ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ ИНУЛИНА СОДЕРЖАЩИХ АМИННЫЕ ГРУППЫ

А.Ш. Хусенов
Ташкентский химико-технологический институт
Д.С. Камалова
Янгиерский филиал Ташкентского химико-технологического института
Н.Саидгуломова
Ташкентский химико-технологический институт
К.С. Ибрагимова
Ташкентский химико-технологический институт

Аннотация. Данное исследование посвящено синтезу производных инулина, содержащих аминные группы, изучению их физико-химических свойств и оценке биологической активности. Актуальность работы обусловлена возрастающим интересом к биологически активным полимерным материалам, широко применяемым в медицине, фармацевтике и промышленности. В ходе исследования были получены новые функциональные производные инулина посредством реакций хлорирования, окисления и последующего аминирования. Определены оптимальные условия проведения синтеза, а также изучена структура и физико-химические характеристики полученных соединений с использованием современных методов анализа, включая инфракрасную спектроскопию, сканирующую электронную микроскопию и хроматографические методы. Результаты показали, что введение аминных групп в макромолекулу инулина существенно влияет на его молекулярную массу, растворимость и реакционную способность. Кроме того, синтезированные аминосодержащие производные продемонстрировали выраженную антимикробную и противогрибковую активность. Полученные результаты позволяют рассматривать данные соединения как перспективные биологически активные полимерные материалы для практического применения.

Ключевые слова: Инулин, аминосодержащие производные, модификация полимеров, физико-химические свойства, антимикробная активность, противогрибковое действие, биополимеры, функциональные материалы, хлорирование, аминирование.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot tarkibida amin guruhlari bo‘lgan inulin hosilalarini sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish va biologik faolligini baholashga bag‘ishlangan. Ishning dolzarbligi tibbiyot, farmatsevtika va sanoatda keng qo‘llaniladigan biologik faol polimer materiallarga bo‘lgan

ISSN 3030-3907

qiziqishning ortib borayotganligi bilan belgilanadi. Tadqiqot davomida xlorlash, oksidlash va keyingi aminlash reaksiyalari orqali inulinning yangi funksional hosilalari olindi. Sintez qilishning maqbul sharoitlari aniqlandi, shuningdek, olingan birikmalarning tuzilishi va fizik-kimyoviy tavsiflari IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya va xromatografik usullar kabi zamonaviy tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, inulin makromolekulasiga amin guruhlarining kiritilishi uning molekulyar massasi, eruvchanligi va reaksion qobiliyatiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, sintez qilingan amin saqlovchi hosilalar yaqqol namoyon bo‘lgan antimikrob va antifungal (zamburug‘larga qarshi) faollikni ko‘rsatdi. Olingan natijalar ushbu birikmalarni amaliy qo‘llash uchun istiqbolli biologik faol polimer materiallar sifatida ko‘rish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Inulin, amin saqlovchi hosilalar, polimerlar modifikatsiyasi, fizik-kimyoviy xususiyatlar, antimikrob faollik, antifungal ta’sir, biopolimerlar, funksional materiallar, xlorlash, aminlash.

Abstract. This study is devoted to the synthesis of inulin derivatives containing amine groups, the investigation of their physicochemical properties, and the evaluation of their biological activity. The relevance of the work is driven by the increasing interest in bioactive polymeric materials widely used in medicine, pharmaceuticals, and industry. In the course of the study, new functional derivatives of inulin were obtained through chlorination, oxidation, and subsequent amination reactions. Optimal synthesis conditions were determined, and the structure and physicochemical characteristics of the resulting compounds were studied using modern analytical methods, including Infrared Spectroscopy (IR), Scanning Electron Microscopy (SEM), and chromatographic techniques. The results demonstrated that the introduction of amine groups into the inulin macromolecule significantly affects its molecular weight, solubility, and reactivity. Furthermore, the synthesized amino-containing derivatives exhibited pronounced antimicrobial and antifungal activities. The findings suggest that these compounds are promising bioactive polymeric materials for practical applications.

Keywords: Inulin, amino-containing derivatives, polymer modification, physicochemical properties, antimicrobial activity, antifungal activity, biopolymers, functional materials, chlorination, amination.

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время разработка и исследование новых функциональных полимерных материалов является одним из приоритетных направлений современной химической науки и технологии. Особое внимание уделяется созданию биологически активных полимеров,

ISSN 3030-3907

обладающих заданными физико-химическими, механическими и медико-биологическими свойствами. Это обусловлено возрастающей потребностью в экологически безопасных, биосовместимых и эффективных материалах для применения в медицине, фармацевтике, биотехнологии и других отраслях промышленности.

Среди различных классов полимерных соединений значительный интерес представляют природные полисахариды, которые обладают рядом уникальных свойств, таких как биодеградируемость, нетоксичность, доступность и способность к химической модификации. Однако природные полисахариды в исходном состоянии не всегда удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к функциональным материалам. В связи с этим актуальной задачей является их целенаправленная химическая модификация с целью придания новых свойств и расширения областей применения.

Одним из перспективных направлений является введение в структуру полисахаридов функциональных групп, в частности аминных групп. Наличие аминогрупп в макромолекулярной цепи позволяет существенно изменить физико-химические характеристики полимера, включая растворимость, молекулярную массу, реакционную способность, а также придать материалу биологическую активность. Аминосодержащие полимеры способны проявлять антимикробные, противогрибковые, ранозаживляющие и другие ценные свойства, что делает их особенно востребованными в медицинской практике.

Инулин представляет собой природный полисахарид, относящийся к классу фруктанов, который широко распространён в растительном мире, в частности в клубнях топинамбура. Благодаря своей доступности, биосовместимости и химической активности, инулин является перспективным объектом для химической модификации. В последние годы активно проводятся исследования, направленные на получение производных инулина с улучшенными физико-химическими и биологическими характеристиками.

Несмотря на значительный объём проведённых исследований, вопросы, связанные с синтезом новых аминосодержащих производных инулина, оптимизацией условий их получения, а также установлением взаимосвязи между структурой и биологической активностью, остаются недостаточно изученными. В частности, актуальной является задача разработки эффективных методов введения аминогрупп в макромолекулу инулина с сохранением или улучшением его эксплуатационных свойств.

ISSN 3030-3907

Современные методы химической модификации полисахаридов включают различные подходы, такие как галогенирование, окисление и реакции нуклеофильного замещения. Использование данных методов позволяет получать функционализированные производные с заданными характеристиками. Введение аминогрупп может осуществляться как путём прямого взаимодействия с реакционноспособными группами полисахарида, так и через промежуточные стадии, включающие образование активных производных, таких как хлорированные или диальдегидные формы.

Особый интерес представляет процесс аминирования хлорированных и окисленных производных инулина, позволяющий регулировать степень замещения и, соответственно, свойства конечного продукта. При этом важным аспектом является выбор оптимальных условий проведения реакции, включая температуру, продолжительность, тип реагентов и растворителей. Эти параметры оказывают существенное влияние на структуру и свойства синтезируемых соединений.

Известно, что биологическая активность аминосодержащих полимеров во многом определяется их структурными особенностями, такими как молекулярная масса, распределение функциональных групп и гидрофильно-гидрофобный баланс. Введение аминогрупп способствует взаимодействию полимера с отрицательно заряженными компонентами клеточных мембран микроорганизмов, что обуславливает их антимикробное действие. Однако механизмы данного взаимодействия и влияние различных факторов на уровень биологической активности требуют дальнейшего изучения.

В связи с вышеизложенным, разработка новых аминосодержащих производных инулина, обладающих улучшенными физико-химическими и биологическими свойствами, является актуальной научной и практической задачей. Полученные в результате таких исследований материалы могут найти широкое применение в качестве антимикробных и противогрибковых средств, а также в других областях, требующих использования функциональных полимеров.

Целью настоящего исследования является синтез новых производных инулина, содержащих аминные группы, изучение их физико-химических свойств и биологической активности, а также установление взаимосвязи между структурой и свойствами полученных соединений.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: изучение процессов галогенирования и окисления инулина; разработка методов введения аминогрупп в его структуру;

ISSN 3030-3907

исследование условий синтеза и характеристик полученных производных; а также оценка их антимикробной и противогрибковой активности.

Таким образом, представленное исследование направлено на решение важной научной проблемы, связанной с созданием новых биологически активных полимерных материалов на основе природных полисахаридов, что соответствует современным тенденциям развития химии и материаловедения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Исходные вещества и реагенты

В качестве исходного полисахарида в работе использован инулин, выделенный из клубней топинамбура сорта «Мужиза». Выбор данного объекта обусловлен его природным происхождением, доступностью, биосовместимостью и высокой реакционной способностью, что делает его перспективным для химической модификации.

Для проведения синтетических превращений применялись следующие реагенты: тионилхлорид, гидразин, водные растворы аммиака, этилендиамин, пропилендиамин, а также вспомогательные растворители, включая диметилформамид (ДМФ), этанол и дистиллированную воду. Все используемые реагенты имели квалификацию не ниже «ч.д.а.» и применялись без дополнительной очистки.

Подготовка исходного инулина включала очистку от примесей, сушку до постоянной массы и последующее измельчение до порошкообразного состояния для повышения реакционной способности.

Методика синтеза хлорированного инулина

Синтез хлорированного производного инулина осуществлялся путем взаимодействия исходного полисахарида с тионилхлоридом в среде диметилформамида. Реакцию проводили в термостатируемом реакторе при контролируемой температуре и постоянном перемешивании.

Инулин растворяли в ДМФ при нагревании до получения однородной системы, после чего при постепенном добавлении вводили тионилхлорид. Реакционную смесь выдерживали при заданной температуре в течение определенного времени. После завершения реакции продукт осаждали добавлением воды, фильтровали и многократно промывали до удаления побочных продуктов.

Полученный хлоринулин сушили при пониженной температуре до постоянной массы. Степень хлорирования определялась методом элементного анализа, а также титриметрическими методами.

Получение диальдегидного производного инулина

ISSN 3030-3907

Окисление инулина с образованием диальдегидинулина проводили с использованием окислителей, обеспечивающих селективное превращение гидроксильных групп в альдегидные. Реакция протекала в водной среде при контролируемых условиях температуры и времени.

После завершения процесса окисления продукт выделяли путем осаждения, фильтрации и последующей сушки. Количественное содержание альдегидных групп определяли методом титрования, что позволяло оценить степень окисления полисахарида.

Методика аминирования производных инулина

Аминирование хлорированного и окисленного инулина осуществлялось с использованием различных аминсодержащих реагентов: гидразина, аммиака, этилендиамина и пропилендиамина.

Реакции проводились в растворе при заданных температурных условиях с постоянным перемешиванием. В случае аминирования хлоринулина процесс протекал по механизму нуклеофильного замещения, при котором атомы хлора замещались аминогруппами.

При использовании диальдегидинулина взаимодействие с аминами приводило к образованию азометиновых (шффовых) оснований. В дальнейшем полученные соединения могли подвергаться гидролизу или дополнительной модификации.

После завершения реакций продукты выделяли путем осаждения, очищали от непрореагировавших компонентов и сушили до постоянной массы. Степень введения аминогрупп оценивали косвенными и прямыми методами анализа.

Физико-химические методы исследования

Для характеристики структуры и свойств синтезированных соединений применялся комплекс современных методов анализа.

Инфракрасная спектроскопия (ИК) использовалась для идентификации функциональных групп и подтверждения введения аминогрупп в структуру инулина. Спектры регистрировались в диапазоне характерных частот с последующей интерпретацией полос поглощения.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) применялась для изучения морфологии поверхности образцов. Данный метод позволял выявить изменения структуры материала после химической модификации.

Эксклюзионная жидкостная хроматография использовалась для определения молекулярно-массовых характеристик синтезированных производных. Это позволяло оценить влияние химических превращений на молекулярную массу полимера.

ISSN 3030-3907

Дополнительно применялись методы титрования, позволяющие количественно определить содержание функциональных групп, а также методы вискозиметрии для оценки характеристической вязкости растворов.

Методы исследования биологической активности

Антимикробная активность синтезированных аминосодержащих производных инулина изучалась с использованием стандартных микробиологических методов. В качестве тест-культур применялись представители бактериальной и грибковой микрофлоры.

Оценка активности проводилась методом диффузии в агар или аналогичными методами, позволяющими определить зону ингибирования роста микроорганизмов. Полученные результаты сопоставлялись с контрольными образцами.

Противогрибковая активность исследовалась на культурах микроскопических грибов. Определялась способность синтезированных соединений подавлять рост и развитие грибковой микрофлоры.

Токсикологические исследования

Для оценки безопасности полученных соединений проводились токсикологические исследования с использованием стандартных методик. Изучалось влияние образцов на биологические объекты при различных концентрациях.

Результаты позволяли определить диапазон безопасных концентраций и оценить возможность практического применения синтезированных материалов.

Обработка экспериментальных данных

Все эксперименты проводились не менее чем в трехкратной повторности. Полученные результаты обрабатывались с использованием статистических методов, позволяющих оценить достоверность данных.

Средние значения и стандартные отклонения рассчитывались для всех количественных показателей. Сравнительный анализ проводился для выявления зависимости свойств от условий синтеза и структуры полученных соединений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полисахариды и модификация инулина: возможности повышения реакционной способности

В условиях недостатка природных ресурсов полисахариды рассматриваются как перспективная сырьевая база для различных практических применений. Известно, что полисахариды являются доступным и безопасным для человека растительным сырьем. Несмотря на многочисленные преимущества по сравнению с синтетическими

ISSN 3030-3907

полимерами, основным ограничением полисахаридов является их относительно низкая реакционная способность. Для её повышения полисахариды предварительно модифицируют. Этот принцип основан на введении новых функциональных групп в мономерные звенья полисахаридов, что позволяет модифицированным полисахаридам вступать в различные химические реакции, недоступные исходным биополимерам.

Инулин является гетерополисахаридом, который в последние годы получил широкое применение в медицине в качестве сахароснижающего средства. В отличие от многих других полисахаридов, инулин обладает собственной биологической активностью и низкой молекулярной массой, что устраняет необходимость гидролиза макромолекулярной цепи для придания новых физико-химических и фармакологических свойств полимерной системе. Вместе с тем, основным недостатком инулина также считается низкая реакционная способность.

Для расширения спектра применения инулина разработано ограниченное количество методов его химической модификации, основанных на введении функциональных групп в мономерные единицы. Перспективными промежуточными реагентами могут быть галогенсодержащие соединения инулина, поскольку активные галогены в их структуре способны вступать в реакции с различными соединениями, образуя прочные ковалентные связи (эфирные, аминные или амидные).

Особое внимание следует уделить веществам, содержащим реакционноспособные атомы хлора, которые широко применяются в химии высокомолекулярных соединений и органическом синтезе. Введение атомов хлора в макромолекулы инулина создаёт возможность проведения реакций замещения и синтеза новых производных, обладающих иными физико-химическими, техническими и медико-биологическими свойствами.

Как видно из данных приведенных в таблице 1 с повышением времени и температуры хлорирование инулина в среде пиридина происходит возрастание количественного содержание хлора в продуктах реакции. Однако, галогенирование инулина в среде пиридина приводит к деструкции полисахарида, что можно заметить по окрашиванию образцов и весовому выходу продуктов реакции. Применение пиридина в роли реакционной среды для дальнейших исследований представляло большое затруднение в связи образованием подходящих условий для протекания деструкции инулина. В связи этим нами было изучено реакция галогенирования инулина в среде диметилформамида. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Влияние пиридина на состав и характеристики продуктов реакции

Температура, °С	Время, час	Содеражание хлора,%	Цвет продукта реакции	Выход,%
30	1,0	1,3	Ярко желтый	85,4
30	2,0	1,5	Светло коричневый	72,5
40	1,5	2,5	Светло коричневый	79,0
40	2,0	3,0	Светло коричневый	68,3
50	1,5	3,5	Темно коричневый	64,0
50	2,0	4,0	Темно коричневый	58,0
60	2,0	4,8	Темно коричневый	54,7

Результаты представленные в таблице 3.2 доказывают, что хлорирование инулина в среде ДМФ позволяет получить не только образцы с более высоким содержанием хлора в составе макромолекулярной цепи, но и создать более мягкие условия реакции для предотвращения процесса деструкции полисахарида. Так, из сравнительных данных видно, что содержание хлора в составе инулина находиться в пределах 2,5-9,4% и выход продуктов реакции составляет 92,5-73,4%. При таких условиях реакции в среде пиридина полученные образцы содержали гораздо меньшее количество хлора и подвергались деструкции в процессе галогенирования. Следует также добавить, что хлорирования инулина при температуре 70°С является не совсем рациональным, поскольку при таких условиях содержание хлора в составе инулина возрастает незначительно. При этом полученные образцы оказывается подвергнуты деструкции и приобретают светло-коричневое окрашивание.

Таблица 3.2

Влияние диметилформамида на состав и характеристики продуктов реакции (молярное соотношение инулин: $SOCl_2$=1:5)

Температура, °С	**Время, час**	**Содеражание хлора,%**	**Цвет продукта реакции**	**Выход,%**
30	1,0	2,5	Кремовый	92,5

ISSN 3030-3907

30	2,0	4,1	Кремовый	90,2
40	1,5	4,5	Светло желтый	85,0
40	2,0	5,8	Светло желтый	81,6
50	1,5	6,7	Светло желтый	79,0
50	2,0	8,0	Светло желтый	76,8
60	2,0	9,4	Светло желтый	73,4
70	2,0	10,2	Светло коричневый	62,5

На рис.1 представлены водные растворы хлорированного инулина с различной степенью замещения. Можно увидеть, что интесивность окрашивания водных растворов зависит от количественного хлора в составе инулина.

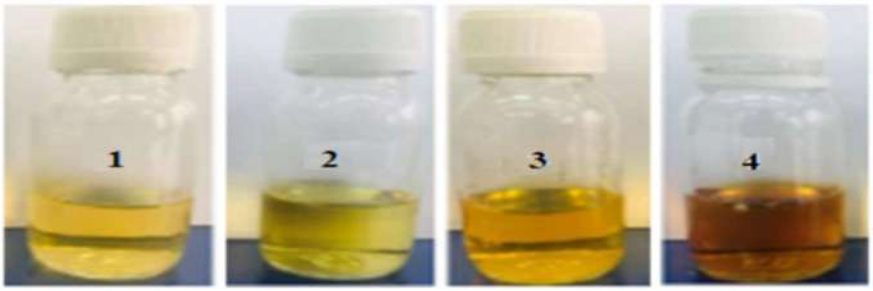


Рис-1. Снимки 0,1% водных растворов образцов хлоринулина с количественным содержанием хлора 4,1% (1), 5,8% (2), 9,4% (3) и 10,2% (4)

Экспериментальные данные представленные на рис-2. свидетельствуют, что замещения молекул гидразина на атомы хлора зависит от времени реакции. Из полученных данных видно, что замещения атомов хлора молекулами гидразина происходит интенсивно первые 3 часа, затем начинает постепенно снижаться. Через первые 3 часа степень замещения образцов составляет 48 моль%. Увеличение продолжительности времени реакции до 8 часов позволяет получить образцы со степенью замещения 56 моль%. Продолжение реакции более 8 часов является нецелесообразным, поскольку значение степени замещения образцов возрастает всего до 61 моль%.

ISSN 3030-3907

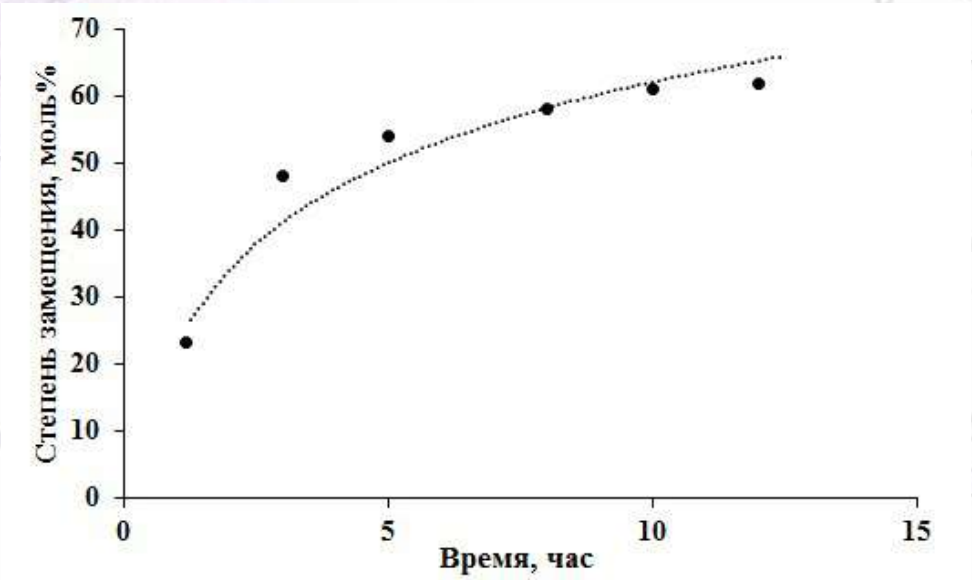


Рис-2.Зависимость степени замещения продуктов реакции от времени (температура реакционной среды 70°С, pH 8,5; молярное соотношение хлоринулин:гидразин=1:4)

Из рис-3 видно, что в кислотной среде происходит снижение исходной степени замещения азометиновых производных инулина с продолжительностью времени гидролиза. Снижение степени замещения исследованных образцов является причиной гидролиза азометиновых связей образовавшиеся между молекулами гидразина, этилендиамина и пропилендиамина.

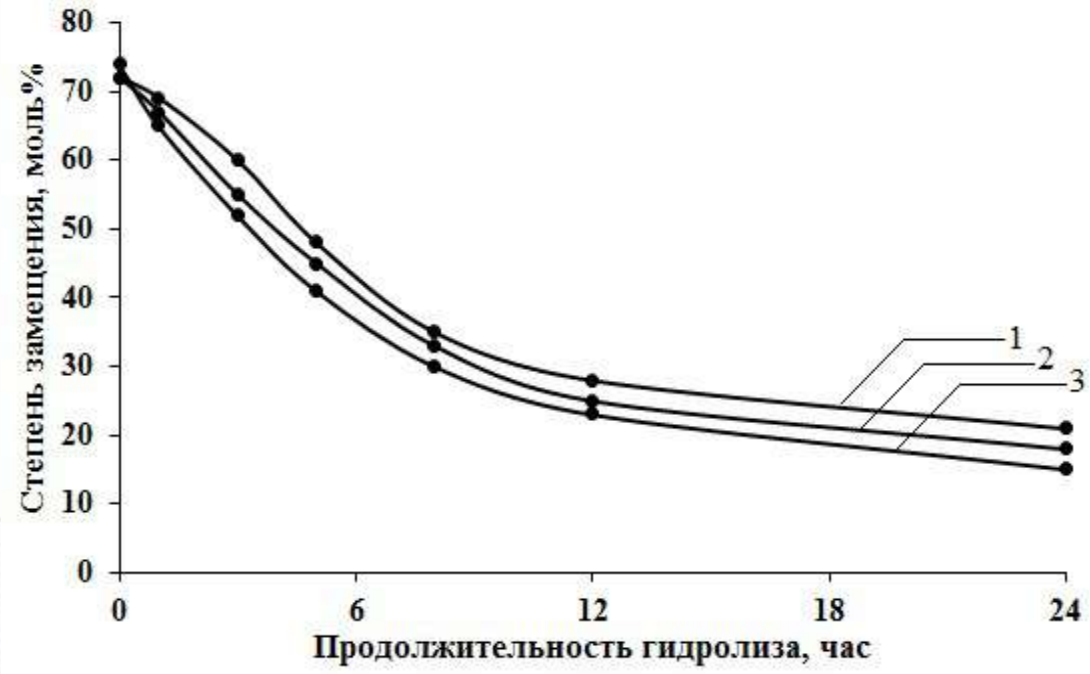
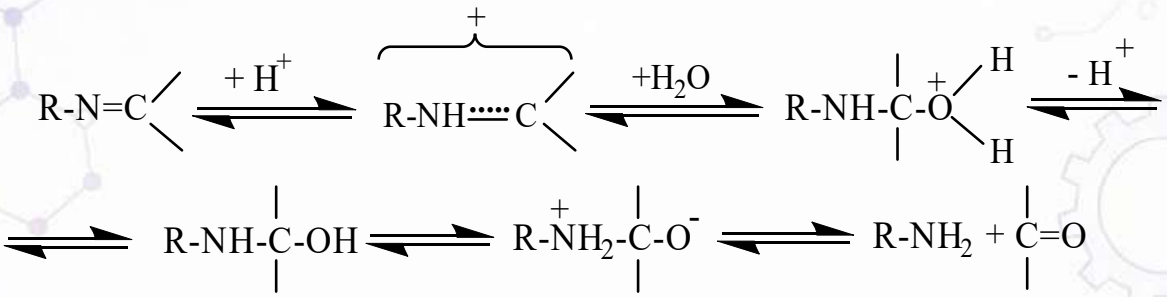


Рис-3. Гидролиз азометиновых производных инулина при pH=2,5 (1-гидразин-инулин; 2-этилендиамин-инулин; 3-пропилендиамин-инулин)

ISSN 3030-3907

Можно также отметить, что азометиновая связь между фрагментами этилендиамина и диальдегидинулином подвергается кислотному гидролизу быстрее по сравнению с другими образцами. Эту закономерность можно обосновать исходя из ниже приведенной общей схемы гидролиза азометиновых связей.



Как видно из схемы общего механизма протекания кислотного расщепления ковалентных азометиновых связей, этот процесс включает образование промежуточного аминоспирта за счет протонирования -C=N- связи. На следующей стадии происходит присоединения воды с образованием аминоспирта либо стадия распада аминоспирта на исходный -CHO и низкомолекулярный амин. С увеличением основности аминогрупп низкомолекулярного нуклеофильного агента, возрастает их способность к протонированию ионами водорода. Это особенность объясняет отличительную устойчивость азометиновых производных инулина в кислой среде. Поскольку этилендиамин по основности превышает гидразин и пропилендиамин, то его азометиновые производные гидролизуются относительно быстрее. Обобщая результат ИК-спектроскопии и кислотного гидролиза можно сделать заключение, что гидразин, этилендиамин и пропилендиамин взаимодействуют с альдегидными группами окисленного инулина посредством гидролизуемых -C=N-связей. Ниже в таблице 3.15 приведены данные о молекулярных характеристиках азометиновых производных инулина с различной степенью замещения.

Результаты исследования молекулярно-массовых характеристик, синтезированных азометиновых производных инулина, показали, что введение молекул гидразина, этилендиамина и пропилендиамина в структурные единицы макромолекул диальдегидинулина способствует повышению молекулярной массы синтезированных соединений в отношении исходных образцов ДАИ. Следует также отметить, что проведение синтеза при значении pH среды равным 4,0 не приводит к протеканию деструкции исходных диальдегидовинулина, что обеспечивает закономерное повышение молекулярной массы продуктов реакции

ISSN 3030-3907

нуклеофильного замещения. На рис.3.23 и 3.24 представлены сравнительные гель-хроматограммы азометиновых производных инулина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

На основании проведенных комплексных исследований по синтезу и изучению физико-химических свойств аминосодержащих производных инулина, полученных путем химической модификации, сформулированы следующие основные выводы:

1. **Оптимизация синтеза хлоринулина:** Установлено, что наиболее эффективной средой для хлорирования инулина тионилхлоридом является диметилформамид (ДМФА). Оптимальные условия (70°С, 3 часа) позволяют получить продукт с содержанием хлора 11,5%. Методом ГПХ доказано, что процесс сопровождается контролируемой деагрегацией макромолекул (уменьшение радиуса частиц с 5200 до 900 нм).

2. **Синтез аминопроизводных:** Впервые получены аминосодержащие производные инулина путем замещения атомов хлора группами гидразина и аммиака. Максимальная степень замещения (56 мол.%) достигнута при использовании гидразин-гидрата в среде с pH 8,5. Применение водно-спиртовых сред позволило исключить побочный гидролиз и получить стабильные водорастворимые продукты.

3. **Азометиновые соединения (Основания Шиффа):** Путем селективного окисления инулина периодатом натрия получен диальдегидинулин (ДАИ) с содержанием альдегидных групп до 37%. На его основе синтезированы новые азометиновые производные с использованием этилендиамина (ЭДА) и пропилендиамина (ПДА). ИК-спектроскопией подтверждено наличие связей –C=N– (1634–1652 cm^{-1}).

4. **Физико-химические свойства:** Установлено, что полученные полимеры являются слабыми основаниями с значениями pKα от 7,5 до 8,5. Изучение кинетики гидролиза в кислой среде (pH 2,5) показало обратимость азометиновой связи, что делает эти соединения перспективными для создания систем пролонгированного высвобождения активных веществ.

5. **Биологическая активность и безопасность:** * Синтезированные полимеры проявляют высокую антимикробную активность против *S. aureus*, *E. coli* и *C. albicans* (зоны угнетения 15–28 мм).

- Показана эффективность использования аминоинулинов в качестве антисептиков для защиты древесины от плесневых грибов.
- Согласно токсикологическим тестам (LD50> 3000 мг/кг), вещества относятся к **IV классу малотоксичных соединений**, что подтверждает их экологическую безопасность.

ISSN 3030-3907

Практические рекомендации: Полученные модифицированные полисахариды рекомендуются к применению в качестве биоцидных покрытий в строительстве, сорбентов для очистки воды и биодеградируемых носителей в фармакологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахманбердиев Г., Ибрагимова К.С., Хусенов А.Ш. Химическая модификация природных полисахаридов. — Ташкент: Фан ва технологиялар, 2018. — 186 с.
2. Хусенов А.Ш., Жонузоков А.Ж., Камалова Д.С. Синтез хлоринулина с различными характеристиками // Научно-технический журнал Ферганского политехнического института. — 2024. — №1. — С. 224-227.
3. Вирник А.Д. Биологически активные производные целлюлозы // Успехи химии. — 1973. — Т. XLII. — С. 547-566.
4. Камалова Д.С., Хусенов А.Ш. Изучение процесса получения аминосодержащих производных инулина // Журнал «Химия и химическая технология». — 2023. — №4. — С. 45-49.
5. Папков С.П., Куличихин В.Г. Физико-химические основы переработки растворов полимеров. — М.: Химия, 1971. — 256 с.
6. Мансурова М.А., Рахманбердиев Г. Получение и свойства диальдегидцеллюлозы и её производных // Узбекский химический журнал. — 2015. — №2. — С. 33-37.
7. Ибрагимов А.А., Рахимов Д.А. Структура и свойства инулина и его производных // Химия природных соединений. — 2010. — №5. — С. 612-615.
8. Кочнева И.С., Ширшин К.В. Синтез и свойства азотсодержащих полисахаридов // Высокомолекулярные соединения. — 2012. — Т. 54, №11. — С. 1720-1735.
9. Юрьев Ю.К. Практические работы по органической химии. — М.: Изд-во МГУ, 1964. — 418 с.
10. Аскаров М.А., Джалилов А.Т. Синтез и свойства ионогенных полимеров. — Ташкент: Фан, 1978. — 210 с.
11. Тихонов В.Е. Исследование антимикробной активности модифицированных полисахаридов // Биоорганическая химия. — 2008. — Т. 34, №4. — С. 540-547.
12. Камалова Д.С., Хусенов А.Ш., Рахманбердиев Г. Исследование структуры аминоинулина методом ИК-спектроскопии // Композиционные материалы. — 2024. — №2. — С. 112-115.

ISSN 3030-3907