

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау-кен металлургия институты

Химиялық процестер және өндірістік экология кафедрасы

УДК 665.622.43.046.6-52 (043)

қолжазба ретінде

Тілеубеков Нұрсұлтан Берікжанұлы

Магистрлік диссертация

Магистр академиялық дәрежесін алуға

Диссертацияның атауы

Акрил мономерлері негізіндегі
сополимерлерді синтездеу, сипаттама
беру және қолдану

Дайындық бағыты

7M07110 – Химиялық процестер және
химиялық материалдар өндірісі

Ғылыми жетекші, PhD.,
қауымдас. проф.

“12” 06 Нақан Ұ.
2023 ж.

Рецензент

Әл-фараби атындағы ҚазҰУ-нің
химия және химиялық технология факультеті,
физикалық химия, катализ және
мұнайхимия кафедрасының аға оқытушы, т.ғ.к.

“12” 06 Батырбаева А.А.
2023 ж.

Нормабақылау

Ph.D, қауымдас. проф. “12” 06 Нақан Ұ.
2023 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ХПЖӨЭ кафедра меңгерушісі
т.ғ.к., доцент
“12” 06 Кубекова Ш.Н.
2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЖОҒАРЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау-кен металлургия институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

7M07110 – Химиялық процестер және химиялық материалдар өндірісі



БЕКІТЕМІН

ХПжӨЭ кафедрасының меңгерушісі

техн. ғыл. канд., доцент

Кубекова Ш.Н.

2023 ж.

ТАПСЫРМА

магистрлік диссертацияны орындауға

Магистрант Тілеубеков Нұрсұлтан Берікжанұлы

Тақырыбы: «Акрил мономерлері негізіндегі сополимерлерді синтездеу, сипаттама беру және қолдану»

Университет Ректорының №1759–м бұйрығымен бекітілген "29 " қазан 2021 ж. бастап

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі " 15 " маусым 2023 ж.

Магистрлік диссертацияға бастапқы мәліметтер: ғылыми-техникалық және патенттік-ақпараттық әдебиеттер.

Магистрлік диссертацияда әзірленуге жататын сұрақтар тізімі:

а) Диметилакриламид және акрил қышқылы негізіндегі түрлі қатынастағы гидрогелдерді алудың тиімді шарттарын әзірлеу және орындау;

ә) N,N-диметилакриламид пен акрил қышқылы негізіндегі синтезделген сополимер құрамын анықтау және сипаттама беру;

б) N,N-диметилакриламид және акрил қышқылы негізіндегі гидрогелдерінің физика-химиялық және биологиялық әдістерімен зерттеу жүргізу;

в) Медицинада және агроөнеркәсіптік кешендегі ДМА-АК гидрогельдердің рөлін анықтау

Сызбалық материалдар тізімі: _____ слайдпен көрсетілген

КЕСТЕ

магистрлік диссертацияны дайындау

Бөлімдердің атауы, зерттелетін мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге тапсыру мерзімі	Ескерту
Теориялық бөлім	22 қаңтар 2022 ж.	орындалды
Эксперименттік бөлім	20 наурыз 2022 ж.	орындалды
Нәтижелер және оны талқылау	1 маусым 2023 ж.	орындалды

Қолтаңбалар

аяқталған магистрлік диссертацияға қатысты диссертация бөлімдерінің консультанттары және нормалық бақылау

Бөлімнің атаулары	Консультанттар, А.Ж.Ф. (ғыл. деңгей)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Теориялық бөлім	PhD доктор Накан У.	20 қаңтар 2022 ж.	
Эксперименттік бөлім	PhD доктор Накан У.	20 наурыз 2023 ж.	
Нәтижелер және оны талқылау	PhD доктор Накан У.	8 маусым 2023 ж.	
Нормалық бақылау		10 маусым 2023 ж.	

Ғылыми жетекші



PhD, қауымдас.проф,

Накан Ұ

Тапсырманы орындауға қабылдаған



Тілеубеков Н.Б

Күні

" 12 " 06 20 23 г.

Алматы 2023

АНДАТПА

Магистрлік диссертация 46 беттен, 13 суреттен, 3 кестеден және 93 қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

Түйінді сөздер: Акрилді мономерлер, N,N-диметилакриламид, акрил қышқылы, целлюлоза, нанокристаллцеллюлоза.

Зерттеу нысандары: Акрилді мономерлерлері, целлюлоза, нанокристаллцеллюлоза (NCC), гидрогелдер.

Жұмыстың мақсаты: N, N-диметилакриламид (DMA) және акрил қышқылы (AAs) негізіндегі гидрогелдерді синтездеу, олардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу. Сонымен бірге, NCC-ны DMA мен AAs мономерлерімен бірге синтездеу арқылы NCC-Poly(DMA-AAs)сополимерін синтездеу. Олардың әртүрлі қасиеттерін анықтау.

Зерттеу әдістері: ИК - (Alpa «Platinum ATR» (АҚШ)) спектроскопия, элементтік талдау (CHNS), гравиметрия (ISO 9001 аналитические весы (Sartorius, Германия)). ТГА

Алынған нәтижелер мен олардың практикалық маңыздылығы: Зерттеу жұмысында DMA-AAs негізіндегі гидрогелдер синтезделіп алынды. Олардың синтезделуінің әртүрлі параметрлерге (синтезделу уақыты, тігуші агенттің мөлшері т.б) тәуелділігі анықталды.

DMA-AAs негізіндегі гидрогелдің суды көп мөлшерде жинақтай алатындығы зерттеліп, әртүрлі концентрациядағы металдың ертінділерін де қажетті мөлшерде тасымалдай алатындығы анықталды. Бұл әртүрлі металдармен ластанған суды тазартуда қолдануға болатынын толықтай сипаттай алады.

Гидрогелдің суды көп мөлшерде сақтай алатын қабілетіне негізделіп өсімдіктің өсуіне қажетті қоректік заттар мен суды жеткізіп бере алатыны анықталды. Осы зерттеу нәтижелері негізінде өсімдік өсіруге қолдануға болатыны ұсынылды.

Магистранттың жарияланымдарының тізімі:

Ulantay Nakan ,G. A. Mun, N.B. Tileubekov Swelling Studies on Poly(N, N-dimethyl acrylamide-co-acrylic acid) Hydrogels // International Journal of Biology and Chemistry 2021

АННОТАЦИЯ

Магистерская работа состоит из страницы, 13 рисунков, 3 таблиц и списка из 93 источников.

Ключевые слова: Акриловые мономеры, N,N-диметилакриламид, акриловая кислота, целлюлоза, нанокристаллическая целлюлоза.

Объекты исследования: акриловые мономеры, целлюлоза, нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ), гидрогели.

Цель работы: синтез гидрогелей на основе N,N-диметилакриламида (DMA) и акриловой кислоты (АК), изучение их физико-химических свойств. Кроме того, синтез сополимера NCC-Poly(DMA-AAc) путем синтеза NCC вместе с мономерами DMA и AAc. Определите их различные свойства.

Методы исследования: ИК - (Alpa "Platinum ATR" (США)) спектроскопия, элементный анализ (ЧНС), гравиметрия (аналитические весы ISO 9001 (Sartorius, Германия)). ТГА

Полученные результаты и их практическая значимость: В работе были синтезированы гидрогели на основе DMA-АК. Определена зависимость их синтеза от различных параметров (время синтеза, количество сшивающего агента и др.).

Было изучено, может ли гидрогель на основе DMA-AAc удерживать большое количество воды, и было установлено, что он также может транспортировать растворы металлов разной концентрации в необходимом количестве. Он может полностью описать применение при очистке воды, загрязненной различными металлами.

Основываясь на способности гидрогеля хранить большое количество воды, было обнаружено, что он может поставлять питательные вещества и воду, необходимые для роста растений. По результатам этих исследований было высказано предположение, что его можно использовать для селекции растений.

ABSTRACT

The master's work consists of a 46 pages, 13 figures, 3 tables and a list of 93 sources.

Key words: acrylic monomers, N,N-dimethylacrylamide, acrylic acid, cellulose, nanocrystalline cellulose.

Objects of the study: acrylic monomers, cellulose, nanocrystalline cellulose (NCC), hydrogels.

Purpose of work: synthesis of hydrogels based on N,N-dimethylalkylamide (DMA) and acrylic acid (AA) and study their physical and chemical properties. In addition, synthesis of NCC-Poly(DMA-AAc) copolymer by synthesizing NCC together with DMA and AAc monomers. Determine their different properties.

Research methods: IR - (Alpa "Platinum ATR" (USA)) spectroscopy, elemental analysis (PNS), gravimetry (ISO 9001 analytical scales (Sartorius, Germany)). TGA

The results obtained and their practical importance: The hydrogels based on DMA-AAc were synthesized in the work. The dependence of their synthesis on various parameters (synthesis time, amount of crosslinking agent, etc.) was determined.

It was studied whether the DMA-AAc-based hydrogel can retain large amounts of water, and it was found that it can also transport metal solutions of different concentrations in the required amount. It can fully describe the application in the purification of water contaminated with various metals.

Based on the ability of hydrogel to store large amounts of water, it has been found that it can supply nutrients and water necessary for plant growth. Based on these studies, it has been suggested that it can be used for plant breeding.

ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

DMA	Диметилакриламид
AAC	Акриловая кислота
MBA	Метиленбисакриламид
EGDMA	Этиленгликольдиметилакрилат
TKET	Төменгі критикалық еру температурасы
ПААм	Полиакриламид
CNC	Целлюлоза нанокристалдары
CNFs	Целлюлоза наноталшықтары
PNIPAAm	Поли-Н-изопропилакриламид
APS	Аммоний персульфат
CS	Хитозан
2-HEA	2-гидроксиэтилметакрилаттың
LFX	Левифлоксацин

Мазмұны

Кіріспе

Қысқартулар тізімі

1 Әдеби шолу

1.1 Акрил мономерлері негізіндегі полимерлер

1.2 Акрил полимерлерін синтездеу әдістеріне шолу

1.3 Целлюлозаны синтездеу және модификациялау

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Бастапқы заттардың сипаттамалары

2.2 Целлюлоза ның және сополимерлердің синтезі

2.3 Зерттеудің физика-химиялық әдістері

2.4 Антибактериялық снақтар

3 Нәтижелер және оларды талдау

3.1 N,N-диметилакриламид және акрил қышқылы негізіндегі гидрогелдердің және NCC-poly(DMA) тігілген полимерінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.

Қорытынды

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

КІРІСПЕ

Мәселенің өзектілігі: Соңғы жылдары сыртқы орта (температура, рН, электр өрісі т.б) параметрлерінің болмашы өзгерісіне алдын ала жоспарланған түрде жауап беретін аталатын полимерлік материалдарға зерттеушілер ерекше қызығушылық танытуда. Бұл материалдар өздерінің бағалы қасиеттерімен медицина (дәрілік заттарды бақыланған түрде бөлу), биотехнология (белоктар мен ферменттерді тазалау), электроника (сенсорлар, датчиктер), экологиялық мәселелерді шешуде (өндіріс қалдықтарын тазалау, т.б), ауыл шаруашылығы (сумен қамтамасыз ету) тағы басқа қажетті салаларда кең қолданысқа ие.

Түйінді сөздер: Акрилді мономерлер, N,N-диметилакриламид, акрил қышқылы, целюллоза, нанокристаллцеллюлоза.

Жұмыстың мақсаты: N, N-диметилакриламид (DMA) және акрил қышқылы (AAc) негізіндегі гидрогелдерді синтездеу, олардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу. Сонымен бірге, NCC-ны DMA мен AAc мономерлерімен бірге синтездеу арқылы NCC-Poly(DMA-AAc)сополимерін синтездеу. Олардың әртүрлі қасиеттерін анықтау.

Алынған нәтижелер мен олардың практикалық маңыздылығы: Зерттеу жұмысында DMA-AAc негізіндегі гидрогелдер синтезделіп алынды. Олардың синтезделуінің әртүрлі параметрлерге (синтезделу уақыты, тігуші агенттің мөлшері т.б) тәуелділігі анықталды.

DMA-AAc негізіндегі гидрогелдің суды көп мөлшерде жинақтай алатындығы зерттеліп, әртүрлі концентрациядағы металдың ертінділерін де қажетті мөлшерде тасымалдай алатындығы анықталды. Бұл әртүрлі металдармен ластанған суды тазартуда қолдануға болатынын толықтай сипаттай алады.

Автордың жеке үлесі – тәжірибелік бөлімді орындаған, алынған нәтижелерді талқылауға қатысқан.

Жұмыстың құрылымы: жұмыс 55 бетке жазылған және 24 суреттен, 1 сызба нұсқадан және 63 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен құрылған. Негізгі бөлім әдеби шолу, тәжірибелік бөлім және алынған нәтижелерді талқалаудан тұрады. Сонымен бірге жұмыс соңында зерттеу жұмысының нәтижелері бойынша тұжырымдар және нәтижелерді нақты қолдану бойынша ұсыныстар келтірілген.

Жұмыста алынған нәтижелер бойынша жарияланымдар:

1 ӘДЕБИ ШОЛУ

1.1 Акрил мономерлері негізіндегі полимерлер

Акрил және метакрил қышқылдарының туындыларының полимерлері мен сополимерлері - олардың эфирлері (акрилаттар мен метакрилаттар), акрилонитрил және акриламид — құнды қасиеттеріне байланысты қазіргі заманғы технологияда кеңінен қолданылады. Бұл, әсіресе, өте жоғары жарыққа төзімділігімен, мөлдірлігімен және жоғары физика-механикалық қасиеттерімен ерекшеленетін полиметакрилаттарға да қатысты. Полиакрилаттар химиялық төзімді, жарық пен оттегінің әсеріне төзімді. 80 – 100°C температурада полиакрил қышқылын түзу арқылы сілтілі ерітінділермен оңай гидролизденеді, 150 °C-тан жоғары ұшпа өнімдер мен мономердің бөлінуімен тігілген полимер түзіледі. Полиакрилаттар мен полиметакрилаттар өздерінің мономерлерінде, эфирлерінде, хош иісті және хлорланған көмірсутектерінде ериді (дихлорэтан немесе дихлорэтан құрамындағы полиметилметакрилат ерітіндісі органикалық әйнекті желімдеу үшін қолданылады), төменгі полиакрилаттар ацетонда ериді. Төменгі полиакрилаттар полярлы емес еріткіштерде ерімейді, ерігіштік R - спирт қалдықтарының тізбек ұзындығының өсуімен жоғарылайды, бұл бензинге және майға төзімділіктің төмендеуіне әкеледі. Полиакрилаттар мен полиметакрилаттар күн сәулесінің, атмосфералық оттегінің, судың, сұйылтылған сілтілер мен қышқылдардың әсеріне төзімді.

Полиакрилаттар мен полиметакрилаттар өз мономерлерінде, күрделі эфирлерде, ароматты және хлорлы көмірсутектерде (дихлорэтан немесе дихлорэтандағы полиметакрилат ерітіндісі органикалық шыныны желімдеу үшін қолданылады), төменгі полиакрилаттар ацетонда ериді. Төменгі полиакрилаттар полярлы емес еріткіштерде ерімейді, ерігіштігі спирт қалдығы R тізбек ұзындығының ұлғаюымен жоғарылайды, бұл бензо- және майға төзімділіктің төмендеуіне әкеледі. Полиакрилаттар мен полиметакрилаттар күн сәулесіне, атмосфералық оттегіге, суға, сұйылтылған сілтілерге және қышқылдарға төзімді. 80-100°C температурада полиакрилаттар мен полиметакрилаттар сілті ерітінділерімен полиакрил және полиметакрил қышқылдарына дейін гидролизденеді [1].

Гидрогельдер судың үлкен мөлшерін сіңіріп, ұстап тұруға қабілетті гидрофильді полимерлі денелер болып табылады, бұл оларды, әсіресе биомедициналық қолдану үшін жан-жақты материалдар класына айналдырады. Физикалық және биологиялық қасиеттері, көп жағдайда құрамына, полимерлеу және тігілу әдістеріне байланысты, бірақ жалпы алғанда бұл механикалық әлсіз материалдар болып келеді. Акрил мономерлері негізіндегі гидрогельдер биомедицинаның көптеген салаларында қолданылады, мысалдарға: терапевтік жеткізу [2], көз ішілік линзалар, контактілі линзалар және офтальмологиядағы мүйізді қабық протездері [3], ортопедиядағы сүйек цементтері [4], таңғыштар [5] және тіндік тіректер жатады, регенеративті медицина [6], осы сияқты салаларда әртүрлі

қасиеттеріне байланысты. Суды немесе дене сұйықтықтарын көп мөлшерде сіңіруге бейім болғандықтан, олар жасушадан тыс, тасымалдағыш матрицаның қасиеттерін көрсетеді. Гидрогельдердің физика-механикалық қасиеттерін және олардың оттегінің, биомолекулалардың және пайдаланылған метаболиттердің диффузиясын жеңілдетуге тән қасиеттерін бақылау мүмкіндігі оларды полимерлердің әмбебап тобына айналдырады [7]. Бұл гидрогельдердің көпшілігі АҚШ-тың - Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасы әртүрлі қолданбалар үшін мақұлдаған. Дегенмен, олардың биомедициналық қолданудағы, әлеуетті қолданылуы кейде олардың төмен механикалық беріктігімен, биологиялық әрекеттесулерімен, электрлік және термиялық қасиеттерімен, судың сорбциясы мен диффузиясымен, микробқа қарсы және ластануға қарсы белсенділігімен, кеуектілігімен және т.б. (8). Бұл кемшіліктер акрил негізіндегі қолайлы озық гидрогельдердің дамуына әкелді және шешімдерді табу үшін зерттеулер жүргізілуде. Осылайша, жақсартылған физикалық және биологиялық қасиеттері бар композиттерді немесе нанокомпозиттерді қалыптастыру үшін көпкомпонентті полимерлік жүйелерді немесе материалдар мен наноматериалдардың комбинациясын әзірлеу тәсілі қызығушылық тудырады.

Акрилат негізіндегі гидрогельдер жұмсақ биоүйлесімді материалдарға арналған ең перспективалы платформалардың бірі болып табылады, олар терапевтік құралдарды, контактілі линзаларды, мүйізді қабық протездерін, сүйек цементтерін және жараларды таңғыштарды жеткізуге айтарлықтай үлес қосады, сонымен қатар әлеуетті қолдану үшін кеңінен зерттелуде. регенеративті медицина саласы. Дегенмен, олардың кейбір биомедициналық және биоинженерлік қолданбаларға қажетті көптеген физикалық және биологиялық қасиеттері дене температурасында ылғалданған кезде қанағаттанарлықсыз болады: созылу/сығу сипаттамалары, судың диффузиясы, микробқа қарсы белсенділік, ластануға қарсы қабілеті, биологиялық реакциясы, тіректерді немесе тіректерді жасауға арналған кеуектілік. Жаңа акрил негізіндегі гидрогельдер биомедициналық және биоинженерлік салаларда осы материалдардың әлеуетті қолдану аясын едәуір кеңейте алатын жоғары қасиеттерге ие өзара өтетін полимерлік желілер, композиттер және нанокомпозиттік материалдар сияқты көп компонентті жүйелер ретінде әзірленді.

Акрил гидрогельдері биомедициналық және фармацевтикалық өнеркәсіпте қолданылатын ең танымал материалдардың бірі болып табылады. Олар контактілі линзалар, жара патчтары, фильтрациялық мембраналар, дәрі-дәрмектерді тасымалдау және басқа да медициналық құрылғылар сияқты әртүрлі өнімдерді жасау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл шолуда акрил гидрогельдерінің әртүрлі түрлері, олардың қасиеттері мен қолданылуы қарастырылады.

Акрил гидрогельдерінің бірінші түрі - өте сіңіргіш гидрогельдер. Олардың қан және басқа да дене сұйықтықтары сияқты үлкен көлемдегі сұйықтықты тез сіңіру мүмкіндігі бар. Бұл дегеніміз осы қасиет оларды денеден сұйықтықты

бақылауды немесе жоюды қажет ететін зәр шығару катетерлері мен басқа медициналық құрылғыларды жасау үшін тамаша материал етеді.

Акрилді гидрогельдердің екінші түрі - дәрі-дәрмекпен басқарылатын босату гидрогельдері. Олардың құрамында сумен байланыста баяу бөлінетін дәрілік зат бар. Мұндай гидрогельдерді дәрілік патчтарды және ұзақ уақыт бойы дәрі-дәрмек шығара алатын басқа да медициналық құрылғыларды жасау үшін пайдалануға болады.

Акрил гидрогельдердің үшінші түрі - электр өткізгіш гидрогельдер. Олардың электр тогын өткізу қабілеті бар және оларды сенсорлы бағытта және денсаулықты бақылау үшін қолданылатын басқа құрылғылар сияқты электронды медициналық құрылғыларды жасау үшін пайдалануға болады.

Акрил гидрогельдерінің төртінші түрі - биоүйлесімді гидрогельдер болып табылады. Олар денеде қабыну реакциясын тудырмайды және денеде болуы керек импланттарды және басқа медициналық құрылғыларды жасау үшін пайдаланылу мүмкіндігі зор.

Осы гидрогельдердің қасиетіне келсек, гидрогель жүйелерінің қасиеттері, тиісті мономерді немесе процестің шарттарын таңдау арқылы өзгеруі мүмкін. Мәселен, мономер немесе сомономерлердің бірі ретінде метилметакрилатты қолдану рН-сезімтал және термосезімтал гидрогельдерді алуға мүмкіндік береді, олар жалпы атаумен біріктірілген – "ақылды гидрогельдер". Мұндай гидрогельдер қоршаған ортаның өзгеруіне жауап бере алады (мысалы: температура, рН, электр және магнит өрістері, радиация, ультрадыбыстық, механикалық кернеулер, химиялық және биологиялық агенттердің әсері) бұл физика-химиялық қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруіне әкеледі (мысалы: көлемнің ұлғаюы), содан кейін бастапқы кейпіне қайта оралу, қоршаған ортаға әсер ететін фактор (триггер) жойылғаннан кейін оның бастапқы көлемі мен формасына келуі. рН-сезімтал гидрогельдерде әдетте аздап қышқылды функционалды топтар болады, мысалы: COOH және SO_3H сияқты немесе NH_2 сияқты сәл сілтілі функционалды топтар баршылық. Бұл функционалды топтар иондалған күйде жоғары гидрофильді және бейтарап күйде аз гидрофильді болып келеді. Олардың иондану дәрежесі рН өзгеруімен өзгереді, нәтижесінде заряд тығыздығы өзгереді. Критикалық рН кезінде гидрогелдің ішкі және сыртқы бөліктері арасындағы осмостық қысым күрт өзгереді, бұл көлемді фазалық ауысуға әкеледі.

Гидрогельдер - бұл бірегей желілік құрылымы бар жұмсақ материалдар. Гидрогельдердің маңызды класы құрылымдық тұтастығын сақтай отырып, судың едәуір мөлшерін сіңіруге мүмкіндік беретін ковалентті өзара байланысқан гидрофильді полимерлерге негізделген, бұл оларды клиникалық қолдану үшін тамаша биоматериалдар етеді [9] 1960 жылы Вихтерле мен Лим алғаш рет 2-гидроксиэтилметакрилаттың (2-НЕМА) этилендиметакрилатпен сополимерленуін сипаттағаннан бері гидрогельдер әртүрлі салаларда әлеуетті қолданылуына байланысты қарқынды зерттеулердің нысанасына айналды [10], [11]. Гидрогельдердің бірегей физикалық қасиеттерін өзара байланыстыру тығыздығын (тартылу күші) және гидрогельдердің су ортасына жақындығын (термодинамикалық араластыру күші) бақылау арқылы реттеуге

болады [12], [13], [14]. Полимердің қасиеттеріне және эксперимент жағдайларына байланысты гидрогельдердің желілік құрылымдары химиялық немесе физикалық өзара әрекеттесу арқылы өзара байланысқан табиғи, синтетикалық немесе гибриді (синтетикалық және табиғи) полимерлер класынан түзіледі [15], [16]. Химиялық айқаспалы байланыс тұрақты коваленттік байланыстардың пайда болуына байланысты физикалық айқаспалы байланыстармен салыстырғанда үш өлшемді (3D) желілік құрылымдарды құрудың ең әмбебап тәсілі болып табылады, нәтижесінде күшті гидрогель пайда болады [17]. Олар судың көп мөлшерін сіңіріп, ұстай алатындықтан, гидрогельдер ісіну, өткізгіштік, сақтау және иммобилизация қабілеті, оптикалық қасиеттер және биоүйлесімділік сияқты әртүрлі тартымды қасиеттерді көрсетеді [18], [19]. Осы қасиеттердің барлығы гидрогельдерді көптеген қосымшалар үшін, соның ішінде суперабсорбциялық материалдар үшін перспективалы материал етті [20], [21]. Дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйелеріне арналған дәрі-дәрмектерді тасымалдаушылар [22], [23-27] контактілі линзалар, және регенеративті медицинаға арналған жасушалық культивациялық скаффолдтар. Кәдімгі гидрогельдерді биоматериал ретінде пайдалану, әсіресе дәрі-дәрмектерді тасымалдаушылар, жақсы сипатталған. Сонымен қатар, дәрі-дәрмектің бөлінуін осы материалдардың химиялық және физикалық қасиеттерін өзгерту арқылы басқаруға болатыны белгілі [28-31].

Соңғы жылдары шығарылу кинетикасы және сіңіру жылдамдығы бақыланатын емдік қосылыстарды тасымалдауға және босатуға қабілетті жаңа және интеллектуалды дәрі-дәрмек жеткізу жүйелерінің дамуында айтарлықтай өсу байқалды [32,33]. Гидрогельдер әртүрлі дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйелерінде қолданылады, соның ішінде контактілі. линзалар, [34] жараларды емдейтін патчтар, [35] тіс желімдері, [36] және инъекциялық дәрі-дәрмек жеткізу, [37] олардың жұмсақ механикалық қасиеттерінің адам тініне ұқсас және тамаша биоүйлесімділігіне байланысты. Атап айтқанда, ынталандырушы-реактивті гидрогельдер бірте-бірте академиялық және өнеркәсіптік секторлардың қызығушылығын тудырады. Бұл қызығушылық ішінара осы материалдардың рН, температура, магниттік және электрлік өрістер, ультрадыбыстық және т.б. сияқты көптеген триггерлерге жауап ретінде күрт көлемдік өзгерістерге, көлемді фазалық ауысуларға және кейіннен дәрі-дәрмектің шығарылуына қабілеттілігіне байланысты. Сонымен қатар [38-42] целлюлоза және хитозан (CS) сияқты табиғи полимерлердегі биоыдырағыштығы, биоүйлесімділігі және рН мен температураға физиологиялық сезімталдығы арқасында синтетикалық аналогтарына қарағанда қолайлы және перспективалы табылады. Бұл зерттеу ыстыққа сезімтал р(NIPAAm) наногельдері бар CS гидрогельдеріне негізделген препаратты жеткізуге арналған смарт материалды дайындаудың қарапайым тәсілін ұсынады.

Нәтижесінде термореактивті нанокомпозиттік гидрогельдер алынады. Сонымен қатар, дайындалған нанокомпозиттік гидрогельдің морфологиясы сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) арқылы зерттелді, ал

p(NIPAAm) негізіндегі наногельдер динамикалық жарық шашырауымен сипатталды.

Динамикалық жарық шашырауы талдау және трансмиссиялық электронды микроскопия арқылы сипатталды. Бұл зерттеуде температураның өзгеруіне байланысты дайындалған термореактивті гидрогельдерден препараттардың бақыланатын шығарылуын зерттеу үшін үлгілік препарат ретінде левофлоксацин (LFX) бактерияға қарсы препараты қолданылды [43].

1.2 Акрил қышқылы негізіндегі тігілген сополимерлер

Акрил қышқылына негізделген гидрогельдер жоғары сіңіру қабілеті мен биоүйлесімділігіне байланысты ең көп таралған гидрогельдердің бірі болып табылады.

Акрил қышқылына негізделген гидрогельдердің бірнеше түрлері бар, олардың кейбіреулері төменде келтірілген:

Полиакриламидті гидрогельдер - бұл гидрогельдер сутегі асқын тотығының қатысуымен акриламидті полимерлеу арқылы түзіледі. Олар жоғары беріктікке және қоршаған ортаға төзімділікке ие, сондықтан олар көбінесе дәрі-дәрмектер мен басқа биологиялық белсенді заттар үшін тасымалдаушы ретінде қолданыс тапқан.

Полиакрил қышқылына негізделген гидрогельдер - бұл гидрогельдер сутегі асқын тотығының қатысуымен акрил қышқылын полимерлеу арқылы алынады. Олардың суды сіңіру қабілеті жоғары, сондықтан оларды гидратор ретінде де, биомедициналық қосымшаларда да қолдануға болады.

Акрил қышқылының сополимерлеріне негізделген гидрогельдер - бұл гидрогельдер акрил қышқылын акриламид, метилметакрилат, стирен және т.б. сияқты басқа мономерлермен бірге полимерлеу арқылы алынады.

Акрил қышқылы мен метакрил қышқылының сополимерлеріне негізделген гидрогельдер, бұл гидрогельдер метакрил қышқылымен бірге акрил қышқылын полимерлеу арқылы алынады. Олар жақсы биоүйлесімділікке ие және оларды имплантат жабындары сияқты медициналық қосымшаларда қолдануға болады екен.

Карбоксилат функционалдық топтары бар акрил қышқылына негізделген гидрогельдер - бұл гидрогельдер акрил қышқылына негізделген гидрогель құрылымына карбоксилат топтарын енгізу арқылы алынатын гидрогель.

N,N-диметил акриламид (DMA) және акрил қышқылы (AAc) негізіндегі гидрогельді сополимерлер соңғы жылдары бірегей қасиеттері мен дәрі-дәрмектерді жеткізу, тіндік инженерия және қоршаған ортаны қалпына келтіру сияқты әртүрлі салаларда әлеуетті қолдану арқылы айтарлықтай назар аударған "ақылды" материалдар класы болып табылады.

Бұл сополимерлер еркін радикалды полимерлеу әдісімен синтезделеді, мұнда DMA және AAc мономерлері N,N'-метиленбисакриламид (MBA) немесе этиленгликоль диметакрилаты (EGDMA) сияқты тігуші байланыстырушы агентінің қатысуымен сополимерленеді. Алынған

сополимерлер гидрофильді топтары бар үш өлшемді желілік құрылымға ие, олар көп мөлшерде суды сіңіре алады, нәтижесінде гидрогель пайда болады.

DMA және ААс негізіндегі гидрогельді сополимерлердің маңызды артықшылықтарының бірі-олардың рН реактивті қасиеті. Сополимер құрылымында ААс бірліктерінің болуы сулы ерітінділерде иондануды қамтамасыз етеді, бұл дегеніміз ісінудің рН сезімтал қасиеттеріне әкеледі. рН төмен болған кезде ААс карбоксил қышқыл топтары протонданады, бұл полимер тізбектері арасындағы электростатикалық итерілуге әкеледі, нәтижесінде гидрогель ісінеді. Керісінше, жоғары рН кезінде ААс карбоксил қышқыл топтары протондалмай, бұл карбоксилат анионының зарядын бейтараптандыруға әкеледі және гидрогель кішірейеді.

Сонымен қатар, сополимер құрылымында DMA болуы, термореактивті қасиетін қамтамасыз етеді. DMA қондырғыларында ерітіндінің төменгі критикалық температурасы (ТКЕТ) шамамен 24°C болады, яғни сополимер тізбектері ТКЕТ-нан төмен суда ериді және одан жоғары ерімейді. Осылайша, DMA және ААс негізіндегі гидрогельді сополимерлер термореактивті ісіну және сығылу қасиетін көрсетеді.

Антибиотик қосылмаған (DMA-со-ААс) гидрогелі алтын стафилококк бактериясына қарсы айтарлықтай қатты белсенділік көрсеткен жоқ. Гентамицинмен, яғни антибиотикпен жүктелген (DMA-со-ААс) гидрогельдері, алтын стафилококктың өсуін тежеу қабілетін көрсетті. Алайда, сополимердегі DMA молярлық қатынасының жоғарылауы сополимердің алтын стафилококктың өсуін азайту қабілетінің жоғарылауына әкеледі. Тұтастай алғанда, дәрілік заттарды жеткізу қасиеттері бар жаңа қауіпсіз және тиімді гидрогельдерді әзірлеудегі болашақ перспективалар, әсіресе медициналық және гигиеналық қолдану үшін микробқа қарсы полимерлер мен кәдімгі микробқа қарсы агенттерді бірлесіп жеткізуді болжайды [44].

Қорытындылай келе, DMA және ААс негізіндегі гидрогельді сополимерлер рН және термореактивті қасиет көрсетеді, бұл оларды дәрі-дәрмектерді жеткізу, тіндік инженерия және қоршаған ортаны қалпына келтіру сияқты әртүрлі қолданбаларға тамаша үміткер етеді.

1.2 Акрил сополимерлерін синтездеу әдістеріне шолу: бос радикалды реакция

Бос радикалды полимерлеу: Акрил мономерлері реакцияға жоғары активтілігімен және бос радикалдардың қатысуымен қосылу арқылы полимерленуге оңай ұшырайтын функционалды қос байланыс тобының болуымен сипатталады.

Бос радикалды тігіп полимерлеу процесі - жабындарды, ақпаратты сақтау жүйелерін, пленкаларды және асфералық линзалар мен биоматериалдарды қоса алғанда, бірқатар қосымшаларда қолданылады.

Торлы гидрогельдер әдетте бос радикалды полимерлеу арқылы алынады. Соңғы үш онжылдықта табиғаты, құрамы және қасиеттері бойынша

ерекшеленетін бірқатар гидрогельдер жасалды. Гидрогельдер - гидрофильді гомо-немесе сополимерлерден тұратын ерімейтін, су өткізбейтін торлы құрылымдар. Олар биомедициналық қолданбалар үшін олардың жоғары су құрамы мен табиғи тінге ұқсас серпімді табиғатына байланысты қажет.

Бос радикалды полимерлеу әдістері тұрақты кепілді полимерлеу жылдамдығын ала отыруымен, бос радикалды инициаторлармен иницирленеді. Аталған бос радикалды инициаторлар сәулелену арқылы белсендірілсе, мысалы, электронды сәуле, микротолқындар, гамма-сәулелер немесе жарық түрінде (ультракүлгін сәуле, көрінетін жарық немесе инфрақызылға жақын), бос радикалды полимерленуді бастаудың басқа әдістері термиялық инициация және тотығу-тотықсыздану инициациясы болып табылады [44].

Бос радикалды полимерлену механизмін үш кезеңге бөлуге болады: иницирленуі, тізбектің өсуі және тізбектің аяқталуы. Инициация сатысында бос радикалды инициатор ыдырап, бос радикалдар түзеді. Содан кейін бұл бос радикалдар мономермен әрекеттесіп, тізбекті реакцияны тудырады және өсіп келе жатқан полимер тізбегін құрайды. Тізбектің өсуі сатысында өсіп келе жатқан полимер тізбегі қосымша мономермен әрекеттеседі, нәтижесінде тізбек одан да ұзарады. Бұл процесс барлық мономер жұмсалғанға дейін немесе тоқтату агентін қосу арқылы полимерлеу тоқтатылғанға дейін жалғасады. Полимерлеуді тоқтату сатысында өсіп келе жатқан полимер тізбегін бос радикалмен әрекеттесетін және тізбекті реакцияны тоқтататын тоқтату агентін қосу арқылы тоқтатуға болады. Инициатор ретінде тотықтырушы агенттер көбінесе: аммоний, калий, натрий пероксид сульфаттары қолданылады. Персульфат (пероксодисульфат) сулы ерітінділерде винил мономерлерінің полимерленуінің инициаторы ретінде танымал. Термиялық ыдырау кезінде тікелей немесе жанама түрде тізбектің өсуін тудыратын радикалды иондар пайда болған кезде термоинициатор ретінде жиі қолданылады. Тігілу процесіне келсек, тігілу - бұл гидрогельдегі жеке полимер тізбектері бір-бірімен қосылып, гидрогельдің механикалық беріктігі мен тұрақтылығын арттыра алатын үш өлшемді торды құрайтын процесс.

Гидрогельді өзара тігу процесі әртүрлі әдістермен, соның ішінде физикалық, химиялық және биологиялық әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін. Химиялық тігуші агент тігу - гидрогельдерді тігуде қолданылатын ең кең таралған әдістердің бірі болып табылады және полимерлі тізбектермен әрекеттесіп, үш өлшемді торды құрайтын тігуші агентті қолдануды қамтиды. Тігуші агент ретінде көбінесе, метиленбисакриламид (МВА) қолданылады.

Жалған сополимерлеу әдісі (grafting polymerization). Бос радикалды полимерлеу арқылы полимерлерлерді жалғау әдісі полимер химиясында кеңінен зерттелетін тақырып болып табылады. Бұл әдіс жалғанған тізбектер деп те аталатын полимер тізбектерін ковалентті қосу арқылы полимер негізін өзгертуді қамтиды. Бос радикалды полимерлеу - бұл әмбебаптығы мен тиімділігіне байланысты жалғау арқылы полимерленумен бірге қолданылатын кең таралған әдіс.

Бос радикалды полимерлеумен жалғап полимерленуінде жалғанған тізбектерді полимер негізіне бекіту үшін жалғау агенті қолданылады. Жалғау агентінде негізгі полимерге қосылу үшін реактивті функционалды топ және жалғанатын тізбектер үшін полимерленетін топ бар. Реакцияны жалғанған тізбектердің полимерленуін бастауға қабілетті бос радикалдарды тудыратын радикалды инициатор арқылы басталады.

Бос радикалды полимерлеумен жалғап полимерленуінің артықшылықтарының бірі - алынған полимердің қасиеттерін реттеу мүмкіндігі. Жалғанған тізбектердің ұзындығын, құрамын және тығыздығын бақылау арқылы полимердің қасиеттерін нақты қолданысы үшін бейімдеуге болады. Мысалы, гидрофильді жалғанған тізбектерді енгізу полимердің суда ерігіштігін жақсартуы мүмкін, ал гидрофобты жалғанған тізбектерді қосу оның механикалық қасиеттерін жақсартуы мүмкін.

Сонымен қатар, бос радикалды полимерлену арқылы полимерлерді жалғауға кейбір шектеулер бар. Мәселелердің бірі - егудің жоғары тиімділігіне қол жеткізу, өйткені барлық жалғау агенттері полимер негізімен тиімді әрекеттесе алмайды. Сонымен қатар, жағымсыз реакциялардың алдын алу және полимердің нақты анықталған құрылымының пайда болуын қамтамасыз ету үшін реакция жағдайларын мұқият бақылау қажет.

Жалпы, бос радикалды полимерленумен жалғап полимерлеу құнды қасиеттері бар заманауи полимерлі материалдарды синтездеудің қуатты әдісі болып табылады. Кейбір шектеулерге қарамастан, бұл тәсілдің әмбебаптығы мен тиімділігі оны материалтану мен биомедицинада қолданудың кең ауқымы үшін танымал таңдау етеді.

Жалғанған сополимерлер - бұл тармақталған сополимер, онда бүйірлік тізбектің компоненттері негізгі тізбектің компоненттерінен құрылымдық жағынан ерекшеленеді. Бүйірлік тізбектердің көп саны бар жалғанған сополимерлер шектеулі және тығыз құрылымдарының арқасында құрт тәрізді конформацияға, шағын молекулалық өлшемге және тізбектердің ұштарында айтарлықтай әсерлерге қабілетті [45]. Жалғанған сополимерлерді алу әдісі ондаған жылдар бойы қолданылып келеді. Барлық синтез әдістерін жалғанған сополимерлердің жалпы физикалық қасиеттерін жасау үшін қолдануға болады. Олар соққыға төзімді материалдар үшін пайдаланылуы мүмкін және көбінесе тұрақты қоспалар немесе қорытпалар жасау үшін термопластикалық эластомерлер, компатибилизаторлар немесе эмульгаторлар ретінде пайдаланылады [46]. Әдетте, сополимерлерді синтездеуге арналған жалғау әдістері олардың гомополимерлі аналогтарына қарағанда ыстыққа төзімді материалдарға әкеледі [47]. Синтездің үш әдісі бар: *полимерге жалғау, және полимерден жалғау, полимермен жалғау арқылы* [48]. Аталған әдістер жалғанған полимерді жасау үшін қолданылады. Жалғанған сополимерлерді синтездеудің көптеген тәсілдері бар. Олар әдетте кеңінен қолданылатын баршамызға таныс полимерлеу әдістерін пайдаланады, мысалы, атомдық радикалды полимерлеу, сақинаны ашатын метатезисті полимерлеу, анионды және катионды полимерлеу және бос радикалды полимерлеу. Полимерленудің кейбір басқа сирек кездесетін түрлеріне радиациялық индукцияланған

полимерлеу [49], сақинаның ашылуымен олефин метатезисінің полимерленуі [50], поликонденсация реакциялары [51], және иньифертермен индукцияланған полимерлеу жатады [52]. Ендігі аталған синтездің әдістеріне тоқтала кетсек.

“Полимерге жалғау” - әдісі тізбек бойымен кездейсоқ таралатын функционалды топтары бар негізгі тізбекті пайдалануды қамтиды [53]. Жалғанған сополимердің түзілуі функционалды негізгі топ пен реактивті тармақтарының соңғы топтары арасындағы жұптасу реакциясы нәтижесінде пайда болады. Бұл жұптасу реакциялары негізгі топтың химиялық модификациясының арқасында мүмкін болады [54]. осы сополимерлерді синтездеу үшін қолданылатын жалпы реакция механизмдеріне еркін радикалды полимерлену, анионды полимерлену, атомды тасымалдаумен радикалды полимерлену және тірі полимерлену әдістері жатады. Полимерге жалғау әдісімен алынған сополимерлер көбінесе анионды полимерлеу әдісін қолданады. Бұл әдіс базалық полимердің электрофильді топтарының қосылыс реакциясын және анионды тірі полимердің көбею аймағын пайдаланады. Бұл әдіс реактивті топтары бар базалық полимерді жасамай мүмкін болмас еді. Бұл әдіс клик химиясының дамуымен танымал болды. Полимерге жалғау әдісімен полимерлеу үшін атомды тасымалдаумен қатар нитроксидті радикалды байланыс химиясы деп аталатын жоғары өнімді химиялық реакция қолданылады.

“Полимерден жалғау” - әдісінде макромолекулалық негізгі функционалдылықты бастауға қабілетті, белсенді аймақтарды енгізу мақсатында химиялық түрлендіріледі(модифицирленеді). Иницирлеуші агенттер сополимерлеу кезінде полимерге қосылуы, полимерленгеннен кейін реакцияға қосылуы немесе полимердің бөлігі болуы мүмкін. [54] Егер полимер негізі бойындағы белсенді агенттер саны бір тармақтың пайда болуына қатысса, онда макромолекулаға егілген тізбектердің санын белсенді тізбектердің санымен басқаруға болады. Егілген тізбектердің санын бақылауға болатын болса да, кинетикалық және стерикалық әсерлерге байланысты әрбір егілген тізбектің ұзындығында айырмашылық болуы мүмкін.[53]

“Полимерлеу арқылы” - макромономер әдісі деп те аталатын полимерлеу арқылы жалғау аса басым бүйірлік тізбектері бар жалған полимерді синтездеудің ең оңай әдістерінің бірі болып табылады [54] Әдетте молекулалық массасы төмен мономер акрилатпен функционалданған макромономерімен бос радикалдар көмегі арқылы сополимерленеді. Мономер мен макромономердің молярлық концентрациясының арақатынасы, сондай-ақ олардың сополимерлеу әрекеті жалғанған тізбектердің санын анықтайды. Реакция жүріп жатқанда, мономер мен макромономердің концентрациясы өзгереді, бұл тармақтардың кездейсоқ орналасуына және тармақтардың әртүрлі саны бар жалғанған сополимерлерінің пайда болуына әкеледі. Бұл әдіс макромолекула мен мономердің терминалдық функционалдық тобының реактивтілік қатынасына байланысты тармақтарды біртекті емес немесе біртекті қосуға мүмкіндік береді [55]. Жалғанудың таралуындағы

айырмашылық жалғанған сополимердің физикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді.

1.3 Целлюлозамен модификациялау

Көптеген суперабсорбенттер күрделі экологиялық проблемаларды тудыратын 100% мұнайдан алынатын полимерлер сияқты қалпына келмейтін ресурстардан жасалғандықтан, оларды экологиялық таза алмастырғыштармен ауыстыру керек. Табиғатта айтарлықтай қолжетімділігіне, өндірістің төмен құнына және биоыдырағыштығына байланысты целлюлоза, крахмал және хитозан және т.б. сияқты табиғи материалдардан аса сіңіргіш материалдарды дайындау соңғы уақытта үлкен қызығушылық тудырып отыр [56,57,58,59]

Ауыл шаруашылығында қолдану үшін биоыдырағыштық және жоғары ісіну қабілеті синтетикалық полимерлерді (мұнай-химия негізіндегі) табиғи полимерлермен біріктіру арқылы қол жеткізуге болатын ең құнды сипаттамалар болып табылады [60,61]. Целлюлоза жоғары молекулалық салмақты сызықты полисахарид ретінде биоүйлесімділік, биоыдырағыштық, улы еместік, төмен баға және қалпына келтіру сияқты кейбір ерекше қасиеттерге ие ең көп таралған полисахарид болып табылады [62,63]. Сонымен қатар, целлюлозаның суда ерігіштігі шектеулі және реактивтілігі төмен, себебі тізбек бойындағы гидроксил топтары арасындағы күшті молекулааралық және молекулаішілік сутегі байланыстары, сондай-ақ кристалдылықтың дәрежесі жоғары болып келеді [64,65,66,67,68]. Табиғи текті целлюлоза нанокристалдары (CNC) және целлюлоза наноталшықтары (CNFs) полимерлермен, нанобөлшектермен, шағын молекулалармен және биологиялық материалдармен бақыланатын әрекеттесуді қамтамасыз ететін жоғары беріктікке, жоғары беттік ауданға және реттелетін беттік химияға ие [69,70]. Жоғары арақатынасы мен кристалды және аморфты целлюлоза аймақтары бар целлюлоза наноталшықтары бір-бірімен оңай байланыса алады [71]. Сонымен қатар, нанофибрилдер полимер матрицасында жақсы дисперсияны қамтамасыз ететін, сутегі байланыстары арқылы қосылған перколяцияланған желіні құрайтын наноөлшемді молекулалар арасында өзара әрекеттесулерді құра алады. Осылайша, целлюлоза туындыларының қосылуы күшті арматура, серпімділік модулінің және механикалық қасиеттерінің айтарлықтай жоғарылауы сияқты суперабсорбенттердің кейбір үлкен артықшылықтарын көрсетеді, бұл көп функциялы өте сіңіргіш материалдарды жасауға әкеледі [72,73-75] Құрамында CNFs және полиакрил қышқылы сияқты өте сіңіргіш полимерлер бар суперсіңіргіш композиция алғаш рет патенттелді [76].

1.3 Целлюлоза микроталшықтарын алу

Карбоксилденген целлюлоза нанокристалдары (CNCs-COOH) әртүрлі беткі қасиеттерге қол жеткізу үшін химиялық түрлерді егуді жеңілдететін карбоксил топтарының реактивті бетіне ие [77], [78], осылайша оларды қолдану әлеуетін кеңейтеді. Сонымен қатар, карбоксилат тобы әртүрлі химиялық түрлермен көптеген жолдармен әрекеттесе алады, мысалы, сутегі байланысы, электростатикалық өзара әрекеттесу [79], үйлестіру өзара әрекеттесуі. Тиісінше, CNCs-COOH нанобөлшектерді немесе үлгіге негізделген гибриді нанокомпозиттерді алу үшін белсенді аймақтарды қамтамасыз ете алады [80], беттік модификациялар [81], сондай-ақ адсорбенттер/флоккулянттар [82]. Сонымен қатар, CNCs-COOH тамаша термиялық тұрақтылықты көрсетеді [83]. Сондықтан CNCs -COOH алу және қолдану соңғы жылдары үлкен назар аударды.

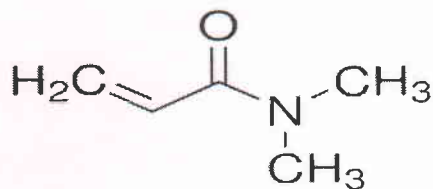
Бүгінгі күнге дейін CNCs-COOH 2,2,6,6 *тетраметилпиперидин-1-оксил радикалы (TEMPO)* - арқылы тотығу [84], периодат-хлорит тотығуы [85], тұз/азот қышқылының гидролизі [86], лимон/гидрохлор қышқылының гидролизі, лимон/тұз қышқылының гидролизі және APS тотығуы [87]. Олардың ішінде TEMPO арқылы тотығу ең көп қолданылатын әдіс болып табылады. TEMPO әдісімен CNCs -COOH алу үшін тотығу сатысынан кейін қышқыл гидролизі немесе өңдеуді қажет етеді. Сондықтан бұл қатаң химиялық заттарды қолдануды талап ететін ұзақ процес [88].

Айта кету керек, APS тотығу әдісінің екі ерекше артықшылығы бар: 1) қайта дайындау процесі әлдеқайда жеңіл, өйткені APS лигнинді, гемицеллюлозаны және басқа да өсімдік компоненттерін бір уақытта жою арқылы CNCs-COOH тікелей целлюлоза шикізатынан өндіре алады [89] 2) кейінгі өңдеу процесі әлдеқайда жеңіл. Чжоу және басқалар хабарлаған KMnO_4 тотығуы әдісінен айырмашылығы [90], онда аэрация көмегімен Mn^{2+} ионын жою қажет, ал бұл әдісте суспензияны центрифугалау арқылы ионсыздандырылған сумен [91] жуу жеткілікті. Сонымен қатар, APS тотығу әдісімен өңдеу нәтижесінде алынған CNCs-COOH зарядтың жоғары тығыздығын көрсетеді [92]. Өкінішке орай, ұзақ уақытты қажет ететін реакция (16 - 24 сағат) тағы APS-тің көп мөлшерін талап етеді (10 г целлюлозаға 228,01 г APS) бұл әдістің құнын, ауқымды қолдану үшін өте жоғары етеді [93]. Дегенмен, мұндай оңай масштабталатын тәсіл коммерциялық тұрғыдан ұсына алады. Коммерциялық тұрғыдан тиімді болуы үшін әдісті модификациялауды талап етеді. Бірақ та лабораториялық жағдайда осы процесс қолайлы, бастысы оңай және ең қарапайым болып келеді.

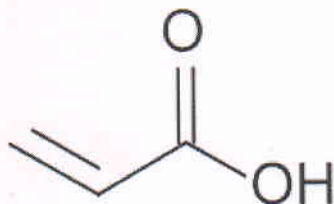
2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1 Бастапқы заттардың сипаттамалары

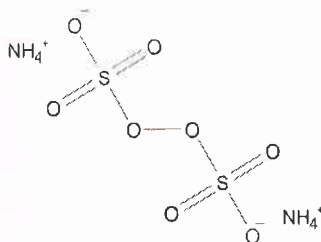
N,N-диметилакриламид (DMA) (99%, CAS 110-26-9) from Sigma-Aldrich (Heidelberg, Germany) компаниясының өнімі. (Тқай. 80-81°C /12мм. сынап бағанасынан $n_{D20}=1.473$).



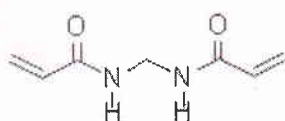
Акрил қышқылы (АҚ) (CAS 79-10-7) Acros Organics (Geel, Belgium) фирмасының өнімі. тазалығы 99,5%. қосымша тазалаусыз қолданылды. ($T_{\text{қайн.}}=300,3\text{K}/4\text{кПА}$, $n_D^{20}=1,4222$; $T_{\text{қайн.}}=414\text{K}/101\text{кПА}$, $n_D^{20}=1,4224$).



Аммоний персульфаты (98%, APS, CAS 7727-54-0) инициатор ретінде қолданылады (тығыздығы 1,98 г/см³, молекулалық массасы 228,18 г/моль). Sigma-Aldrich (Heidelberg, Germany) -тың өнімі. Қосымша тазалаусыз қолданылды.



N,N-метилден-бис-акриламид (БАА) (99%, CAS 110-26-9) тігуші агент ретінде қолданылады. Sigma-Aldrich (Heidelberg, Germany) фирмасының өнімі (тығыздығы 1,138 г/см³, молекулалық массасы 154,18 г/моль). қосымша тазалаусыз қолданылды.



Әр түрлі ертінділір ертінді дайындау шарттарына сәйкес орындалды. Органикалық еріткіштерді тазалау (этил ацетаты, этил спирті) стандартты әдістемелерге сәйкес жүргізілді.

Мыс (II) тұзы (CuSO_4), NaOH CH_3COOH және ағартқыш ұнтақ () осы реактивтерден дайындалатын ертінділер стандартқа сай келеді.

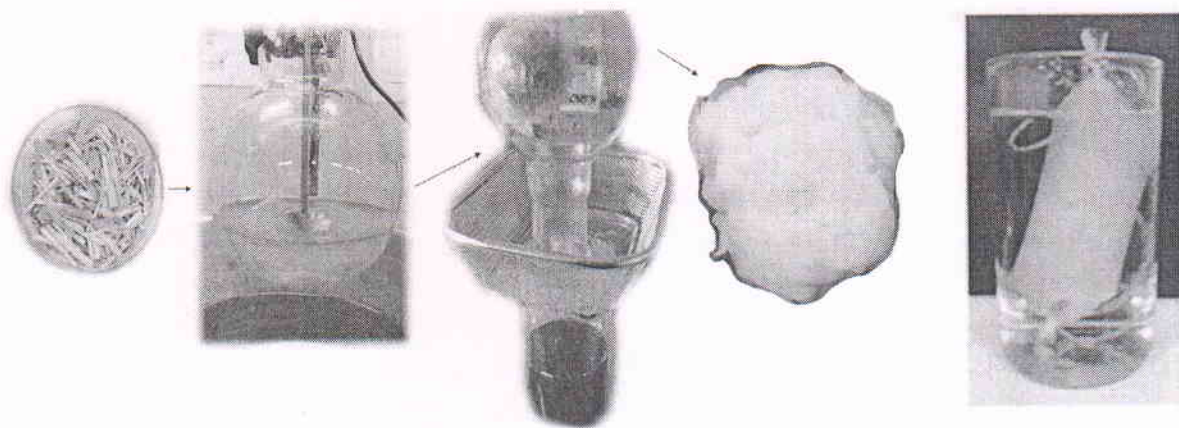
Алматы обылысында өскен қамыс қолданылады.

2.2 Целлюлоза ның және сополимерлердің синтезі

Поли(DMA-со-ААс) гидрогельдерінің синтезі. N,N-диметилакриламид (DMA) пен Акрил қышқылы (АҚ) мономерлері негізінде ертіндіде, заттық иницирлену арқылы суда ісінетін сополимерлер синтезделіп алынды. Иницирлеуші агент ретінде персульфат аммоний, тігуші агент ретінде N,N-метилен-бис-акриламид қолданылды. DMA мен АҚ мономерлерінің әртүрлі ара қатынасында (БМҚ[DMA - ААс]) 30-70; 50-50; 70-30 мол.% гидрогелдер синтезделіп алынды. Сонымен бірге, гомополимер полиакрил қышқылыда синтезделді. Синтездеудің оңтайлы параметірлерін анықтау мақсатында уақытқа, тігуші агенттің мөлшеріне және синтезделу ортасына (еріткішке) байланысты әр түрлі гидрогелдер синтезделіп алынды.

Целлюлоза микроталшықтарын алу

Целлюлоза микроталшықтарын алу бірнеше сатылармен орындалды. Алдымен ұсақталған қамысты (1,5 мм шамасында) механикалық қоспаларын (шаң, топырақ) және органикалық экстрактілерін жою үшін дистилденген сумен 60°C температурада бір қалыпты араластырылып жуылады және сумен тазартылып сүзіледі. Бұл процес бірнеше рет қайталанады. Сонан кейін, тазартылған қамыстың қажетті массасы сілтімен өңдеу процесіне жіберіледі. Сілтімен өңдеу процесінде, сілтінің қажетті мөлшері араластырғышпен жабдықталған үш мойынды колбада сілті ертіндісі (мас. 4% NaOH (салм/көлем) мен тазартылған қамыс 2 сағат араласады. Процестің жүру уақыты 2 сағат. Сілтілік өңдеуден кейін, сүзіліп дистерленген сумен толық шайылып жуылады. Кейде осы өңдеу процесін бірнеше рет қайталап қайталауға болады.



Сурет 1. Қамыстан целлюлоза талшығын алу процесі

Сілтілік өндеуден өткен целлюлоза талшықтарына ағарту процесін жүргіземіз. Бұл процестеде үш мойынды колбада араластыра отырып жүргізіледі. Ағартқыш ертіндінің қажетті мөлшері целлюлоза талшығы бар колбаға кұйылып бір қалыпты араласады. Ағарғаннан кейін сумен тазартылады және бірнеше апта бойы диализденеді. Осы процестің жүру барысы 6 суретте көрсетілген.

Целлюлоза нанокристалдарын алу. Целлюлоза нанокристалдарын алудың бірнеше әдістері бар екені әдебі шолуда қарастырылған. Олардың қышқылдық тотықтыру, TEMPO-oxidized және аммоний персульфатымен (APS) тотықтыру процесі маңызды болып табылады. Реакцияның аса қарапайымдылығымен және қосымша процестерді (мысалы: тазалау процесі) талап етпейтінін ескере отырып, лабораториялық бағытта нанокристалл целлюлоза алуда екінші әдісті қолдануды шештік. Бастапқы заттар, Целлюлоза : APS [10 г : 228 г] қатынасында алынды . Дөнгелек түпті колбада 1 г целлюлоза және 22,8 г APS қатысуымен 40°C температурада, интенсивті араласумен, 10 сағат бойы жүргізілді.

NCC-Poly(DMAA-co-AAc) гидрогельдерінің синтезі. DMAA және AAc негізіндегі гидрогель 50/50 болатын ара қатынаста (БМҚ(50/50 мол.%)) (50:50) қатынасымен суда бос радикалды полимерлеу әдісі қолданылып, радикалды инициатор ретінде аммоний персульфатының қатысуымен (APS) = 1×10^{-2} М және тігуші байланыстырушы агент ретінде N,N'-метилен бис (акриламид) = 0,1 моль. % мөлшерінде алынып реакциялық ортаға қосылды. Мономерлер қоспасы жалпы көлемнің 30% құрайды, ($V_{\text{мономерлер}}=1,5$ мл еріткіш ортаның көлемі $V_{\text{cy}}=3,5$ мл.

Реакциялық қоспасы бар герметикалық жабылған шыны ампуланы (20 минут) уақытта 60 ° C температурадағы су моншасына орналастырылды. Поли(DMAA-co-AAc)-Cellulose гидрогельдерінің синтезі үшін қосымша 1 мл (1,14%-Целлюлоза) ерітіндісі қосылды.

Алынған гидрогельдер сынамаларын реакцияға түспеген мономерлерден тазарту үшін 10 күн бойы тазартылған сумен жуылды.

2.3 Зерттеудің физика-химиялық әдістері

Синтездеп алынған сополимерге сипаттама беру, қасиеттерін анықтау мақсатында әртүрлі қазіргі заманғы зерттеу әдістерімен талдау жасалды.

Инфрақызыл спектрлер (ИК-спектрлер) әдісі (Alpa «Platinum ATR» (АҚШ)) суда ісінетін сополимердің құрлысын, құрамын, құрлымын анықтауда қолданылды. Спектрлер $500-4000\text{cm}^{-1}$ диапазонында жазылды.

Полимердегі құрғақ заттың массасын үлгілердің тұрақты массаға дейін кептіргеннен кейін өлшейді. Гельдегі құрғақ заттардың массасы вакуумдық пеште тұрақты салмаққа дейін кептірілгеннен кейін анықталды. Ісіну дәрежесі бірнеше параллельді эксперименттерде анықталды. Гидрогельдердің тепе-теңдікті ісіну дәрежесін анықтау үшін полимердің салмақты мөлшерін

еріткіште тепе-теңдікті ісіну қалыптасқанға дейін ұсталынған тепе-теңдікті ісіну дәрежесін мына формула бойынша анықталынды:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0}, \quad (2.1)$$

мұндағы α – гелдің тепе-теңдік ісіну дәрежесі,

m – бір қалыпты ісінген полимер үлгісінің массасы,

m_0 – құрғақ кепкен заттың салмағы.

Гель (G) және золь (S) фракцияларының шығымы мына формулалар бойынша есептелді:

$$G = \frac{m_0}{m_c} \cdot 100\%$$

$$S = 100 - G$$

Мұндағы:

S – золь шығыны, m_0 – құрғақ үлгінің салмағы, г;

m_c – синтезделген үлгінің салмағы, г.

Тігілу дәрежесі мына формула бойынша есептеледі:

$$J = \frac{1}{(S + S^2)}$$

2.4 Антибактериялық сынақтар

Мономерлердің әртүрлі ара қатынасында синтезделген Poly(DMA-AAc) және NCC- Poly(DMA-AAc) гидрогельдерінің бактерияны жою және дәрілік затты тасымалдау қабілетін қоректік агар диффузиялық әдіспен зерттелді. Синтезделіп алынғаннан кейін гидрогелдер реакцияға түспей қалған мономерлерді жою үшін гидрогельдерді бірнеше апта бойы дистилденген сумен жуылады. Диаметрі 7-8 мм және биіктігі 1 мм дискілер дайындалады. Гидрогель дискілері вакуумдық пеште бөлме температурасында тұрақты массаға дейін кептірді. Толық кепкен гидрогель үлгілері қажетті мөлшердегі суға және қажетті дәрілік заттың ертіндісіне (ципрофлоксацинның ертіндісінде) тасталады. Барлық үлгілер бөлме температурасында 24 сағат бойы сақталды. Гидрогельді дискілер қажетті ертінділерді сіңіріп, жұмсақ пішінін сақтайды.

Біз микроорганизм ретінде грам оң (GP) бактерия болып табылатын *Staphylococcus aureus* -ты таңдадық. GP бактериялары қалың пептидогликан қабатына байланысты кристалды күлгін түске боялуы мүмкін. Керісінше, грам теріс (GN) бактерияларды қызыл немесе қызғылт түстермен бояуға болады.

DMA-AK гидрогелінің антибактериялық сынақтары грам оң (GP) микроорганизм (ATCC 6538-p *Staphylococcus aureus*) және грам теріс (GN) микроорганизмде (*E. coli* (ATCC 25922)) дискілік диффузиялық әдіс негізінде жүргізілді.

Қоректік агардың құрамы (*Staphylococcus aureus* үшін) келесідей болды (г / л): ет сығындысы – 1,5; NaCl - 5, ашытқы сығындысы – 1,5; пептон - 5; агар - 15,0; ортаның pH 7,4-7,6. Осы микроорганизмге жасалған сынақтар 37 °C

температураны тұрақты ұстап тұратын термостатта 24 және 48 сағат уақыт ішінде жүргізілді. ДМА-АҚ гидрогельдердің микробқа қарсы белсенділігі олардың микроорганизмдердің өсуін тежейтін аймақтарының диаметрін (ММ) өлшеу арқылы анықталды.

3 Нәтижелер және оларды талдау

3.1 N,N-диметилакриламид және акрил қышқылы негізіндегі гидрогелдердің және NCC-poly(DMA) тігілген полимерінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.

3D өлшемді торлы құрылымды полимерлік гидрогелдер өзінің тамаша қасиеттерімен зерттеушілерге ерекше қызығушылық танытуда. Бұл материалдар өздерінің бағалы қасиеттерімен медицинада, биотехнологияда, электроника, ауыл шаруашылығында, экологиялық мәселелерді шешуде тағы басқа қажетті салаларда кең қолданысқа ие. Суды өзіне көп мөлшерде сақтап, қажетті жағдайда қайта шығара алатын полимерлерге көптеген ғалымдар зерттеу жұмыстарын жүргізгенімен ғылым мен техниканың дамуына, жаңа қолданыс саласының табылуына және осы полимерлерге деген сұраныстың артуына байланысты гидрогелдерді зерттеу күн тәртібінен түскен жоқ. Сондықтан осы полимерлерді әлі де терең зерттеу, зерделеу бүгінгі заманның талабы. N, N – диметилакриламид негізіндегі сополимерлік гидрогелдерде суды көп мөлшерде сақтай алатын қасиетімен ерекшеленеді.

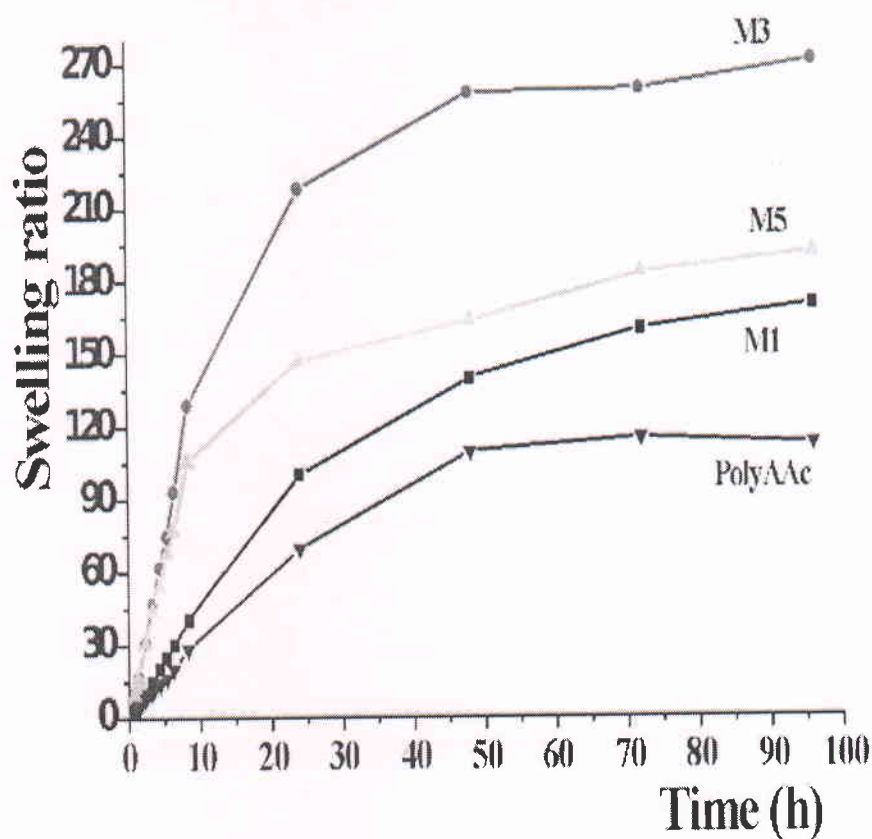
N, N – диметилакриламид (DMA) пен акрил қышқылы (АҚ) мономерлері негізіндегі гидрогелдер сулы ортада, иницирлеуші агент аммоний персульфаттың пен тігуші агент N,N-метилен-бис-акриламидтың қатысында мономерлердің әр түрлі ара қатынасында (30-70 (M1); 50-50 (M3); 70-30 (M5) мол.%) синтезделіп алынды.

Таңдап алынған синтезделу уақытына және тігуші агенттің оңтайлы мөлшеріне негізделіп синтезделген DMA-АҚ гидрогелі мен полиакрил қышқылы салыстыра зерттелді. Үш өлшемді сополимерді синтездеудің басты заңдылықтары золь-гель фракция талдауы және гравиметрия әдістерімен талдау жасалды. 3 кестеде бастапқы DMA-АҚ сополимер мен ПолиАҚ-ның гель-золь фракция шығымы және гидрогельдердің суда бірқалыпты ісіну дәрежесі көрсетілген. Мұнда сополимер мен гомополимерлер үшін гель-золь фракция шығымы және тігілу дәрежесінің мәндері бір біріне жақын (қарайлас) екенін көруге болады. Бұл синтезделу параметрлері бірдей болуынан (қосылатын ТА мөлшері, синтез уақыты және синтезделу заңдылықтары т.б). DMA-АҚ гидрогелінің ісіну жиырылу кинетикасы гравиметриялық әдіс арқылы гомополимерімен салыстыра зерттелді. 2 Суретте DMA-АҚ мономерлерінің әртүрлі ара қатынасында синтезделіп алынған гидрогель мен гомополимердің сулы ортадағы ісіну қасиеттері көрсетілген. Гидрогелдер бастапқыда тезірек ісініп, екі тәуліктен кейін ісіну баяулап тұрақтана бастайтынын көруге болады. DMA-АҚ гидрогелінің сулы ортадағы ең жоғары ісіну дәрежесін бастапқы мономер құрамындағы DMA-ның мөлшері 50% болатын гидрогель (M3) көрсететіні анықталды. Бұл гидрогелдердің барлығы бірдей жағдайда синтезделсе де мономерлердің табиғатына байланысты әр түрлі ісіну дәрежесін көрсетті. Полиакрилқышқылының ісіну дәрежесі өзінің сополимеріне қарағанда төмен. Бастапқы мономерлік құрамында DMA-ның мөлшері 30% (M1) және 70% (M5) болатын үлгілерді салыстырғанда, полимер құрамындағы АҚ-ның үлесі артуына байланысты ісіну дәрежесінің

төмендейтіндігін көруге болады. Бұлардың ісіну қасиеттері гомо полимердікіне (ПАҚ) қарай ұмтылатынын көруге болады. Ең жоғары ісіну дәрежесін көрсеткен гидрогелдің (М3) құрғақ кездегі диаметрі 8мм болса, ісінген кезде 63мм дейін ұлғаяды (3 сурет).

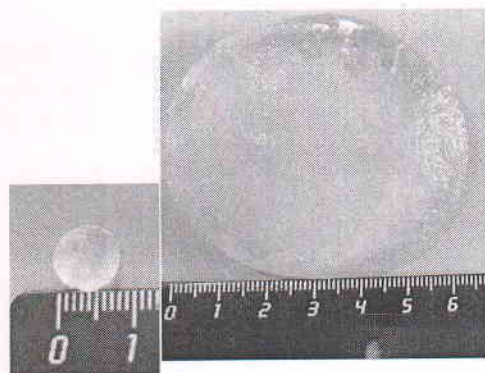
Кесте 1 – ДМА-АҚ сополимерлерінің гель-золь фракция шығымы, тігілу ісіну дәрежесі

№	Сополимер БМҚ [ДМА-АҚ]	G	S	J	α (in water)
M1	30-70	32	68	2.295	165
M3	50-50	34	67	2.311	270
M5	70-30	33	67	2.311	180
polyAAc	100	34	66	2.33	105



БМҚ [ДМА-АҚ]= 30-70 (M1); 50-50 (M3); 70-30 (M5) және ПАҚ

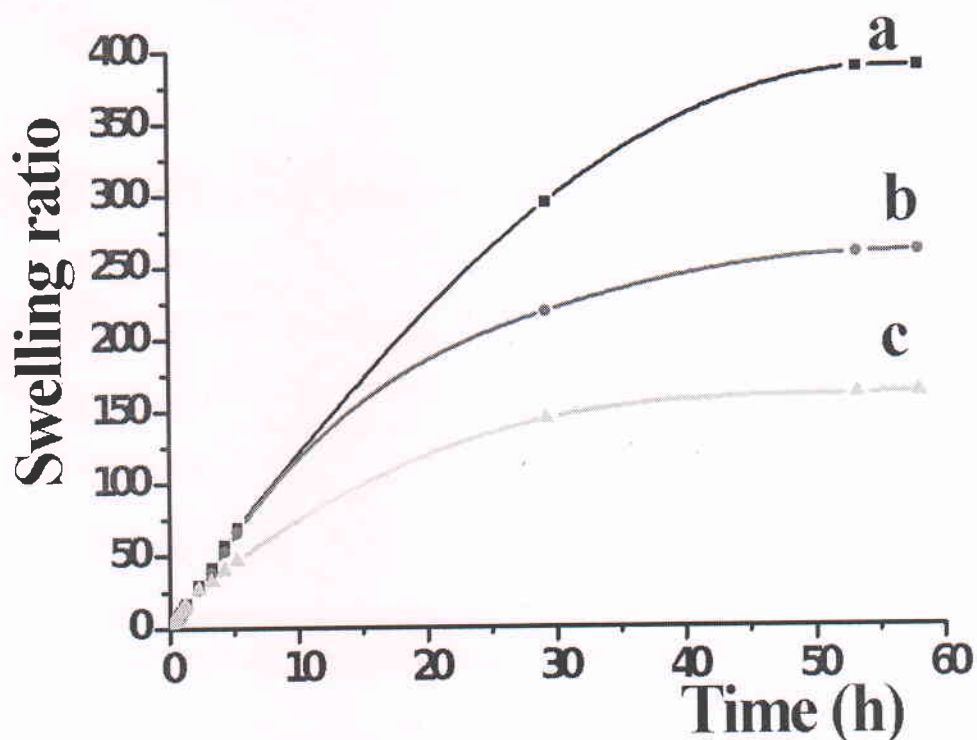
Сурет 2 – ДМА-АҚ және полиАҚ гидрогелінің ісіну кинетикасы



Кепкен гидрогель (а); Ісінген гидрогель (б);
 $d=8\text{мм}$ $d=63\text{мм}$

Сурет 3 – Кепкен (құрғақ) және ісінген (В) ДМА-АҚ гидрогелінің суреті

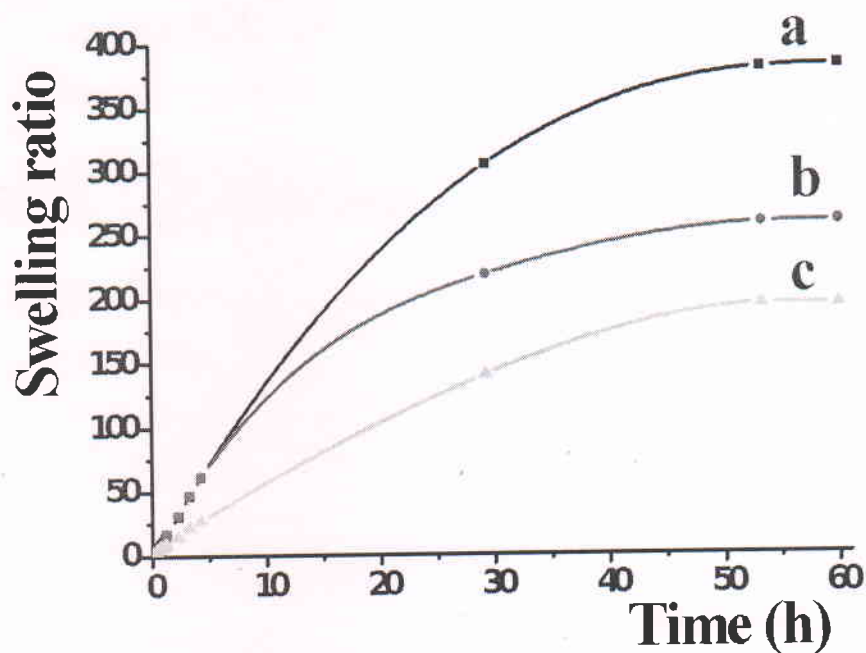
Тігілген сополимерлерді синтездеуде ең маңызды параметрлердің бірі синтездеу уақыты және тігуші агент мөлшері екені белгілі. Егер гидрогелді синтездеуде тігуші агенттің мөлшері көп болған жағдайда, қатты тігіліп құрамына еріткіштің аздаған мөлшерін ғана ұстап тұра алады. Бұл біздің ертіндіні тасымалдаушысы ретінде қолданылатын полимерлер үшін тиімсіз. Ал осы тігуші заттардың аз болуы гидрогелдің сирек торлануына, еріткіштерді көп мөлшерде сіңіргенімен, қолдану жағынан өзіндік қиындықтардың туындайтыны белгілі. Сондықтан тігуші агенттің оңтайлы мөлшерін таңдап алу ерекше маңызға ие. ДМА-АҚ гидрогелін синтездеу кезінде тігуші агент ретінде N,N-метилден-бис-акриламид пайдаланылды. Тігуші агенттің 3 түрлі концентрациясында (0,05 (а); 0,1(б) және 0,3 (с) моль. %) ДМА мономерінің мөлшері 50% болатын (М3) гидрогелдер синтезделіп, олардың сулы ортадағы ісіну қабілеті гравиметриялық әдіс арқылы зерттелді. 4 суретте көрсетілгендей, гидрогелдің құрамындағы тігуші агенттің мөлшері көбірек болғанда (5а сурет) судағы ісіну дәрежесі басқа жағдайлармен салыстырғанда төмен болатынын ($a=128\text{г/г}$), гель фракция шығымы да ($G=17,42$) аз болатыны анықталды. Бұл ДМА-АҚ гидрогелінің жиі тігілуі судың геле енуіне, тордың кеңеюіне кедергі келтіруінен. Ал ДМА-АҚ гидрогелінің құрамында тігуші агенттің мөлшері аз жағдайда (5б сурет) гель-золь фракция шығымы ($G=46,68$) және судағы ісіну дәрежесі ($a=387\text{г/г}$) жоғары болғанымен, гель судың көп мөлшерін қабылдап, өзінің тұрақты формасын сақтай алмай оңай опырылуға бейім келеді. Бұл пайдалануға қолайсыздықтар тудырады. ДМА-АҚ тігілген сополимерін синтездеудің ең тиімді жағдайы деп гель құрамындағы ТА мөлшері 0,1моль. % болатын синтезді есептеуге болады. Мұнда гелдің ісіну дәрежесі 270г/г мөлшерінде болса, гел фракция шығымыда $G=34$ айналасында болатын нәтижені көрсетті. Бұл гидрогелдің қаттылығы мен жұмсақтығы басқалармен салыстырғанда өте қолайлы екені және гель өзінің тұрақты формасын сақтай алатыны анықталды.



a – 0,05; b - 0,1; c – 0,3 моль. %

Сурет 4 – ДМА-АҚ гидрогелінің (М3) дәрежесіне тігуші агенттің концентрациясының әсері

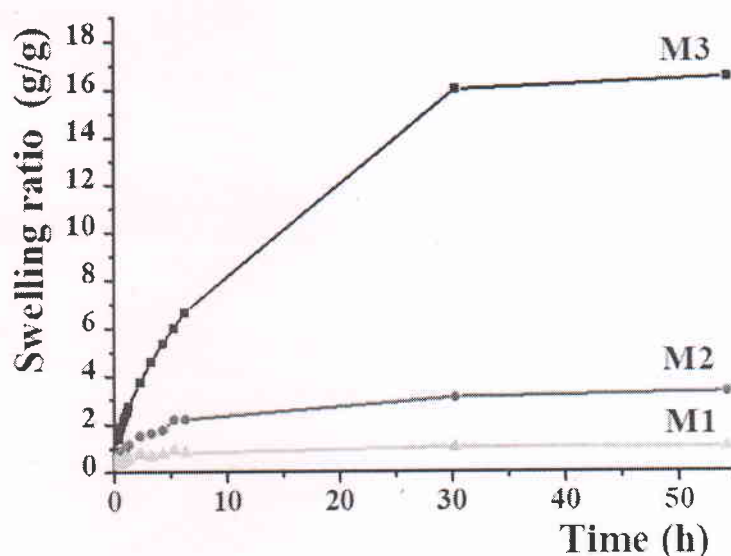
Осы гидрогелдің ісіну дәрежесіне тігуші агенттермен қатар, синтезделу уақытыда өзінің әсерін тигізеді. Полимер синтездеу барысында оптималды температураның астында (термостатта) көбірек уақыт ұсталса қаттырық тігілген гелдер алынса, азырақ уақыт ұсталса керісінше болады. Сондықтан синтездеу уақыты да, тігуші агенттің мөлшері де полимерлеуді сипаттауда ерекше маңызды. Синтезделу уақыты 10; 20 және 40 минут болатын ДМА-АҚ гидрогелдер синтезделіп, олардың ісіну кинетикасы зерттелді. Зерттеуге бастапқы мономерлік құрамы 50-50моль. % (М3) гидрогель алынған. Гидрогелді синтездегенде 60°C температурада 10минут ұсталған гелдің екі тәуліктен астам уақыттағы ісіну дәрежесі 387г/г болды. Бірақ гелдің ең жоғары ісіну дәрежесіне жеткенде сыртқы формасын сақтамай тезірек жарылуға ұмтылатыны анықталды. Мұндай ДМА-АҚ гидрогелдері пайдалану жағынан тиімсіздеу. Ал термостатта ситездеу уақыты көбірек болған (6б сурет) гидрогель судың аз мөлшерін ғана қабылдай алатыны дәлелденді. Бұлда өз тиімсіздігін көрсетті. Біз ең оңтайлы жағдай деп алынған уақыт 20минут (6с сурет).



a – 10минут; b - 20 минут; c – 40минут

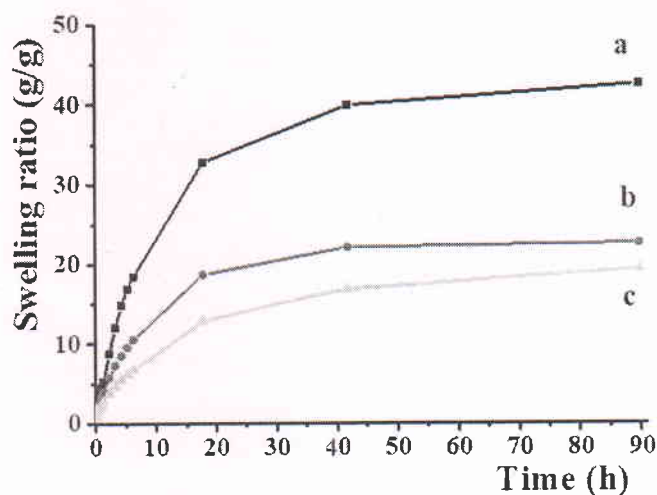
Сурет 6 – ДМА-АҚ гидрогелінің (М3) ісіну дәрежесіне синтезделу уақытының әсері

Поли (DMA-со-ААс) үшін гидрогельдің металл иондарының әр түрлі концентрациясындағы металл иондарын сіңіру қасиеттері, яғни мыс тұздары (CuSO_4) уақытқа тәуелді гравиметриялық әдіспен зерттелді. Гидрогельдің (М1 және М2) поли (DMA-со-ААс) үлгілерімен металл иондарының сіңу дәрежесі басқа гидрогель үлгісіне қарағанда төмен. Құрамында ең көп DMA бар Гидрогель (М₃ үлгісі) басқа алынған сополимерлермен салыстырғанда ісінудің ең жоғары дәрежесіне ие болды (сурет - 6, М3).



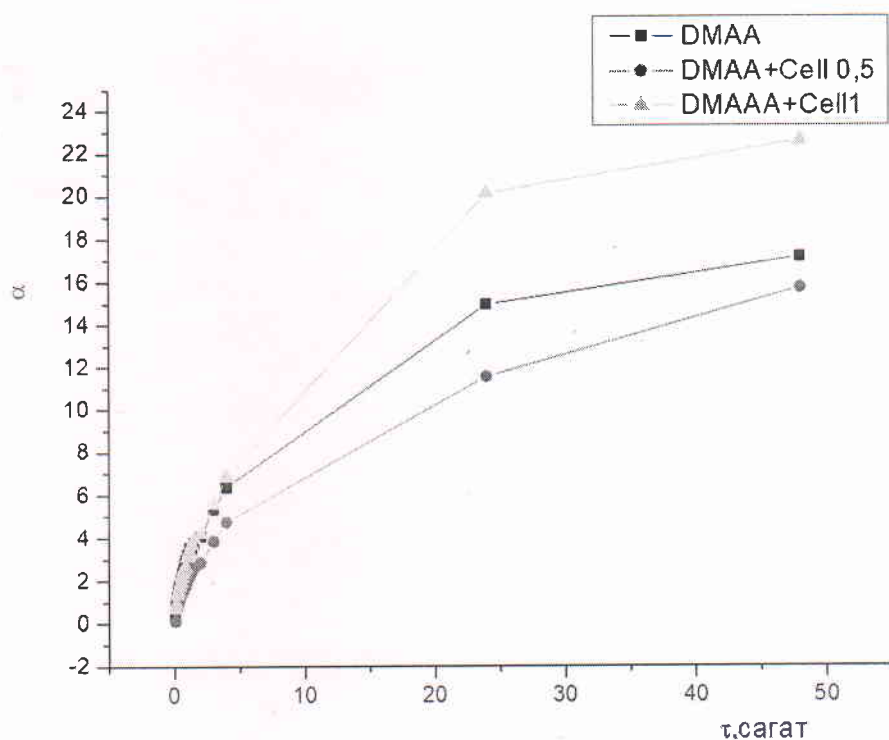
Сурет - 6. Poly(DMA-co-AAc) гидрогельдерінің Cu (II) иондарының (0,1M (CuSO₄)) сорбциялану кинетикасы.

Полимерлі гидрогельдің (M3) қатысуымен әр түрлі Cu (II) ионының сорбция кинетикасы 7 - суретте көрсетілген. Құрамында 0,001 M Cu (II) иондары бар гидрогельдің ісіну дәрежесі, 0,01 және 0,1 M бар ерітінділермен салыстырғанда жоғары. Алайда, максималды ісіну дәрежесі 10-нан 90 сағатқа дейін артады.



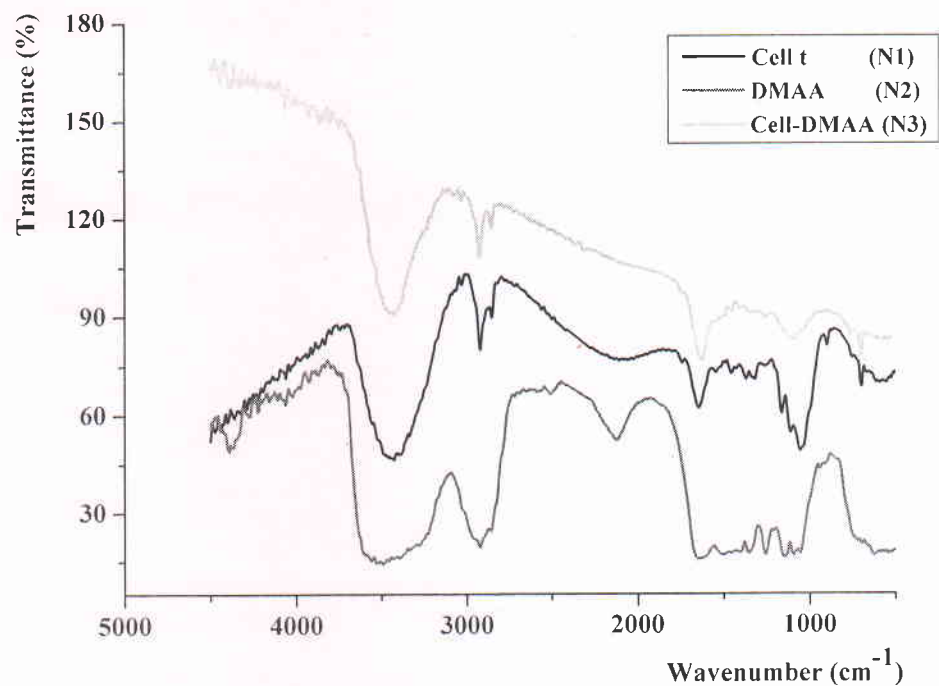
(a) 0,001M; (b) 0,01M және (c) 0,1M CuSO₄ ерітіндісі

Сурет -7 Түрлі концентрациядағы Cu (II) иондарын поли (DMA-co-AAc) (M3) гидрогельімен сіңіру кинетикасы.

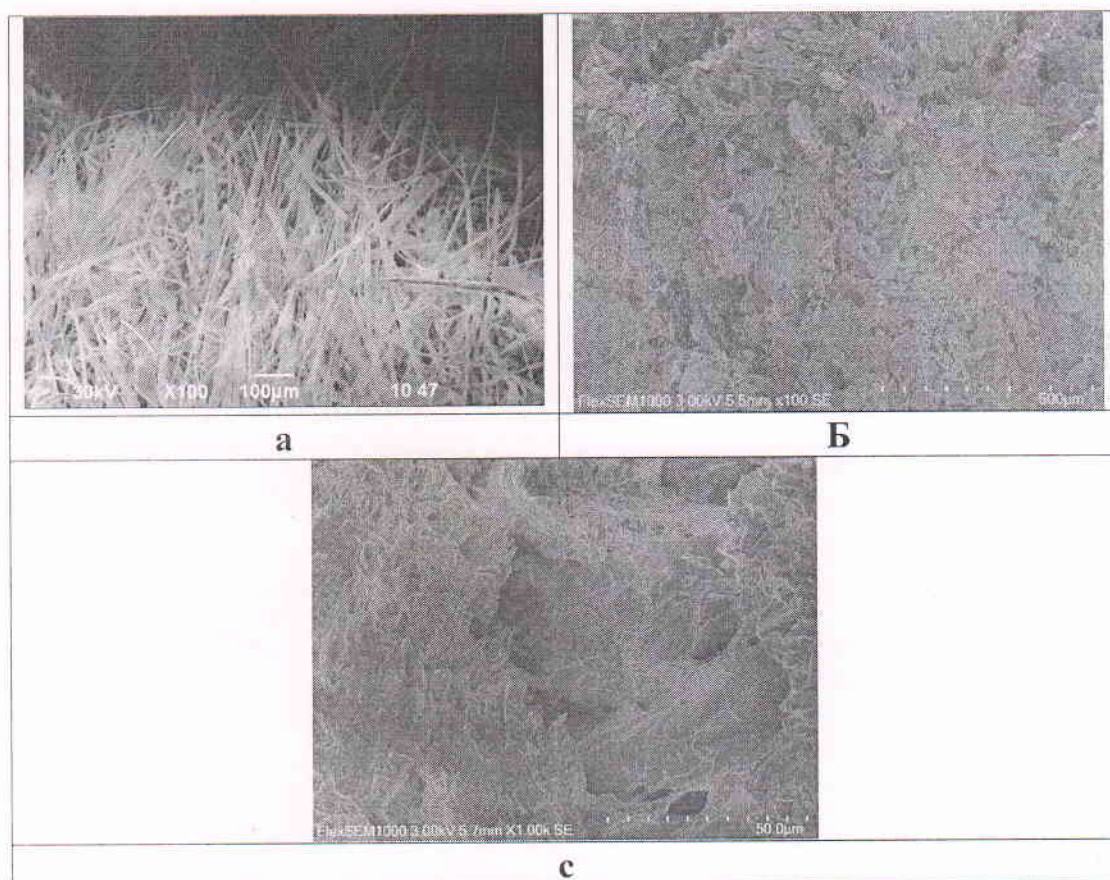


Сурет – 8 Поли(DMAA-со-ААс) және Поли(DMAA-со-ААс)-Cellulose суда ісіну кинетикасы

8 – суретте әртүрлі концентрацияда алынған гидрогельдерді кептіргеннен кейін, суда ұзақ уақыт ұстау арқылы, өзара салыстырмалы ісіну кинетикасы анықталды. Нәтижесінде наноцеллюлоза мөлшері көбірек нұсқасы суда жақсы ісінетінін көруге болады.



Сурет -9 Поли(DMAA-со-ААс) және Поли(DMAA-со-ААс)-Cellulose ,
Целлюлоза ИК спектрі



Целлюлоза талшығы (а); НКЦ (б) және NCC-Poly(DMA)

Сурет -10. Сканерлеуші электронды микроскопта зерттеу нәтижесі

Poly(DMAA-co-AAc) және NCC-Poly(DMAA) гидрогельдеріне иммобилизацияланған антибиотиктің бактерияға қарсы белсенділігін зерттеу нәтижесі. 4 түрлі нұсқадағы гидрогель үлгілері әрқайсысы 2 данадан, құрамында 40 мг белсенді зат – ципрофлоксацин бар, 20 мл ерітіндіге салынып 24 сағ антибиотик ерітіндісін бойыңа сіңірді. Жалпы алғанда 8 дана құрғақ гидрогель, 80 мл ерітіндіге, яғни 2 гидрогель 20 мл ерітіндіге. Салыстырмалы сынама ретінде, тура осылай қосымша 4 түрлі нұсқадағы 8 дана гидрогель алынды.

Гидрогельдің сіңірген ерітіндінің көлемін және сәйкесінше 1 дана гидрогель үлгісінің бойыңа сіңген белсенді зат концентрациясын анықтауының аналитикалық талдамасы

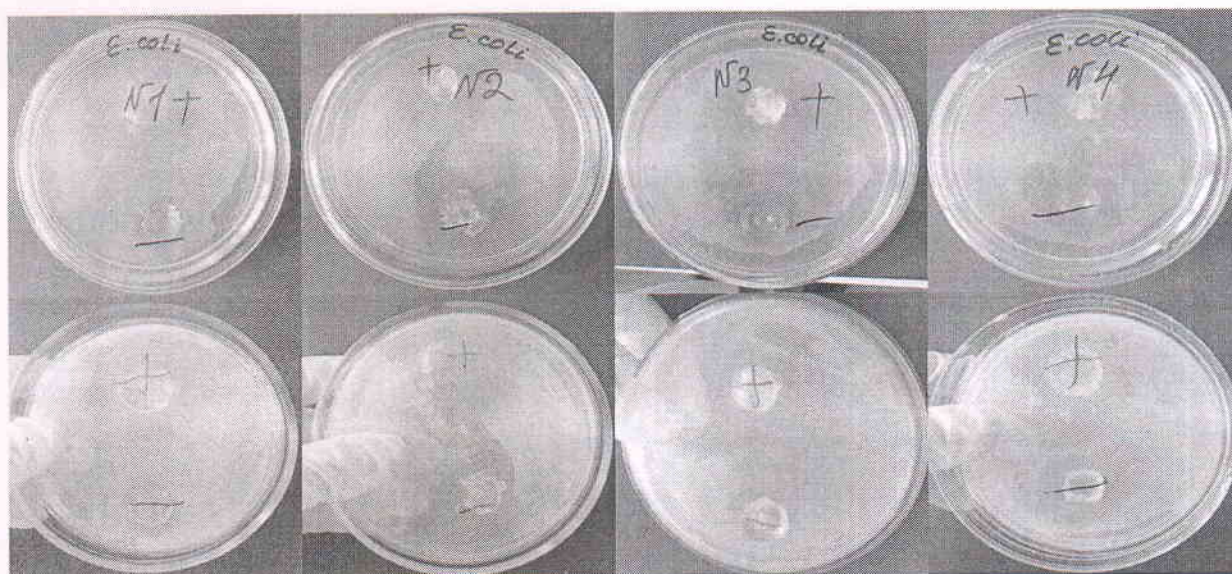
Кесте 2. Антибактериялық қасиеттерін зерттеу

№	$V_{\text{қалған ерітінді, см}^3}$	$V_{\text{жұтылған, см}^3}$	$C_{\text{м белсенді зат, мг}} / 20 \text{ мл} / 2$	$C_{\text{мг}} / 10 \text{ мл}$
№1[70/30] 2х - гидрогель	15,9	4,1	$\frac{8,2}{4,1} / 2$	4,1
№2[30/70] 2х - гидрогель	19,8	0,2	$\frac{0,4}{0,2} / 2$	0,2
№3[50/50] 2х - гидрогель	19	1	$\frac{2}{1} / 2$	1
№4[50/50]+Cellulose 2х - гидрогель	17,8	2,2	$\frac{4,4}{2,2} / 2$	2,2

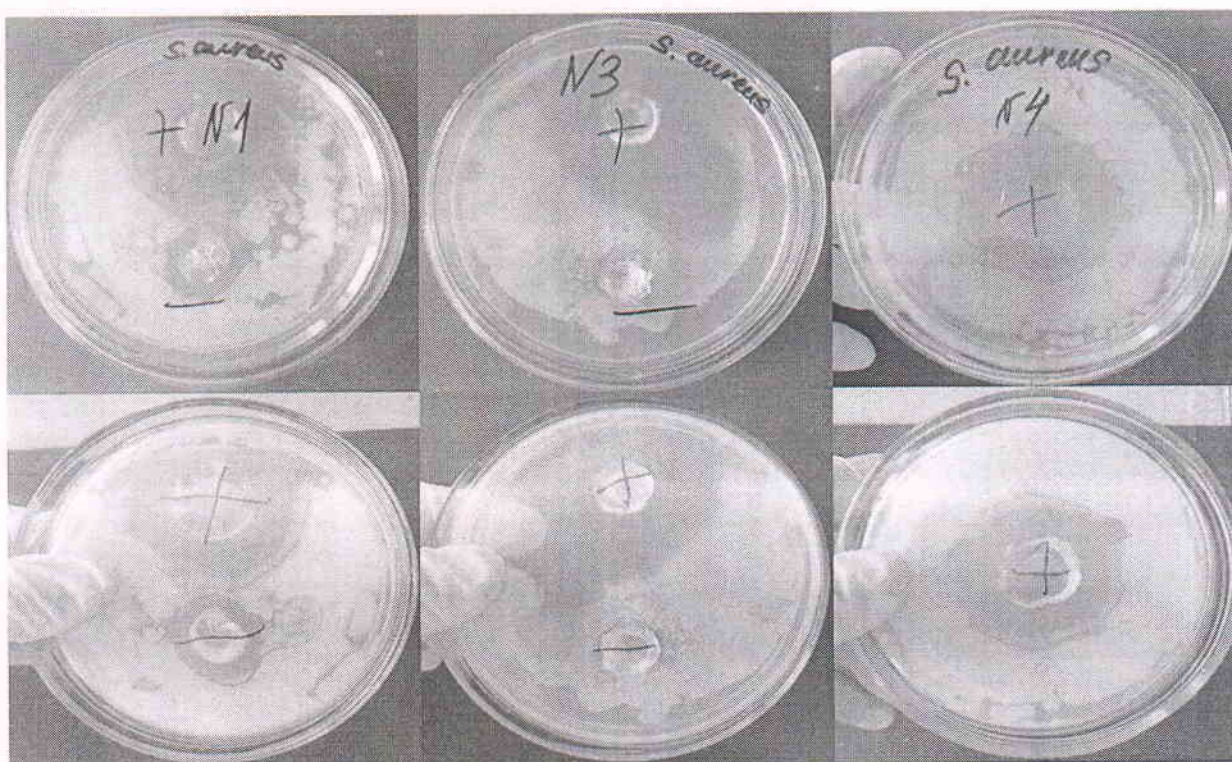
Бактерияға қарсы сынамадан кейінгі өсуінің тежелу зоналары кестесі
(өсу уақыты – 24 сағат)

Кесте 3. Антибактериялық қасиеттерін зерттеу

№	<i>S.aureus</i> , мм	<i>E.Coli</i> , мм
№1[70/30]	(+) = 12 (-) = 5	(+) = 15 (-) = 5
№2[30/70]	(+) = - (-) = -	(+) = - (-) = -
№3[50/50]	(+) = 17 (-) = 2	(+) = 10 (-) = 7
№4[50/50]+Cellulose	(+) = 9 (-) = -	(+) = 15 (-) = 9



Сурет – 19 Бактерияға қарсы сынамадан кейінгі өсуінің тежелу зоналары
(*E. Coli*)



Сурет – 20 Бактерияға қарсы сынамадан кейінгі өсуінің тежелу зоналары
(*S. aureus*)

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Зерттеу жұмысында N,N-диметилакриламид және акрил қышқылы негізіндегі мономерлерін пайдаланып, инициатор қатысында радикалды сополимерлену жолымен, заттық иницирлену арқылы сулы ортада, тігілген сополимерлер синтездеп алынды.
2. Гидрогельдер синтезінің оңтайлы жағдайларын анықтау үшін синтездеуде тігуші агент концентрациясына, сополимеризациялау барысының ұзақтығына және ертіндінің мөлшеріне тәуелділігі зерттелді.
3. DMA-AAc гидрогелі және аолиакрил қышқылы гидрогелі үшін сополимеризацияның негізгі заңдылықтары, гель - золь және гравиметриялық талдау әдістері арқылы гель фракциясының шығуы және әртүрлі ортадағы ісіну дәрежесі анықталды. Сулы ортада DMA-AK гидрогелінің жоғары ісіну қабілетіне ие екендігі анықталды.
4. Қамыстан целлюлоза синтезделіп, оныс нанокристалцеллюлозаған дейін модификацияланды. Нанокристалцеллюлозаны пайдаланып NCC-Poly(DMA) гидрогелі синтезделді. Олардың физ-химиялық қасиеттері анықталды.
5. Poly(DMA-AAc) мен NCC-Poly(DMA) гидрогелдерінің антибактериялық қасиеттері биологиялық сынақтар арқылы анықталды.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИАКРИЛАТОВ. Торлова А.С., Пикалов Е.С. // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых" (ВлГУ) Владимир, Россия
- 2 Buwalda SJ., Vermonden T., Hennink WE. Hydrogels for therapeutic delivery: Current developments and future directions. // *Biomacromolecules*. 2017;18(2):316-330
- 3 Chirila T., Harkin D. *Biomaterials and Regenerative Medicine in Ophthalmology* 2nd ed. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier; 2016
- 4 Shalaby S., Nagatomi S., Peniston S. *Polymeric Biomaterials for Articulating Joint Repair and Total Joint Replacement. Polymers for Dental and Orthopedic Applications*: CRC Press; 2007
- 5 Kamoun EA., Kenawy E-RS., Chen X. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. // *Journal of Advanced Research*. 2017;8(3):217-233
- 6 Van Blitterswijk C., De Boer J. *Tissue engineering*. Oxford, United Kingdom: Academic Press; 2014
- 7 Ratner BD., Hoffman AS., Schoen FJ., Lemons JE. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. Toronto, Canada: Academic Press; 2012
- 8 Serrano-Aroca Á. Enhancement of Hydrogels' Properties for Biomedical Applications: Latest Achievements. In: *Hydrogels*. InTech; 2018. pp. 91-120
- 9 Kopecek, 2009. Hydrogels: from soft contact lenses and implants to self-assembled nanomaterials. *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* 47, 5929e5946.
- 10 Hoare, T.R., Kohane, D.S., 2008. Hydrogels in drug delivery: progress and challenges. *Polymer* 49, 1993e2007.
- 11 Wichterle, O., Lim, D., 1960. Hydrophilic gels for biological use. *Nature* 185, 117e118.
- 12 Kopecek, J., 2009. Hydrogels: from soft contact lenses and implants to self-assembled nanomaterials. *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* 47, 5929e5946.
- 13 Hoare, T.R., Kohane, D.S., 2008. Hydrogels in drug delivery: progress and challenges. *Polymer* 49, 1993e2007
- 14 Kopecek, J., Yang, J.Y., 2007. Review - hydrogels as smart biomaterials. *Polymer International* 56, 1078e1098
- 15 Kopecek, 2009; Hydrogels: from soft contact lenses and implants to self-assembled nanomaterials. *Journal of Polymer Science Part A-Polymer Chemistry* 47, 5929e5946.
- 16 Zhu, J.M., Marchant, R.E., 2011. Design properties of hydrogel tissue-engineering scaffolds. *Expert Review of Medical Devices* 8, 607e626.
- 17 Hennink, W.E., van Nostrum, C.F., 2002. Novel crosslinking methods to design hydrogels. *Advanced Drug Delivery Reviews* 54, 13e36

18 Ahmed, E.M., 2015. Hydrogel: preparation, characterization, and applications: a review. *Journal of Advanced Research* 6, 105e121

19 Kawamura, A., 2017. Design of nano- and micro-structured molecule-responsive hydrogels. *Polymer Journal* 49, 751e757.

20 Chen, J., Park, H., Park, K., 1999. Synthesis of superporous hydrogels: hydrogels with fast swelling and superabsorbent properties. *Journal of Biomedical Materials Research* 44, 53e62.

Kassab Z, Kassem I, Hannache H et al (2020c) Tomato plant residue as new renewable source for cellulose production: extraction of cellulose nanocrystals with different surface functionalities. *Cellulose* 27:4287–4303. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03097-7>

21 Zohuriaan-Mehr, M.J., Omidian, H., Doroudiani, S., Kabiri, K., 2010. Advances in nonhygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. *Journal of Materials Science* 45, 5711e5735

22 Coupek J., Krivakova M., Pokorny S. // *J.Polym. Sci., Polym. Symp.* 1973. V.42. № 1. P. 185.

23 Weis N., Van Vliet T., Sliberberg A. // *J.Polym.Sci., Polym. Phys. Ed.* 1981. V.19. № 13. P.1505.

24 Harland R.S., Peppas N.A. // *J.Appl. Polym. Sci.* 1992. V.45. № 13. P. 2121.

25 Blattler D.P., Garner F., Van Slyke K., Bradley A. // *J.Cromatogr.* 1972. V.64. № 1. P. 147.

26 Синани В.А., Валуев Л.И., Чупов В.В., Платэ Н.А. // *Высокомолек. соед. А.* 1988. Т. 30. № 10. С. 2088.

27 Cohen Y., Ramon O., Kopelman I.J., Mizrah S. // *J.Polym. Sci., Polym. Phys.* 1992. V. 30. № 12. P. 1055

28 Berger J., Reist M., Mayer J.M., Felt O., Peppas N.A., Gurny R. Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications // *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics.* – 2004. – Vol.57. – P.19-34.

29 Akhtar M.F., Hanif M., Ranjha N.M. Methods of synthesis of hydrogels. A review // *Saudi Pharmaceutical Journal.* – 2016. – Vol.24. – P.554-559.

Arslan, M., Aydin, D., Degirmenci, A., Sanyal, A., Sanyal, R., 2017. Embedding well-defined responsive hydrogels with nanocontainers: tunable materials from telechelic polymers and cyclodextrins. *ACS Omega* 2, 6658e6667

30 Hossein Hosseinzadeh. Synthesis and swelling properties of a poly(vinyl alcohol)-based superabsorbing hydrogel. // *Department of Chemistry, Payame Noor University, 19395-4697, Tehran, Iran.*

Gong, C., Qi, T., Wei, X., Qu, Y., Wu, Q., Luo, F., Qian, Z., 2013. Thermosensitive polymeric hydrogels as drug delivery systems. *Current Medicinal Chemistry* 20, 79e94.

31 G. Bagheri Marandi., K. Esfandiari., F. Biranvand., M. Babapour., S. Sadeh., G. R. Mahdavinia. pH Sensitivity and Swelling Behavior of Partially Hydrolyzed Formaldehyde-Crosslinked Poly(acrylamide) Superabsorbent Hydrogels // ¹Department of Chemistry, Islamic Azad University, Karaj, Iran
²Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj,

Iran ³Faculty of Science, Department of Chemistry, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

32 A. S. Hoffman, *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2012, 64, 18.

33 N. A. Peppas, J. Z. Hilt, A. Khademhosseini, R. Langer, *Adv. Mater.* 2006, 18, 1345.

34 J. M. Seidel, S. M. Malmonge, *Mater. Res.* 2000, 3, 79.

35 K. Y. Lee, D. J. Mooney, *Chem. Rev.* 2001, 101, 1869.

36 V. B. Michelsen, G. Moe, M. B. Strøm, E. Jensen, H. Lygre, *Materials* 2008, 24, 724.

37 M. Kurisawa, J. E. Chung, Y. Y. Yang, S. J. Gao, H. Uyama, *Chem. Commun.* 2005, 4312.

38 R. A. Siegel, M. Falamarzian, B. A. Firestone, B. C. Moxley, *J. Control. Rel.* 1988, 8, 179.

39 L. E. Bromberg, E. S. Ron, *Adv. Drug Deliv. Rev.* 1998, 31, 197.

40 S. Giri, B. G. Trewyn, M. P. Stellmaker, V. S. Y. Lin, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005, 44, 5038.

41 L. Y. Chu, Y. Li, J. H. Zhu, H. D. Wang, Y. J. Liang, *J. Control. Rel.* 2004, 97, 43.

42 I. Lavon, J. Kost, *J. Control. Rel.* 1998, 54, 1.

43 Synthesis, Characterization and Antibacterial Application of Copolymers Based on *N,N*-Dimethyl Acrylamide and Acrylic Acid Ulantay Nakan.,^{1,*} Shayahati Bieerkehazhi.,² Balgyn Tolky.,³ Grigoriy A. Mun.,⁴ Mukhit Assanov.,⁴ Merey E. Nursultanov.,¹ Raikhan K. Rakhmetullayeva.,⁴ Kainaubek Toshtay.,⁴ El-Sayed Negim.,⁵ and Alibek Ydyrys⁶

44 <https://patents.google.com/patent/RU2341539C2/ru>

45 Feng, Chun; Li, Yongjun; Yang, Dong; Hu, Jianhua; Zhang, Xiaohuan; Huang, Xiaoyu (2011). "Well-defined graft copolymers: from controlled synthesis to multipurpose applications". *Chemical Society Reviews*. 40 (3): 1282–95. doi:10.1039/b921358a

46 Matyjaszewski, Krzysztof. "Graft Copolymers". Retrieved 14 March 2014.

47 Pearce, Eli M. (May 1987). "New commercial polymers 2, by Hans-George Elias and Friedrich Vohwinkel, Gordon and Breach, New York, 1986, 508 pp. Price: \$90.00". *Journal of Polymer Science Part C: Polymer Letters*. 25 (5): 233–234. doi:10.1002/pol.1987.140250509

48 Bahloul A, Kassab Z, Bouchti M, El et al (2020) Micro- and nano-structures of cellulose from eggplant plant (*Solanum melongena* L.) agricultural residue. *Carbohydr Polym* 253:117311. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117311>

al.], Volker Abetz ... [et (2005). *Encyclopedia of polymer science and technology* (Wird aktualisiert. ed.). [Hoboken, N.J.]: Wiley-Interscience

49 Kassab Z, Abdellaoui Y, Salim MH et al (2020a) Micro- and nano-celluloses derived from hemp stalks and their effect as polymer reinforcing materials. *Carbohydr Polym* 245:116506. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116506>

50 Boussetta A, Ait Benhamou A, Barba FJ et al (2021) Experimental and theoretical investigations of lignin-ureaformaldehyde wood adhesive: Density

functional theory analysis. *Int J Adhes Adhes* 104:102737. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102737>

51 Beroual M, Boumaza L, Mehelli O et al (2021) Physicochemical properties and thermal stability of microcrystalline cellulose isolated from esparto grass using different delignification approaches. *J Polym Environ* 29:130–142. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01858-w>

52 Yamashita, K.; Ito, K.; Tsuboi, H.; Takahama, S.; Tsuda, K.; Otsu, T. (5 November 1990). "Graft copolymerization by iniferter method; structural analyses of graft copolymer by glass transition temperature". *Journal of Applied Polymer Science*. 40 (910): 1445–1452. doi:10.1002/app.1990.070400903

53 Hadjichristidis, N., S. Pispas, H. Iatrou, and D. J. Lohse. "Graft Copolymers." *Graft Copolymers*. John Wiley and Sons Inc, 15 July 2002. Web. 14 Feb. 2014.

54 Matyjaszewski, Krzysztof. "Graft Copolymers". Carnegie Mellon. Retrieved 14 February 2014

55 Ito, Koichi; Hiroyuki Tsuchida; Akio Hayashi; Toshiaki Kitano (1985). "Reactivity of Poly(ethylene oxide) Macromonomers in Radical Copolymerization". *Polymer Journal*. 17 (7): 827–839. doi:10.1295/polymj.17.827

56 A. Martin, A.A. Hubbe, J.S. Daystar, R.A. Venditti, J.J. Pawlak, Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: a review, *BioResources* 8 (4) (2013) 6556–6629.

57 Y. Bao, J. Ma, N. Li, Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxymethyl cellulose-g-poly(AA-co-AM-co-AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel, *Carbohydr. Polym.* 84 (2011) 76–82.

58 J. Ma, X. Li, Y. Bao, Advances in cellulose-based superabsorbent hydrogels, *RSC Adv.* 5 (73) (2015) 59745–59757.

59 X. Shen, J.L. Shamshina, P. Berton, G. Gurau, R.D. Rogers, Hydrogels based on cellulose and chitin: fabrication, properties, and applications, *Green Chem.* 18 (1) (2016) 53–75.

60 S. Fang, G. Wang, P. Li, R. Xing, S. Liu, Y. Qin, H. Yu, X. Chen, K. Li, Synthesis of chitosan derivative graft acrylic acid superabsorbent polymers and its application as water retaining agent, *Int. J. Biol. Macromol.* 115 (2018) 754–761.

61 H. Geng, Preparation and characterization of cellulose/N,N'-methylene bisacrylamide/graphene oxide hybrid hydrogels and aerogels, *Carbohydr. Polym.* 196 (2018) 289–298

62 A. Salama, Cellulose/calcium phosphate hybrids: New materials for biomedical and environmental applications, *Int. J. Biol. Macromol.* 127 (2019) 606–617.

63 J. Zhang, H. Xiao, N. Li, Q. Ping, Y. Zhang, Synthesis and characterization of superabsorbent hydrogels based on hemicellulose, *J. Appl. Polym. Sci.* 132 (34) (2015) 42441–42446.

64 Y. Bao, J. Ma, N. Li, Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxymethyl cellulose-g-poly(AA-co-AM-co-AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel, *Carbohydr. Polym.* 84 (2011) 76–82

65 J. Ma, X. Li, Y. Bao, Advances in cellulose-based superabsorbent hydrogels, RSC Adv. 5 (73) (2015) 59745–59757.

66 A. Salama, Cellulose/calcium phosphate hybrids: New materials for biomedical and environmental applications, Int. J. Biol. Macromol. 127 (2019) 606–617.

67 C. Demitri FS, M. Madaghiele, A. Sannino, and A. Maffezzoli. Potential of cellulosebased superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. International Journal of Polymer Science. 2013; 2013:1–6.

68 T. Fekete, Synthesis and Characterization of Cellulose-Based Hydrogels, Hungarian Academy of Sciences Centre for Energy Research, 2017 PhD thesis.

69 X. Yang, E.D. Cranston, Chemically cross-linked cellulose nanocrystal aerogels with shape recovery and superabsorbent properties, Chem. Mater. 26 (20) (2014) 6016–6025.

70 K.J.D. France TH, E.D. Cranston, Review of hydrogels and aerogels containing Nanocellulose, Chem. Mater. 29 (2017) 4609–4631

71 X. Yang, E.D. Cranston, Chemically cross-linked cellulose nanocrystal aerogels with shape recovery and superabsorbent properties, Chem. Mater. 26 (20) (2014) 6016–6025.

72 A. Martin, A.A. Hubbe, J.S. Daystar, R.A. Venditti, J.J. Pawlak, Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: a review, BioResources 8 (4) (2013) 6556–6629

73 C. Spagnol, F.H.A. Rodrigues, A.G.B. Pereira, A.R. Fajardo, A.F. Rubira, E.C. Muniz, Superabsorbent hydrogel composite made of cellulose nanofibrils and chitosan-graftpoly(acrylic acid), Carbohydr. Polym. 87 (3) (2012) 2038–2045.

74 N. Yuan, L. Xu, L. Zhang, H. Ye, J. Zhao, Z. Liu, et al., Superior hybrid hydrogels of polyacrylamide enhanced by bacterial cellulose nanofiber clusters, Mater. Sci. Eng. C 67 (2016) 221–230.

75 S.B. Norhene Mahfoudhi, Poly (acrylic acid-co-acrylamide)/cellulose nanofibrils nanocomposite hydrogels: effects of CNFs content on the hydrogel properties, Cellulose 23 (6) (2016) 3691–3701.

76 R. Bitis, S. Abbas, K. Malmgren, M. Larsson, A. Larsson, Superabsorbent Polymer Composite Comprising a Superabsorbent Polymer and Cellulosic Nanofibrils, US 9162007 B2, 2015.

77 Grishkewich, N., Mohammed, N., Tang, J., Tam, K. C. (2017). Recent advances in the application of cellulose nanocrystals. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 29, 32-45. Janicki, R., Mondry, A., Starynowicz, P. (2016).

78 Trache, D., Hussin, M. H., Haafiz, M. K. M., Thakur, V. K. (2017). Recent progress in cellulose nanocrystals: Sources and production. Nanoscale, 9 (5), 1763-1786

Carboxylates of rare earth elements. Coordination Chemistry Reviews, 340, 98-133.

79 Lombardo, S., Thielemans, W. (2018). Thermodynamics of the interactions of positively charged cellulose nanocrystals with molecules bearing different amounts of carboxylate anions. Physical Chemistry Chemical Physics Pccp, 20 (26), 17637-17647.

80 Yonatan, C., Anuja, D., James, F., Doron, K., Oded, S., Sohini, K. N. (2018). Nanoscale electromechanical properties of template-assisted hierarchical self-assembled cellulose nanofibers. *Nanoscale*, 10 (35), 16812-16821.

81 Cao, L., Fan, J., Huang, J., Chen, Y. (2019). A robust and stretchable cross-linked rubber network with recyclable and self-healable capabilities based on dynamic covalent bonds. *Journal of Materials Chemistry A*, 7 (9), 4922-4933.

82 Song, M.-L., Yu, H.-Y., Chen, L.-M., Zhu, J.-Y., Wang, Y.-Y., Yao, J.-M., et al. (2019). Multibranch strategy to decorate carboxyl groups on cellulose nanocrystals to prepare adsorbent/flocculants and pickering emulsions. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7 (7), 6969-6980

83 Zhou, L., Li, N., Shu, J., Liu, Y., Wang, K., Cui, X., et al. (2018). One-pot preparation of carboxylated cellulose nanocrystals and their liquid crystalline behaviors. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6 (9), 12403-12410.

84 Saito, T., Isogai, A. (2004). Tempo-mediated oxidation of native cellulose. The effect of oxidation conditions on chemical and crystal structures of the water-insoluble fractions. *Biomacromolecules*, 5 (5), 1983-1989.

85 Suopajarvi, Terhi, Liimatainen, Henriikki, Hormi, Osmo, et al. (2013). Coagulation-flocculation treatment of municipal wastewater based on anionized nanocelluloses. *Chemical Engineering Journal*, 231 (9), 59-67.

86 Yu, H. Y., Chen, G. Y., Wang, Y. B., Yao, J. M. (2015). A facile one-pot route for preparing cellulose nanocrystal/zinc oxide nanohybrids with high antibacterial and photocatalytic activity. *Cellulose*, 22 (1), 261-273.

87 Leung, A. C. W., Sabahudin, H., Edmond, L., Yali, L., Male, K. B., Mahmoud, K. A., et al. (2011). Characteristics and properties of carboxylated cellulose nanocrystals prepared from a novel one-step procedure. *Small*, 7 (3), 302-305.

88 Batmaz, R., Mohammed, N., Zaman, M., Minhas, G., Berry, R. M., Tam, K. C. (2014). Cellulose nanocrystals as promising adsorbents for the removal of cationic dyes. *Cellulose*, 21 (3), 1655-1665.

89 Leung, A. C. W., Sabahudin, H., Edmond, L., Yali, L., Male, K. B., Mahmoud, K. A., et al. (2011). Characteristics and properties of carboxylated cellulose nanocrystals prepared from a novel one-step procedure. *Small*, 7 (3), 302-305.

90 Zhou, L., Li, N., Shu, J., Liu, Y., Wang, K., Cui, X., et al. (2018). One-pot preparation of carboxylated cellulose nanocrystals and their liquid crystalline behaviors. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6 (9), 12403-12410.

91 Jiang, H., Wu, Y., Han, B., Zhang, Y. (2017). Effect of oxidation time on the properties of cellulose nanocrystals from hybrid poplar residues using the ammonium persulfate. *Carbohydrate Polymers*, 174, 291-298.

92 Mascheroni, E., Rampazzo, R., Ortenzi, M. A., Piva, G., Bonetti, S., Piergiovanni, L. (2016). Comparison of cellulose nanocrystals obtained by sulfuric acid hydrolysis and ammonium persulfate, to be used as coating on flexible food-packaging materials. *Cellulose*, 23 (1), 779-793.

93 Leung, A. C. W., Sabahudin, H., Edmond, L., Yali, L., Male, K. B., Mahmoud, K. A., et al. (2011). Characteristics and properties of carboxylated

Ғылыми жетекшінің пікірі

Магистрлік зерттеу жұмысы

(жұмыс түрінің атауы)

Тілеубеков Нұрсұлтан Берікжанұлы

(білім алушының Т.А.Ә.)

7М07110-«Химиялық процестер және химиялық материалдар өндірісі»

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Акрил мономерлері негізіндегі сополимерлердің синтезі,
сипаттамасы және қолданылуы

Бүгінгі таңда полимерлер химия, медицина және биотехнология ғылымдарының негізінде жаңа бағыт сыртқы ортаның әсеріне алдын ала жоспарланған түрде жауап беретін интеллектуалды материалдардың дизайнын жасау және зерттеу бағытына бет алды. Ғылыми және практикалық жағынан гидрогелдер зерттеушілерге ерекше қызығушылық туғызуда. Бұл гидрогелдер өзінің ерекше қасиеттерімен көптеген салаларда кең қолданысқа ие.

Тілеубеков Нұрсұлтан N,N-диметилакриламид негізіндегі жаңа гидрогелдерді және осы мономерлер негізінде NCC-Poly(DMA-AAc) сополимерлерді синтездеу, олардың физика-химиялық қасиетін зерттеуді мақсат етіп орындаған магистрлік зерттеу жұмысы өте өзекті, маңызды мәселелерді шешуге бағытталған ғылыми жұмыстардың бірі болып есептеледі.

Зерттеу жұмысында алға қойған міндетін орындау барысында синтездеп алған полимерлеріне ИҚ- спектроскопия анализі, сканерлеуші электронды микроскоптік (SEM) талдау зерттеу әдістері қолданылды. Сонымен бірге, синтездеп алған гидрогелдердің антибактериялық қасиеттері грамоң (GP) және грам терс (GN) бактериялар арқылы нақты биологиялық сынақтар арқылы толық дәлелденген.

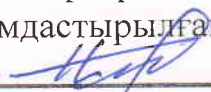
Сонымен қатар, гелдің суды көп мөлшерде өзіне сактай алу қабілетінің жоғары болуына негізделіп, ластанған суларды қажетсіз метал иондарынан тазартуға болатыны тәжірибе арқылы нақты дәлелдеп көрсетіп және қолдануға болады деп тұжырымдап, ұсыныс беруы жұмыстың жоғары деңгейде жасалғанын дәлелдейді.

Тілеубеков Нұрсұлтанның ғылыми зерттеу жұмысы барлық зерттеу жұмыстарына қойылған барлық талаптарға сай, алға қойылған мақсаты толық орындалған «өте жақсы» деген бағаға лайық зерттеу жұмысы және осы жұмысты орындаушы магистр дәрежесін алуға толық лайықты деп есептеймін.

Ғылыми жетекші

ХиБИ кафедрасының

қауымдастырылған профессоры, PhD



Нақан Ұлантай

«14» _06_ 2023ж.

14.06

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тілеубеков Нұрсұлтан Берікжанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: СИНТЕЗ, ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ

Научный руководитель: Улантай Накан

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 33

Интервалы: 0

Белые Знаки: 5

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 14.06.2023

Заведующий кафедрой Ю.А. 172
Б.А. Тугелова И.Н.

Swelling Studies on Poly(N, N-dimethyl acrylamide-co-acrylic acid) Hydrogels

^{1*}Ulantay Nakan , ²Balgyn Tolkyun , ³G. A. Mun , ¹G. Zh. Yeligbayeva , ¹N.B. Tileubekov , ¹Nurkat Serikbay , ⁴El-Sayed Negim .

¹ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

² A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan.

³ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty Kazakhstan;

⁴ Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: ulantaynakan@gmail.com;

Abstract: Hydrogel copolymers based on N, N-dimethyl acrylamide (DMA) and acrylic acid (AAc) were synthesized with different molar composition ratios ([DMA:AAc] = 30:70, 50:50 and 70:30 mol. %) using ammonium peroxydisulfate as a free radical initiation system in the presence of various amounts of *N*, *N'*-methylene bis (acrylamide) as a crosslinker (0.05, 0.1 and 0.3 mol. %) and water as reactant medium. The swelling behavior of the obtained was characterized based on the amount of the by different amounts to added of the crosslinking agent. While the use of a large amount of crosslinking agent in the poly (DMA-co-AAc) hydrogels was reduced the swelling degree in the water medium, a smaller amount in the gel indicated the tendency of the gel to burst. Absorption studies were made using different concentrations of copper sulfate (CuSO₄). Poly(DMA-co-AAc) hydrogels absorption capacity is competitive when there are more N, N-dimethyl acrylamide content in copolymer than others. The swelling ratios of low concentration of Cu (II) ion are higher than those of higher concentration of Cu (II) ion. Hydrogel gave the highest swelling ratio for the solution containing the lowest Cu (II) ion concentration than for the solution containing the highest Cu (II) ion.

Keywords: N, N-dimethyl acrylamide; acrylic acid; hydrogel; swelling degree; treating wastewater

Introduction

Cross-linked polymers with various properties have been applied in industrial applications, including medicine, agriculture, electronics, biotechnology, engineering, food industry, etc. Polymers belong to the class of intelligent polymers because of their sensitivity to temperature [1-5].

N-isopropyl acrylamide hydrogels are widely studied as thermosensitive materials in different applications because of their excellent valuable properties. Phase transition of such polymers occurs at a fixed temperature interval. For poly-N-isopropyl acrylamide, its low critical solution temperature (LCST) is 32°C. It noted that a person's change in body temperature from normal to elevated during diseases is within 36-41°C. That is why the expansion of the thermal sensitivity range of the above mentioned linear copolymers is significant. The task can be solved by adjusting the hydrophilic-hydrophobic balance of macro

chains by copolymerizing these monomers with other comonomers [6-10].

Many authors studied the swelling kinetics based on DMA hydrogels with different monomers in different nature. Several monomers had been added to copolymer based on DMA to improve its special properties for applications, such as ion loading hydrogels. That the swelling kinetics of hydrogel had different properties depending on copolymer composition (hydrophobic/hydrophilic balance of copolymer), crosslink density, the degree of ionization and their interaction with ions are important [11-15].

The crucial application of hydrogel is a carrier of medicinal substances, such as drug delivery and high antibacterial activity. Poly(DMA-co-AAc) cross-linked copolymers have shown antimicrobial properties against both Grams (positive and negative) bacteria. Hydrogels' killing bacteria and drug delivery mechanisms have been proposed to improve Poly(DMA-co-AAc) [15].

In the present work, Poly(DMA-co-AAc) hydrogels were prepared using free radical polymerization in water media. The swelling properties of poly(DMA-co-AAc) hydrogel aqueous solution were investigated via the gravimetric method. Kinetics of sorption metal ions of Poly(DMA-co-AAc) hydrogel were studied

Materials and Methods

Material. *N, N*-dimethyl acrylamide (DMA, 99%), ammonium persulfate (98%, APS, CAS 7727-54-0), *N, N'*-methylene-bis-acrylamide (99%, BIS, CAS 110-26-9), and Copper (II) salt (CuSO₄) (98%, CAS 7758-99-8) were purchased from Sigma Aldrich (Heidelberg, Germany). Oil emulsion was obtained from the Kyzylkiya field (Kazakhstan).

Synthesis of Poly(DMA-co-AAc) hydrogels. Hydrogels based on DMA and AAc were synthesized with different molar composition ratios (M1 (30:70), M2 (50:50), and M3 (70:30)), by free radical polymerization in water in presence of ammonium persulfate (2×10^{-2} M) as the radical initiator and *N, N'*-methylene bis (acrylamide) (0.05, 0.1 and 0.3 mol. %) as the cross-linking agent. Monomer mixture accounts 30% of the total volume, and the rest belongs to the solvent. The whole volume of reagents and solvent mixture was retained at 10 mL for all the compositions.

After degassing with argon for about 10 min to remove oxygen, the glass ampoule containing the reaction mixture was hermetically sealed and placed in the water bath at 60°C for various times (10, 20 and 40 minutes).

The obtained hydrogels were washed with distilled water for 10 days to purify the samples from unreacted monomers. Then, the hydrogel samples were dehydrated at room temperature and in a vacuum oven until the weight was kept constant [14].

Swelling study. Hydrogels were taken out after a reaction was cleaned by using distilled water for several days from unreacted monomers. The cleaned hydrogels were cut into small pieces of about 0.5 cm in height and dehydrated. The drying sample was in a

vacuum oven at 25 °C until the weight was constant.

The swelling degree (g/g) was calculated from the formula:

$$\alpha = (m - m_0) / m_0$$

Where *m* is the mass of the swollen hydrogel (g); *m*₀ is the gel specimens' weight in dried (g); and α is the - degree of swelling.

Gel (G) and sol (S) fractions yield were calculated according to the formulas:

$$G = m_0 / m_s * 100\%$$

$$S = 100 - G$$

where *S* is the sol fraction.

*m*₀ is the weight of the dry sample, g;

*m*_s is the weight of the synthesized sample, g.

The cross-linking density (*j*) calculated from formula:

$$J = 1 / (S + S^{1/2})$$

Results and Discussion

The application of hydrogels in many fields is dependent on their swelling behavior in aqueous media. Therefore, studying the swelling kinetics of hydrogels are very important. The swelling ability of Poly(DMA-co-AAc) hydrogels aqueous solution were investigated via the gravimetric method. Figure 1 depicts the degree of swelling and time for the hydrogels based on different ratio monomers DMA and AAc. Water absorbability of Poly(DMA-co-AAc) hydrogels was determined. After two days, water absorption of the gel slows down and further saturated and striving for balance. The swelling ability of Poly(DMA-co-AAc) was dependent on the copolymer composition. Thus, this process increases with decreasing the ratio of DMA in the hydrogel. The hydrogel showed the highest degree of swelling when more acrylic acid content was in copolymer than others. The work of many researchers reported swelling properties of hydrogels to depend on many factors, such as network density, monomer and solvent nature, polymer-solvent interaction parameter and more [16,17]. The swelling of these Poly(DMA-co-AAc) hydrogels relies on monomers' nature and parameters of synthesis.

Although these hydrogels were synthesized under the same conditions, they showed different degrees of swelling, depending on the monomers nature. Comparing samples M1 and

M3, the swelling degree decreased due to increasing the AAc ratio in the copolymer, suggesting.

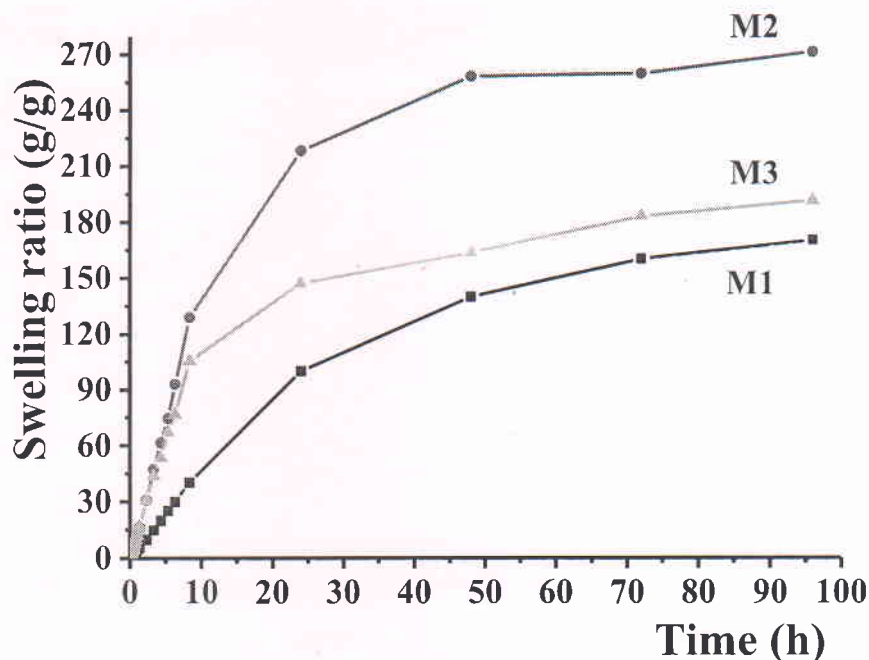


Figure 1. Time-dependent swelling of poly (DMA-co-AAc) hydrogels.

Synthesis-time and crosslinking content are essential parameters in the preparation of three-dimensional copolymers. If the crosslinking agent in hydrogel synthesis is large, it can be crosslinking tightly and retain only a small amount of solvent. This is inefficient for polymers used as carriers of our solution. The low content of binders leads to the fact that the hydrogel is rarely meshed, absorbs a great amount of solvents, and has difficulties in application. Therefore, it is essential to choose the optimal amount of sewing agent.

N,N-methylene-bis-acylamide was used as a crosslinking agent in the synthesis of Poly(DMA-co-AAc) hydrogel. Hydrogels with DMA monomer content of 50% (M2) at three different concentrations of the crosslinking agent (0.05 (a); 0.1 (b) and 0.3 (c) mol.%) were synthesized, and their swelling ability in aqueous medium was studied by gravimetric method. As shown in Figure 2, the higher crosslinking content in the hydrogel

(Fig. 5a), the lower the degree of swelling in water compared to other conditions ($a = 128$ g/g), and the lower the gel fraction yield ($G = 17.42$). This is because the frequent stitching of Poly(DMA-co-AAc) hydrogel prevents water from entering the gel and expanding the grid. Although Poly(DMA-co-AAc) hydrogel contains a small amount of crosslinking agent (Fig. 5b), despite the high gel-sol fraction yield ($G = 46.68$) and swelling degree in water ($a = 387$ g/g), the gel absorbs a large amount of water. It retains its stable form tends to collapse easily without saving, which causes inconvenience to use. The most favorable condition for synthesizing poly (DMA-co-AAc) copolymer is 0.1 mol. % of the crosslinking agent in the gel. The swelling degree of the gel was 270 g/g, and the gel yield of the fraction was around $G = 34$. Furthermore, hardness and softness of this hydrogel are very favorable compared to others, and the gel can retain its stable shape.

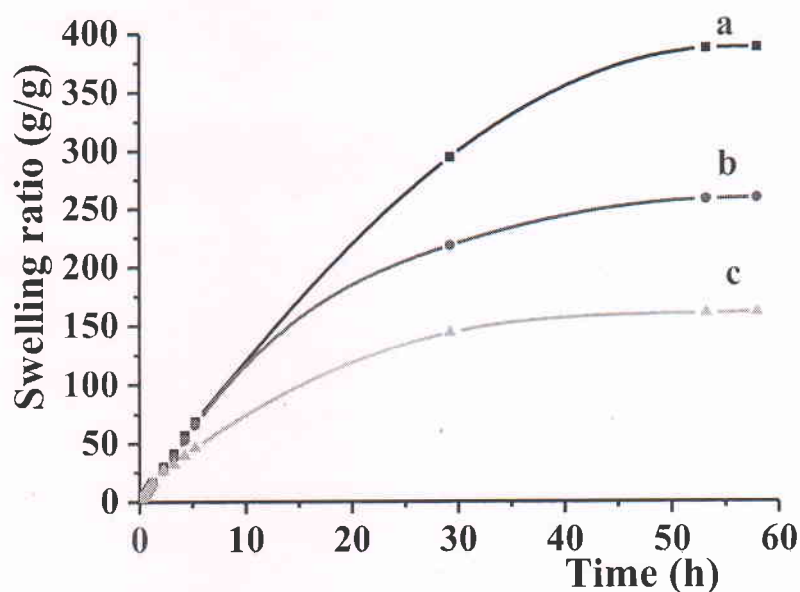
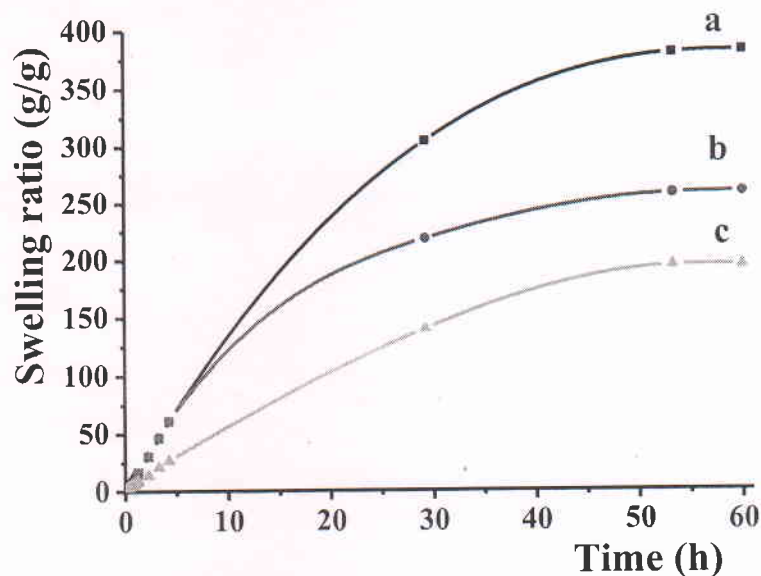


Figure 2 - Effect of the crosslinking agent content on the swelling ratio of poly(DMA-co-AAc) (M2).
a – 0.05; b – 0.1; c – 0.3 mol. % (crosslinking agent)

The swelling degree of hydrogel, along with crosslinking agents, affects the time of synthesis. During polymer synthesis, the longer the temperature is kept below the optimum temperature (in thermostat), the harder the gels are obtained, and the shorter the time, the opposite is true. Therefore, both the synthesis time and the amount of crosslinking are especially important in describing polymerization. Synthesize hydrogels at different times (10, 20 and 40 minutes) of Poly(DMA-co-AAc) hydrogels of swelling kinetics were studied. The initial monomeric

composition of the study was 50-50 mol. % (M2) of hydrogel was obtained. The swelling degree of gel for more than two days, kept for 10 minutes at 60 °C in hydrogel preparation, was 387 g/g. The gel reaches its maximum swelling level, it tends to explode faster without retaining its shape. Such Poly(DMA-co-AAc) hydrogels are useless in terms of use. It was proved that the hydrogel, which has a longer fusion time in the thermostat (Fig. 3c), can absorb only a small amount of water. This proved ineffective. We consider the optimal time to be 20 minutes (Figure 3b).



a – 10 minutes; b - 20 minutes; c – 40 minutes

Figure 3 - Swelling kinetics of the prepared Poly(DMA-co-AAc) hydrogels (M2) as a function of the time of synthesis

For Poly(DMA-co-AAc), the hydrogel properties for metal ions absorption at various concentrations of metal ion, i.e. copper salts (CuSO_4), were investigated by the gravimetric method related to time. The degree of metal ions absorption of poly (DMA-co-AAc)

hydrogel samples (M1 and M2) is lower than another sample hydrogel.

The hydrogel containing the greatest amount of DMA (sample M3) possessed the highest degree of swelling as compared with the other prepared copolymers (Figure 4, M3).

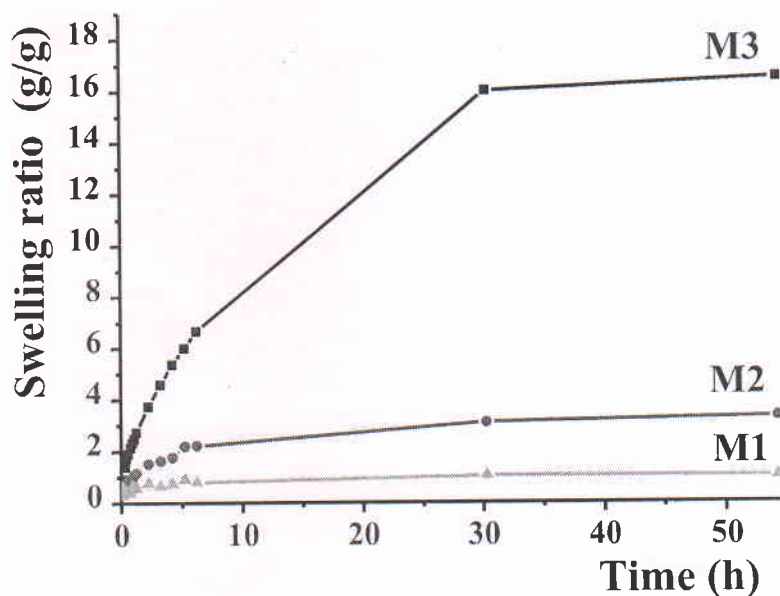


Figure 4 - Kinetics of sorption of Cu (II) ions (0.1M (CuSO_4)) of Poly(DMA-co-AAc) hydrogel.

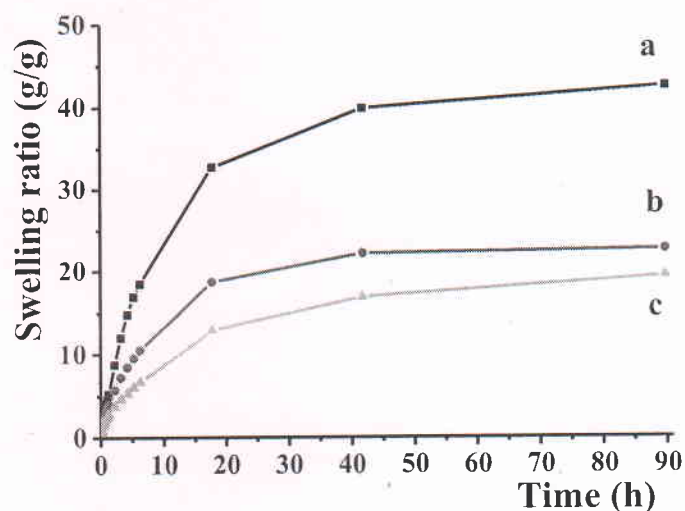


Figure 5 - Kinetics of absorption of Cu (II) ions by poly (DMA-co-AAc) (M3) hydrogel. 0.001M (a); 0.01M (b) and 0.1M (c) solution of CuSO₄

The kinetics of sorption various of Cu (II) ion in presence of copolymer hydrogel (M3) is presented in Figure 5. The swelling degree of the hydrogel containing 0.001M of Cu (II) ions is higher than solutions containing 0.01 and 0.1M. However, the swelling ratios increase with increasing time from 10 to 90 hours.

Oil and water are substances that do not mix and become a heterogeneous mixture where oil is at the top and water at the bottom. This is attributed to their density.

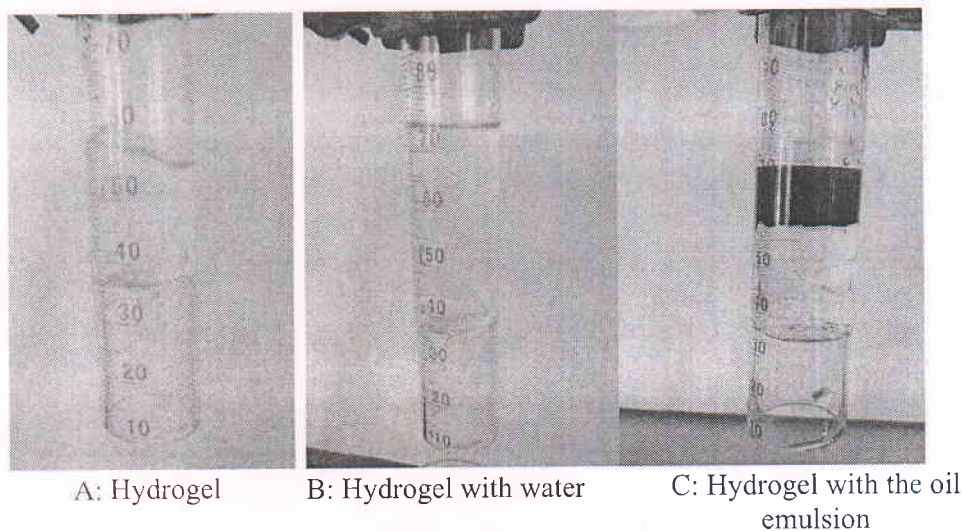


Figure 6 - The potential capability of hydrogel applied to the treatment of oil-contaminated water.

Washing of the obtained hydrogels with distilled water was several days for cleaning the hydrogels from monomers unreacted. It was noted that hydrogels performed a high swelling ratio, and initial volume increased several times while immersed in distilled

water. It reaches saturation levels by absorbing water. The necessary part of this swollen hydrogel is placed in a cylinder with a diameter of 30 mm and fixed on a tripod, as presented in Figure 6. While pouring distilled water from the top, the water was filtered. As shown in

Figure 6c, the hydrogel can hold the oil emulsion without letting it go down. The oil emulsion's viscosity was very close to the water and was obtained from the Kyzylkiya field (Kazakhstan). Due to the hydrophobic nature of the oil, Poly(DMA-co-AAc) hydrogel did not absorb the oil's emulsion. From Figure 6, water accumulating in the oil underside can be cleaned by passing through hydrogels.

Conclusions

Poly(DMA-co-AAc) hydrogels were prepared using free radical polymerization in water media. All the hydrogel copolymers are characterized by swelling properties. Highly swelling ratios distinguish the hydrogel copolymers in the crosslinking agent where is the highest content of crosslinking gave the highest swelling ratios. The optimum time for synthesis of hydrogel was studied. Synthesis time (20 minutes) was the optimum time for hydrogel, but 10 minutes gave soft hydrogel and 40 minutes gave rigid hydrogel. The potential capability of hydrogel in the treatment of oil-contaminated water was investigated. Hydrogel gave the highest swelling ratio for solution containing lowest concentration of Cu (II) ion than for solution containing highest concentration of Cu (II) ion.

Based on the results of the study, Poly(DMA-co-AAc) hydrogel can be applied to remove oil from oil-contaminated water.

References

1. Ashok Kumar, Akshay Srivastava, Igor Yu Galaev, Bo Mattiasson. (2007) Smart polymers: Physical forms and bioengineering applications. *Progress in Polymer Science*. Vol 32, № 10, PP 1205-1237 <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.05.003>
2. Louise Van Gheluwe, Igor Chourpa, Coline Gaigne and Emilie Munnier (2021) Polymer-Based Smart Drug Delivery Systems for Skin Application and Demonstration of Stimuli-Responsiveness. *Polymers* 13(8), 1285; <https://doi.org/10.3390/polym13081285>
3. Qu Jin, Zhao Xin, Ma Peter X., Guo Baolin. (2018) Injectable antibacterial conductive hydrogels with dual response to an electric field and pH for localized "smart" drug release. *Acta Biomaterialia*. Vol.72, PP. 55–69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2018.03.018>.
4. Srivastava A, Yadav, T, Sharma, S, Nayak, A, Akanksha Kumari, A. and Mishra, N. (2016) Polymers in Drug Delivery. *Journal of Biosciences and Medicines*, №4, PP. 69-84. doi: 10.4236/jbm.2016.41009.
5. Brighenti R, Li Y and Vernerey F.J (2020) Smart Polymers for Advanced Applications: A Mechanical Perspective Review. *Front. Mater.* №7, P.196. doi: 10.3389/fmats.2020.00196
6. María V. Martinez, Maria Molina, (2018) Poly(N-isopropylacrylamide) cross-linked gels as intrinsic amphiphilic materials: swelling properties used to build novel interphases. *J. Phys. Chem. B* vol.122, № 38, P.9038–9048. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b07625>
7. Nakan, U.; Mun, G.A.; Shaikhutdinov, E.M.; Bieerkehazhi, S.; El-Sayed, (2020) Hydrogels based on N-isopropylacrylamide and 2-hydroxyethylacrylate: Synthesis, characterization, and investigation of their antibacterial activity. *Polym. Int.* Vl. 69, PP. 1220–1226. <https://doi.org/10.1002/pi.6065>.
8. Nakan, U; Mun, G.A. (2021) Thermosensitive N-isopropylacrylamide -co-2-hydroxyethyl acrylate hydrogels interactions with Poly(acrylic acid) and surfactants. *Polym. Adv. Technol.* Vol. 32, PP.2676–2681. <https://doi.org/10.1002/pat.5070>.
9. Mao, J.; Yu, Q.J.; Wang, S. (2021) Preparation of multifunctional hydrogels with pore channels using agarose sacrificial templates and its applications. *Polym. Adv. Technol.* Vol.32, PP. 1752–1762. <https://doi.org/10.1002/pat.5211>.
10. Nakan U, K Rahmetullaeva, A Mun, M Shaihutdinov, Zh Yeligbaeva, El-Sayed Moussa. (2016) Linear Copolymer of N-Isopropylacrylamide and 2-Hydroxyethylacrylate: Synthesis, Characterization and Monomer Reactivity

Ratios. Oriental Journal of Chemistry. Vol.5, № 32, PP. 2347–2354.
<http://dx.doi.org/10.13005/ojc/320505>

11. Sadia Afroz, Fariha Afrose, A. K. M. M. Alam, Ruhul A. Khan & Md. Ashraf Alam. (2019) Synthesis and characterization of polyethylene oxide (PEO)-N,N-dimethylacrylamide (DMA) hydrogel by gamma radiation. Advanced Composites and Hybrid Materials vol. 2, pp.133–141 DOI: 10.1007/s42114-018-0058-x

11. Ulantay Nakan, Balgyn Tolky, Dinara Adikanova, El-Sayed Moussa Negim, (2021) Characterization and swelling properties of copolymer Poly(N, N-dimethyl acrylamide -co-acrylic acid) and homopolymer Poly (acrylic acid) // Egyptian Journal of Chemistry DOI: 10.21608/ejchem.2021.95005.4465

12. Ayatzhan Akhmetzhan, Nurgeldi Abeu, Sotirios Nik. Longinos. (2021) Synthesis and Heavy-Metal Sorption Studies of N,N-Dimethylacrylamide-Based Hydrogels Polymers №13, PP 3084. <https://doi.org/10.3390/polym13183084>

13. Shahid Bashir, Fatin Saiha Omar, Maryam Hina, Arshid Numan, Javed Iqbal, S. Ramesh, K. Ramesh, (2020) Synthesis and characterization of hybrid poly (N,N-dimethylacrylamide) composite hydrogel electrolytes and their performance in supercapacitor. Electrochimica Acta, vol. 332, P. 135438. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.135438>

14. Ulantay Nakan.; Bieerkehazhi, S.; Tolky, B.; Mun, G.A.; Assanov, M; Nursultanov, M.E.; (2021) Synthesis, characterization and antibacterial application of copolymers based on N,N-dimethyl acrylamide and acrylic acid. Materials, №14, P.6191. <https://doi.org/10.3390/ma14206191>

15. A.R. Hernandez-Martínez, J.A. Lujan-Montelongo, C. Silva-Cuevas, Josué D. Mota-Morales (2018) Swelling and methylene blue adsorption of poly(N,N-dimethylacrylamide-co-

2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogel. Reactive and Functional Polymers Vol. 122, Pages 75-84 <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2017.11.008>

16. Fariba Ganji, Samira Vasheghani-Farahani, and Ebrahim Vasheghani-Farahani (2010). Theoretical Description of Hydrogel Swelling: Iranian Polymer Journal vol.5, №19, PP. 375-398

17. Nermin Orakdogan, Talin Boyaci Charge density dependence of elasticity of anionically modified N,N-dimethylacrylamide-based gels with (meth)acrylic acid segments: an insight by quantitative analysis of electrostatic contributions, European Polymer Journal 2017; 94; 484-500 <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.07.032>

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертация

Тілеубеков Нұрсұлтан Берікжанұлы

7M07110-«Химиялық процестер және химиялық материалдар өндірісі»

Тақырыбы: «Акрил мономерлері негізіндегі сополимерлердің синтезі,

сипаттамасы және қолданылуы»

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ - Жоқ

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Акрил мономерлерден синтезделген полимерлер тобы өзінің ерекше қасиеттерімен көптеген қажетті салаларда ерекше қолданыс табуда. Соның ішінде медицинада, ауылшаруашылығы, құрылыс, биотехнология, робототехникада және т.б. салаларда ерекше қолданысқа ие. Сондықтан осындай көптеген салаларда қолданысқа ие полимерлер ғылыми және практикалық жағынан ерекше маңызға ие. Сондықтан көптеген зерттеушілердің зерттеу жұмыстары осы полимерлердің қасиетін тіпті де жетілдіруге бағытталған.

Тілеубеков Нұрсұлтан зерттеу жұмысында N,N-диметилакриламид пен акрил қышқылын мономерлерін пайдалана отырып синтездеп алған сополимерінің физика-химиялық қасиеттерін анықтауды және осы мономерлерге нанокристалцеллюлозаны (NCC) қосу арқылы NCC-Poly(DMA-AAc) жалғанған сополимерін алуда мақсат еткен. Сондықтан, жас зерттеушінің ғылыми зерттеу жұмысы өте өзекті, маңызды мәселелерді шешуге бағытталған ғылыми жұмыстардың бірі болып есептеледі.

Зерттеу жұмысында алға қойған міндетін орындау барысында синтездеп алған полимерлеріне ИҚ- спектроскопия (FTIR), Сканерлеуші электронды микроскоп т.б. заманауи зерттеу әдістері қолданылды. Гидрогелдердің суды көп мөлшерде құрамына енгізіп және шығара алатын қабілетінің болуына және судың құрамындағы метал элементтерді өзіне тарта алатын қасиетіне негізделіп ластанған суларды тазалауда қолдануға болатыны туралы ұсыныс беріліп, тәжірибемен толық сипатталған. Сонымен бірге, гидрогелдердің оң (Gram-positive) және теріс (Gram-negative) бактерияларды жоюға қабілетті екенін және дәрілік заттардың тасымалдаушысы бола алатынын нақтылы тәжірибе арқылы дәлелдеуі жұмыстың жоғары деңгейде жасалғанынан дерек береді.

Бұл зерттеу жұмысында магистрант өзінің оқып үйренген теориялық білімін практикада іске асырып, білімін тіпті де жетілдіруге бағытталған. Жұмыста азды көпті кемшіліктер болуы мүмкін. Бірақ бұл кемшіліктер жас зерттеушінің орындаған жұмысының құнын түсірмейді.

Тілеубеков Нұрсұлтанның ғылыми зерттеу жұмысы барлық зерттеу жұмыстарына қойылған барлық талаптарға сай, алға қойылған мақсаты толық орындалған «өте жақсы» деген бағаға лайық зерттеу жұмысы және осы жұмысты орындаушы магистр дәрежесін алуға толық лайықты деп есептеймін.

РЕЦЕНЗЕНТ

Физикалық химия, катализ және
мұнай химия кафедрасының
аға оқытушысы, т.ғ.к.

«12» 06 2023 ж.



Батырбаева А.А