков на основе молочной сыворотки [1]. В рецептуру таких напитков добавляют различные наполнители (овощные, растительные экстракты, фруктово-ягодные и т.д.). На кафедре биотехнологии и биохимии МГУ им. Н.П. Огарёва проводились исследования по получению функциональных молочных продуктов с использованием добавок на основе водорослей [2]. В новых функциональных продуктах на основе молочной сыворотки с добавлением водорослей увеличивается содержание йода и других ценных веществ, которые необходимы для жизнедеятельности человека.

Целью нашего исследования явилась создание рецептур для производства функциональных напитков на основе молочной сыворотки с использованием фруктово-ягодных наполнителей.

В качестве объекта использовали молочную сыворотку, полученную из домашнего коровьего молока с добавлением йогурта (10% от объема молока) для закваски. Молочная сыворотка прошла процесс пастеризации и соответствовала ГОСТ 34352-2017.

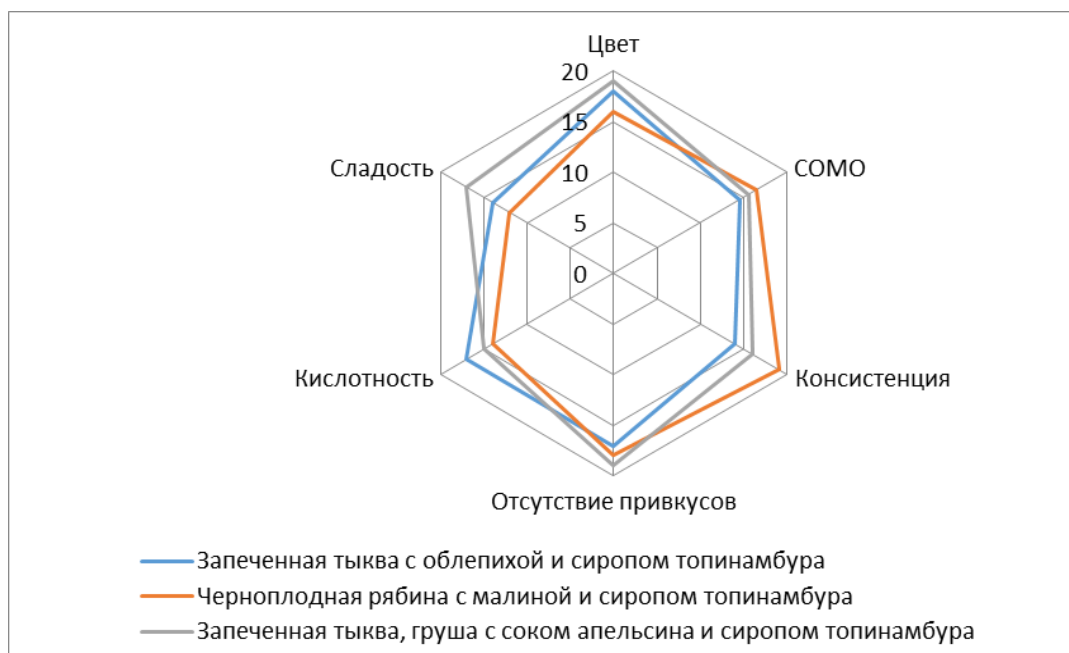


Рисунок 1 – Качественный анализ данных органолептических характеристик напитков на основе молочной сыворотки с добавлением ягодно-фруктовых наполнителей

Анализ результатов (рис.1) показал, что оптимальными органолептическими характеристиками обладал вариант с запеченной тыквой, грушей с соком апельсина и сиропом топинамбура. Фруктово-ягодные наполнители имеют высокую биологическую ценность, где содержится множество различных полезных веществ, антиоксидантов, витаминов и минералов, что оказывают физиологическое воздействие на организм. Такие напитки обладают антибактериальными, противовирусными, противораковыми свойствами. Клетчатка способствует поддерживать пищеварение, выводит токсины и регулирует уровень холестерина. Сироп топинамбура является хорошей альтернативой сахару благодаря низкому гликемическому индексу и содержанию полезных веществ, таких как витамины группы В и С, магний, калий и железо. Полезен для пищеварения благодаря инулину, помогает стабилизировать уровень сахара и холестерина в крови, укрепляет иммунитет и сердечно-сосудистую систему [3].

Список литературы

1. Корнева Е.Р., Бутина Е.А., Герасименко Е.О. и др. Функциональное и специализированное питание. Научные проблемы и инновационные решения // Новые технологии. – 2021. – № 2. – С. 26-30
2. Шутова В.В., Ревин В.В. Получение функциональных молочных продуктов с использованием добавок на основе водорослей // Медицина и биотехнологии – 2025. – Т.1, №2 – С. 14-30.
3. Позняковский В.М., Гурьянов Ю.Г., Бебенин В.В. Пищевые и биологически активные добавки: характеристика, применение, контроль. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2021. – 275 с.

УДК 620.95

С.А. Крюков, А.В. Князева, Л.Н. Герке**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА***ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань**e-mail: derevo-pdm@rambler.ru*

Современный агропромышленный комплекс и интенсивное птицеводство являются источниками значительных объемов органических отходов. Их накопление создает серьезную экологическую угрозу, приводя к загрязнению водоемов, эмиссии парниковых газов (в частности, метана и закиси азота) и деградации земель. Птичий помет, характеризующийся высокой концентрацией азота и органических веществ, представляет особую опасность при неправильном складировании. В условиях глобального стремления к устойчивому развитию на смену линейной экономике приходит экономика замкнутого цикла, где отходы рассматриваются как ресурс [1].

Одним из наиболее эффективных методов переработки органических отходов является анаэробное сбраживание, позволяющее получать биогаз (возобновляемый энергоноситель) и эффлюент (органоминеральное удобрение). Однако ключевой проблемой, ограничивающей эффективность этого процесса при переработке птичьего помета, является высокая органическая нагрузка и, как следствие, накопление в реакторе аммиака и летучих жирных кислот (ЛЖК). Это приводит к ингибированию метаногенеза, дестабилизации работы биореактора и снижению как выхода биогаза, так и качества конечного продукта.

Для решения указанных проблем нами был применён биочар – высокопористый углеродный материала, получаемый пиролизом биомассы.

В качестве основного субстрата использовался птичий помет. Он характеризуется высоким содержанием азота в форме аммония (NH_4^+), что создает риск ингибирования процесса на стадии метаногенеза. Для оптимизации соотношения C:N и разбавления потенциальных ингибиторов использовались отходы растениеводства – подсолнечная лузга. Сырье измельчается до размера частиц менее 5 мм. Опыты по анаэробному сбраживанию проводились в лабораторных биореакторах периодического действия.

Высокие концентрации аммиака и ЛЖК, характерные для сбраживания птичьего помета, являются основными факторами ингибирования. В наших экспериментах биочар нивелировал действие ингибиторов благодаря двум ключевым механизмам. Во-первых, адсорбции, поскольку развитая пористая структура биочара физически связывает молекулы аммиака и ЛЖК, снижая их доступную для микроорганизмов концентрацию и предотвращая токсический эффект. Во-вторых, буферизации pH, так как поверхностные функциональные

группы биочара способствуют стабилизации pH среды, смягчая колебания, вызванные накоплением летучих кислот. Это создает более благоприятные условия для работы метаногенного консорциума [2, 3].

Исследования показывают, что оптимальная дозировка биочара составляет 9% от общего объема или 6–16 г/л реакционной среды. Дозы ниже 6 г/л могут не оказать значимого эффекта, а превышение 16 г/л экономически нецелесообразно и может привести к избыточному связыванию питательных элементов. И наибольшую эффективность показывает биочар, полученный при температурах пиролиза 550°C. Такой материал сочетает высокую удельную поверхность, хорошую электропроводность и сохранение функциональных групп. Биочар, произведенный при более низких температурах, обладает меньшей стабильностью и проводимостью, а при более высоких – может терять функциональные группы, ответственные за буферизацию.

Проведенные лабораторные исследования демонстрируют, что применение биочара в процессе совместного анаэробного сбраживания отходов агропромышленного комплекса и птицеводства оказывает значительное положительное влияние на кинетику процесса. Установлено, что биочар сокращает лаг-фазу (период адаптации микроорганизмов) и увеличивает кумулятивный выход метана, особенно в условиях высокой нагрузки. Этот эффект объясняется, в первую очередь, механизмом прямого межвидового переноса электронов.

Биочар, обладая электропроводностью, служит электрическим мостиком, по которому электроны напрямую передаются от бактерий, окисляющих органические кислоты, к метаногенным археям. Это позволяет исключить более медленные стадии синтрофии с участием водорода или формиата, значительно ускоряя метаногенез и повышая устойчивость системы к перегрузкам.

Эффлюент, обогащенный частицами биочара, трансформируется в высококачественный биогумус. Биочар может предотвращать вымывание азота и фосфора, пролонгируя действие питательных веществ, таким образом улучшая структуру почвы.

Список литературы

1. Chiappero, M., Norouzi, O., Hu, M., Demichelis, F., Berruti, F., Di Maria, F. (2020). Review of biochar role as additive in anaerobic digestion processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110037. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110037>
2. Wang, G., Li, Q., Gao, X., & Wang, X. (2018). Synergetic promotion of syntrophic methane production from anaerobic digestion of complex organic wastes by biochar: Performance and associated mechanisms. *Bioresource Technology*, 250, 812-820. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.004>
3. Chen, S., Rotaru, A. E., Shrestha, P. M., Malvankar, N. S., Liu, F., Fan, W., ... & Lovley, D. R. (2014). Promoting interspecies electron transfer with biochar. *Scientific Reports*, 4(1), 5019. <https://doi.org/10.1038/srep05019>

УДК 579.66

К.Р. Кудашева, С.А. Колобова, Н.И. Петухова
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ПЛОЩАДИ
ПОВЕРХНОСТИ К ОБЪЕМУ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ
НА СИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ УКСУСНОКИСЛЫМИ БАКТЕРИЯМИ
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа
e-mail: kudasheva.karin@mail.ru

Бактериальный целлюлоза – внеклеточный полимер, синтезируемый уксуснокислыми бактериями – представляет собой материал с уникальными свойствами: высокой механической прочностью и исключительной способностью удерживать воду [1].

При культивировании бактерий-продуцентов в статических условиях на поверхности питательной среды образуются гель-пленки полимера, представляющие практический интерес благодаря своей 3D-наноструктуре [2]. Биосовместимость и отсутствие токсичных компонентов обуславливают их широкое применение в медицине, в частности, тонкие прозрачные пленки могут быть использованы в качестве раневых покрытий [2-3]. Более толстые гель-пленки позволяют применять наноцеллюлозу в качестве носителя для иммобилизации ферментов и клеток микроорганизмов с целью интенсификации биотехнологических процессов.

Известно, что выход и толщина гель-пленки целлюлозы при статическом культивировании существенно зависит от оптимального соотношения площади поверхности к объему среды [4-5]. Этот параметр определяет уровень оксигенации: его снижение приводит к дефициту кислорода, а увеличение – к избыточному закислению среды [6]. Таким образом, варьирование соотношения S/V позволяет целенаправленно регулировать характеристики синтезируемых гель-пленок бактериальной целлюлозы, что открывает возможность получения материалов с заданными свойствами для использования в различных областях.

Целью данной работы являлось изучение влияния соотношения площади поверхности питательной среды к ее объему на синтез гель-пленок культурой *Komagataeibacter sucrofermentans* НЦ-12 при культивировании на среде Хестрина-Шрамма, содержащей 1% этанола.

Эксперимент проводили в конических колбах различного объема, в которые вносили по 50 мл питательной среды. В качестве инокулята использовали трехсуточную культуру, полученную на среде того же состава. Синтез гель-пленок целлюлозы осуществляли в статических условиях при 30 °С.

В результате исследования синтеза целлюлозы в колбах объемом 100, 250, 500, 750 и 1000 мл) были получены пленки различного диаметра (от 5,5 до 12,5 см). Расчет соотношения площади поверхности полученных пленок к

объему питательной среды (S/V) показал, что этот параметр варьирует от 0,36 до 2,45 см^{-1} .

Установлено, что увеличение соотношения площади пленки к объему среды коррелирует с уменьшением толщины гель-пленок целлюлозы и увеличением их прочности. При наиболее высоком соотношении S/V (2,45 см^{-1}) синтезируется прочная гель-пленка целлюлозы толщиной 1 мм. В тоже время при наиболее низком значении S/V (0,36 см^{-1}) образуется пленка толщиной 12 мм, которая не держит форму и расползается в процессе выделения и очистки.

Анализ содержания целлюлозы в гель-пленках показал, что больше всего полисахарида содержится в пленках большего диаметра. Так, в пленке диаметром 12,5 см содержание целлюлозы составило 0,74%, тогда как в пленке диаметром 5,5 мм значение этого показателя не превышало 0,44 %.

Наибольший выход гель-пленки целлюлозы (719 г/л) был получен через 5 суток культивирования при соотношении S/V 1,73. Содержание целлюлозы в такой гель-пленке, имеющей толщину 2 мм, составило 0,73%.

Список литературы

1. Raghavendran, V. Bacterial cellulose: biosynthesis, production, and applications / V. Raghavendran, E. Asare, I. Roy // *Advances in Microbial Physiology*. – 2020. – V. 77. – Pp. 89-138.
2. Blanco Parte, F.G. Current progress on the production, modification, and applications of bacterial cellulose / F.G. Blanco Parte, S.P. Santoso, C.-C. Chou, V. Verma, H.-T. Wang, S. Ismadi, K.-C. Cheng // *Critical Reviews in Biotechnology*. – 2020. – Vol. 40. – Pp. 397-414.
3. Sulaeva, I. Bacterial cellulose as a material for wound treatment: Properties and modifications. A review / I. Sulaeva, U. Henniges, T. Rosenau, A. Potthast // *Biotechnology Advances*. – 2015. – Vol. 33. – Pp. 1547-1571.
4. El-Gendi, H. Recent advances in bacterial cellulose: a low-cost effective production media, optimization strategies and applications / H. El-Gendi, T.H. Taha, J.B. Ray, A.K. Saleh // *Cellulose*. – 2022. – Vol. 29. – Pp. 7495-7533.
5. Rodrigues, A.C. Response surface statistical optimization of bacterial nanocellulose fermentation in static culture using a low-cost medium / A.C. Rodrigues, A.I. Fontão, A. Coelho, M. Leal, F.A.S. da Silva, Y. Wan, F. Dourado, M. Gama // *New Biotechnology*. – 2019. – Vol. 49. – Pp. 19-27.
6. Aytekin, A. The statistical optimization of bacterial cellulose production via semi-continuous operation mode / A. Aytekin, D.D. Demirbağ, T. Bayrakdar // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2016. – Vol. 37. – Pp. 243-250.

УДК 665.117.4

А.А. Кузнецова, Я.Д. Морозов, Ю.В. Щербакова
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОТНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ
ШРОТА ЭЛЕУТЕРОКОККА В КАЧЕСТВЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД
ДЛЯ КАРОТИНОИД-СИНТЕЗИРУЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

г. Казань

e-mail: aloynasoft2002@gmail.com

Получение кислотных гидролизатов из шрота элеутерококка является перспективным направлением переработки отходов растительного сырья [1]. Данный процесс позволяет расщепить труднодоступные полисахариды и связанные биологически активные вещества клеточных стенок до более простых и легкоусвояемых компонентов, что повышает биологическую ценность исходного сырья и расширяет возможности его применения. В связи с этим представляет интерес оценка потенциала полученных гидролизатов в биотехнологических процессах, например, при культивировании дрожжей-продуцентов каротиноидов. Их биотехнологическое производство является экономически выгодным и экологически безопасным решением для получения пигментов, применяемых в пищевой, фармацевтической и комбикормовой промышленности [2]. В связи с этим, целью работы является оценка кислотного гидролизата шрота элеутерококка в качестве питательной среды для культивирования дрожжей *Rhodosporidium diobovatum* ВКПМ Y-3158.

Гидролиз проводили в автоклаве. После автоклавирования гидролизат фильтровали и доводили pH до оптимального значения для культивирования указанного штамма дрожжей. В полученном гидролизате определяли содержание сахаров и биологически активных веществ. При помощи качественных реакций было выявлено наличие витаминов B₁, PP. Суммарное содержание фенольных соединений определяли методом с применением реактива Фолина-Чокальтеу [3]. Насыщенность гидролизата подобными соединениями может оказывать ингибирующее действие на рост клеток, поэтому перед культивированием питательную среду также осветляли активированным углём. Анализ общих углеводов спектрофотометрическим методом с антроновым реактивом [4] показал высокое содержание редуцирующих сахаров, а наличие белка было подтверждено методом Бредфорда.

Далее на полученном стерильном гидролизате проводили культивирование дрожжей *Rhodosporidium diobovatum* ВКПМ Y-3158 в шейкере-инкубаторе при 30 °C и 120 об/мин. Контроль изменения количества биомассы проводили нефелометрическим методом. Данные по изменению роста дрожжевых культур относительно контроля представлены на рисунке 1.

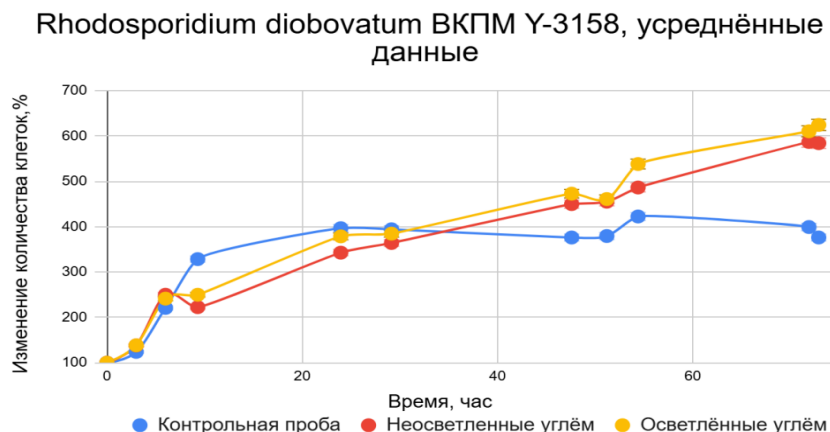


Рисунок 1 – Изменение количества клеток *Rhodosporidium diobovatum* ВКПМ Y-3158 при использовании в качестве жидкой питательной среды кислотного гидролизата

Полученные результаты подтверждают целесообразность и перспективность применения такого гидролизата в качестве основы питательных сред для культивирования каротиноид-синтезирующих дрожжевых культур.

Список литературы

1. Владимцева И. В. Гидролитическая деструкция целлюлозосодержащих растительных отходов / И. В. Владимцева, М. В. Соколов, А. А. Тихонова, А. Е. Селеменчук // Научно-агрономический журнал. – 2025. – № 2 (129). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidroliticheskyy-destruktsiya-tsellyulozosoderzhashih-rastitelnyh-othodov> (дата обращения: 14.09.2025);
2. Ядерец В. В. Каротиноиды: обзор основных биотехнологических способов и условий получения / В. В. Ядерец, Н. В. Карпова, Е. В. Глаголева, К. С. Петрова, А. С. Шибаева, В. В. Джавахия // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2024. – № 1 (48). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/karotinoidy-obzor-osnovnyh-biotekhnologicheskikh-sposobov-i-usloviy-polucheniya> (дата обращения: 22.09.2025);
3. Сибгатуллина Г. В. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Г. В. Сибгатуллина, Л. Р. Хаертдинова, Е. А. Гумерова, А. Н. Акулов, Ю. А. Костюкова, Н. А. Никонорова, Н. И. Румянцева. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. – 61 с;
4. Рачкова В. П. Спектрофотометрическое определение крахмала в томатных продуктах с антроновым реактивом / В. П. Рачкова, Н. М. Сураева, С. В. Глазков, А. В. Самойлов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (141). – С. 154–160. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektrofotometricheskoe-opredelenie-krahmala-v-tomatnyh-produktah-s-antronovym-reaktivom> (дата обращения: 20.11.2025).

УДК 579.69

Л.А. Кульбаева¹, С.Р. Мухаматдырова², Е.В. Кузина²,
М.Г. Искужина², Г.Ф. Рафикова², Т.Ю. Коршунова²

ВЛИЯНИЕ RGPB-ШТАММА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЛЮПИНА В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

¹ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа

²Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, г. Уфа

e-mail: lab.biotech@yandex.ru

Загрязнение почвы нефтью, солями и тяжелыми металлами (ТМ) является актуальной экологической проблемой. Биоремедиация – это эффективный и экономически выгодный метод восстановления плодородия почвы. Целью работы является изучение влияния штамма-нефтедеструктора *P. alcaligenes* UOM 10 с ростстимулирующими свойствами на гормональный фон растений люпина (*Lupinus albus* L.) в условиях загрязнения почвы нефтью, солью и ионами ТМ.

Для загрязнения почвы использовали растворы солей Cd^{2+} и Pb^{2+} . Кадмий вносили в количестве 15 мг/кг, свинец – 960 мг/кг, NaCl – 0,25% масс, нефть – 1,5% масс. В соответствующие варианты добавляли разбавленную культуральную жидкость RGP-штамма (10^6 КОЕ/мл). В вегетационные сосуды помещали по 5 проростков люпина сорта Дега. На 14 сутки опыта измеряли содержание фитогормонов индолил-3-уксусной (ИУК) и абсцизовой (АБК) кислот согласно методике [1]. Контролем являлись растения, выросшие в почве без загрязнителей и бактериализации.

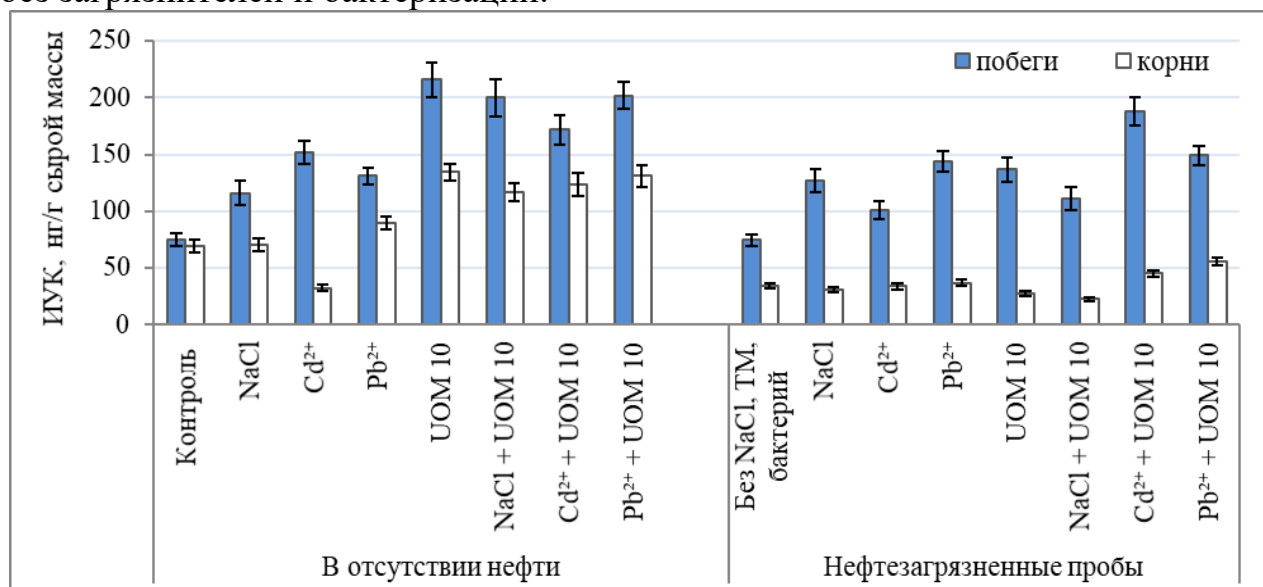


Рисунок 1 – Содержание ИУК в побегах и корнях люпина.

При всех видах загрязнения и бактериальной обработке концентрация ИУК в побегах была выше, чем в корнях, тогда как в контроле содержание

было примерно одинаковым 69-75 нг/г (рис. 1). Все виды загрязнения, кроме нефти, увеличивали уровень гормона в побегах в 1,4-2 раза. Снижение уровня ИУК в корнях отмечено только при контаминации почвы кадмием или нефтью (в 2-3 раза). Бактеризация почвы способствовала росту ИУК в побегах и корнях в 1,2-1,9 и 1,3-3,8 раза соответственно.

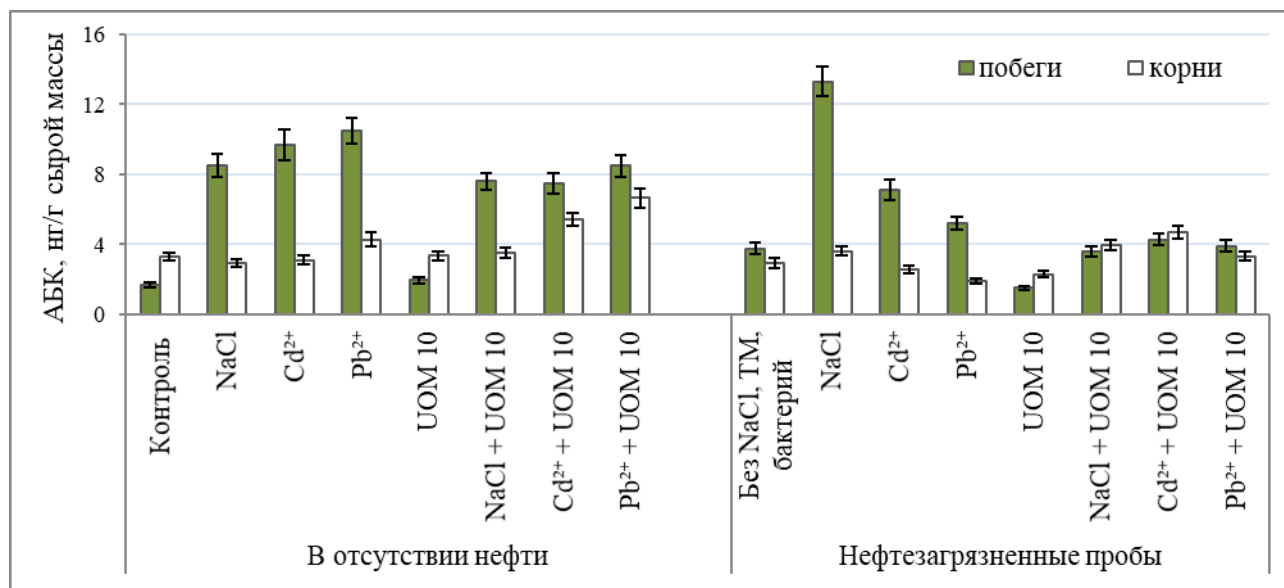


Рисунок 2 – Содержание АБК в побегах и корнях люпина.

Во всех вариантах с загрязнением почвы концентрация АБК по сравнению с контролем выросла, при этом в отличие от контроля в побегах ее было больше, чем в корнях (рис. 2). Контаминация почвы ионами кадмия и свинца увеличивала содержание АБК в надземной части растений в 5,8 и 6,3 раза соответственно, нефтью – в 2,2 раза, засоление — — в 5,1 раза по сравнению с контролем. Установлено, что бактериальная обработка почвы в условиях ее загрязнения хлоридом натрия и ТМ, а также в присутствии нескольких поллютантов способствовала росту АБК в корнях люпина при одновременном снижении уровня данного гормона в побегах.

Таким образом, показано, что комплексное загрязнение почвы нефтью и хлоридом натрия, нефтью и ТМ вызывает выраженные нарушения в гормональной системе люпина. Обработка штаммом *P. alcaligenes* UOM 10 повышает уровень ИУК и нормализует распределение АБК в растениях, смягчая негативные последствия абиотического стресса, вызванного присутствием поллютантов.

Список литературы

1. Korobova A.V., Akhiyarova G.R., Veselov S.Y., Kudoyarova G.R., Fedyaev V.V., Farkhutdinov R.G. Participation of nitrate sensor NRT1.1 in the control of cytokinin level and root elongation under normal conditions and nitrogen deficit. // *Mosc. Univ. Biol. Sci. Bull.* 2019. V. 74. P. 221–226. <https://doi.org/10.3103/s0096392519040072>

УДК 582.26/.27-035.41

А.С. Ловицкая, Е.В. Мокшин
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА СВЕРХСИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ У *CLADOPHORA*
В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* И *EX VITRO*

ФБГУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

e-mail: alien.lov@yandex.ru, Evmokshin@yandex.ru

Целлюлоза, будучи основным структурным компонентом клеточных стенок растений, представляет собой одно из самых распространенных и ценных возобновляемых природных полимеров. Традиционные источники целлюлозы, такие как древесина и хлопок, связаны с длительными циклами выращивания и значительными экологическими нагрузками. В связи с этим поиск альтернативных, быстро возобновляемых источников целлюлозы является приоритетной задачей современной биотехнологии. Особый интерес в этом контексте представляют микро- и макроводоросли, отличающиеся высокими скоростями роста и не требующие пахотных земель.

Нитчатые зеленые водоросли рода *Cladophora* являются перспективными продуцентами данного полимера. Их клеточные стенки характеризуются высоким содержанием целлюлозы (сопоставимым с древесиной), которая, кроме того, обладает уникальными свойствами – высокой степенью кристалличности (до 95 %) и низкой гигроскопичностью, что делает ее особо ценной для создания наноматериалов, биопластиков, мембран и композитов. Однако для промышленного применения необходимы разработка и оптимизация методов, позволяющих повысить выход целевого продукта на всех этапах – от культивирования биомассы до экстракции чистой целлюлозы [2].

В работе выполнен комплексный анализ путей повышения выхода целлюлозы из водорослей рода *Cladophora*. Исследование включало сравнительный анализ видового состава, способов культивирования в условиях *in vitro* и *ex vitro* и методов экстракции целлюлозы.

Так, была дана сравнительная характеристика трех видов рода *Cladophora*: *C. sericea*, *C. glomerata* и *C. aegagropila*. Установлено, что наибольшее содержание целлюлозы демонстрирует вид *Cladophora aegagropila* – до 25% от сухой массы при культивировании *ex vitro* и до 40% в условиях *in vitro*. Этот вид также отличается высокой жизнеспособностью и неприхотливостью к условиям выращивания, что делает его наиболее перспективным для биотехнологического использования [1].

Также изучено влияние условий культивирования на накопление целлюлозы в биомассе водорослей. Определены оптимальные параметры: освещенность в диапазоне 500-200 $\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, температура 18-22 °С, уровень pH 7,5-8,5, концентрация CO₂ 1-2%, ограничение азота

до концентрации NO_3 – менее 0,5 г/л. Показано, что культивирование *in vitro* в фотобиореакторах позволяет достичь максимального выхода целлюлозы благодаря возможности точного контроля параметров среды. Для промышленных масштабов возможно использование систем открытых прудов (*ex vitro*), хотя в этом случае содержание целлюлозы снижается на 5-10%. Расчеты показывают, что переход на культивирование *Cladophora aegagropila* в оптимизированных условиях с использованием щелочной экстракции позволяет повысить выход целлюлозы на 15-20 % по сравнению с традиционными методами. Экономия достигается за счет снижения энергозатрат и стоимости реагентов [2].

Кроме того, проанализированы три основных метода выделения целлюлозы из водорослей: щелочная экстракция, экстракция с использованием ионных жидкостей и ферментативный гидролиз. Щелочная экстракция обеспечивает выход целлюлозы 50-70% при чистоте продукта 80-90% и времени обработки 4-6 часов. Метод с использованием ионных жидкостей показывает более высокие показатели – выход 70-90 % при чистоте свыше 95%, но требует 6-8 часов обработки и отличается высокой стоимостью. Ферментативный метод дает выход 30-50% при чистоте 85-95%, но является наиболее длительным – 24-72 часа. На основании проведенного анализа установлено, что для лабораторных и производственных условий метод щелочной экстракции представляет оптимальный компромисс, обеспечивая достаточно высокий выход и чистоту продукта при минимальных затратах [3].

Таким образом, сочетание культивирования *Cladophora aegagropila* в контролируемых условиях (*in vitro*) с последующим выделением целлюлозы методом щелочной экстракции является перспективным направлением современной биотехнологии для получения высококачественного возобновляемого целлюлозного сырья с заданными характеристиками.

Список литературы

1. Assessment of the Alga *Cladophora glomerata* as a Source for Cellulose Nanocrystals / Karl Mihhels Neptun Yousefi Jaanika Blomster Iina Solala Laleh Solhi Eero Kontturi, 2023 – URL : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.3c00380> (дата обращения 22.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
2. High-Value Utilization of Cellulose: Intriguing and Important Effects of Hydrogen Bonding Interactions—A Mini-Review/ Qing Zhang, Enqing Zhu, Tianqi Li, Lili Zhang, Zhiguo Wang, 2024 – URL : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.4c00823> (дата обращения 20.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
3. Preparation and Characterization of Nanocrystalline Cellulose from *Cladophora* sp./ S. Steven, Yati Mardiyati, 2021 – URL : https://www.researchgate.net/publication/352889874_Preparation_and_Characterization_of_Nanocrystalline_Cellulose_from_Cladophora_sp_Algae (дата обращения 22.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

УДК 691.175.664

Е.А. Маликов, Е.В. Перушкина, А.С. Сироткин
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА
К БАКТЕРИАЛЬНОЙ КОЛОНИЗАЦИИ
В МОДЕЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования «Казанский национальный исследовательский
 технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

г. Казань

e-mail: egmlkv@gmail.com

Пенополиуретан (ППУ) широко используется в промышленности и быту благодаря пористой структуре, низкой теплопроводности и стабильности. Однако в условиях повышенной влажности и контакта с органическими веществами материал подвержен микробной колонизации [1]. Одним из ключевых процессов биоповреждения является формирование биоплёнок – устойчивых микробных сообществ, закреплённых на поверхности полимера. Бактерии родов *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Ideonella*, *Rhodococcus* способны прикрепляться к полимерам и инициировать ферментативную деструкцию материала, что в перспективе может приводить к снижению эксплуатационных характеристик ППУ [2]. Согласно современным данным, биodeградация начинается с адгезии клеток и образования биоплёнки, после чего следуют ферментативное расщепление макромолекул, ассимиляция продуктов распада и минерализация [3].

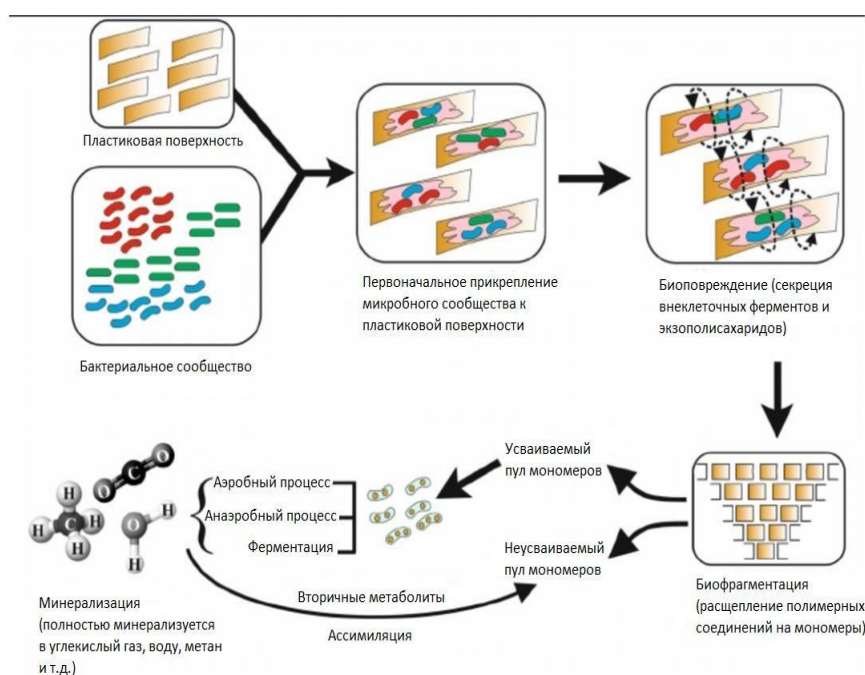


Рисунок 1 – Схема биodeградации полимерного материала [2]

Поэтому оценка устойчивости ППУ к бактериальной колонизации требует исследования как свободно плавающих клеток, так и иммобилизованных форм микробной биомассы — именно они формируют длительно существующие микробные сообщества на поверхности материала.

В качестве модельного тест-объекта была выбрана санитарно-показательная бактерия *Escherichia coli*, характеризующаяся воспроизводимой кинетикой роста и оптимальной температурой культивирования 35–37 °С. Суспензионная культура *E. coli* выращивалась в питательной среде при 35 °С в течение 24 часов, при этом оптическая плотность на $\lambda = 540$ нм достигала ~0,51 опт. ед., что соответствовало фазе активного роста. Стерилизованные образцы ППУ помещали в культуральную жидкость для оценки биообрастания.

Результаты гравиметрического анализа показали, что различные участки исследуемых образцов ППУ по толщине слоя образца обладают неодинаковой способностью к формированию биоплёнок. Это связано с неоднородностью структуры материала, различиями в поровом пространстве, гидрофильности поверхности и распределении функциональных антимикробных добавок по объёму. Анализ оптической плотности культуральной жидкости также продемонстрировал различия в ростовой активности бактерий в присутствии образцов ППУ, что подтверждает влияние полимерного материала на развитие микробной популяции в жидкости. Комплексный подход, сочетающий спектрофотометрический и гравиметрический анализы, позволил выявить особенности биообрастания ППУ и подтвердил необходимость оценки как свободно плавающих, так и иммобилизованных клеток. Полученные результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными и подтверждают, что пористая структура и химический состав ППУ играют ключевую роль в процессах адгезии и биоплёнообразования [3].

Список литературы

1. Debroy, A., George, N., Mukherjee, G. Role of biofilms in the degradation of microplastics in aquatic environments // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2021. – Vol. 97. – № 12. – P. 3271–3282. – DOI: 10.1002/jctb.6978.
2. Lv S., Li Y., Zhao S., Shao Z. Biodegradation of Typical Plastics: From Microbial Diversity to Metabolic Mechanisms // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol. 25, № 1. – Art. 593. – DOI: 10.3390/ijms25010593.
3. Zhai X., Zhang X.-H., Yu M. Microbial colonization and degradation of marine microplastics in the plastisphere: A review // Frontiers in Microbiology. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1127308. – DOI: 10.3389/fmicb.2023.1127308.
4. Shahriar Sh. M. Sh., Dipti S., Hossain M. S., Das N. Ch., Zakir H. M. Polyethylene Degradation by Microbes (Bacteria & Fungus): A Review // Journal of Global Ecology and Environment. – 2023. – Vol. 18, № 1. – P. 32–51. – DOI: 10.56557/jogee/2023/v18i18269.

УДК 547.458:615.03

**С.Т. Минзанова, Е.В. Чекунов, А.В. Хабибуллина,
Л.Г. Миронова, В.А. Милюков
ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМПЛЕКСА ПЕКТИН-МЕДЬ-ГЛИЦИН**

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ
Казанский научный центр РАН, Казань, Россия
420088, Россия, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 8.
e-mail: minzanova@iopc.ru*

В рамках приоритетного направления научно-технологического развития «Превентивная и персонализированная медицина, обеспечение здорового долголетия» (указ Президента № 529 от 18.07. 2024 г.) синтезирован новый комплекс пектин-медь-глицин, перспективный для разработки сорбентов с улучшенными характеристиками, которые могут применяться в медицине и фармакологии для детоксикации организма и повышения общей физиологической активности [1].

Для оптимизации процесса получения целевого комплекса необходимо было контролировать такие параметры как pH, температуру реакционной среды, продолжительность и молярное соотношение пектина, микроэлемента меди и аминокислоты глицина. Целевой продукт был охарактеризован современными физико-химическими методами (ИК спектроскопия, порошковая рентгеновская дифракция, ТГА/ДСК). ИК спектр комплекса в сравнении с ИК спектром цитрусового пектина и глицина приведен на рис. 1.

В ИК спектре пектина присутствуют интенсивные полосы поглощения, характерные для валентных колебаний ОН-группы с максимумом при 3429 см^{-1} , колебаний группы, содержащей связи СН в области 2928 см^{-1} , валентных колебаний групп С=О в областях 1634 и 1747 см^{-1} , соответствующих карбоксильной и метоксикарбонильным группам. В области $1300\text{--}1450\text{ см}^{-1}$ проявляются деформационные колебания СН-групп (1444 и 1371 см^{-1}). Интенсивные полосы в области $1106\text{--}1016\text{ см}^{-1}$ отвечают валентным колебаниям С—С и С—О пиранозных колец.

В ИК спектре глицина наличие интенсивных полос при 3169 , 3008 и 2971 см^{-1} указывает на валентные колебания связей N—H и O—H, соответствующие его амино- и карбоксильным группам. Полосы при 1611 см^{-1} и 1505 см^{-1} относятся к асимметричному и симметричному растяжению группы COO^- , что указывает на образование цвиттер-иона аминокислоты в твердом состоянии. Пики при $1444\text{--}1412\text{ см}^{-1}$ обусловлены деформационными колебаниями CH_2 -групп. Полосы при 1333 см^{-1} и около $1131\text{--}1033\text{ см}^{-1}$ связаны с валентными колебаниями связей С—N и С—O соответственно. Пики с более низкими волновыми числами (911 , 893 , 697 , 608 , 503 , 500 см^{-1}) относятся к скелетным колебаниям и внеплоскостным деформационным колебаниям.

В ИК спектре комплекса пектина с глицином наблюдаются широкая полоса поглощения ОН-групп и NH₂-групп с максимумом при 3412 см⁻¹, колебания группы, содержащей связи СН в области 2941 см⁻¹, валентные колебания группы С=О в области 1614 см⁻¹, которые несколько сместились относительно спектра исходного пектина. Вероятно, это связано с образованием связей между биополимером и молекулами глицина через ионы меди. Деформационные колебания групп в области 1300–1500 см⁻¹, характерных для СН-связи, не претерпевают значительных изменений, в то время как полосы поглощения валентных колебаний С–О–С и С–О пиранозных колец в области 1106–1015 см⁻¹ демонстрируют небольшое смещение. Кроме того, крайне важным является появление в спектре комплекса ярко выраженной полосы поглощения при 1331 см⁻¹, соответствующей валентным колебаниям С–N связи, и 1506 см⁻¹, соответствующей деформационным колебаниям N–H групп.

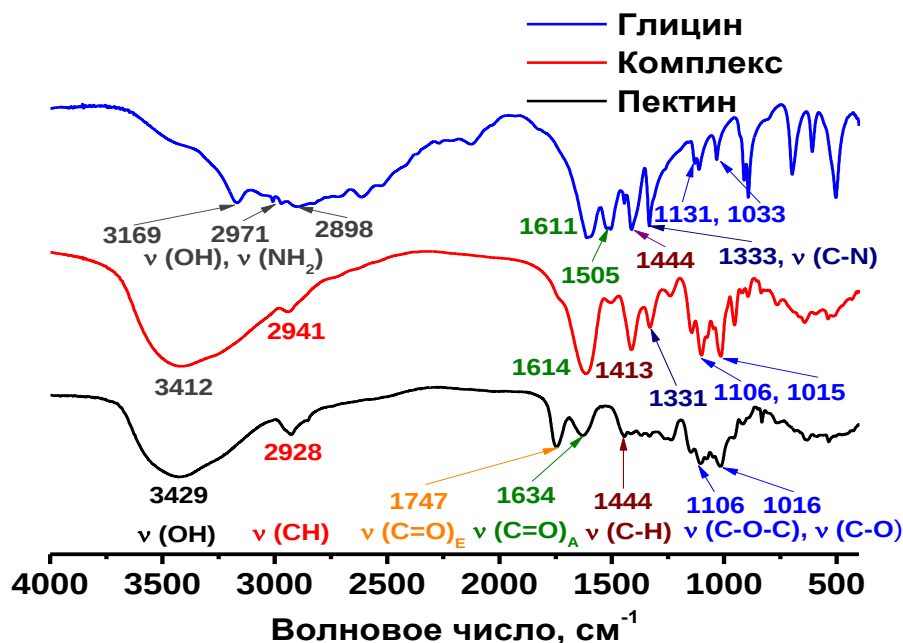


Рисунок 1 – ИК спектр цитрусового пектина, глицина, комплекса пектин-медь- глицин

Результаты подтверждают перспективность полученного биокомплекса, сочетающего свойства природного (растительного) пектина – натуральной пищевой добавки (Е440), микроэлемента меди, необходимого для нормального обмена веществ и антиоксидантной защиты, а также глицина, участвующего в синтезе белков и поддержке нервной системы.

Список литературы

1. Minzanova, S.T., V.F. Mironov, D.M. Arkhipova, A V. Khabibullina, L.G. Mironova, Y.M. Zakirova, V.A. Milyukov. *Biological Activity and Pharmacological Application of Pectic Polysaccharides: A Review.* // Polymers, 2018. 10(12). - P. 1407. DOI 10.3390/polym10121407.

УДК 547.458:664.661

С.Т. Минзанова^{1,2}, Е.В. Чекунков¹, Е.Н. Каримова²,
Л.Г. Миронова¹, В.А. Милюков¹

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКТИНОВ В ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

¹Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский научный центр РАН,

420088, Россия, г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 8.

²ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия,
e-mail: minzanova@iopc.ru

Ухудшение экологических условий во многих регионах России, сопровождающееся загрязнением окружающей среды и пищевых продуктов токсическими веществами и радионуклидами обуславливает необходимость более широкого использования в питании человека природных радиопротекторов и детоксикантов, к которым относятся пектины (E440). Пектин – это полисахарид растительного происхождения, состоящий преимущественно из частично этерифицированной метанолом полигалактурановой кислоты и её натриевых, калиевых, кальциевых и аммониевых солей (рис. 1).

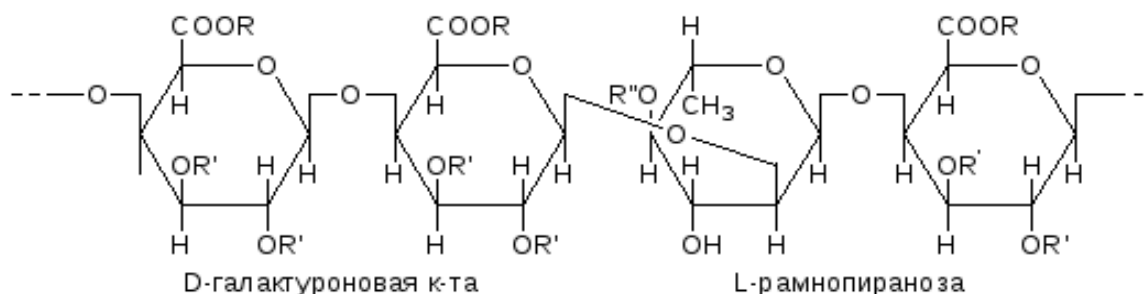


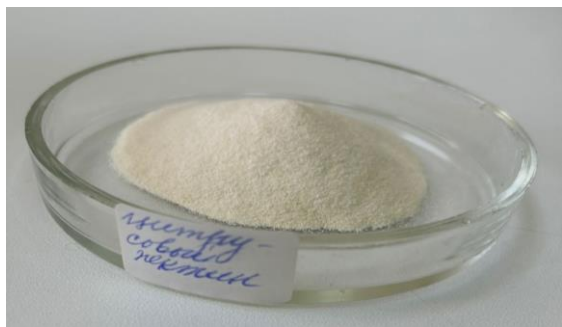
Рисунок 1 – Химическая структура пектина (R – H или R – CH₃)

Разработка функциональных продуктов с добавлением пектина и проведение профилактических мероприятий соответствует Приоритетным направлениям научно-технологического развития п. 2 «Превентивная и персонализированная медицина, обеспечение здорового долголетия» утвержденных Указом Президента Российской Федерации № 529 от 18 июня 2024 г. Одними из наиболее употребляемых населением продуктов питания являются хлебобулочные изделия, что делает их производство с добавлением пектина очень актуальной задачей. Из литературы известно, что оптимальная доза вносимого пектина составляет 0,2–0,8% от массы муки [1].

Внесение пектина в хлебобулочные изделия улучшает качество готовых продуктов, при этом придает им лечебные свойства и увеличивает срок

хранения. Кроме того, за счет увеличения влаги в тесте можно поднимать температуру в печи и сократить время выпечки, что положительно влияет на производительность процесса.

Нами была разработана рецептура булочки «Столичная» с добавлением цитрусового пектина Classic CS 401 (Германия). При дегустации отмечены высокие вкусовые и органолептические свойства булочек «Столичная» (рис. 2). По физико-химическим показателям булочки соответствует требованиям ГОСТ 27844-88 Изделия булочные. Технические условия.



А



Б

Рисунок 2 – Внешний вид цитрусового пектина (А) и булочки «Столичная» (Б)

Список литературы

1. Древин В.Е., Крючков Е.И., Крючкова Т.Е. Биологические аспекты применения пектина при производстве пшеничного хлеба // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 34. С. 37–41.

УДК 579.66; 577.112.6

Н.Б. Назарова, А.А. Марюшкина, В.В. Ревин

ПОЛИСАХАРИДНЫЕ МИКРОГЕЛИ

КАК НОСИТЕЛИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, 26Б

e-mail: n.sapunowa2016@yandex.ru

Пероральное применение лекарственных средств является самым естественным и удобным способом введения лекарств в организм человека. Перорально вводят около 75 % препаратов, обладающих способностью всасываться в желудочно-кишечном тракте в течение 1–3 ч после приема. Пероральные лекарственные формы наиболее распространены благодаря относительной простоте их производства, удобству пользования, точности дозирования и высокой стабильности [1]. Зачастую для доставки лекарственных веществ внутрь организма используют капсулы, гидрогели, микрогели и т.д.

Микрогели представляют собой водные, сшитые полимерные частицы со сверхвысокой молекулярной массой, которые представляют особый класс коллоидов благодаря своим полезным свойствам, включая настраиваемую архитектуру, высокую пористость и регулируемые размеры. Самая интересная особенность материалов данного типа – это их уникальная способность регулировать свои размеры в ответ на внешние стимулы, такие как температура, pH, ионная сила и качество растворителя [2]. Микрогели подобно капсулам позволяют избежать лекарственным веществам действия кислой среды желудка и доставить действующее вещество в нужное место. Однако данная способность зависит от материала капсулы [3].

Перспективным в данном направлении является использование микробных полисахаридов, которые отличаются рядом важных свойств (нетоксичность, биосовместимость и т.д.) [4]. Например, способность альгината при контакте с хлоридом кальция образовывать полые капсулы известна достаточно давно. Преимуществом использования альгината является также то, что высвобождение активного вещества из капсул можно регулировать [5]. Но, тем не менее, альгинат чувствителен к низким значениям pH. Этот недостаток может быть устранен путем добавления других полимеров в состав оболочки, например, бактериальной целлюлозы (БЦ) и пектина, что поможет не только доставить активное вещество, но и улучшить работу ЖКТ, поскольку БЦ может использоваться в качестве пищевых волокон.

Целью нашего исследования являлось получение микрогелей на основе альгината, пектина и бактериальной целлюлозы, с включенными в их состав молочнокислыми бактериями.

В ходе работы нами были получены три вида микрогелей (рис. 1) на основе альгината, БЦ:альгината и БЦ:альгината:пектина, каждый из которых содержал в себе 10^7 КОЕ *Lactobacillus acidophilus*.



А

Б

В

Рисунок 1 – Полученные микрогели на основе:

А – альгината; Б – БЦ/ альгината; В – БЦ/ альгината/ пектина

Результаты проведенного исследования показали, что полученные капсулы являются биологически совместимыми и не токсичными. Таким образом, возможно использование этих капсул для направленной доставки лекарственных препаратов в нужный отдел ЖКТ, со способностью сохранять и высвобождать лекарственные препараты с определенной скоростью. Кроме того, оценка устойчивости структуры, полученных микрогелей и жизнеспособности заключенных в микрогель молочнокислых микроорганизмов в модельных условиях желудочно-кишечного тракта, доказала способность изучаемых микрогелей сохранять структуру и жизнеспособность бактерий.

Список литературы

1. Современные онкопрепараты для внутреннего применения / О.Л. Орлова, Л.Л. Николаева, Л.А. Король [и др.] // Фармация и фармакология. – 2018. – № 5. – С. 440-461.
2. Functional Stimuli-Responsive Gels: Hydrogels and Microgels / C. Echeverria, S.N. Fernandes, M.H. Godinho [et al.] // Gels. – 2018. – Vol. 4. – P. 54-60.
3. The development of microgels/nanogels for drug delivery applications / J.K. Oh, R. Drumright, D.J. Siegwart, K. Matyjaszewski // Progress in Polymer Science. – 2008. – Vol. 22. – I. 4. – P. 448-477.
4. Pectin-microfibrillated cellulose microgel: Effects on survival of lactic acid bacteria in a simulated gastrointestinal tract / B. Chen, X. Lin, X. Lin [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 158. – P. 826-836.
5. Koshani R. A viewpoint on the gastrointestinal fate of cellulose nanocrystals / R. Koshani, A. Madadlou // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – P. 1-25.

УДК 577.1

С.Р. Рахматуллина
ВЛИЯНИЕ ЭПИНА И ЦИРКОНА НА МАССУ, ДЛИНУ
И АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ У ПШЕНИЦЫ
ПРИ ДЕЙСТВИИ МЕДИ

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

г. Уфа

e-mail: r.sveta@inbox.ru

Пшеница яровая сорта Салават Юлаев обладает хорошей урожайностью и устойчивостью к болезням. Однако ее продуктивность и качество снижаются под влиянием неблагоприятных факторов, в том числе загрязнения почвы тяжелыми металлами, такими как медь (Cu). Избыточное накопление меди в почве, возникающее в результате деятельности промышленных предприятий, применения медьсодержащих удобрений и пестицидов, приводит к нарушению физиологических и биохимических процессов в растениях, снижению урожайности и ухудшению качества зерна. Для повышения устойчивости растений к стрессовым факторам используются регуляторы роста, такие как Эпин и Циркон, обладающие антистрессовым и адаптогенным эффектом. Эпин способствует увеличению длины побегов, усилению кущения и формированию мощной корневой системы. Препарат стимулирует деление и растяжение клеток, что особенно важно в период вегетации. Под действием Эпина улучшается фотосинтетическая активность, что проявляется в увеличении площади листового аппарата и повышении уровня хлорофилла.

Циркон стимулирует увеличение длины побегов, массы корневой системы и общей биомассы, активирует деление и растяжение клеток, что способствует ускоренному росту и развитию вегетативных органов. Выраженное влияние наблюдается при стрессовых условиях, таких как засуха, засоление или загрязнение почвы тяжёлыми металлами. На биохимическом уровне Циркон активизирует антиоксидантные системы растений, снижая уровень окислительного стресса, стимулирует синтез ферментов антиоксидантной защиты, таких как супероксиддисмутаза (СОД), каталаза и пероксидаза, что способствует нейтрализации свободных радикалов и защите клеточных мембран от повреждений.

Одной из основных функций меди является ее участие в ферментативных реакциях. Медь участвует в фотосинтезе и дыхании. Компонент пластоцианин, медьсодержащий белок, способствует переносу электронов в фотосистеме I. Медь входит в состав цитохромоксидазы, которая управляет переносом электронов в митохондриях растений в процессе дыхания. Медь играет важную роль в синтезе лигнина. Лигнин является структурным полимером клеточной стенки растений, обеспечивающим механическую прочность, защищая от механических повреждений и устойчивость к патогенам. Основными источниками меди могут служить: минеральные вещества и органические

вещества. Медь входит в состав сульфидов, оксидов и органических комплексов. Органические удобрения - навоз, компост и другие органические материалы могут служить дополнительным источником меди. Соли тяжелых металлов являются мощным индуктором окислительного стресса [1].

Результаты эксперимента показывают, что Эпин повышает сухую массу побегов в варианте с медью на 31,6%, а массу корней на 30,8%, это указывает на улучшение метаболических процессов в корневой системе и активацию накопления биомассы.

Сухая масса побегов при обработке Цирконом в варианте с медью увеличилась на 24%, что говорит о стимуляции синтеза биомассы и снижении токсического эффекта меди. Сухая масса корней выросла на 29% под действием Циркона, что указывает на его защитную роль в условиях стрессового воздействия меди.

Длина корней в варианте Эпина с медью повышалась на 27,3%, отмечается защитный эффект Эпина при токсичности меди.

Циркон на фоне медного стресса увеличивал длину побегов на 40%, что указывает о стимуляции роста надземной части растения. Длина корней увеличилась на 36%, что указывает на восстанавливающее влияние Циркона на рост корневой системы при стрессовых условиях.

При совместной обработке Эпином и медью активность каталазы в побегах увеличивалась в 5,6 раза. В корнях - на 68%. Это свидетельствует о выраженной активации антиоксидантных ферментов, направленных на снижение уровня перекисного окисления под действием тяжелого металла.

В побегах активность каталазы увеличилась в 6 раз при применении Циркона в условиях медного стресса. В корнях активность каталазы выросла на 60%, что указывает об усилении антиоксидантной защиты растений под действием Циркона.

Таким образом, Эпин и Циркон проявляют защитное действие в условиях токсичности меди.

Список литературы

1. Foyer C. H., Noctor G. Redox Regulation in Photosynthetic Organisms: Signaling, Acclimation, and Practical Implications // Antioxid. Redox Signal, 2009. V. 11. P. 861-906.

УДК 661.183.1

А.С. Ревкова, В.В. Шутова
ВЛИЯНИЕ АЭРАЦИИ НА КИНЕТИКУ РОСТА
***AZOTOBACTER VINELANDII* 16 И ПРОДУКЦИЮ АЛЬГИНАТА**
В УСЛОВИЯХ БИОРЕАКТОРА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»,

г. Саранск

e-mail: revkovaanya194@gmail.com , vshutova@yandex.ru

Альгинат, получаемый из бактериальных культур, обладает уникальными физико-химическими свойствами, такими как способность образовывать гели и стабилизировать эмульсии, что делает его незаменимым в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Одним из способов получения альгинатов является культивирование бактерий, способных синтезировать эти полимеры.

Альгинаты представляют собой гетерополисахариды, состоящие из остатков β -D-маннуроновой (M) и α -L-гулууроновой (G) кислот. Бактериальные альгинаты, продуцируемые такими организмами, как *Azotobacter vinelandii*, отличаются от получаемых из водорослей наличием O-ацетилированных остатков маннуроновой кислоты и, как правило, обладают более высокой молекулярной массой – от 340 000 до 4 000 000 кДа [2]. Для бактерий этот полимер выполняет защитную функцию, оберегая клетки от кислорода и тяжелых металлов [1].

Благодаря уникальным свойствам – способности к гелеобразованию, биосовместимости, отсутствию токсичности и биоразлагаемости, альгинаты нашли широкое применение в медицине и пищевой промышленности. Разрабатываются системы доставки лекарственных средств с контролируемым высвобождением – гидрогели, наночастицы и микрокапсулы на основе альгината.

В пищевой промышленности альгинаты применяются в качестве гелеобразователей, загустителей и стабилизаторов (пищевые добавки E400–E404) [2]. Они также используются для производства съедобных пленок и покрытий, которые служат барьером, защищающим продукты от повреждения микроорганизмами и потери аромата, увеличивая срок их хранения.

Актуальность исследования культивирования *A. vinelandii* 16 в биореакторе связана с возможностью точного контроля условий для оптимизации выхода целевого биополимера альгината.

Эксперименты с варьированием интенсивности аэрации (0,5, 1,0 и 1,2 vvm) выявили парадоксальную закономерность. Максимальный выход альгината был достигнут при пониженной аэрации 0,5 vvm, что противоречит литературным данным, где обычно отмечается прямая зависимость продуктивности от уровня кислорода [3].

Наибольшая биомасса (5,25 г/л) также была зафиксирована при 0,5 vvm на вторые сутки, что свидетельствует об оптимальном балансе между доступом

кислорода и минимальным стрессом для клеток. Однако к третьим суткам наблюдалось резкое снижение показателя до 2,80 г/л, вероятно, из-за истощения питательной среды. При 1,0 vvm культура демонстрировала быстрое отмирание, а режим 1,2 vvm обеспечил промежуточный результат с задержкой роста (рис. 1).

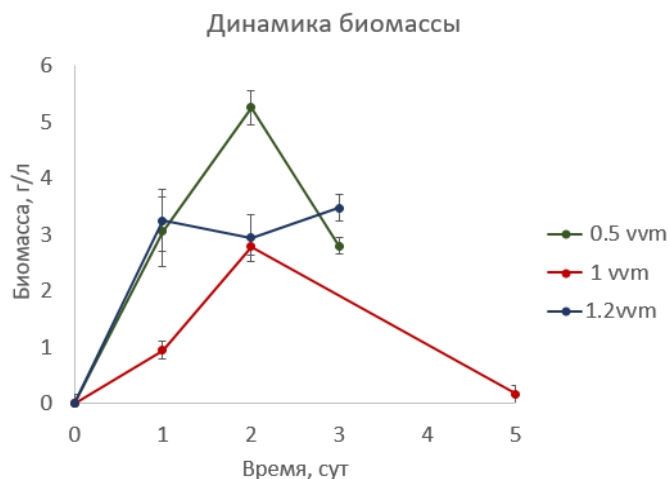


Рисунок 1 – Образование биомассы при культивировании бактерии *A. vinelandii* 16 в биореакторе

Синтез альгината напрямую зависел от режима аэрации. При 0,5 vvm пик выхода полимера был достигнут уже на первые сутки. При 1,0 vvm максимальный выход составил лишь 1,8 г/л, а при 1,2 vvm – 19,11 г/л, демонстрируя нелинейную зависимость.

Критическим фактором оказалась стабильность процесса. Условия 0,5 vvm обеспечили высокую начальную продуктивность, но требовали раннего сбора биомассы. Режим 1,2 vvm показал более равномерное, хотя и менее интенсивное, накопление альгината. Вероятной причиной того, что увеличение аэрации не дало пропорционального роста продуктивности, могла быть недостаточная скорость перемешивания (300 об/мин) для полного растворения избыточного кислорода. В то же время при 0,5 vvm выбранная скорость перемешивания создавала оптимальный баланс, что и привело к максимальному выходу продукта.

Список литературы

1. Шутова В. В. [и др.]. Использование левана *Azotobacter vinelandii* в качестве компонента биосорбентов соединений тяжелых металлов и радионуклидов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2021. – Т. 57. №. 1. – С. 77-86.
2. Шутова В. В., Русяева А. Б. Получение и оценка молекулярных свойств альгината, синтезированного при культивировании *Azotobacter vinelandii* Д-05 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 455-461.
3. Бонарцева Г. А. [и др.]. Биосинтез альгинатов бактериями рода *Azotobacter* // Прикладная биохимия и микробиология. – 2017. – №1. – С. 61–68.

УДК 579.66:632.954

С.Н. Стариков¹, Д.Р. Баймурзин², Д.В. Четверикова¹
ПЕРСПЕКТИВЫ БИОДЕГРАДАЦИИ ИМАЗЕТАПИРА
ШТАММОМ MX5

¹*Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, г. Уфа*

²*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной*
технический университет», г. Уфа

e-mail: Senik0406@gmail.com

Имидазолиноновые гербициды (ИГ) – высокоэффективный класс агрохимикатов, широко применяемый в сельском и лесном хозяйстве благодаря сильной селективности и низкой токсичности для млекопитающих [1, 2].

Главный недостаток ИГ – высокая устойчивость в окружающей среде. Абиотическая деградация (гидролиз, фотолиз) протекает медленно и зависит от специфических условий. Поэтому биodeградация является наиболее перспективным и безопасным методом устранения этих загрязнителей.

Понимание метаболических путей гербицидов, включая кинетику их распада и характеристику образующихся интермедиатов, позволяет разрабатывать эффективные стратегии биоремедиации и точно прогнозировать их поведение в окружающей среде. В связи с этим целью настоящей работы стало изучение биodeградации имидазолиноновых гербицидов на примере имазетапира и выявлении образующихся продуктов метаболизма.

Штамм MX5 культивировали в минеральной среде Раймонда с имазетапиром (50 мг/л) на шейкере (160 об/мин, 28°C, 4 суток). Клетки отделяли центрифугированием (8000 g), а надосадочную жидкость фильтровали через мембраны 1 кДа.

Для анализа использовали систему ВЭЖХ-МС (LCMS-IT-TOF, Shimadzu) с ионизацией ESI(-). Напряжение на капилляре -3,5 кВ, поток распыляющего газа 1,5 л/мин, температура десольватации 100°C, давление газа-осушителя 150 кПа, напряжение детектора TOF 1,6 кВ. Разделение осуществляли на колонке PerfectSil Target ODS-3 HD (150 × 4,6 мм, 5 мкм) в градиентном режиме с подвижной фазой: ацетонитрил (А) и 0,1% водный раствор уксусной кислоты (В). Градиент: 0-7,2 мин: 70-55% В; 7,2-10 мин: 55-20% В; 10-14 мин: 20-70% В; 14-17 мин: 70% В. Скорость потока 0,4 мл/мин, объем пробы 5 мкл.

ВЭЖХ-МС анализ показал снижение концентрации имазетапира на 59% за 4 дня культивирования и выявил в культуральной жидкости метаболит с m/z 164.0438 (рис. 1), предварительно идентифицированный как 2,3-пиридиндикарбоксамид.

Этот путь деградации согласуется с литературными данными. Аналогичный метаболит был обнаружен при деградации имазетапира штаммом IM9601 [1], так же штамм *Arthrobacter crystallopoietes* расщепляет родственный имазаквин через схожий механизм раскрытия гетероцикла [2].

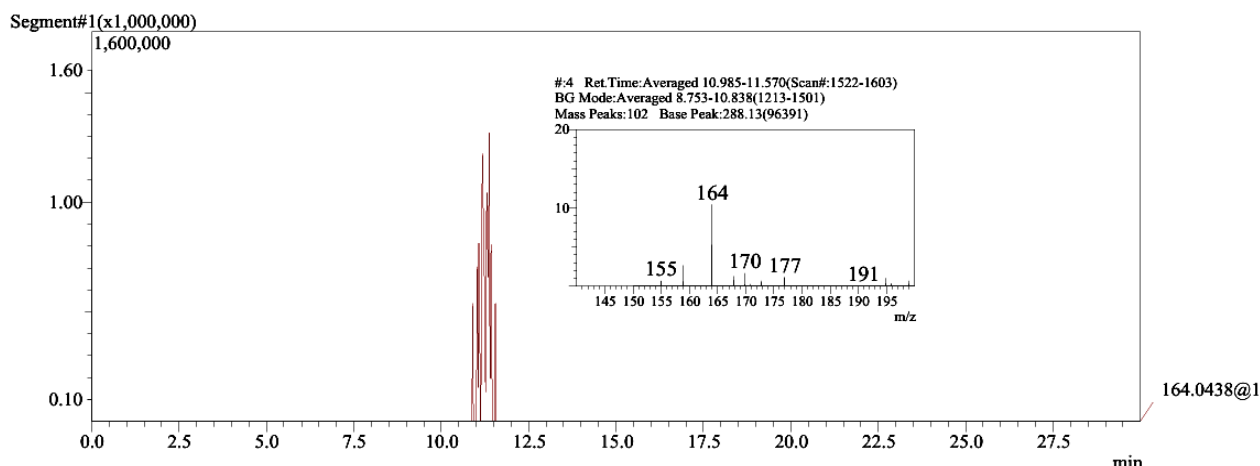


Рисунок 1 – Масс-спектрограмма, соответствующая метаболиту с m/z 164,0438

Таким образом, обнаружение 2,3-пиридиндикарбоксамида показывает, что штамм MX5 осуществляет критически важное расщепление имидазолинового кольца имазетапира. Данное свойство делает штамм MX5 перспективной основой для разработки биопрепарата для ремедиации почв, загрязненных имидазолиновыми гербицидами.

Список литературы

1. Biodegradation of Imazethapyr by Bacterial Strain IM9601 Isolated from Agricultural Soil / Z. Xu, B. Li, Y. Jia, X. Guo, F. Lv // *Current Microbiology*.– 2024.– Vol. 81, № 1.– P. 33.
2. Utilization and degradation of imazaquin by a naturally occurring isolate of *Arthrobacter crystallopoietes* / X. Wang, X. Liu, H. Wang, Q. Dong // *Chemosphere*.– 2007.– Vol. 67, № 11.– P. 2156-2162.

УДК 663.18

К.К. Стельмах, А.И. Билалова, Ф.А. Прищепов
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИЙ-ПРОДУЦЕНТОВ ПОЛИСАХАРИДОВ
ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа
e-mail: kstelmakh02@mail.ru

Экзополисахариды – это полимеры, состоящие из моносахаридов, соединенных гликозидными связями. Экзополисахариды находят широкое применение в медицине, пищевой, косметической, нефтедобывающей промышленности. Поиск и изучение продуцентов полисахаридов является актуальной задачей современной биотехнологии [1, 2].

Особенно перспективно использование ЭПС в сельском хозяйстве [3]. Экзополисахариды не только улучшают структуру почвы, предотвращая ее эрозию, но и повышают ее способность удерживать влагу, а также хелатируют тяжелые металлы.

Нами проведен скрининг с целью поиска и выделения продуцентов перспективных экзополисахаридов из растительных источников и почвы. Из лимона, пораженного мягкой гнилью был выделен штамм бактерий Гл-1, обладающий способностью синтезировать полисахариды в концентрации до 19 г/л. Штамм представляет собой грамотрицательные аэробные палочки, образует слизистые светло-желтые колонии на среде YDC.

Культуральная жидкость была испытана на способность стимулировать рост растений, в частности, на рост семян пшеницы, редиса и горчицы. Проращивание осуществляли по методике [4]. Длину проростков измеряли на четвертые сутки роста. В таблице представлены результаты трех независимых экспериментов в трех повторностях (3 чашки по 20 семян в каждой).

Таблица

Влияние культуральной жидкости на прорастание семян

Раствор	С/х культура	Длина проростков, см	Длина проростков от контроля, %	Масса семян, г	Масса семян от контроля, %	Всхожесть, %
Контроль	Пшеница	1.69±0.78	100	1.28±0.15	100	80.63±15.8
1:50		2.4±0.8	142	1.42±0.12	111	90.56±8.1
Контроль	Редис	2.41±0.85	100	0.601±0.15	100	90±5
1:50		2.8±0.24	116	0.625±0.06	104	90±8.7
Контроль	Горчица	3.47±1.09	100	0.224±0.03	100	77.5±3.5
1:50		6.38±1.12	183	0.311±0.1	144	76.7±2.9

Как видно из приведенной таблицы, обработка семян культуральной жидкостью в разведении 1:50 сопровождается увеличением длины проростков и массы семян. Наибольший эффект достигнут на семенах горчицы, длина проростков и масса увеличилась на 83 и 44 % соответственно, при этом, процент всхожести практически не изменился. В случае семян пшеницы длина

проростков и масса увеличилась на 42% и 11% соответственно. Наименьший эффект получен при обработке семян редиса, длина проростков увеличилась на 16%, а масса семян на 4%, что не является значительным увеличением, учитывая предел погрешности измерений.

Таким образом, полученный биопрепарат имеет высокий потенциал для использования в сельском хозяйстве в качестве стимулятора роста сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Mouro C., Gomes A.P., Gouveia I.C. Microbial Exopolysaccharides: Structure, Diversity, Applications, and Future Frontiers in Sustainable Functional Materials // Polysaccharides – 2024. – Vol. 5, No. 18, P. 241–287.
2. Oliveira J.M., Radhouani H., Reis R. L. Polysaccharides of Microbial Origin. – Springer, 2022. – P. 1292
3. Paul S., Parvez S.S., Goswami A., Banik A. Exopolysaccharides from agriculturally important microorganisms: Conferring soil nutrient status and plant health // International Journal of Biological Macromolecules – 2024. Vol. 262. no. 2 – 129954 – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129954>
4. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

УДК 579.64

М.Д. Тимергалин, Т.В. Рамеев, А.В. Феоктистова, С.П. Четвериков

**ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК
НА ФОНЕ ГЕРБИЦИДА ЧИСТАЛАН
НА КАЧЕСТВО (КЛАССНОСТЬ) ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ**

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, г. Уфа

e-mail: chelab007@yandex.ru

Качество зерна представляет собой один из определяющих факторов, обуславливающих его пищевую и технологическую ценность. Бактериальные штаммы, продуцирующие фитогормоны, обладают способностью стимулировать рост и развитие растений, что открывает перспективы для повышения качественных характеристик зерна и увеличения продуктивности растений.

Экспериментальные исследования проводились в условиях Зауральской степи на посевах мягкой яровой пшеницы сорта Экада-113. В ходе полевых опытов проводились бактериальные обработки с использованием ауксинпродуцирующего штамма *Pseudomonas protegens* DA1.2, а также АБК-синтезирующего штамма *P. mosselii* 5(3), в отдельности, и в комбинации с гербицидом Чисталан (на основе 2,4-Д и дикамбы). Оценка эффективности обработок (DA1.2, DA1.2+Чисталан, 5(3), 5(3)+Чисталан, Чисталан) осуществлялась по содержанию протеина и клейковины в зерне - основным параметрам, определяющим его классность - совокупность свойств зерна, которые определяют пригодность для удовлетворения определённых потребностей в соответствии с назначением. В российской классификации зерно пшеницы делят на 5 классов в соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия».

Оба штамма бактерий как по-отдельности так и в сочетании с гербицидом обеспечивали статистически значимое увеличение содержания протеина в образцах, достигнув значений 13 % и выше, по сравнению с контролем, где уровень протеина составлял всего 11,8 %. Аналогичным образом наблюдалось повышение содержания клейковины до 23 % и более, в то время как в контрольном варианте этот показатель не превышал 19,7 %. Полученные результаты соответствуют качественным характеристикам, присущим зерну III класса. Максимальные значения протеина (13,6%) и клейковины (23,9%) были зафиксированы в варианте с комбинированной обработкой DA1.2+Чисталан.

Обработка исключительно гербицидом чисталан ожидаемо не оказывала положительного влияния на качество зерна, его классность была на уровне V класса. Применение бактерий, как в отдельности, так и в сочетании с гербицидом, способствовало значительному улучшению качественных характеристик зерна, повышая его класс до третьего. Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы для разработки подходов улучшения качества зерна различных сельскохозяйственных культур.

УДК 631.53

Э.М. Тухватуллина, Г.М. Рахимова
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа
e-mail: bgau@ufanet.ru

В настоящее время выращивание экологически чистой сельскохозяйственной продукции невозможно без применения биопрепаратов, которые позволяют увеличить урожайность культуры, улучшить почвенное плодородие, повысить содержание необходимых растению микро- и макроэлементов [1,2].

На отечественном рынке производителей препаратов для сельского хозяйства компания ООО НВП «БашИнком» и Щелково Агрохим занимают лидирующие позиции [3,4].

В работе были проведены опыты по определению эффективности биопрепаратов Фитоспорин, БиоАзФк и Азафок и Биостим этих производителей на растениях томата в условиях защищенного грунта. Были выбраны сорта крупноплодных томатов Гиндула и Аида. Во время высадки в каждую лунку вносили органоминеральное удобрение «Хозяин плодородия» для активного старта. Обработку биопрепаратами проводили несколько раз за период вегетации уже после высадки рассады томатов на постоянное место. Это были фаза бутонизации – начала цветения, завязывания плодов, фаза развития плодов, период массового распространения болезней при нестабильной погоде.

Таблица 1

Средний вес плода томата при внекорневой обработке биопрепаратами
(г, условия защищенного грунта)

Вариант/сорт	Гиндула	Аида
Контроль	141,0	115,5
БиоАзФк	152,5	126,0
Биостим	153,5	121,0
Фитоспорин	148,5	118,5
Азафок	131,0	111,0

Обработка растений препаратами БиоАзФк, Фитоспорин и Биостим повлияла на увеличение массы плода томатов по сравнению с контролем, за исключением препарата Азафок (табл. 1).

За весь период вегетации с одного куста томатов сорта Гиндула было собрано 17-22 штук, сорта томатов Аида – 20-29 штук. В варианте с биопрепаратом БиоАзФк было собрано максимальное количество томатов – 22 и 29, соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Среднее количество плодов томата
(шт., куст, условия защищенного грунта)

Вариант/сорт	Гиндула	Аида
Контроль	19	25
БиоАзФк	22	29
Биостим	22	28
Фитоспорин	20	28
Азафок	17	20

Таблица 3

Урожайность томатов при внекорневой обработке биопрепаратами
(г., защищенный грунт)

Вариант/сорт	Гиндула	Аида
Биостим	5840,8	2437,4
Фитоспорин	55 93,0	2331,2
Азафок	4605,3	2020,4
БиоАз ФК	6658,4	2634,5
Контроль	5058,9	2103,8

Наиболее заметный эффект от обработки биопрепаратами был выявлен на стадии уборки томатов в варианте с применением препарата БиоАзФК, который обеспечил урожайность томатов на уровне 6658,4 г с куста сорта Гиндула и превысил урожайность контроля на 31% и 2634,5 г с куста сорта Аида и превысил контроль на 25% (табл.3).

Фитоспорин проявляет не только фунгицидную активность, но и обладает ростостимулирующей активностью. В нашем опыте применение препарата Фитоспорин повлияло на увеличение урожайности томатов обоих сортов на 10%.

Таким образом, полученные результаты опыта дают основание говорить о целесообразности использования биопрепаратов при выращивании томатов закрытого грунта.

Список литературы

1. Иванова, Е. В., Петров, А. И. (2022). Влияние биопрепаратов на урожайность овощных культур: современные подходы и перспективы. Журнал сельскохозяйственной науки, 112-120.
2. Смирнова, Т. Ю., Кузнецов, А. В. (2021). Биологические стимуляторы роста растений: эффективность и особенности применения. Агроэкологический журнал, 45-53.
3. <https://betaren.ru/>
4. <https://www.bashinkom.ru/>

УДК 620.95

А.Р. Хамитова, Л.Н. Герке, А.В. Князева
БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ
В ЦЕЛЛЮЛОЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
e-mail: larinick@yandex.ru

В целлюлозно-бумажном производстве одним из важных технологических этапов является утилизация сульфитных щелоков, и поэтому большой акцент в биохимической переработке уделяется отработанным щелокам. В этой связи, в целях снижения нагрузки на окружающую среду, актуальным и важным является биохимическая переработка моносахаридов отработанных сульфитных щелоков, позволяющая получить этанол, диоксид углерода, белковые кормовые дрожжи и другие органические соединения.

Гемицеллюлозы и лигнин древесины в процессе сульфитной варки целлюлозы переходят в сульфитный щелок в виде продуктов, пригодных для дальнейшей переработки. В результате гидролиза гемицеллюлоз и частично целлюлозы образуются пригодные для биохимической утилизации моносахариды и органические кислоты, а сульфонированный лигнин щелока (лигносульфонаты) представляет собой высокомолекулярное поверхностно-активное вещество [1]. Таким образом, органические вещества сульфитного щелока могут быть комплексно переработаны с получением ценных продуктов: белковых кормовых дрожжей, этилового спирта, жидкой и твердой углекислоты, растворителей и органических кислот, ванилина и т. д.

Биохимическая переработка щелоков, в зависимости от состава моносахаридов проводится на спиртодрожжевом или дрожжевом производствах [2]. В спиртодрожжевом производстве сначала утилизируются только гексозы, подвергающиеся спиртовому брожению. Остаток после отгонки спирта, так называемая сульфитно-спиртовая барда, содержащая пентозные сахара и органические кислоты, используется как среда для выращивания кормовых дрожжей.

Другой путь биохимической переработки щелоков – выращивание дрожжеподобных микроорганизмов, обладающих способностью усваивать гексозы, пентозы и многие органические кислоты.

Одним из основных условий обеспечения биохимических процессов является постоянство состава перерабатываемого раствора и отсутствие в нем веществ, ингибирующих жизнедеятельность культур микроорганизмов или химически связывающих промежуточные продукты биосинтеза [3]. С этой целью проводят специальную предварительную подготовку сульфитного щелока к биохимической переработке.

В результате проведения сульфитной варки целлюлозы нормального выхода из древесины ели в щелоке присутствуют пять моносахаридов

в следующем примерном соотношении, %: гексозы – манноза 50, галактоза 15, глюкоза 5; пентозы – ксилоза 25, арабиноза 5. Концентрация РВ в сульфитном щелоке от варки еловой древесины составляет 2,5...3,0 %, концентрация уксусной кислоты – 0,3...0,4 %.

Полное превращение сахаров в моносахариды, то есть питательные продукты для микроорганизмов, и создание среды, обеспечивающей возможность их активной жизнедеятельности – это главная задача подготовки сульфитных щелоков к биохимической переработке, также, как и подготовки гидролизата. Сюда входят операции по удалению избытка диоксида серы из щелока, его нейтрализации и обогащению питательными солями.

Переработка гидролизата и сульфитных щелоков биохимическими методами проводится одинаково и заключается в использовании микроорганизмов для получения кормовых белковых дрожжей, этилового спирта и углекислоты, средой жизнедеятельности которым служит сусло.

Список литературы

1. Wagner H. Biochemical and thermochemical conversion of wood to ethanol—simulation and analysis of different processes / H. Wagner, M. Kaltschmitt // *Biomass Conv. Bioref.* – 2013. – V. 3. – P. 87–102.
2. Enhanced fungal delignification and enzymatic digestibility of poplar wood by combined CuSO₄ and MnSO₄ supplementation / N. Wittner [et al.] // *Process Biochemistry.* – 2021. – N. 108. – P. 129–137.
3. A review of Canadian wood conversion technologies for the production of fuels and chemicals / A. Sreekumar [et al.] // *Can J Chem Eng.* – 2023. – N. 101. – P. 4331–4359.

УДК 663.1

Э.И. Хафизова, А.С. Сироткин
ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
e-mail: NuretdinovaEI@knrtu.corp.ru

Рентабельность предварительной обработки сырья является одним из основных факторов, влияющих на эффективность процессов биоконверсии лигноцеллюлозной биомассы. Как известно, крахмалосодержащие, лигноцеллюлозные и целлюлозосодержащие отходы агропромышленного комплекса могут служить сырьем для получения многих ценных продуктов путем микробной трансформации. Актуальной задачей как с экономической, так и с экологической точки зрения является утилизация твердых отходов агропромышленного комплекса, содержащих три основных компонента: целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин.

С целью повышения выхода редуцирующих сахаров разработана двустадийная обработка сырья кислотным гидролизом и последующим ферментализмом неосахаренной нерастворимой фракции сырья, что обеспечило в совокупности деполимеризацию (осахаривание) сырья до 95%. Таким образом, каждый этап гидролитической обработки оказывает специфическое воздействие на компоненты исходного сырья [1, 2].

В качестве исследуемого сырья использовали гранулированный свекловичный жом с ООО «Буинский сахар», Республика Татарстан (РТ), кукурузные кочерыжки агрокомплексов Кубанской области и пшеничную солому хозяйств Пестречинского района РТ.

Первоначально проводилась механическая обработка сырья для уменьшения размеров частиц и кристалличности, с целью увеличения удельной поверхности и доступности для гидролитического воздействия кислот и ферментов. Затем измельченное сырье просеивали через калиброванные сита и для экспериментальных исследований использовали среднюю фракцию сырья с размерами частиц 1-3 мм, просушенную до постоянной величины остаточной влажности в сушильном шкафу при 120 °С в течение 2-х часов.

Далее проводились процессы гидролиза сырья - отходов АПК при следующих технологических параметрах: температура в рабочем диапазоне от 150 до 190 °С; концентрация растворов минеральных кислот от 0,5 до 4,0 % масс.; гидромодуль закладываемого сырья 1:5,8 [3, 4].

В составе полученных гидролизатов содержатся биогенные элементы, потребляемые микроорганизмами в качестве компонентов питания, что повышает биологическую доброкачественность питательных сред на основе гидролизатов.

Далее для получения максимально возможного выхода редуцирующих веществ из сырья проводили ферментативный гидролиз твердого остатка, оставшегося после проведения кислотного гидролиза в шейкере Climo-Shaker ISF1-X в круглодонных колбах с рабочим объемом 150 мл при температуре 48 °С, рН 5,5-6,0 ед. рН и вращения 100 оборотах в минуту в течение 3 суток

(параметры температуры и pH подбирались по характеристикам используемых ферментов Новозаймс).

Разделение гидролизovaných проб осуществляли на лабораторной автоматической центрифуге Rotina 380R при скорости вращения ротора 7000 об/мин в течение 15 мин. Образцы полученных гидролизатов анализировали в соответствии с методиками, принятыми в химии растительного сырья, на содержание редуцирующих веществ по методу Бертрана, а также сухих веществ с помощью влагомера «МХ-50». Активную кислотность определяли с помощью анализатора «Мультитест ИПЛ-513». Для каждого проведенного процесса гидролиза отходов АПК с учетом полученных экспериментальных данных рассчитывали массу полисахаридов и концентрацию редуцирующих веществ по значениям конверсии исследуемого сырья, скорость проведенных процессов гидролиза, а также долю редуцирующих веществ в сухих веществах.

Из полученных экспериментальных данных следует, что

- в результате кислотного гидролиза сырья с использованием растворов серной и фосфорной кислот содержание редуцирующих веществ в гидролизатах свекловичного жома составило, в среднем, соответственно: 5,8% и 3,8% масс.; в гидролизатах кукурузных кочерыжек – 5,9% и 4,0% масс., в гидролизатах пшеничной соломы – 3,1% и 2,8% масс. [3, 4].
- в результате ферментативного гидролиза неосахаренного твердого осадка, содержание редуцирующих веществ в ферментолизатах свекловичного жома составило, в среднем, соответственно: 2,5% и 1,3% масс.; в ферментолизатах кукурузных кочерыжек – 3,6% и 2,1% масс., в ферментолизатах пшеничной соломы – 1,6% и 1,4% масс.

Таким образом, преимущество использования отходов АПК в качестве питательных сред многочисленны и охватывают экологический, экономический и технологические аспекты. Проведенные исследования показывают высокую эффективность предложенных сред на основе отходов АПК, т.е. полученные результаты свидетельствуют о возможности успешного культивирования спиртовых дрожжей на данных субстратах.

Список литературы

1. Нуретдинова Э.И. Переработка сахарной свеклы и ее отходов / Нуретдинова Э.И. [и др.] // Материалы конференции (г. Саратов): сборник статей II Международной научно-практической конференции . – 2021. – С. 113-116.
2. Нуретдинова Э.И. Биотехнологическая переработка растительных отходов агропромышленного комплекса как основа экологической безопасности / Нуретдинова Э.И. [и др.] // Материалы конференции (Ялта): Актуальная биотехнология. – №3(26). – 2018. – С. 534.
3. Шурбина, М.Ю. Характеристики процессов гидролиза свекловичного жома фосфорной кислотой с целью получения гидроли питательных сред для микробиологического синтеза / М.Ю. Шурбина [и др.] / Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т.71. – №9. – С.89-95.
4. Нуретдинова Э.И. Оценка гидролизатов кукурузных кочерыжек как компонентов питательных сред для культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Э.И. Нуретдинова [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т.70. – №5. – С.119-127.

УДК 615.451.16

А.С. Черникова, К.Ш. Казимова, Ю.В. Щербакова, Ф.Ю. Ахмадуллина
БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДНЫХ И ЭТАНОЛЬНЫХ
ЭКСТРАКТОВ СОЦВЕТИЙ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ
(TAGETES PATULA)

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань
 e-mail: blaccher@mail.ru

В современных условиях импортозамещения все большее внимание уделяется разработке биопрепаратов – экстрактов на основе нетрадиционного отечественного фитосырья, учитывая также неблагоприятную экологическую обстановку на сегодняшний день.

Выбор объекта исследования – соцветий бархатцев распростертых (*Tagetes patula*), был обусловлен ранее проведенными исследованиями с другими представителями семейства Астровые (ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*), календула лекарственная (*Calendula officinalis*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), девясил обыкновенный (*Inula helenium* L.)), препараты которых хорошо зарекомендовали себя не только в народной медицине [1].

Ниже представлены результаты по биохимической ценности водных и спиртовых экстрактов соцветий бархатцев распростертых, полученных на основании комплекса аналитических методов: гальваностатическая кулонометрия, определение общего числа флавоноидов и общего числа фенольных соединений (табл. 1) [2-5]. Экстракты были получены при экспериментально установленных рациональных параметрах процесса экстракции, осуществленной методом мацерации с перемешиванием [6].

Таблица 1
 Биохимический потенциал изучаемых экстрактов

Метод	Показатель	Водный экстракт	Спиртовый экстракт
Кулонометрия	ИААпр, мг/г	401	1133
Общее число флавоноидов	C _ф , мг%	6000	18600
Антирадикальная активность (DPPH)	% ингибирования	87	90
Общее число фенольных соединений	мг эквивалента галловой кислоты	2161	3201

Данные по качественному составу изучаемых экстрактов, полученных методом ВЭЖХ, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Компонентный состав водных и спиртовых экстрактов бархатцев

Компонент	Содержание, мг/г	
	Водный экстракт	Спиртовый экстракт
1. Галловая кислота	2,99	10,13
2. Гентизиновая кислота	13,99	20,65
3. Хлорогеновая кислота	0,48	0,81
4. Протокатеховая кислота	3,66	-
5. Кофейная кислота	0,06	3,94
6. Ванилиновая кислота	1,33	3,99
7. Катехин	5,35	0,05
8. Синаповая кислота	0,08	47,73
9. Рутин	3,43	11,48
10. Кверцетагетин	10,86	37,95
11. Кверцетин	3,96	0,48
12. Коричная кислота	0,39	0,51

Показано хорошее согласование результатов, полученных электрохимическим, спектрофотометрическим методами и методом ВЭЖХ.

Список литературы

1. Институт фармакопей и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств // Фармакопей URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/> (дата обращения: 03/11/2025).
2. Черникова А.С., Казимова К.Ш., Газизова О.В., Ахмадуллина Ф.Ю., Щербакова Ю.В. Эффективность кулонометрического и спектрофотометрического методов оценки антиоксидантной активности фитоэкстрактов при скрининге рациональных условий процесса экстрагирования // Бутлеровские сообщения. — 2025. — №. 2. — С. 117-123.
3. Katalinic V., Milos M., Kulisic T., Jukic M. Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols // Food chemistry. 2006. Vol. 94, no. 4. P. 550–557. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.12.004.
4. Rajurkar N.S., Hande S.M. Estimation of phytochemical content and antioxidant activity of some selected traditional Indian medicinal plants // Indian journal of pharmaceutical sciences. 2011. Vol. 73, no. 2. Pp. 146–151. DOI: 10.4103/0250-474x.91574.
5. K. KAZIMOVA , F. AKHMADULLINA , Y. SHCHERBAKOVA , E. NIKITIN, and A. AKULOV, Determination of Integral Antioxidant Activity of Phytoextracts on Rowan Fruits (*Sorbus aucuparia*) by Coulometric Titration / Asian Journal of Chemistry. 2022, т.34, в.11, с.2989-2993 (Scopus)
6. Казимова К.Ш., Ахмадуллина Ф.Ю., Акулов А.Н., Щербакова Ю.В., Никитин Е.Н. Скрининг параметров извлечения биологически активных веществ из цветов бархатцев распростертых и оценка антиоксидантной активности их водных экстрактов // Химия растительного сырья. — 2024. — №. 3. — С. 250-258.

УДК 579.66:547.94

А.А. Шакирова, Н.И. Петухова, В.В. Зорин

**БИОСИНТЕЗ АРАХИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ В УСЛОВИЯХ
ПОВЕРХНОСТНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА
MORTIERELLA ALPINA ВКПМ F-1280 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: metilorang89@mail.ru

Арахидоновая кислота (АК; 5,8,11,14-цис-эйкозатетраеновая кислота) – одна из важнейших полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), обладающая широким спектром биологической активности и находящая применение в медицине, фармакологии, косметологии, пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Перспективным подходом является использование микроорганизмов, способных к биосинтезу АК, в частности грибов рода *Mortierella* [1]. Твердофазное культивирование (ТФК) грибов-продуцентов ПНЖК с использованием отходов и побочных продуктов переработки растительного сырья представляет собой привлекательную стратегию, позволяющую значительно снизить производственные затраты за счет утилизации отходов и упрощения процесса культивирования [2,3].

В настоящей работе изучен синтез арахидоновой кислоты грибом *Mortierella alpina* ВКПМ F-1280 на различных отходах переработки растительного сырья. Культивирование гриба осуществляли на твердофазных средах, содержащих глицерин (20 г/л) и сульфат цинка семиводный (0,3 г/л). В качестве основного субстрата использовали овсяные хлопья, которые частично или полностью заменяли различными отходами производств: свекловичный жом, пивная дробина, подсолнечный и рапсовый жмых и шрот, гречневая и рисовая шелуха, конопляная лузга, спиртовая барда, шрот расторопши. Соотношение овсяных хлопьев и отхода варьировали в пределах 30/90, 60/60, 90/30, 120/0 г/л. В качестве контроля использовали среду, содержащую только овсяные хлопья (120 г/л). Культивирование гриба *M. alpina* ВКПМ F-1280 проводили при температуре 23±2°C в течение 20 суток.

В результате исследования было установлено, что увеличение содержания овсяных хлопьев в среде (от 0 до 90 г/л) положительно влияет на выход биомассы воздушного мицелия гриба. Максимальный выход биомассы наблюдался на контрольной среде, содержащей только овсяные хлопья (120 г/л), и составил 25,2 г/кг. При культивировании гриба на смесях овсяных хлопьев и отходов максимальный выход биомассы достигался при соотношении компонентов 1:1 и составил 13 г/кг при культивировании на свекловичном жоме, 15,2 г/кг на пивной дробине и 10 г/кг на конопляной лузге. Использование других исследуемых субстратов приводило к значительно меньшему выходу биомассы. Следует отметить, что культивирование гриба на

средах, содержащих только отход (без добавления овсяных хлопьев), приводило к скудному росту. В связи с этим, частичная замена овсяных хлопьев на свекловичный жом представляется целесообразной для увеличения выхода биомассы гриба-продуцента АК.

При анализе жирнокислотного состава было показано увеличение содержания арахидоновой кислоты в липидах гриба при повышении доли отхода в овсяной среде. Так, при культивировании гриба на овсяной среде с пивной дробинкой содержание АК составило 72,7%, со свекловичным жомом – 75,8%, а с конопляной лузгой – 82%. Кроме того, было установлено, что культивирование гриба на среде, содержащей только отход промышленности (гречневая шелуха, свекловичный жом, конопляная лузга) без добавления овсяных хлопьев, приводит к биосинтезу липидов с высоким содержанием арахидоновой кислоты (70-82%). Однако, выход биомассы в этих условиях оставался невысоким. В связи с этим, необходимы дальнейшие исследования, направленные на поиск способов увеличения роста гриба при культивировании на средах, содержащих преимущественно отходы, например, за счет добавления дополнительных источников углерода.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что свекловичный жом, пивная дробина и конопляная лузга в сочетании с глицерином и овсяными хлопьями могут рассматриваться в качестве перспективных субстратов для твердофазного культивирования гриба *M. alpina* ВКПМ F-1280 с целью биосинтеза липидов с высоким содержанием арахидоновой кислоты.

Список литературы

1. Sakuradani, E., Ando, A., Ogawa, J. and Shimizu, S. Applied microbiology and biotechnology, 2009, V. 84, pp. 1-10. DOI 10.1007/s00253-009-2076-7
2. Патент RU 2716106C1. Способ получения полиненасыщенных жирных кислот с высоким содержанием арахидоновой кислоты в липидах воздушного мицелия гриба *Mortierella alpina* (варианты) / Зорин, В.В., Петухова, Н.И., Шакирова, А.А.// опубл. 2020.
3. Shakirova A. A., Petukhova N. I., Zorin V. V. Biosynthesis of arachidonic acid using *Mortierella alpina* VKPM F-1280 fungus during its cultivation on beet pulp //Russian journal of general chemistry. – 2024. – Т. 94. – №. 13. – С. 3655-3660. <https://doi.org/10.1134/S1070363224130292>

УДК 575.224.46

Н.А. Шумкин, Е.В. Мокшин
ПОЛУЧЕНИЕ СУПЕРПРОДУЦЕНТОВ ВОДОРОСЛЕВОЙ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С УНИКАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
НА ПРИМЕРЕ *CLADOPHORA*

ФБГУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,
г. Саранск

e-mail: nikitashumkin123@gmail.com, Evmokshin@yandex.ru

Целлюлоза, синтезируемая *Cladophora*, характеризуется высокой степенью кристалличности (до 95%), устойчивостью к гидролизу и превосходными механическими свойствами, что делает ее перспективной для биомедицинских, нанотехнологических и промышленных применений. Она демонстрирует высокие механические свойства благодаря большой степени полимеризации, линейной ориентации цепей и системе прочных водородных связей, обеспечивающих устойчивость клеточных стенок [2].

В качестве продуцентов водорослевой целлюлозы наибольший интерес представляют виды *Cladophora glomerata* и *Aegagropila linnaei*, отличающиеся повышенным ее содержанием (до 30% от сухой массы) и устойчивостью к внешним воздействиям [1].

Учитывая ценные свойства данного вида целлюлозы и высокую продуктивность, становится очевидной возможность повышения эффективности её получения. Поэтому перспективным является использование современных методов воздействия на продуценты, позволяющее увеличить выход целлюлозы с заданными характеристиками. К таковым относится индуцированный мутагенез, включающий физические, химические и биологические методы воздействия.

Физический мутагенез – УФ-излучение с различными параметрами времени и интенсивностью излучения позволяет вызвать мутации способные увеличить выход целлюлозы [6]. Эффективность подобных методов подтверждается результатами исследований по радиационному мутагенезу микроводорослей. Так, обработка культуры *Chlorella sp.* гамма-лучами дозой 800 Gy приводила к повышению содержания липидов, увеличению продуктивности биомассы и, следовательно, целлюлозы [4].

Химический мутагенез, основанный на использовании химических агентов, таких как перекись водорода, различных токсичных красителей, заместителей оснований также позволяет вызвать мутации. Изменяя время воздействия, концентрацию мутагенов можно получить требуемые нам показатели [6]. Это подтверждается результатами исследований Д. Перина и А. Беллан (2015), в которых они обрабатывали водоросли *Nannochloropsis gaditana* мутагеном EMS, что приводило к существенному увеличению выхода биомассы [5].

Биологический мутагенез дает возможность направленно изменять экспрессию генов, ответственных за биосинтез целлюлозы. Так технология CRISPR-Cas9 обеспечивает высокую точность таких модификаций. В исследовании Wei и др. (2017), на основе *Nannochloropsis oceanica* была создана линия с гиперэкспрессией активазы RuBisCO, что приводило к увеличению на 32 % скорости роста и повышению на 28 % фотосинтеза при низком уровне CO₂ [3].

Таким образом, индуцированный мутагенез доказал эффективность в получении штаммов с повышенным синтезом целлюлозы, позволяя точно изменять генетический аппарат с помощью физических, химических и биологических мутагенов.

Список литературы

1. Assessment of the Alga *Cladophora glomerata* as a Source for Cellulose Nanocrystals / Karl Mihhels Neptun Yousefi Jaanika Blomster Iina Solala Laleh Solhi Eero Kontturi, 2023 – URL : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.3c00380> (дата обращения 28.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
2. Cellulose from Cladophorales green algae: From environmental problem to high-tech composite materials / Albert Mihranyan, 2011 – URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.32959> (дата обращения 27.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
3. Enhancing photosynthetic biomass productivity of industrial oleaginous microalgae by overexpression of RuBisCO activase / Wei L., Wang Q, 2017 – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211926417300516?via%3DiHub> (дата обращения 16.11.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
4. Gamma ray mutants of oleaginous microalga *Chlorella* sp. KM504965 with enhanced biomass and lipid for biofuel production / Dhandapani Senthamilselvi & Thangavel Kalaiselvi, 2022 – URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-022-02400-9> (дата обращения 16.11.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
5. Generation of random mutants to improve light-use efficiency of *Nannochloropsis gaditana* cultures for biofuel production / Giorgio Perin, Alessandra Bellan, 2015 – URL : <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-015-0337-5> (дата обращения 16.11.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
6. Модификация геномов растений: от индуцированного мутагенеза до геномного редактирования / А.Б. Щербань, 2022 – URL : https://sites.icgbio.ru/vogis/download/13_Shcherban.pdf?ysclid=m7uruf82m340164354 (дата обращения 28.10.2025) – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

УДК 66.092

З.Р. Якупова, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
***BACILLUS LICHENIFORMIS* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**
ИССЛЕДУЕМЫХ РОСТОВЫХ ФАКТОРОВ

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
e-mail: valrt2008@rambler.ru

В производстве пробиотических препаратов ветеринарного назначения до настоящего времени используют дорогие компоненты сырья: кукурузный экстракт, казеин, в качестве углеводного питания: растворы сахарозы, глюкозы и вопрос замены дорогих компонентов на более дешевые стоит остро.

В работе рассматривались следующие отходы [1-3]:

- крахмалопаточного и мукомольного производства – кукурузная мука и кукурузный экстракт, гороховая мука;
- перерабатывающей промышленности: мясоперерабатывающей – кровяная мука и костная мука.

Мясокостная мука – аморфное вещество светло-серого цвета, содержащее фосфор в виде трехзамещенного фосфата кальция и немного азота. Мясокостная мука является белковым кормом животного происхождения, содержит много протеина, но по аминокислотному составу бедна метионином и триптофаном [1].

Кровяная мука содержит большое количество белка около 80%, 900 мг/кг железа, является источником аминокислот треонина (0,05% в свободной форме), 5% гистидина, лизина, метионина. В кровяной муке хорошего качества содержится до 9% воды, 3% жира, 6% золы и не менее 80% протеина. Энергетическая ценность 1 кг кровяной муки составляет 14 МДж обменной энергии [2].

Гороховая мука, как и другие виды муки зернобобовых культур по сравнению с пшеничной мукой содержит больше белков на 50%, жиров на 55%, пищевых волокон на 69% [3]. Семена таких бобовых культур могут быть использованы в качестве компонентов для обогащения продуктов питания.

При проведении процессов культивирования пробиотических культур рода *Bacillus licheniformis* в качестве минерального питания в контрольных процессах использовали минеральные компоненты солей: сульфаты, фосфаты, хлориды и сахарозу. В экспериментальных процессах в качестве углеводного питания компоненты питательных сред вместо сахарозы использовали исследуемые гидролизаты.

Процессы культивирования пробиотических культур с использованием различных ростовых факторов проводили на качалочных колбах в шейкере с соблюдением параметров паспортов культур при 100 об/мин и температуре

30°C. Полученные сравнительные данные проведенных процессов с использованием ростовых факторов представлены на рисунке 1.

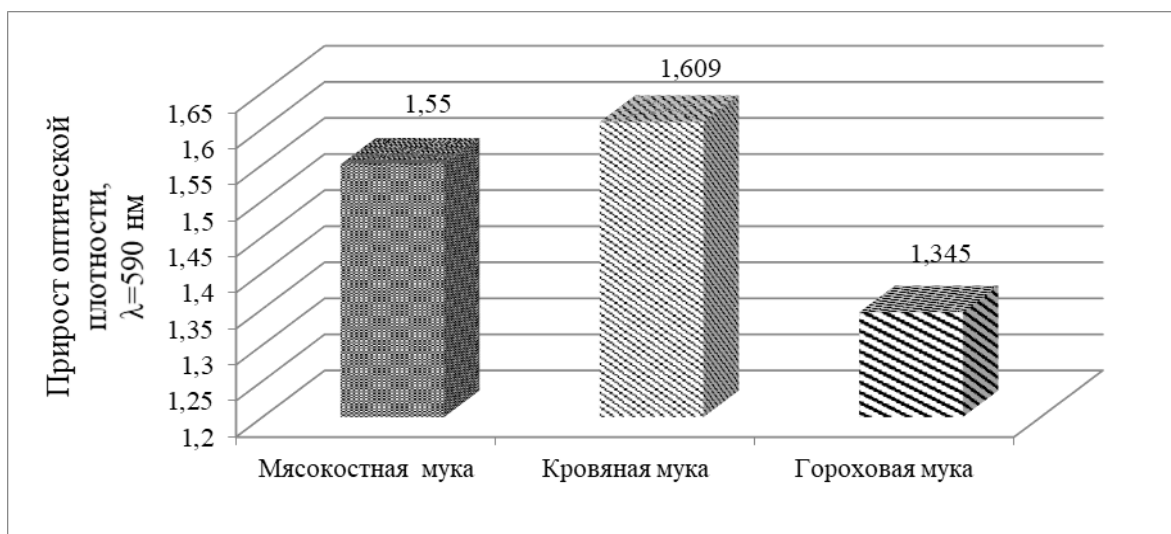


Рисунок 1 – Максимальный прирост оптической плотности для *Bacillus licheniformis*

Из сравнительного анализа процессов культивирования пробиотических культур *Bacillus licheniformis* по оценке возможности использования ростовых факторов следует, что наилучшим ростовым фактором является кровяная мука. А потребление углеводов в данных процессах достигает 95-97%.

Список литературы

1. Мавлетшина Д.Г. Исследование процессов культивирования спорообразующих бактерий на средах с гидролизатом мясокостной муки и свекловичного жома / Д.Г. Мавлетшина, Р.Т. Валеева, М.Ю. Шурбина, Д.В. Тунцев // материалы конференции Пищевые технологии и биотехнологии. XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 18–21 апреля 2023 г.). – Казань: Изд-во КНИТУ. – 2023. – С.438-441.
2. Ильина А.А. Питательные среды для производства пробиотических препаратов на основе гидролизатов пищевых производств / А.А. Ильина, А.Ф. Мухамедшин, Н.Р. Хабибуллина, Р.Т. Валеева // Горизонты биотехнологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых (25 декабря 2020 г., г. Орел), ОГУ имени И.С. Тургенева. – Орел. – 2021. – С.108-111.
3. Мухамедшин А.Ф. Получение пробиотических препаратов на основе гидролизатов гороховой муки для сельскохозяйственных животных/ А.Ф. Мухамедшин, А.А. Ильина, Р.Т. Валеева // Наука молодых - будущее России: сб. научных статей 7 Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (12-13 декабря 2022 г) Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. – 2022. – Т.5. – С.506-509.

УДК 66.092

З.Р. Якупова, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев
ОЦЕНКА ПЕНООБРАЗОВАНИЯ
В ПРОЦЕССАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
e-mail: valrt2008@rambler.ru

Для регулирования уровня образующей пены при проведении процессов культивирования микроорганизмов и предотвращения ее выброса из биореактора используют различные методы:

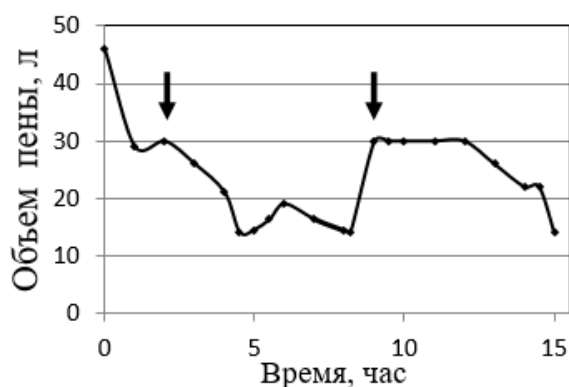
- Воздействие на пену химическими и физическими средствами: использование питательных сред с пониженными пенообразующими свойствами, добавление поверхностно активных веществ, уменьшающих прочность пленок пены.
- Разрушение пены механическими, гидро- и аэродинамическими способами: ударное воздействие поверхностей деталей и элементов; воздействие жидкости или газа; сепарирование пены инерционными, центробежными и другими методами; легкое изменение давления газа в пене; захват и разрушение пены потоками перемешиваемой жидкости.
- Разрушение пены при физических воздействиях: колебания звуковой и ультразвуковой частоты; термическое пеногашение острым паром или при помощи нагретой жидкости; электрическое пеногашение.
- Стабилизация уровня пены путем временного уменьшения расхода аэрирующего воздуха: отключение механической мешалки, вывод избыточной пены из аппарата.
- Комбинированные воздействия: химические и механические способы пеногашения, а также их сочетания.

Комбинированные системы автоматического пеногашения позволяют более эффективно регулировать уровень пены в биореакторе при минимальном расходе электроэнергии и химического пеногасителя. Стабильность уровня пены обеспечивает наиболее благоприятные условия для снабжения микроорганизмов O_2 , и отвода CO_2 [1].

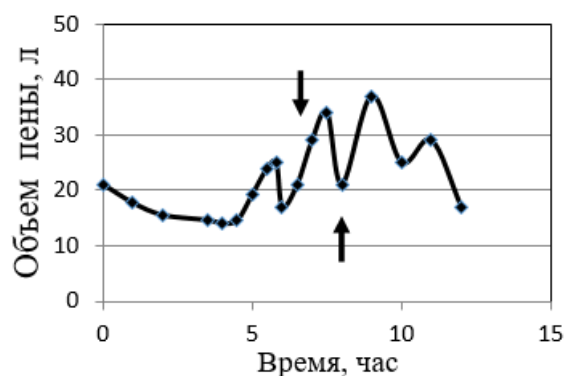
В работе проведена оценка пенообразования в процессах культивирования спорообразующих бактериальных культур выбор способа пеногашения при минимальном снижении массообменных характеристик биореактора. В качестве бактериальных культур использовали *Bacillus licheniformis* и *Bacillus subtilis*.

Процесс выращивания культуры осуществляли в периодическом режиме до полного срабатывания субстрата при аэрации воздухом. В ходе роста культуры путем регулирования скорости вращения мешалки и расхода воздуха, подаваемого на аэрацию не допускали падение концентрации растворенного кислорода ниже 2,5 - 3,0 мг/л.

Полученные данные процессов пенообразования при культивировании спорообразующих бактериальных культур приведена на рисунке 1 (стрелками показаны моменты подачи субстрата - подпитки).



Bacillus licheniformis



Bacillus subtilis

Рисунок 1 – Динамика пенообразования в процессе культивирования

Для первых процессов культивирования спорообразующих культур использовали в качестве пеногасителя подсолнечное масло, его расход составил 120 мл. Для вторых процессов использовали в качестве пеногасителя пропинол Б400, его расход составил 30 мл. Причем среднее значение интенсивности аэрации в первых процессах составлял 0,87 л/л·мин, а во-вторых 1,05 л/л·мин.

Из полученных данных процессов культивирования спорообразующих бактерий следует что наиболее эффективным пеногасителем является пропинол Б400, так как расход его составил в 4 раза меньше, чем подсолнечного масла. Однако следует отметить, что механический пеногаситель не допустил выброса пены.

Список литературы

1. Практикум по биотехнологии: учебное пособие / сост. И.В. Тихонов [и др.]: – М.– 2010. – 330 с.
2. Пробиотические препараты для сельскохозяйственных животных на основе *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* /А.А. Ильина, А.Ф. Мухамедшин, Р.Т. Валеева // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 7 международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (12-13 декабря 2022 г) Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2022. – Т.5. – С.477-480.
3. Мавлетшина, Д.Г. Питательные среды для пробиотических препаратов на основе рода *Bacillus* // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (20–21 апреля 2023 г) – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. поли-техн. ун-та, 2023. – С.349 -353.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ
СЕКЦИЯ**

УДК 37.013.42

В. Б. Жукова, Ю. В. Щербакова
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ТРЕНАЖЕРА ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОХИМИЯ»
ПО НАПРАВЛЕНИЮ БАКАЛАВРИАТА 19.03.01 - BIOTEKHOLOGIYA
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань
e-mail: v.zhuckova@yandex.ru

На сегодняшний день все большее внимание уделяется развитию в нашей стране конкурентоспособного сектора биоэкономики, основополагающее положение в которой занимают современные биотехнологии, направленные на создание новых процессов и продуктов, способствующих энергетической безопасности и сокращению зависимости от ископаемых ресурсов [1].

Для успешной реализации данного проекта необходимо обеспечить подготовку высокопрофессиональных кадров – биотехнологов, что должно быть учтено при составлении учебного плана бакалавров по направлению подготовки 19.03.01 – Биотехнология, изучении фундаментальных дисциплин и, в первую очередь биохимии. Ниже, в качестве примера, приведена структура и содержание дисциплины «Биохимия», представленная в рабочей программе, разработанной на кафедре промышленной биотехнологии КНИТУ (табл. 1) [2].

Таблица 1

Структура и содержание дисциплины «Биохимия»

Раздел дисциплины	Виды учебной работы (в часах)		
	Лекции	Лабораторные	СРС
1. Белки и аминокислоты	5	13	7
2. Ферменты	3	10	5
3. Углеводы и их обмен	4	8	5
4. Липиды и их обмен	4	6	5
5. Витамины	2	4	5
6. Нуклеиновые кислоты	4	4	5
7. Метаболическая генерация и хранение энергии	6		1
8. Обмен азота и синтез белка	2		1
9. Организация и регуляция обменных процессов	2		1
10. Современные методы молекулярной биологии и их применение в биотехнологии	4		1
Итого	36	45	36

При изучении этой дисциплины, как показал опыт, большое внимание должно быть уделено форме и содержанию самостоятельной работы студентов, позволяющей более глубоко усвоить пройденный материал. Для этого был создан интернет-тренажер для самотестирования знаний студентов в универсальной системе управления обучением MOODLE (72 тест-заданий и 5 кейс-задач) [3].

Платформа MOODLE позволяет контролировать активность студентов, время их учебной работы в сети, определять пробелы в знаниях бакалавров и акцентировать внимание на сложных темах, обеспечивает эффективность и комфортность процесса самостоятельной работы в связи с возможностью использования персонального компьютера или смартфона. Контроль обучения может проводиться по каждому модулю дисциплины в виде промежуточных и итоговых тестов, а также предполагает проверку остаточных знаний в рамках графика учебного процесса (табл. 2).

Таблица 2

Результаты итогового тестирования бакалавров
по направлению подготовки 19.03.01 - Биотехнология

Профиль	Количество студентов	Количество заданий	Усредненный % правильно выполненных заданий
Промышленная и экологическая биотехнология	13	19	92
Пищевая биотехнология	8	19	92
Фармацевтическая биотехнология	16	19	91

Таким образом, приведенные данные однозначно подтверждают высокую эффективность использования интернет-тренажера для изучения предмета «Биохимия» и, как следствие, необходимость использования разработанного тренинга при реализации самостоятельной работы студентов.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
2. Основы биохимии и молекулярной биологии: практикум / Акулов А. Н., Ю.В. Щербакова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2022. – 88с.
3. Проектирование и разработка дистанционного учебного курса в среде Moodle 2.7: учебно-методическое пособие / Н.П. Клейносова, Э. А. Кадырова, И.А. Телков, Р.В. Хруничев. Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2015. – 160с.

УДК 37.02

Й.В. Кобелева¹, Е.В. Перушкина¹, З.З. Хайбуллина², А.С. Савинич²

**ПРОЕКТНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ
ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ**

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), г. Казань

²АНО ДПО «Академия цифрового творчества», г. Альметьевск

e-mail: KobelevaIyV@corp.knrtu.ru

Ускорение темпов развития современного общества становится одной из причин реформирования образовательной системы школы, совмещающих традиционные элементы проведения занятий и внедрение интерактивных методов обучения. Широко используемый в настоящее время проектно-деятельностный подход в образовательной траектории ученика предполагает предоставление возможности активного и разностороннего познания, стимулируя его самостоятельность. Главным результатом выбранной образовательной технологии становится развитие индивидуальности обучающегося, основанное на его учебной деятельности [1,2].

Основная цель проектно-деятельностного подхода — научить детей находить решения без вмешательства взрослого. Учитель (в роли наставника) лишь мотивирует и направляет ребёнка, в случае необходимости подсказывает источники и методы поиска необходимой информации [1,4].

Рассмотрим несколько преимуществ выбранного обучающего подхода:

- 1) развитие навыков самостоятельной работы и исследовательской деятельности;
- 2) возможность применять знания на практике;
- 3) целостное развитие личности ученика [3-5].

Наиболее важным элементом в процессе реализации проектно-деятельностной методологии является положительное влияние на мотивацию учащихся, по нескольким причинам [4,5]:

- вовлечение и интерес: ученики исследуют темы, которые считают актуальными и важными, процесс разработки проекта делает обучение более увлекательным, а результат — осязаемым;
- развитие чувства ответственности: работа над проектом часто требует от учащихся принятия на себя ответственности за результат, что формирует у них навыки самоорганизации, планирования и влияет на мотивацию. Успешная реализация проекта приносит чувство удовлетворения и уверенности в своих силах;
- креативность и самовыражение: проектная деятельность способствует развитию креативности, позволяя учащимся подходить к заданию с разных сторон. Ученики могут проявлять свою индивидуальность, экспериментировать с идеями и формами представления материала, что увеличивает их заинтересованность в учёбе;
- связь с реальной жизнью: учащиеся имеют возможность исследовать актуальные социальные, экологические или культурные проблемы, которые

касаются их окружения. Это создаёт дополнительный уровень мотивации, так как они осознают практическое применение своих знаний и умений;

- оценка и рефлексия: проектная деятельность включает в себя этапы оценки и рефлексии, что способствует углублённому пониманию процесса обучения. Ученики учатся анализировать свои действия, выявлять сильные и слабые стороны, что позволяет им постоянно развиваться.

В настоящий момент профессорско-преподавательский состав кафедры промышленной биотехнологии (ПБТ) ФГБОУ ВО «КНИТУ» и программы «Школьные биолaborатории» ПАО Татнефть реализует совместный образовательный проект в области биотехнологии для обучающихся 7-9 классов средних образовательных школ г. Альметьевск.

Основной целью проекта стала организация практико-ориентированного обучения школьников в области современной биотехнологии для формирования личности ученика как самостоятельного исследователя и стимуляции интереса к выбранной области знания и проектной деятельности.

Длительное взаимодействие двух педагогических коллективов позволило сформировать учебный план дополнительного образования школьников в научных группах по следующим направлениям: изучение биологически активных веществ, создание биополимеров, биотехнологические способы обезвреживания отходов и защиты окружающей среды. В программу обучения включены семинары по основам проектной деятельности, лабораторные эксперименты, тренинги для командной работы над проектом и публичной презентации результатов в очном и дистанционном формате.

Таким образом, в образовательный процесс школьников включены исследовательская и проектная деятельность в одном из перспективных направлений развития науки и техники Российской Федерации.

Список литературы

1. Гаврилова А.А. Проект как технология системно-деятельностного подхода // «Актуальные исследования». 2023. № 45 (175).

2. Горбунов Н.А., Горбунова Е.Д. Методика обучения проектным технологиям в учреждении дополнительного образования // Теория и практика современной науки. 2020. №2 (56).

3. Давыдов Д.Г., Капаев М.А., Куприянов А.Ю. Дискуссионный метод и проектная технология в правовом обучении школьников // Право и государство: теория и практика. 2022. №7 (211).

4. Гребенникова, О.А. Педагогические возможности проектной деятельности как средства развития познавательных интересов учащихся / О.А. Гребенникова // Вестник Новгородского государственного университета. – 2015. – № 5(88). – С. 30-33.

5. Несветаило, И. В. Учебно-исследовательская и проектная деятельность как одно из важнейших средств повышения мотивации и эффективности учебной деятельности / И. В. Несветаило // Научный альманах. – 2022. – № 7-1(93). – С. 60-63.

УДК 378

Е.В. Перушкина, Е.С. Балымова
ОПЫТ ГЕЙМИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ
СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), г. Казань
e-mail: PerushkinaEV@corp.knrtu.ru

Современные тенденции реформирования системы инженерного высшего образования во многом основаны на замене традиционных образовательных технологий на доступные, персонализированные и интерактивные, что должно обеспечить гибкие возможности обучающей траектории студентов и повышение мотивации. На кафедре промышленной биотехнологии Казанского национального исследовательского технологического университета в учебном процессе магистратуры используются лекционный, дискуссионный, модульный и интерактивный методы обучения. Наиболее увлекательными для студентов являются игровые методики проведения практических занятий, позволяющие им одновременно усваивать теоретические знания и применять их в реальных или смоделированных ситуациях.

Рассмотрим опыт геймификации образовательного процесса в рамках дисциплины «Проектно-грантовая деятельность в биотехнологии» для изучения современных биотехнологических трендов и поиска инновационных решений актуальных промышленных задач Российской Федерации. Реализация указанной цели основана на создании интерактивной игры в механике викторины «Сто к одному». Методическая разработка использована авторами на занятиях для студентов образовательной программы магистратуры по направлению 19.04.01 Биотехнология «Биополимеры и биопластики».

В игре принимают участие 2 команды – «Проектная команда» и «Инвестиционная команда», поочередно выбирающие вопросы из перспективных областей биотехнологии для реализации и финансирования научно-исследовательских работ. Право на ответ получает команда первой указавшая на игровой элемент. Правильность ответа на поставленный вопрос определяет ведущий игры при его демонстрации на интерактивном экране.

В рамках игровой практики студенты формируют новые знания в рамках научных направлений красной, зелёной, белой и серой биотехнологии в сочетании с терминологией бизнеса промышленных производств и инновационных разработок.

При внедрении игровой методики в образовательный процесс отмечены такие дополнительные положительные аспекты, как сплочение участников внутри команды, проявление терпимости к любой точке зрения, уважение права каждого на свободу слова, так как игра предполагает угадывать самый популярный ответ или наоборот.

Проект реализуется победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2024/2025 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

УДК 372.862

Ю.Р. Сяндюкова
ОБ ОПЫТЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПРАКТИКИ
У МАГИСТРАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «БИОТЕХНОЛОГИЯ»

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной

технический университет», г. Уфа

e-mail: Danker2006@yandex.ru

В рамках реализации проекта «Новая модель магистратуры «Мультитрековая магистратура (магистерский трекинг)» в 2025 году была впервые проведена проектная практика у магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.01 «Биотехнология» (группы МТБ01-23-01 и МТБ02-23-01). Из 13 обучающихся магистрантов 10 человек изучили исследовательский трек, 2 – технологический, 1 – педагогический.

В рамках проектной практики студенты проводят апробацию собственных исследований и формируют продукт, который может быть использован в последствии для научно-исследовательской работы, научно-исследовательской работы студентов или в учебном процессе.

В качестве примеров заданий на проектную практику были предложены:

1. Разработка кейс-заданий для обучающихся младших курсов;
2. Разработка и сопровождение НИРС обучающихся младших курсов или школьников;
3. Разработка мероприятия в рамках исследования (ВКР), осуществление которого может быть запланировано в течение семестра;
4. Съемка видеоролика по исследуемой тематике с возможностью его дальнейшего использования в работе кафедры и т.д.

На подготовительном этапе практиканты единогласно решили не ограничивать себя одним предложенным заданием и в течение двухнедельной практики примерили роли разработчиков лабораторных работ, учебно-методических пособий, руководителей учебно-исследовательских работ студентов младших курсов и видеографов – популяризаторов науки.

В результате проведения практики, обучающиеся подготовили 12 проектов статей, проект патента, разработали 5 новых лабораторных работ, написали учебно-методическое пособие для проведения скрининга микроорганизмов, составили план учебно-исследовательской работы для студентов 3 курса, а также был снят видеоролик по теме исследований.

Таким образом, проектная практика по содержанию и организации отличается от других видов практик, что позволяет сделать вывод о необходимости и значимости проведения проектной практики, особенно в процессе подготовки магистрантов – будущих исследователей, приобретающих возможность проявить свои возможности не только в ходе научно-исследовательской, но и других видах деятельности.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «БИО- И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»	3
В.А. Выдрина, А.А. Коваленко, М. П. Яковлева, К.Е. Мухачев, Р.В. Празничных, Г.Ю. Ишмуратов ОКИСЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ МОНОЦИКЛИЧЕСКИХ МОНОТЕРПЕНОВ ПРЕПАРАТОМ НУК-15 ПО ПРИЛЕЖАЕВУ	5
А.Р. Гильмутдинов, А.В. Ковальская, З.Р. Зилеева, И.П. Цыпышева СИНТЕЗ ТРИАЗОЛ-СОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ САЛЬСОЛИНА С ЦИТОТОКСИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	7
Р.Р. Даминев, А.И. Мусин, Ю.Г. Борисова СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ 2,2-ДИМЕТИЛАМИНОЭТАНОЛАМИНА.....	9
М.Ю. Дидух, Э.Т. Ямансарова, О.Б. Зворыгина ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСТРАКЦИИ НА ВЫХОД И СОСТАВ ПОЛИФЕНОЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (<i>BETULA PENDULA</i>).....	10
Г.Ю. Ишмуратов, М.П. Яковлева, И.С. Назаров, К.М. Саитов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ ОЗОНОЛИЗА (1 <i>R</i>)- <i>p</i> -МЕНТ-3-ЕНА В ПРИСУТСТВИИ ДИГИДРАЗИДА СЕБАЦИНОВОЙ КИСЛОТЫ	12
З. А. Кабирова, А. В. Зорин СИНТЕЗ 3-ГИДРОКСИ-3-ФУРАНПРОПИОНАТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ФЕРМЕНТАТИВНО КАТАЛИЗИРУЕМОГО КИНЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ В РЕАКЦИИ ГИДРОЛИЗА	14
А.А. Тимербулатова СИНТЕЗ КИНЕТИНА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	15
Н.Н. Махмудиярова, И.Р. Ишмухаметова, Г.Р. Закариева, Л.А. Гарипова, А.А. Хайруллина СИНТЕЗ ПЯТИЧЛЕННЫХ АЗАПЕРОКСИДОВ НА ОСНОВЕ ЛАНТАНИД-КАТАЛИЗИРУЕМОЙ РЕЦИКЛИЗАЦИИ 5-(ТРЕТ-БУТИЛ)-1,3,5-ТРИАЗИНАН-2-ОНА.....	17
С.Ф. Мирзаахмедов, Э.Т. Ямансарова, О.Б. Зворыгина КИСЛОТНЫЕ СВОЙСТВА НИЗКОЗАМЕЩЕННЫХ ФОСФАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.....	19
Н.В. Привалов, К.И. Усманова, А.Р. Чанышева, В.В. Зорин АСИММЕТРИЧЕСКОЕ БИОВОССТАНОВЛЕНИЕ <i>O</i> -, <i>M</i> -, <i>P</i> - БРОМАЦЕТОФЕНОНОВ, КАТАЛИЗИРУЕМОЕ <i>PETROSELINUM CRISPUM</i>	21
Ю.Е. Сапожников ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФТАЛИМИДА И ИЗАТОВОГО АНГИДРИДА В РЕАКЦИОННЫХ СРЕДАХ	23
Д.Б. Сундеткалиев, А.В. Рамазанова, И.А. Мустафин, А.Р. Ханов, Т.И. Фатхиев, В.О. Кучкина РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ Н-ПЕНТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА.....	25
Г.Е. Чикишева, Л.Г. Анисимова. ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ТРИОКСИДА СЕРЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ В СИНТЕЗЕ БЕНТАЗОНА	27
К.С. Шараева, Ш.М. Охиров, Э.Р. Латыпова РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОКСИМА ТЕТРАГИДРОФУРАНОНА-3 В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРА ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА	29
СЕКЦИЯ «БИОТЕХНОЛОГИЯ»	31
Д.М. Аминева, С.В. Матусевич, Э.Р. Гильмуллина, Л.Х. Халимова ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ В ПААГ ПРЕПАРАТОВ ЛАККАЗЫ ГРИБА <i>FOMES</i> <i>FOMENTARIUS</i> ВКПМ F-1531	33
Н.А. Атыкян, А.С. Соловьева, В.В. Ревин СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА СПИРТОВЫХ ДРОЖЖЕЙ НА РАЗНЫХ СРЕДАХ	34
А.О. Богатырева, Е.С. Липатова, Д.А. Трубицына, В.В. Ревин РАЗРАБОТКА РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОГЕЛЯ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	35

Э.Р. Гильмутдинова ¹ , С.В. Матусевич ² , Д.Р. Аминева ¹ , Л.Х. Халимова ¹ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ЛАККАЗЫ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА <i>FOMES FOMENTARIUS F-1531</i>	37
Д.В. Деров, С.А. Ибрагимова ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ АЛЬГИНАТНЫХ ОБОЛОЧЕК И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ	39
О.В. Духанина, Й.В. Кобелева, А.С. Сироткин ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСНОГО КОАГУЛЯНТА-ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	40
Н.В. Исаева, В.В. Шутова ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЯГОДНО-ФРУКТОВЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ.....	42
С.А. Крюков, А.В. Князева, Л.Н. Герке ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА	44
К.Р. Кудашева, С.А. Колобова, Н.И. Петухова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ К ОБЪЕМУ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА СИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ УКСУСНОКИСЛЫМИ БАКТЕРИЯМИ	46
А.А. Кузнецова, Я.Д. Морозов, Ю.В. Щербакова ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОТНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ШРОТА ЭЛЕУТЕРОКОККА В КАЧЕСТВЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ КАРОТИНОИД-СИНТЕЗИРУЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ.....	48
Л.А. Кульбаева, С.Р. Мухаматдырова, Е.В. Кузина, М.Г. Искужина, Г.Ф. Рафикова, Т.Ю. Коршунова ВЛИЯНИЕ RGRV-ШТАММА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЛЮПИНА В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	50
А.С. Ловицкая, Е.В. Мокшин ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СВЕРХСИНТЕЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ У <i>CLADOPHORA</i> В УСЛОВИЯХ <i>IN VITRO</i> И <i>EX VITRO</i>	52
Е.А. Маликов, Е.В. Перушкина, А.С. Сироткин ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА К БАКТЕРИАЛЬНОЙ КОЛОНИЗАЦИИ В МОДЕЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	54
С.Т. Минзанова, Е.В. Чекунков, А.В. Хабибуллина, Л.Г. Миронова, В.А. Милоков ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ПЕКТИН-МЕДЬ-ГЛИЦИН	56
С.Т. Минзанова, Е.В. Чекунков, Е.Н. Каримова, Л.Г. Миронова, В.А. Милоков ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКТИНОВ В ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	58
Н.Б. Назарова, А.А. Марюшкина, В.В. Ревин ПОЛИСАХАРИДНЫЕ МИКРОГЕЛИ КАК НОСИТЕЛИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ	60
С.Р. Рахматуллина ВЛИЯНИЕ ЭПИНА И ЦИРКОНА НА МАССУ, ДЛИНУ И АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ У ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ МЕДИ	62
А.С. Ревкова, В.В. Шутова ВЛИЯНИЕ АЭРАЦИИ НА КИНЕТИКУ РОСТА <i>AZOTOBACTER VINELANDII 16</i> И ПРОДУКЦИЮ АЛЬГИНАТА В УСЛОВИЯХ БИОРЕАКТОРА.....	64
С.Н. Стариков, Д.Р. Баймурзин, Д.В. Четверикова ПЕРСПЕКТИВЫ БИОДЕГРАДАЦИИ ИМАЗЕТАПИРА ШТАММОМ MX5	66
К.К. Стельмах, А.И. Билалова, Ф.А. Прищепов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИЙ-ПРОДУЦЕНТОВ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ	68
М.Д. Тимергалин, Т.В. Рамеев, А.В. Феоктистова, С.П. Четвериков ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК НА ФОНЕ ГЕРБИЦИДА ЧИСТАЛАН НА КАЧЕСТВО (КЛАССНОСТЬ) ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ	70
Э.М. Тухватуллина, Г.М. Рахимова ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ.....	71

А.Р. Хамитова, Л.Н. Герке, А.В. Князева БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ В ЦЕЛЛЮЛОЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	73
Э.И. Хафизова, А.С. Сироткин ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД	75
А.С. Черникова, К.Ш. Казимова, Ю.В. Щербакова, Ф.Ю. Ахмадуллина БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДНЫХ И ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ СОЦВЕТИЙ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (<i>TAGETES PATULA</i>)	77
А.А. Шакирова, Н.И. Петухова, В.В. Зорин БИОСИНТЕЗ АРАХИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ В УСЛОВИЯХ ПОВЕРХНОСТНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА <i>MORTIERELLA ALPINA</i> ВКПМ F-1280 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	79
Н.А. Шумкин, Е.В. Мокшин ПОЛУЧЕНИЕ СУПЕРПРОРДУЦЕНТОВ ВОДОРΟΣЛЕВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С УНИКАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА ПРИМЕРЕ <i>CLADOPHORA</i>	81
З.Р. Якупова, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ <i>BACILLUS LICHENIFORMIS</i> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИССЛЕДУЕМЫХ РОСТОВЫХ ФАКТОРОВ	83
З.Р. Якупова, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев ОЦЕНКА ПЕНООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР.....	85
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ	87
В. Б. Жукова, Ю. В. Щербакова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ТРЕНАЖЕРА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОХИМИЯ» ПО НАПРАВЛЕНИЮ БАКАЛАВРИАТА 19.03.01 - БИОТЕХНОЛОГИЯ	89
Й.В. Кобелева, Е.В. Перушкина, З.З. Хайбуллина, А.С. Савинич ПРОЕКТНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ	91
Е.В. Перушкина, Е.С. Балымова ОПЫТ ГЕЙМИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ	93
Ю.Р. Сяндюкова ОБ ОПЫТЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПРАКТИКИ У МАГИСТРАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «БИОТЕХНОЛОГИЯ»	94

Научное издание

ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ БИО- И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ
Материалы XIX Всероссийской научной интернет-конференции
27-28 ноября 2025 года

В авторской редакции.

Верстка Л.Я. Василова

Подписано в печать 28.11.2025. Бумага офсетная.

Формат 60×84 1/16.

Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,125.

Тираж 30.

Отпечатано с готового электронного файла

УНПЦ «Издательство Уфимского государственного нефтяного
технического университета»

Адрес издательства: 450064, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1