

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика» кафедрасы



Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович

«Наноқұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін
зерттеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

ӘОЖ 539.2:544.723 Қолжазба ретінде

Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ
Магистр академиялық дәрежесі үшін

«Нанокұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін
зерттеу»

7М05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы

Ғылыми жетекші

PhD докторы, қауымдастырылған
профессор

 Кудайбергенов К.К.
«___» _____ 2025 ж.

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

Рецензент

PhD докторы, қауымдастырылған
профессор

 Досжанов О.Е.
«___» _____ 2025 ж.

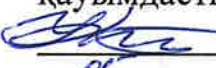
Нормобақылаушы

Техникалық ғылым магистрі

 Етиш Т.Е.
«___» _____ 2025 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Материалтану, нанотехнология
және инженерлік физика» кафедра
меңгерушісі, техникалық
ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор.

 Какимов У.К.
« 05 » _____ 06 _____ 2025 ж.

Алматы 2025

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ**

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика» кафедрасы

7M05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы

БЕКІТЕМІН

«Материалтану, нанотехнология
және инженерлік физика» кафедра
меңгерушісі, техникалық
ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор.

 **Какимов У.К.**
“ 05 ” 06 2025 ж.

**Магистрлік тапсырманы орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович

Тақырыбы: Нанокұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін зерттеу

Академиялық мәселелер жөніндегі проректордың «04» желтоқсан 2023 ж. № 548–П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « ____ » _____ 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Бидай сабанынан алынған микрокристалды және наноцеллюлоза, органосольвенттік тотықтыру әдісі, күкірт қышқылымен гидролиз, альгинат негізіндегі гидрогельдер

Магистрлік диссертацияның әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

- a) Бидай сабанынан микрокристалды және наноцеллюлоза алу әдістерін зерттеу
- b) Наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдердің физикалық және химиялық қасиеттерін талдау
- c) Табиғаттық қауіпсіздігі және қоршаған ортаның қорғау мәселелері

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: Кузнецов Б.Н. Делигнификация соломы пшеницы смесью уксусной кислоты и пероксида водорода в присутствии сернокислотного катализатора // Журнал «Химия растительного сырья», 2009, с.39-44;

Зинина О.В., Меренкова С.П., Вишнякова Е.А. Технологии получения пищевых пленочных покрытий на основе различных структурообразователей. Аграрная наука. 2023; 368(3): 117–121. атаулардан

Магистрлік диссертацияны орындау
Кестесі

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Әдеби шолу	01.10.2023 – 01.02.2024	
Эксперименттік бөлім	02.02.2024 – 01.04.2025	
Зерттеу нәтижелері және талқылау	02.04.2025 – 01.05.2025	

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен бақылаушының қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Әдеби шолу	Кудайбергенов К.К., PhD докторы, қауымдастырылған профессор		
Тәжірибелік бөлім	Кудайбергенов К.К., PhD докторы, қауымдастырылған профессор		
Норма бақылау	Етиш Т.Е., техника ғылымдарының магистрі, ассистент		

Ғылыми жетекші



Кудайбергенов К.К.

Тапсырманы орындаған студент _____ Шамшиденов М.К.

Күні

" ____ " _____ 2025 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Магистрлік диссертация бойынша
(жұмыс түрінің атауы)

Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович
(Білім алушының Т. А. Ә.)

7M05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы
(Шифр және ББ атауы)

Тақырып: «Нанокұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін зерттеу»

Магистрлік диссертацияда Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович бидай сабанынан нанокұрылымды гидрогельдерді алудың инновациялық әдістерін ұсынып, олардың физика-химиялық қасиеттерін жан-жақты зерттеген. Жұмыста ауыл шаруашылық қалдықтарын тиімді пайдалану арқылы экологиялық тұрақты материалдарды жасау мәселелері шешілген.

Органосольвенттік тотықтыру мен қышқылдық гидролизді үйлестіру арқылы жоғары тазалықтағы микрокристалды және наноцеллюлоза алу технологиясы әзірленген.

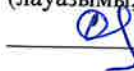
Альгинат негізіндегі гидрогельдердің механикалық беріктігі мен функционалдық сипаттамалары, соның ішінде мыс оксидінің әсері тәжірибелік тұрғыда дәлелденген. Зерттеу нәтижелері медицина, экология және тамақ өнеркәсібінде қолдануға перспективалы болып табылады.

Гидрогельдердің биоүйлесімділігін тереңірек зерттеу және технологияны өнеркәсіптік масштабта сынау ұсынылады. Жұмыс жоғары ғылыми деңгейде орындалған, нәтижелері халықаралық журналдарда жариялануға жарамды.

Диссертация 85 баллға және «Қолданбалы және инженерлік физика» мамандығы бойынша магистр дәрежесін беруге толық негіз береді.

Ғылыми жетекші

PhD доктор, қауымдастырылған профессор
(лауазымы, оқу дәрежесі, атағы)



(қолы)

Кудайбергенов К.К.
(Т. А. Ә.)

«27» мамыр 2025 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович

Тақырыбы: Нанокұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін зерттеу

Жетекшісі: Кудайбергенов К.К.

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0,5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.

Әріптерді ауыстыру: 4

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

30.05.2025



Кафедра меңгерушісі

Какимов У.К.

РЕЦЕНЗИЯ

магистрлік диссертациялық жұмысы бойынша

Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович

7M05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы

Тақырып бойынша: «Наноқұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиетін зерттеу»

Орындалды:

а) Графикалық бөлім _____ парақтарда

б) түсіндірме жазба _____ беттерінде

Жұмысқа ескертулер

Ұсынылған магистрлік диссертациялық жұмыс ауыл шаруашылығы қалдықтарынан, атап айтқанда бидай сабанынан наноқұрылымды гидрогельдерді алу және олардың физикалық қасиеттерін зерттеу мәселесіне арналған. Зерттеу тақырыбының өзектілігі экологиялық таза және жаңартылатын материалдарды дамытудың маңыздылығымен, сондай-ақ ауыл шаруашылық қалдықтарын тиімді пайдаланудың қазіргі заманғы мәселелерімен тікелей байланысты. Жұмыста бидай сабанындағы целлюлозаның жоғары құрамы, оны микрокристалды және наноцеллюлозаға айналдырудың заманауи әдістері, сонымен қатар алынған гидрогельдердің механикалық, оптикалық және функционалдық қасиеттері жан-жақты қарастырылған.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы органосольвенттік тотықтыру және қышқылдық гидролиз әдістерінің үйлесімді қолданылуы арқылы жоғары тазалық пен кристалдылық дәрежесі бар наноцеллюлоза алудың тиімді технологиясын әзірлеу болып табылады. Сонымен қатар, наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдердің құрамына мыс оксиді нанобөлшектерін енгізу арқылы олардың функционалдық қасиеттерін жақсарту мүмкіндіктерін зерттеген.

Жұмысты бағалау

Барлық қойылған ғылыми міндеттер магистрант толық көлемде орындады. Жұмыстың басты артықшылықтарының қатарына келесілерді жатқызуға болады:

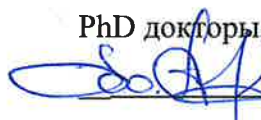
Шетелдік және отандық ғылыми әдебиеттерге терең және жан-жақты талдау жүргізілгені;

Наноцеллюлозды жұқа қабықшалар экологиялық таза орама материал ретінде пластикке балама болып табылады, олар тамақ өнімдерін сақтау үшін оттегі мен майды өткізбейтін қасиеттерге ие. Медицинада наноцеллюлоза ауа өткізетін, сіңіретін және ағзамен үйлесімді қасиеттері арқасында жараны жабу үшін пайдаланылады.

Жүргізілген талдау негізінде жұмысты _____ деп бағалаймын. Магистрант Шамшиденов Мадияр Каиргельдинович 7M05301 – «Қолданбалы және инженерлік физика» білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Рецензент

PhD докторы, қауымдастырылған профессор

 Досжанов Е.О.
« ____ » _____ 2025 ж.


АҢДАТПА

Бұл магистрлік диссертацияда бидай сабанынан алынған наноцеллюлоза негізіндегі наноқұрылымды гидрогельдерді алу әдістері зерттелді. Жұмыс экологиялық таза және биологиялық үйлесімді материалдарды жасауға бағытталған, олар медицинада, орау өнеркәсібінде және басқа салаларда қолданылуы мүмкін. Зерттеу барысында ауылшаруашылық қалдықтарынан микрокристалды целлюлоза мен наноцеллюлозаны бөліп алудың заманауи әдістері қарастырылып, алынған гидрогельдердің физика-химиялық қасиеттері бағаланды. Нәтижелер бидай сабанының наноцеллюлоза өндіру үшін перспективалы шикізат екенін көрсетті, ал оның негізіндегі композиттер жоғары механикалық беріктік пен мөлдірлікке ие болды. Мыс оксиді сияқты қоспалардың гидрогельдердің функционалдық сипаттамаларына әсеріне ерекше назар аударылды.

АННОТАЦИЯ

В данной магистерской диссертации исследованы методы получения наноструктурированных гидрогелей на основе наноцеллюлозы, выделенной из пшеничной соломы. Работа направлена на разработку экологически чистых и биосовместимых материалов, которые могут найти применение в медицине, упаковочной промышленности и других областях. В ходе исследования были изучены современные методы выделения микрокристаллической целлюлозы и наноцеллюлозы из сельскохозяйственных отходов, а также проведена оценка физических и химических свойств полученных гидрогелей. Результаты показали, что пшеничная солома является перспективным сырьём для производства наноцеллюлозы, а композиты на её основе обладают высокой механической прочностью и оптической прозрачностью. Особое внимание уделено влиянию добавок, таких как оксид меди, на функциональные характеристики гидрогелей.

ANNOTATION

This master's thesis investigates methods for the preparation of nanostructured hydrogels based on nanocellulose isolated from wheat straw. The work is aimed at the development of ecologically clean and biocompatible materials that can find application in medicine, packaging industry and other fields. In the course of the study, modern methods of isolating microcrystalline cellulose and nanocellulose from agricultural waste were studied, and the physicochemical properties of the resulting hydrogels were analyzed. The results showed that wheat straw is a promising raw material for the production of nanocellulose, and composites based on it have high mechanical strength and optical transparency. Particular attention was paid to the influence of additives, such as copper oxide, on the functional characteristics of hydrogels.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Әдеби шолу	9
1.1 Ауыл шаруашылық қалдықтары шикізат ретінде қолданылуы	9
1.2 Целлюлоза және оның биополимерлерді дамытудағы рөлі	9
1.3 Ауыл шаруашылық қалдықтарынан микрокристалды целлюлоза мен наноцеллюлозаны алудың заманауи тәсілдері	11
1.4 Наноқұрылымды гидрогельдердің құрылымдық ерекшеліктері мен функционалдық сипаттамалары	23
2 Тәжірибелік бөлім	26
2.1 Ұнтақталған бидай сабанын гексанмен шаю	26
2.2 Органосольвенттік тотықтыру әдісімен бидай сабанынан микрокристалды целлюлоза синтездеу	27
2.3 Микрокристалды целлюлозадан күкірт қышқылдық гидролиздеу наноцеллюлозаны алу	30
2.4 Наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдер дайындау	34
3 Тәжірибенің нәтижесі	37
3.1 Микрокристалды целлюлозаны синтездеу және тазарту нәтижелері	37
3.2 Наноцеллюлозаның морфологиялық және фазалық талдау	39
3.3 Құрамы өзгерген кезде гидрогельдердің мөлдірлігі мен механикалық қасиеттерін бағалау	42
Қорытынды	47
Пайданылған әдебиеттер тізімі	48
Қосымшалар	52
А қосымшасы	52
Ә қосымшасы	58

КІРІСПЕ

Қазіргі ғылыми зерттеулер табиғи материалдарға синтетикалық аналогтарға экологиялық таза және жаңартылатын балама ретінде көбірек жүгінуде. Осындай болашақ материалдардың бірі-өсімдік биомассасының негізін құрайтын және бірегей физика-химиялық қасиеттерге ие целлюлоза. Микрокристалды целлюлоза және наноцеллюлоза сияқты целлюлозаның наноқұрылымды түрлері ерекше қызығушылық тудырады, олар медицина мен биотехнологиядан бастап орау материалдары мен экологияға дейін әртүрлі салаларда қолданылады.

Зерттеудің өзектілігі бидай сабаны сияқты ауыл шаруашылығы қалдықтарын бағалы наноматериалдарға өңдеудің тұрақты технологияларын әзірлеу қажеттілігіне байланысты. Бидай сабаны кеңінен қол жетімді және жаңартылатын ресурс бола отырып, целлюлозаның едәуір мөлшерін қамтиды, бұл оны наноцеллюлоза мен гидрогельдер үшін перспективалы шикізат етеді. Мұндай қалдықтарды пайдалану экологиялық жүктемені азайтуға ғана емес, сонымен қатар биологиялық ыдырайтын және функционалды материалдарды жасауға жаңа мүмкіндіктер ашады.

Зерттеу жұмысының мақсаты бидай сабанынан органосольвенттік тотықтыру әдісі арқылы микроцеллюлоза және наноцеллюлоза алу, одан гидрогель синтездеу және оның физикалық қасиеттерін зерттеу. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан микрокристалды және наноцеллюлозаны алудың заманауи әдістеріне шолу жасау.
- Жоғары сапалы целлюлоза алу үшін бидай сабанын жою және гидролиздеудің оңтайлы әдістерін әзірлеу.
- Наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдерді синтездеу және олардың морфологиялық, механикалық және оптикалық қасиеттерін зерттеу.
- Мыс оксиді нанобөлшектері сияқты қоспалардың гидрогельдердің функционалдық сипаттамаларына әсерін бағалау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы бидай сабанын өңдеудің органосольвентті және қышқылдық әдістерінің үйлесімінде жатыр, бұл целлюлозаны жоғары тазалық пен кристалдылықпен алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жұмыста жақсартылған механикалық және оптикалық қасиеттері бар гидрогельдердің жаңа композициялары ұсынылған.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы алынған материалдарды медицинада (мысалы, жараларды емдейтін жабындарды жасау үшін), тамақ өнеркәсібінде (биологиялық ыдырайтын қаптама ретінде) және экологияда (суды тазарту немесе топырақтың қасиеттерін жақсарту үшін) қолдану мүмкіндігімен байланысты.

1 ӘДЕБИ ШОЛУ

1.1 Ауыл шаруашылық қалдықтары шикізат ретінде қолданылуы

Ауыл шаруашылығы саласында өнім алу барысында түрлі органикалық қалдықтар қалыптасады. Бұл қалдықтар – дәнді дақылдарды жинау және өңдеу нәтижесінде пайда болатын сабан, сабақ, жапырақ, қабық секілді өсімдік бөліктері. Қазақстан жағдайында ауыл шаруашылығы қалдықтарының басым бөлігі бидай, арпа және қант қызылшасы сияқты дақылдарды өңдеуден кейін пайда болады.

Сонымен қатар, мал шаруашылығына тән қалдықтар да бар: көң, қалдық сулар, құс саңғырығы, қоқыс, сүрлем сияқты заттар өндірістік көлемде жиналады. Бұл қалдықтардың тиімді өңделуі қазіргі таңда өзекті мәселе болып отыр.

2023–2024 жылдар аралығында еліміздің өсімдік шаруашылығында өнім көлемінің өсуі байқалғанымен қатар, қалдықтарды қайта өңдеу және оларды тиімді кәдеге жаратуға деген қызығушылық артты. Бидай мен арпа сияқты негізгі дақылдарды өндіру нәтижесінде пайда болатын сабан, қабық секілді жанама өнімдер — қайталама ресурс көзі ретінде зор әлеуетке ие.

Бүгінде ауыл шаруашылығы қалдықтарын энергетикалық мақсатта немесе материалдар өндірісінде пайдалану бағытында түрлі технологиялар ұсынылуда. Мәселен, оларды биомасса ретінде жағу арқылы жылу энергиясын алу, немесе ірі қазандықтарда көмірмен бірге жағып энергия өндіру сияқты тәсілдер кең таралған.

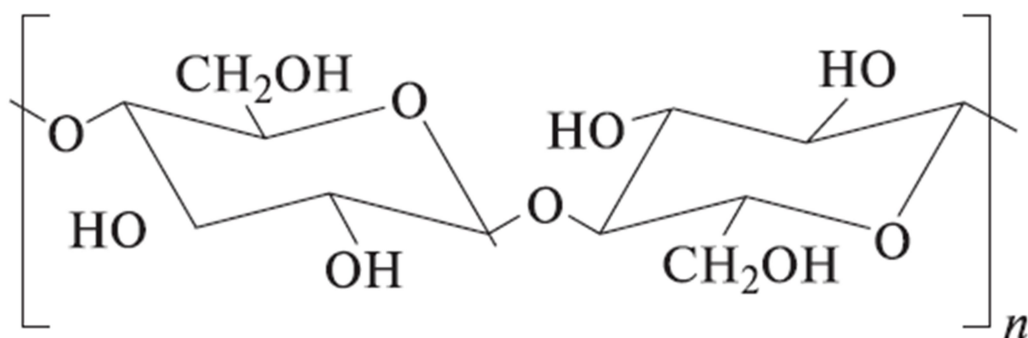
Бидай сабаны және басқа өсімдік қалдықтары наноматериалдар мен гидрогельдер секілді инновациялық өнімдер алу үшін бағалы бастапқы материал ретінде қарастырылады. Олар құрамында целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза сияқты биополимерлер болғандықтан, медицина, экология және өнеркәсіп салаларында қолдануға жарамды наноформаларға түрлендірілуде.

Жалпы алғанда, ауыл шаруашылығы қалдықтары — экологиялық жағынан қауіпсіз, жаңартылатын әрі арзан шикізат көзі. Оларды қайта өңдеу арқылы биополимерлер, биоотындар және наноқұрылымды композиттер секілді жоғары қосымша құны бар өнімдер алуға болады.

1.2 Целлюлоза және оның биополимерлерді дамытудағы рөлі

Целлюлоза өсімдік жасушаларының қабырғаларының негізгі құрылымдық құрамдас бөлігі бола отырып, экологиялық таза биополимерлерді өндіру үшін ең үмітке жаңартылатын ресурстардың бірі болып табылады. Жыл сайын миллиондаған тонна өсімдік қалдықтары (дәнді сабан, мақта мен зығырды қайта өңдеу қалдықтары) түзілетін Қазақстанда целлюлоза жасыл экономиканы құрудың негізгі буынына айналууда.

Целлюлоза жоғары сатыдағы өсімдіктердің жасуша қабырғаларының негізгі құрылымдық элементі болып табылады, көпжылдық биомассаның шамамен 50% және біржылдық өсімдік организмдерінің 30% құрайды. Бұл полисахарид өсімдіктер әлемінде барлық жерде кездеседі-ол адам тұтынатын барлық көкөністер мен жемістердің жасуша қабырғаларын құрайды, сонымен қатар жапырақты және қылқан жапырақты ағаштардың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады.[2] (1 сурет)



1 сурет – Целлюлозаның химиялық құрылымы [2]

Алайда, кейбір микроорганизмдер, мысалы, күйіс қайыратын жануарлардың асқазанындағы бактериялар немесе саңырауқұлақтар, осы ферментке ие және целлюлозаны глюкозаға дейін ыдыратып, табиғаттағы көміртегі айналымында маңызды рөл атқарады. Целлюлозаны зерттеу, әсіресе нанотехнология саласында жалғасуда, мұнда целлюлоза нанокристалдары бірегей механикалық қасиеттері бар биологиялық ыдырайтын материалдарды жасау үшін қолданылады. Осылайша, целлюлоза ғылым мен өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын маңызды табиғи полимерлердің бірі болып қала береді.

1 кесте – Биоталшықтардың химиялық сипаттамалары [6]

№	Биоталшықтар	Целлюлоза (%)	Гемицеллюлоза (%)	Лигнин (%)
1	Қант қамысы	41.1–55.2	16.8–31.8	22.3–25.3
2	Қарасора	68–75	15–22.4	3.7–10
3	Ананас жапырақтары	70–82	18	5–12
4	Жут	61–71	13–20.4	5–13
5	Банан	60–65	10–24	5–10
6	Зығыр	64.1–75	10.37–20.6	2–5
7	Майлы пальма	47.91–65	19.06	24.45–29
8	Қалақай	79–83.6	6.5–12.5	3.5–4.4
9	Күріш қауызы	35–45	19–28	20
10	Бамбук	22.8–56.7	17.2–43.8	21–31

11	Мақта	82.7–92	0	0
12	Жүгері	41.7	46	7.4
13	Бидай сабаны	33–45	15–32	12–20
14	Күріш сабаны	36–57	33	8–19
15	Кокос талшықтары	32–43	0.15–0.25	40–45

Бидай сабаны биокмползиттерді алу үшін өсімдік талшығының мүмкін көздерінің бірі ретінде. Бидай сабанының химиялық құрамы 33% –дан 45% -ға дейін целлюлоза, 15% –дан 32% –ға дейін гемицеллюлоза және 12% –дан 20% –дан ға дейін лигнинмен сипатталады. Бұл оны целлюлозаға қолайлы негіз етеді, әсіресе оның ауылшаруашылық қалдықтары ретінде кең қол жетімділігін ескере отырып. Бидай сабанындағы целлюлозаның мөлшері, мысалы, зығырдан немесе қарасорадан төмен болғанымен, оның артықшылығы жаппай таралу, төмен шығындар және тамақ өндірісімен бәсекелестіктің болмауы. Осы факторларды ескере отырып, бидай сабанын наноцеллюлоза мен гидрогельдерді алу үшін шикізат ретінде пайдалану ең жақсы нұсқа деп айтуға болады. Бұл аграрлық аймақтардың көпшілігінде оңай қол жетімді жаңартылатын, арзан және экологиялық таза материал.

Дұрыс химиялық өңдеумен бидай сабанынан наноөлшемді талшықтарды кейіннен өндіруге жарамды целлюлозаның жеткілікті мөлшерін алуға болады. Осылайша, бидай сабаны жақсы механикалық қасиеттері мен практикалық қолдану әлеуеті бар экологиялық таза материалдар үшін тамаша таңдау болып табылады. Бидай сабаны зығыр немесе қарасора сияқты жоғары механикалық өнімділікке ие емес деген қорытынды жасауға болады, бірақ бұл оның жоғары қолжетімділігімен, арзандығымен, өңдеудің қарапайымдылығымен және қолайлы целлюлоза құрамымен (33-45%) өтеледі, бұл оны тұрақты, арзан және техникалық қолайлы материалдарға қолайлы етеді әсіресе одан әрі жоспарланған болса химиялық модификациядан болашақта наноцеллюлоза немесе гидрогель алу үшін.

1.3 Ауыл шаруашылық қалдықтарынан микрокристалды целлюлоза мен наноцеллюлозаны алудың заманауи тәсілдері

Микрокристалды целлюлоза - бұл жоғары тазалық дәрежесімен және реттелген кристалдық құрылымымен сипатталатын табиғи целлюлозаның ішінара жойылу өнімі. Микрокристалды целлюлоза зерттеулері 1950 жылдардан бастап жүргізіліп келеді, ал өнеркәсіптік өндіріс 1962 жылы басталды. Целлюлозаның басқа түрлерімен салыстырғанда, МКЦ өте жоғары кристалдық дәрежесімен, жоғары тығыздығымен және тұрақты гидрогельдер түзудің ерекше қабілетімен ерекшеленеді.[4]

Құрылымдық жағынан микрокристалды целлюлоза талшықтарының аморфты учаскелері бұзылған кезде пайда болатын мөлшері 1-ден 400 мкм-ге дейінгі микрокристалды агрегаттардан тұрады. Кристалдылық дәрежесі бастапқы шикізатқа байланысты өзгереді: мақта целлюлозасы үшін ол шамамен 0.80, ағаш үшін – 0.63–0.70. Екі негізгі кристалдық форма бар: целлюлоза I (табиғи шыққан ине тәрізді кристалдар) және целлюлоза II (қалпына келтірілген целлюлозаның гранула тәрізді бөлшектері). [4]

Микроцеллюлозаны алудың үш негізгі әдісін қарастырайық: қышқылдық гидролиз, Тотығу-тотықсыздану әдісі және механикалық ұнтақтау. Бұл тәсілдердің әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен артықшылықтары бар. [3]

2 кесте – Микроцеллюлозаның алудың әдістерінің мәні сипаттамасы [3]

Қышқылдық гидролиз әдісі	Тотығу–тотықсыздану әдісі	Механикалық ұнтақтау әдісі
Әдістің мәні: Целлюлоза шикізатын жоғары температурада қышқылдың сұйылтылған ерітіндісімен (күкірт, тұз немесе азот) өңдейді. <i>Артықшылықтары:</i> ○ Микрокристалды целлюлозаның кристалдылығының жоғары дәрежесі. ○ Әдістің қарапайымдылығы мен қолжетімділігі. <i>Кемшіліктері:</i> ○ Целлюлозаның бұзылуы. ○ Қосалқы өнімдердің түзілуі. ○ Бұл әдіс экологиялық таза емес.	Әдістің мәні: Целлюлоза шикізаты сілтілі ортада тотықтырғышпен (калий перманганаты) өңделеді. <i>Артықшылықтары:</i> ○ Микрокристалды целлюлозаның кристалдылығының жоғары дәрежесі. ○ Белгіленген қасиеттері бар микрокристалды целлюлозаны алу. <i>Кемшіліктері:</i> ○ Бұл әдіс қымбат және көп еңбекті қажет етеді. ○ Қосалқы өнімдердің түзілуі.	Әдістің мәні: Целлюлоза шикізаты микрокристалды целлюлозаны алу үшін механикалық ұнтақтаудан өтеді. <i>Артықшылықтары:</i> ○ Әдістің қарапайымдылығы мен қолжетімділігі. ○ Берілген дисперсиямен микрокристалды целлюлозаны алу мүмкіндігі. ○ Әдістің экологиялық тазалығы. <i>Кемшіліктері:</i> ○ Целлюлозаның аморфизациясына әкелуі мүмкін. ○ Әдістің энергия сыйымдылығы. ○ Кристаллдық дәрежесі жоғары МКЦ алу қиын.

Микрокристалды целлюлозаның маңызды қасиеті бұл оның ұзындығы шамамен 0,4 мкм және қалыңдығы 0,04 мкм болатын бөлшектері бар гельдер түзу үшін суда дисперсиялау қабілеті. Бұл процесс ультрадыбыспен тиімді жүреді. Құрғақ күйдегі микрокристалды целлюлозаның меншікті беті 3.5–4.5 м²/г құрайды, ал суда ісінген кезде ол ондаған есе артады. Микрокристалды целлюлозаның гельдері судың 250-320% өз массасына қатысты сақтай алады. [4]

3 кесте – Целлюлоза және лигноцеллюлозды материалдардан МКЦ алудың кейбір әдістерінің сипаттамасы [3]

№	Шикізат	Әдістің мәні	Артықшылықтары	Кемшіліктері
1	Целлюлоза	2 н. ортада қайнату арқылы гидролиз. минералды қышқыл ерітіндісі 20–40 мин, гидромодуль (ГМ) – 1 : 20	Өнімнің жоғары тазалығы	Процесстің төмен қарқындылығы, реагенттердің көп шығыны
2	Гидрат	Гидролиз 2,5 н. тұз қышқылы (HCl) 105°C 15 минут	Өнімнің жоғары тазалығы	Қатаң технологиялық жағдайлар, өнім бірлігіне жоғары қышқыл шығыны
3	Ағартылған целлюлоза	Целлюлозаны гетерополиқышқылдардың ерітінділерін қоса алғанда, гидролиздеуші қоспамен өңдеу (H ₃ PW ₁₂ O ₄₀), немесе минералды қышқылдар қосылмаған карбон қышқылдарының сулы қоспалары 100–120°C температурада 15–120 мин ішінде гетерополиқышқылдардың 0,1–15,0 моль концентрациясында %. Өнім бөлінеді, натрий карбонатының ерітіндісімен немесе сілтілі ерітіндісі бар басқа су ерітіндісімен жуылады. сорпа, су және кез келген белгілі әдіспен	Өнімнің жоғары тазалығы	Қымбат шикізат көп сатылы

		кептірілген. ӨҚ МКЦ – 200, КҚ – 89		
4	Мақталық целлюлоза	Шикізатты еріткіште (мысалы, суда немесе массалық үлесі 15 масс.%-дан аспайтын қышқыл ерітіндісінде) толық жібіту, жібіткеннен кейін мұздату және сұйық азотты –10° температураға дейін гомогенизаторда ұнтақтау. С. Өңделген суспензия бейтараптандырылады, жуылады, кептіріледі және МКЦ алу үшін ұсақталады	Жоғары температурада өңдеу жоқ, төмен энергияны тұтыну, процестің қарапайымдылығы және экологиялық тазалығы	Көп сатылы
5	Таза целлюлоза	0,01–0,10 г/мл целлюлозаны метансульфон қышқылының 5–10 М сулы ерітіндісінде еріту, одан кейін 0,005–0,010 А/см анодтық ток тығыздығында электрохимиялық тазарту, сүзу, кептіру және соңғы өнімді ұнтақтау – МКЦ	Экологиялық қауіпсіздік, биологиялық ыдырайтын реагенттер, кезең санының қысқаруы	Қымбат шикізат
6	Төмен сұрыпты жіңішке талшықты мақта шикізаты (линт)	ГМ 5 HCl ерітіндісінде (концентрациясы 2,5 М) түкті 90 минут ішінде ерітіндінің қайнау температурасында өңдеу. Целлюлоза массасын сығу, бейтарап реакция және хлорид иондарына теріс реакция болғанша тұзсызданған сумен жуу, кептіру. МКЦ шамамен кірістілігі – 90%	Арзан шикізат	Көп сатылы тазалау

7	Мақта талшығы	20-дан 100°C-қа дейінгі температурада сілтілі ерітіндімен өңдеу, сілтілі суспензияның тұтқырлығын төмендету үшін сутегі асқын тотығын немесе басқа түрдегі пероксид ерітіндісін қосу, МКЦ-ны фильтраттан бөлу, МКЦ рН-ын 7-ге жеткізу, бөлу шешімінен МКЦ. МКЦ кептіріліп, ұнтақ түрінде ұнтақталуы мүмкін.	Арнайы құрал саймандар қажет емес	Реагенттердің көп шығыны, көп сатылы
8	Сульфат немесе сульфитті целлюлоза	Бөлшектерінің өлшемі 50×50×6 мм-ден аспайтын, ылғалдылығы 5–20% болатын жұмсақ немесе қатты ағаш шикізатынан алынған целлюлозаны құбырлы реакторда хлорсутек пен ауаның газ-ауа қоспасымен өңдеу 15–60 минут, 20–50°C температурада құрғақ целлюлозаның салмағы бойынша 3–7 % мөлшерінде 10–50 воль газ-ауа қоспасындағы концентрацияны қамтамасыз ететін мөлшерде қарсы ағын. %, гидролизденген целлюлозаны түсіру және оны рН 2–4 натрий гипохлориті ерітіндісімен целлюлоза қатынасында 1–3 сағат бойы ағарту: 1: (8–12) натрий гипохлориті ерітіндісі.	Үздіксіз процесс, жоғары өнімділік	Агрессивті реагентті қолдану
9	Мақта	Мақта целлюлозасын 100°C температурада азот қышқылының 4% ерітіндісінің (ГМ 1: 10)	Ресурс үнемдейтін және экологиялық таза технология. МКЦ-ден басқа,	Қышқылды қолдану және арнайы құрал саймандар

		қатысуымен 30 минут бойы гидролизі. Мақта және мақта целлюлозасын 2450 МГц жиіліктегі микротолқынды энергияның әсерінен ГМ 1: 10 концентрациясы 20–100 г/л азот қышқылының сулы ерітіндісінде 5–60 минут ішінде өңдеу. ӨҚ МКЦ – 190–260, КҚ – 72%	нанокристалды целлюлозаны алу процесі әзірленді	
10	Сұлы сабаны	Материалды күкірт қышқылымен ГМ 0,2-ден 10,0-ге дейін 100–185°C температурада гидролиздеу (немесе қышқылдандыру, содан кейін сумен жуу және 100–185°C гидролиз), микроцеллюлозаны гидролизаттан бөлу және натриймен бейтараптандыру. гидроксиді, натрий карбонаты немесе натрий гидрокарбонаты	Реагенттерді қолдану, зауытта қолданылады целлюлоза өндірісі	Көп сатылы
11	Күріш сабаны	Күріш сабанынан шикі целлюлозаны бөліп алу, лигнин мен кремнеземді кетіру үшін сілтілі немесе қышқыл ерітінділермен алдын ала өңдеу және қалдық гемицеллюлозаларды жою үшін микротолқынды сәулелену кезінде сұйылтылған қышқыл ерітіндісіндегі ішінара гидролиз. МКЦ құрамындағы целлюлоза 93,6%	Жоғары тазалықтағы МКЦ, энергияны үнемдеу	Көп сатылы
12	Талшықты қаптама жүгері	Шикізатты 120°C 10% сілті ерітіндісімен 1 сағат өңдеу, одан кейін	Арзан шикізатты пайдалану, қышқылдық және	Көп сатылы, ұзақ мерзімді ферменттік

	дәндері	3 күн анаэробты ферменттермен өңдеу. Алынған массаны сутегі асқын тотығы ерітіндісімен ағарту, тұз қышқылының 4 М ерітіндісімен жуу және гидролиздеу. Жүгері орауыш талшықтарынан алынған МКЦ қасиеттері коммерциялық МКЦ қасиеттерімен салыстырылатыны және ол коммерциялық МКЦ-мен бәсекелесе алатыны анықталды.	ферменттік гидролизді біріктіру	гидролиз сатысындағы процесс
13	Ағаш жоңқалары	Қысқа мерзім ішінде 170°C температурада қысыммен шикізатты ұстау, содан кейін қысымның жылдам шығуы (будың жарылуы). Целлюлоза полимерлі тізбектерінің талшықты аморфты бөліктері гидролизденеді, кристалдылары өзгеріссіз қалады, бұл өнімді 100-ден 400-ге дейінгі диапазондағы ӨҚ бар МКЦ ретінде сипаттайды.	Гемицеллюлозалар мен лигнинді кейіннен тиімдірек экстракциялауға мүмкіндік беретін қышқылдық катализаторлар пайдаланылмайды.	Арнайы құрал саймандар қажет етеді, процесс параметрлерін бақылау қиын
14	Шөп тұқымдас шөптесін өсімдіктердің сабаны	Кюршнер целлюлозасын сабаннан алдын ала оқшаулау немесе натрий гидроксидінің сілтілі ерітіндісімен делигнификациялау және одан кейін пероксимоносульфаттары бар ерітіндімен гидролиздеу. Компоненттерді араластырып, сабан суспензиясын	Арзан шикізатты пайдалану, Комаров лигнинінің болмауы	Көп сатылы ұзақ мерзімді процесс, көп мөлшерде реагенттерді қолдану

		араластырғаннан кейін реагенттер концентрациясы 10% күкірт қышқылына және 1% сутегі асқын тотығына тең. ГМ 1: 50. Мазмұны қайнау температурасына дейін қызады және 120 минут ұсталады, содан кейін бөлме температурасына дейін салқындатылады және гидролизат воронкаға бөлінеді. МКЦ бейтарап болғанша сумен жуылады реакциялар, құрғақ		
15	Көктерек пен қарағай ағашы	Өлшемдері 0,315–0,630 мм және ылғалдылығы 5% үгінділерді құрамында сутегі асқын тотығы 3 моль/дм³, сірке қышқылы 4 моль/дм³ және күкірт қышқылы – 0,06–0,70 моль/дм³ бар персірке қышқылының (концентрациясы 15%) ерітінділерімен өңдеу. микротолқынды сәулелену әсерінен жиілігі 2450 МГц және қуаты 700 Вт ГМ 50-де 1–2 сағатқа сүзу арқылы өңдеуден кейін қалдықты бөлу, ыстық (70–80°C) сумен жуу. Көктерек ағашынан өнім шығымы – 47,2–49,4%, орташа ӨҚ – 400–440, КҚ – 0,64–0,68, қарағай ағашынан – 47,5–48,6%, 400–440 және 0,63 сәйкесінше.	Микротолқынды сәулеленудің целлюлоза кристалдарына бұзушы әсері анықталды	ГМ шешімінің үлкен мәндері қышқылдар және микротолқынды сәулеленудің әсер ету ұзақтығы
16	Қылқан жапырақты ағаштан	Целлюлозаны 10% күкірт қышқылы ерітіндісінде 100°C 2	Өңдеудің қарапайымдылығы	Ұнтақ алу целлюлоза және МКЦ

	оқшауланған целлюлоза және қатты ағаш, зығыр, сабан және мақта	сағат гидролиздеу, өнімді жуу, кептіру. Қылқан жапырақты және жапырақты ағаштан алынған α - целлюлозаның мөлшері 82,2 және 79,5 масс. %, тиісінше (лигнин 7,5– 7,9%), зығыр және сабан целлюлозасынан – сәйкесінше 88,5 және 92,9% (лигнин 8,8 және 2,2%), мақта целлюлозасынан (МКЦ) – 99,8% (лигнин шамамен 0,05%).		тек мақта массасынан
17	Автогидролизденген ағаш	180–240°C температурада 2–3 минут су буымен ағаштың автогидролизі. Автогидролизденген ағашты ГМ 50 қайнаған сумен 3 сағат бойы өңдейді, содан кейін 20- 30% сірке қышқылы, 20- 30% күкірт қышқылы және 4,2-10,2% сутегі асқын тотығы бар ерітіндісімен дезинфекцияланады, ағартады және бір сатыда гидролизденеді. 100–110°C 2,5–3,0 сағат	МКЦ алудың барлық кезеңдерін біріктіру, реагенттер мен суды тұтынуды азайту, қоршаған ортаға зиян келтіруді азайту	Арнайы құрал саймандар пайдалану
18	Мақта және тоқыма өнеркәсібін ің талшықты қалдықтары	3,5% тұз және 0,6% азот қышқылдарының сулы ерітіндісімен катализатор (10% фосфолибди қышқылы) қатысуымен ГМ 1:10, температура 80°C және қалыпты қысымда 1 сағат өңдеу Өнімді сүзеді, жуады. натрий карбонатының ерітіндісі, содан кейін сумен, алифатты спирттермен өңделеді	МКЦ молекулалық салмағы бойынша біркелкі	Қосымша қажетсіздердің пайда болуы функционалды карбонил топтары

		және кептіріледі. МКЦ кірістілігі – 88%, орташа ӨҚ – 130		
19	Белсендірілген жұмсақ ағаш қалдықтарынан алынған целлюлоза	180–240°C температурада бумен жарылыс өңдеу арқылы белсендірілген жұмсақ ағаш қалдықтарынан алынған дайындау және өңдеу ұзақтығы 5 минут, содан кейін 45 минут бойы 160–175°C делигнификация, натрий гидроксиді шығыны 25 г/л, 50 г Na ₂ S/ 1 2% пероксид сутегі қосылған ерітінді. 10 ГМ мөлшерінде 10% күкірт қышқылының қатысуымен 90–140°C целлюлозаның гидролизі 2 сағат	Гидропроцесті жеделдету белсендірілген целлюлозаның лизисі қалдық ағаш қылқан жапырақты ағаштар тұқымдар, құлдырау ӨҚ целлюлоза	Әртүрлі химиялық реагенттерді қолдану, көп сатылы сипаты, жабдықтың күрделілігі
20	Таза целлюлоза, Лигноцеллюлозды материалдар	80–200°C температурада экструдердегі шикізаттың қышқылды гидролизі. Экструзия әрекеті жоғары температурамен бірге целлюлоза мен қышқыл арасындағы тығыз байланысты қамтамасыз етеді. Бейтараптандыру және жуудан кейін өнімді натрий гипохлориті немесе сутегі асқын тотығымен ағартуға болады.	Гидролизге қажетті қышқыл ерітіндісінің мөлшерін азайту, экологиялық жүктемені азайту	Кезеңдердің көп саны, Арнайы құрал саймандар пайдалану

Микрокристалды целлюлоза сонымен қатар әртүрлі целлюлоза туындыларын — күрделі және қарапайым эфирлерді, егілген сополимерлерді алу үшін бастапқы материал ретінде қолданыла алады. Алынған эфирлер, ұқсас жоғары молекулалық туындылардан айырмашылығы, полимерленудің орташа дәрежесін төмендетеді және оларды ерітіндіге едәуір жоғары концентрацияда аударуға болады. Сонымен қатар, микрокристалды целлюлоза құрамында тұрақтандырылған өтпелі металл нанобөлшектері бар целлюлоза нанокомпозиттерін алу үшін матрица ретінде, сондай-ақ

нанокристалды целлюлозаны алу үшін бастапқы материал ретінде пайдаланылуы мүмкін. [4]

Наноцеллюлоза дегеніміз ол өсімдіктер, бактериялар және балдырлар сияқты табиғи көздерден алынған биополимерлі наноматериал. Оның бірегей қасиеттері бар, соның ішінде жоғары механикалық беріктік, төмен тығыздық және аэрогельдер сияқты күрделі құрылымдарды қалыптастыру мүмкіндігі. Наноцеллюлоза бірнеше түрге бөлінеді: нанокристалды целлюлоза, наноталшықты целлюлоза және бактериялық наноцеллюлоза. Нанокристалды целлюлоза қышқыл гидролизі арқылы алынған қатты, жоғары кристалды бөлшектер. Олар жоғары беріктікке ие және композиттерде, жабындарда және биомедициналық қосымшаларда қолданылады. Наноталшықты целлюлоза ұзақ, икемді талшықтардан тұрады, олар берік торларды құрайды, бұл оларды қағаз өнеркәсібінде, қаптамада және сүзуде пайдалы етеді. Бактериялық наноцеллюлоза микроорганизмдермен синтезделеді және жоғары тазалығымен және гельдік құрылымдарды қалыптастыру қабілетімен ерекшеленеді, бұл медицинада, мысалы, жараларды емдейтін таңғыштарды жасау үшін қажет. Биоүйлесімділік пен биобдырау арқасында наноцеллюлоза синтетикалық материалдарға экологиялық таза альтернатива ретінде қарастырылады. Ол жеңіл және берік композиттерді, икемді электрониканы, суды тазартуға арналған сорбенттерді және тіпті 3D басып шығаруда қолданылады. [6]

Сонымен қатар, наноцеллюлозаны тамақ өнеркәсібінде қоюландырғыш немесе тұрақтандырғыш ретінде пайдалануға болады. Наноцеллюлозаның болашағы тұрақты технологияның дамуымен және мұнай, химия өнімдеріне тәуелділіктің төмендеуімен байланысты. Дегенмен, өндірісті масштабтау және материалды алу шығындарын азайту сияқты қиындықтар әлі де бар. Өзінің ерекше қасиеттері мен қолданудың кең ауқымына байланысты наноцеллюлоза зерттеушілер мен өнеркәсіптің назарын аударуды жалғастыруда. [6]

Нанокристалды целлюлоза – бұл целлюлозаның қышқыл гидролизі арқылы алынған үмітті материал, нәтижесінде полимер тізбектерінің аморфты аймақтары бұзылып, кристалды бөліктер қалады. Бұл процесс диаметрі 3-тен 30 нм-ге дейін және ұзындығы 10-нан 1000 нм-ге дейін болатын өзек тәрізді нанобөлшектердің пайда болуына әкеледі. НКЦ-ның ерекшелігі оның анизотропты құрылымы болып табылады, ол молекулалардың жоғары дәрежеде реттілігіне және олардың арасында күшті сутегі байланыстарының болуына байланысты. Бұл құрылым материалға белгілі бір металдармен салыстырмалы түрде бірегей механикалық қасиеттер береді, салмағы едәуір аз. (2 сурет) [5]

Нанокристалды целлюлоза өндірісі табиғи целлюлозаны күкірт, тұз немесе фосфор сияқты минералды қышқылдармен өңдеуге негізделген. Процесс жағдайларына байланысты (қышқыл түрі, концентрациясы, температурасы, өңдеу уақыты) әртүрлі сипаттамалары бар бөлшектерді алуға болады. Мысалы, күкірт қышқылы бөлшектердің бетінде сульфат

топтарының пайда болуына ықпал етеді, бұл олардың суда дисперсиясын жақсартады. Процесс диірменде бидай сабанын ұнтақтаудан басталады. [9]

Ұсақталған шикізат реакторға салынып, мұзды сірке қышқылынан тұратын реакция қоспасымен құйылады (массаның 25.8%), сутегі асқын тотығы (массаның 4.2%) және күкірт қышқылының катализаторы (массаның 2%) гидромодуль 7. Делигнификация 120°C температурада 2 сағат бойы жүргізіледі. Осыдан кейін қоспаны сүзіп, тазартылған сумен жуады. Алынған талшықты өнім бірдей температурада және уақытта (120°C, 2 сағат) NaOH ерітіндісімен 0.1 Н сілтілі өндеуден өтеді, содан кейін қайтадан жуылады. Соңғы кезең-ағарту-сірке қышқылы мен сутегі асқын тотығының бірдей қоспасымен орындалады (массаның 25.8% және 4.2%. тиісінше) гидромодуль 7, температура 120°C және ұзақтығы 2 сағат. Процесстің жалпы уақыты 6 сағат. [9]

Нәтижелер целлюлозаның өнімділігі абсолютті құрғақ сабан массасының 42.2% жететінін көрсетеді. Өнімде 80% α -целлюлоза, 2.2% лигнин бар және ақтығы 71.8 и. бірлік қосымша сипаттамаларға 38 мг/г адсорбция қабілеті, 20.5% йод сорбциясы, 310% сілтілік ісіну және 98 г/м² сіңімділік кіреді. Микроскопиялық талдау лигнинді кетірудің тиімділігін және талшықты құрылымның сақталуын растайды. Өндірудің балама әдістеріне ферментативті гидролиз, тотығу процестері және механикалық дисперсия жатады. [5]



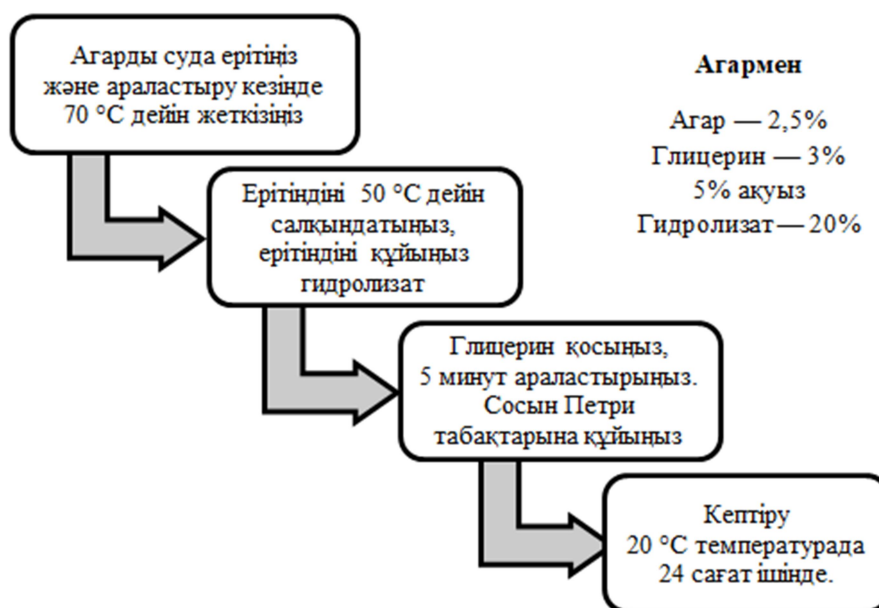
2 сурет – Нанокристалды целлюлозаны алу [5]

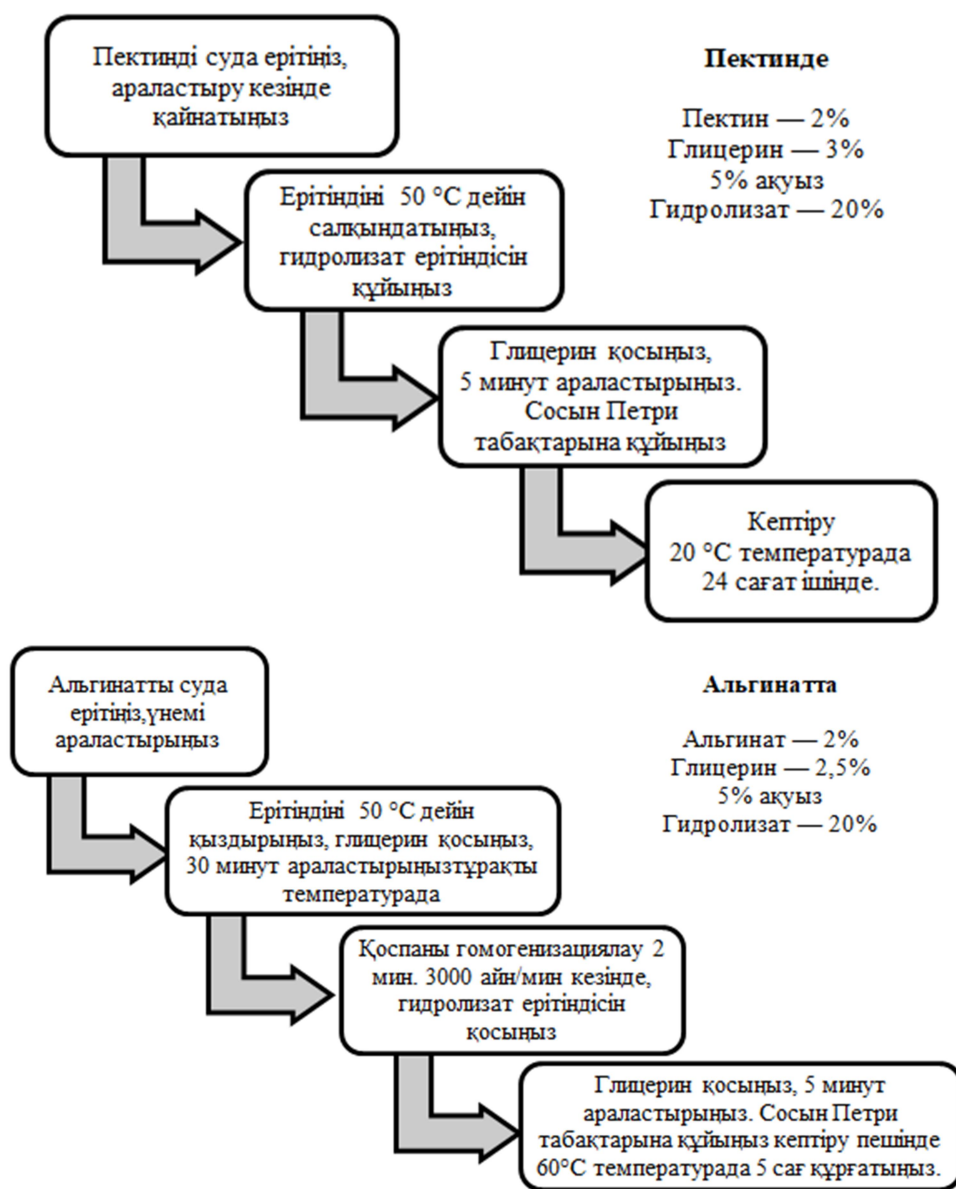
Нанокристалды целлюлозаны наноөлшемді қоспа ретінде пайдалану полимерлі композиттердің механикалық қасиеттерін айтарлықтай жақсартады, сонымен қатар олардың ыдырау төзімділігін арттырады. Бұл целлюлоза нанобөлшектерінің ерекше беріктігіне байланысты: олардың созылу күші ~10 ГПа, ал серпімділік модулі ~150 ГПа жетеді. Бұл көрсеткіштерді көміртекті нанотүтікшелермен салыстыруға болады, бұл өте жеңіл және ауыр материалдарды жасау болашақта үміт ашады. Бұл ретте нанокристалды целлюлоза өндіруге арналған шикізат іс жүзінде шексіз мөлшерде қол жетімді. [2]

1.4 Нанокұрылымды гидрогельдердің құрылымдық ерекшеліктері мен функционалдық сипаттамалары

Гидрогельдер дегеніміз ол құрылымын сақтай отырып, көп мөлшерде суды немесе дене сұйықтықтарын ұстауға қабілетті үш өлшемді полимерлі желілер. Олар жоғары биоүйлесімділік, ісіну қабілеті және температура, сутек көрсеткішті (pH) сияқты сыртқы тітіркендіргіштерге жауап беру сияқты ерекше қасиеттерге ие.[8]

Альгинат, агар және пектин сияқты табиғи биополимерлерге негізделген нанокұрылымды гидрогельдер пленка жабындарын жасау үшін ыңғайлы материалдар болып табылады. Бұл заттар суды ұстап тұратын үш өлшемді торлар түзе алады, бұл оларды әртүрлі салалардың технологиясында қолдануға өте ыңғайлы етеді. Қоңыр балдырлардан алынған альгинат кальций иондарының қатысуымен жоғары гелеу қабілетіне ие, бұл пленкаларға жақсы механикалық беріктік пен икемділік береді. Балдырлардан алынған агар тығыз және термиялық қайтымды геледер түзеді, Бұл оны жоғары тұрақтылық пленкаларын жасауға қолайлы етеді. Жемістер мен көкөністерде кездесетін пектин пленкалардың мөлдірлігі мен серпімділігін қамтамасыз етеді, бірақ олардың созылу қасиеттерін жақсарту үшін глицерин сияқты реактив қосуы қажет етеді. [7]





3 сурет – Наноқұрылымды гидрольден пленкаларды алудың композициялары мен технологиялары [7]

Альгинат, агар және пектин ол биологиялық ыдырайтын гидрогель пленкаларын жасау үшін жиі қолданылатын табиғи полисахаридтер. [7]

Альгинат ол қоңыр балдырлардан алынған полисахарид. Оның негізгі қасиеті екі валентті катиондардың қатысуымен иондық геледеу қабілеті. Бұл жоғары механикалық беріктігі, икемділігі және жақсы тосқауыл қасиеттері бар пленкаларды алуға мүмкіндік береді. Альгинат пленкалары майлар мен оттегіге төзімді, бірақ олардың ылғалға төзімділігі шектеулі болуы мүмкін. Өнімділікті жақсарту үшін альгинат көбінесе ауылшаруашылық қалдықтарынан алынған наноцеллюлоза сияқты басқа биополимерлермен біріктіріледі. [7]

Агар ол жоғары гелеу қабілеті бар балдырлы полисахарид. Альгинаттан айырмашылығы, агар термиялық қайтымды геледер түзеді, олар қызған кезде ериді және салқындаған кезде қатып қалады. Агар негізіндегі пленкалар тығыз, мөлдір емес және жоғары температураға төзімді, бірақ пластификаторларды қоспай сынғыш болуы мүмкін. [7]

Пектин ол жемістер мен көкөністердің жасуша қабырғаларында кездесетін полисахарид. Этерификация дәрежесіне байланысты пектиндер әртүрлі жағдайларда геледер түзе алады. Пектин негізіндегі пленкалар мөлдір, серпімді және жақсы газ тосқауыл қасиеттеріне ие, бірақ икемділікті жақсарту үшін пластификаторларды қосуды қажет етеді. [7]

Медицинада гидрогельдер дәрі-дәрмектерді жеткізу, тіндік инженерия және жараларды емдейтін жабындар жасау үшін қолданылады. Биотехнологияда олар жасушаларды өсіру және биосенсорларды жасау үшін қолданылады. Экологияда гидрогельдерді суды ластанудан тазарту және топырақтағы ылғалды сақтау үшін пайдалануға болады. Маңызды аспект гидрогельдердің беріктігі, жабысқақтығы немесе биологиялық ыдырау қабілеті сияқты ерекше қасиеттерді беру үшін оларды өзгерту мүмкіндігі.[8]

Гидрогельдер бұл әмбебаптығы мен әртүрлі жағдайларға бейімделу қабілетінің арқасында көптеген салаларда қолданылатын өте үмітті материал болып саналады. Оларды әрі қарай зерттеу және өзгерту ғылым мен технологияға жаңа мүмкіндіктер ашады.[8]

2. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1. Ұнтақталған бидай сабанын гексанмен шаю

Бұл бөлімде бастапқы материалдарды және зерттеуде қолданылған реагенттер мен әдістер сипатталады. Сонымен қатар, өсімдік шикізатынан микрокристалды целлюлоза алуға бағытталған органосольвенттік өндеудің жұмсақ тәсілі қарастырылады. Бұл әдістің ерекшелігі – целлюлозаны органикалық еріткіштер арқылы тиімді және салыстырмалы түрде жұмсақ жағдайларда бөліп алу. Мұндай өндеу целлюлозаның жоғары тазалығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында қолданылған реагенттер мыналар:

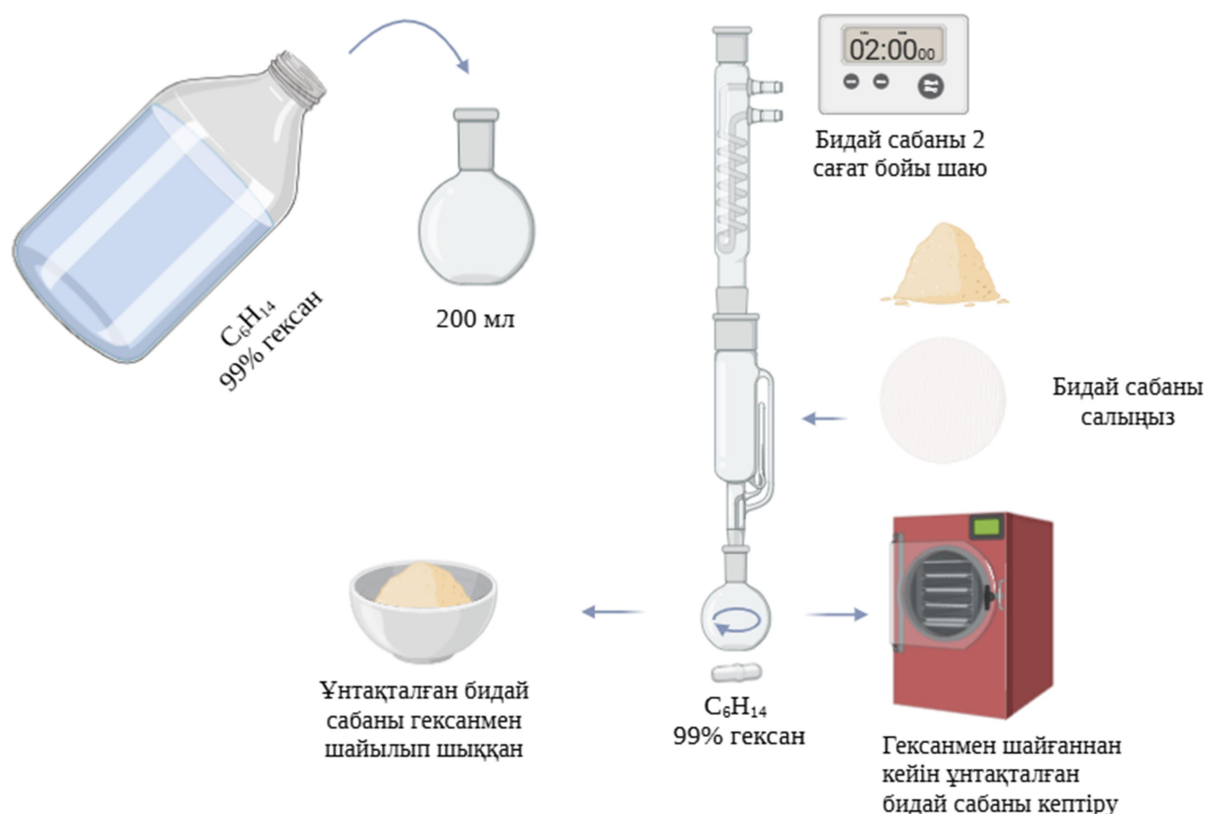
- Гексан (C_6H_{14}) – 99% тазалықтағы;
- Сірке қышқылы (CH_3COOH) – 58%;
- Сутегі асқын тотығы (H_2O_2) – 15%;
- Күкірт қышқылы (H_2SO_4) – 99%;
- Сүзгі қағазы;
- Дистилденген су

Бастапқы материалды дайындау үшін бидай сабанын диірменнің көмегімен ұсақ ұнтақ күйіне дейін ұнтақтау керек, содан кейін алынған ұнтақталған сабанды одан әрі процестер үшін шикізат ретінде пайдалану керек. (4 сурет)



4 сурет – Бидай сабанын ұнтақтау процессі

Алдын ала тазарту үшін 100 г бидай сабаны ұсақталды, содан кейін кезең-кезеңімен 5 тәсілде 20 г шикізатты әр тәсілге 2 сағат ішінде 200 мл гександы қолдана отырып, Сокслет экстракторында шаю жүргізілді; Содан кейін шайылған шикізат сүзгі қағазына құйылып, 50 °С температурада муфель пешінде 3 сағаттай кептірілді. (5 сурет)



5 сурет – Ұнтақталған бидай сабаны гексан шаю процессі

2.2 Органосольвенттік тотықтыру әдісімен бидай сабанынан микрокристалды целлюлоза синтездеу

Химиялық делигнификация агенті ретінде қолданылатын пероксиацет қышқылы (РАА) тікелей зертханалық жағдайда мұзды сірке қышқылы мен 15% сутегі асқын тотығын 1,5:1 (көлем) қатынасында араластыру арқылы дайындалды.) катализатор ретінде ерітіндінің жалпы массасынан 2 % күкірт қышқылын қосу арқылы. Қоспаны бөлме температурасында 24 сағат бойы сақталды, содан кейін микрокристалды целлюлоза алу үшін тотықтырғыш ретінде пайдаланылды. (6 сурет)



6 сурет – Делигнификациялаушы агентті дайындау процессі

Пероксоқышқыл жұмыста микрокристалды целлюлоза алу үшін ұнтақталған бидай сабанын жұмсақ органосолVENTті делигнификациялау үшін негізгі реагент ретінде қолданылады. Өңдеу екі сағат ішінде 100 °C температурада жүргізілді, нәтижесінде лигнин мен гемицеллюлоза тиімді түрде жойылып, целлюлоза құрылымы сақталды. Бұл әдіс агрессивті сілтілі немесе хлорлы реагенттерді қолданбай, жоғары өнімділікпен, жақсы тазалықпен және кристалдылықпен микроцеллюлоза алуға мүмкіндік берді. (7 сурет)



7 сурет – ОрганосольVENTтік тотықтыру процессі

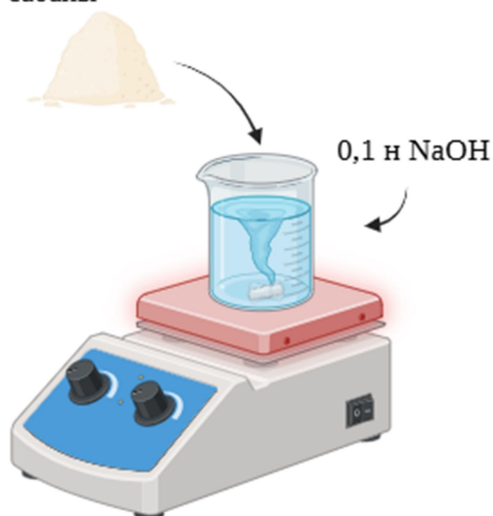
Делигнификация кезеңі аяқталғаннан кейін үлгілер бейтарап орта реакциясына ($\text{pH} \approx 7$) жеткенше тазартылған сумен дәйекті түрде жуылды, бұл әмбебап индикатор қағазын қолдану арқылы расталды. Бейтараптандыруды жүргізу қалдық қышқыл агентін жоюды және целлюлоза материалының құрылымы мен қасиеттеріне әсер етуі мүмкін кейінгі қажетсіз химиялық процестердің алдын алуды қамтамасыз етті. (8 сурет)



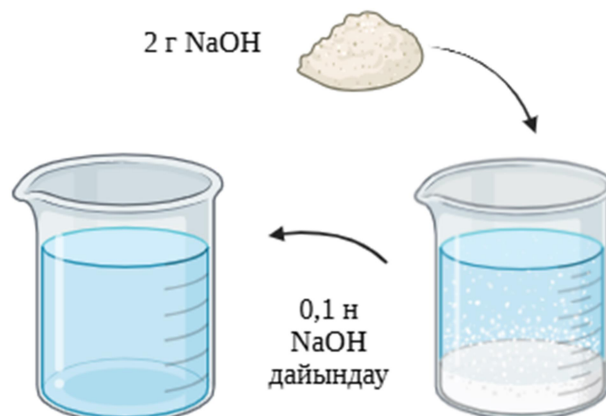
8 сурет – Бидай сабанын бейтарап $\text{pH} = 7$ дейін шаю

Пероксоқышқылмен шайылған бидай сабанында құрамында кейбір биоорганикалық қалдықтар қалды. Сол үшін оны NaOH -пен сілтілік өңдеу өткізу керек. Сілтілік өңдеу үшін массасы 2 г NaOH өлшеп, өлшегіш мензуркаға 200 мл дистелденген су құямыз. Сосын барлық ерітіндіні бір 500 мл ыдысқа қосамыз. Сосын қалған ыдыстың көлеміне 300 мл дистелденген су толтырамыз. Қоспамыз дайындалған соң 20 г пероксоқышқылмен шайылған бидай сабанын, дайындаған 0.1 н NaOH екі сағатта ішінде $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада өңдейміз. {8 сурет}

Пероксоқышқылмен
шайылған бидай
сабаны



2 г NaOH



9 сурет – Құрамында қалған биоорганикалық қалдықтарды жою үшін сілтілік өңдеу процессінің сызбанұсқасы

Суретте бастапқы ұнтақталған бидай сабаны мен сілтімен өңделгеннен кейін бөлінген микроцеллюлозаны салыстыру көрсетілген. Бастапқы материал талшықты, ашық қоңыр құрылымға ие, өсімдік тектес құрылымы айқын. Делигнификациядан кейін сыртқы түрінің өзгеруі байқалады: материал жеңілдейді және біртекті консистенцияға ие болады, бұл лигнинді тиімді алып тастауды және талшықаралық байланыстардың ішінара бұзылуын көрсетеді. {9 сурет}



(а) Ұнтақталған бидай сабаны

(б) Делигнификацияланған бидай сабаны

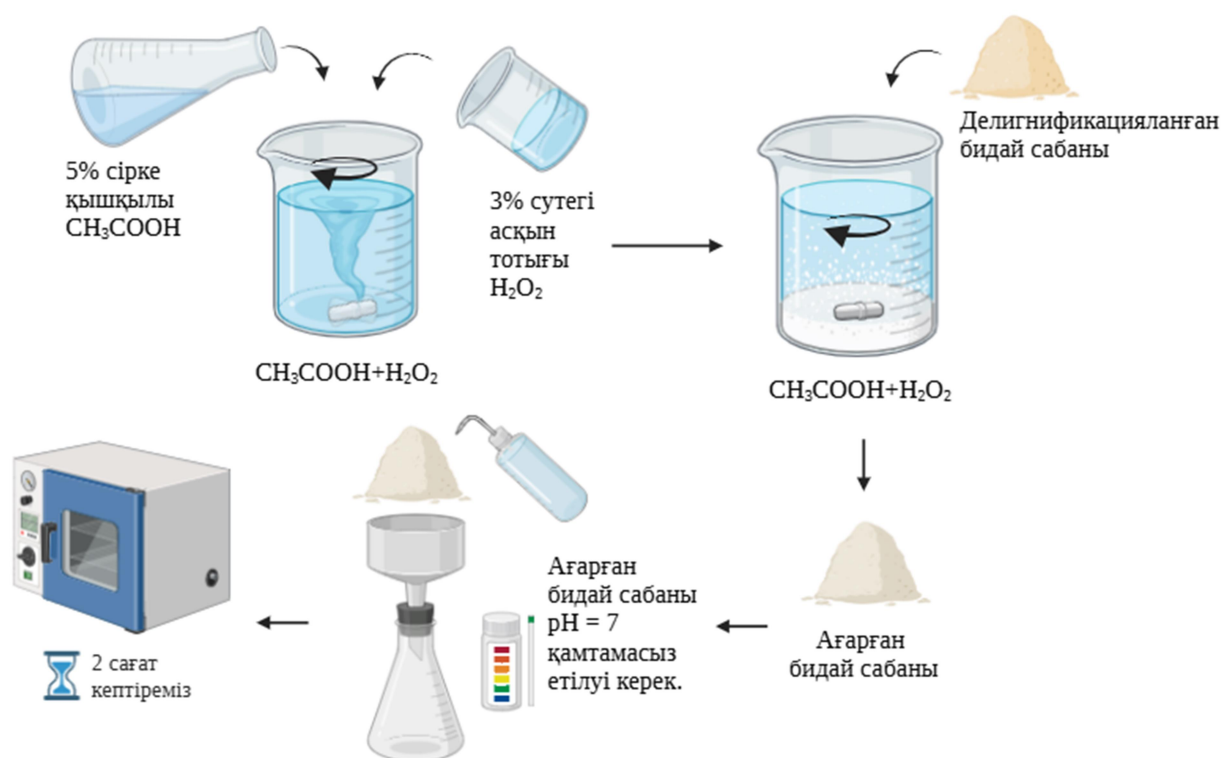
10 сурет – Бастапқы және өңделген бидай сабанын делигнификациядан кейін салыстыру

Делигнификацияланған бидай сабаны толық өңделген процесстерді өткен сон микрокристалды целлюлоза болып саналады. {10 сурет}

2.3 Микрокристалды целлюлозадан күкірт қышқылдық гидролиздеу наноцеллюлозаны алу

Делигнификация кезеңінен кейін алынған талшықты өнім одан әрі тазарту және ағарту үшін дәйекті түрде өңделеді. Бірінші кезеңде қышқыл реагенттерінің қалдықтары мен еритін ыдырау өнімдерін кетіруге мүмкіндік беретін гидромодуль 7 көмегімен үнемі араластыра отырып, бөлме температурасында 30-40 минут бойы тазартылған сумен мұқият жуу жүргізіледі. Жуу әмбебап индикатор қағазымен немесе рН метрімен бақыланатын жуу суларының бейтарап рН мәніне жеткенше 3–4 рет қайталанады. Содан кейін өнім артық ылғалды кетіру үшін вакуум астында 40–100 мкм кеуектілігі бар шыны сүзгі арқылы сүзіледі. (8 сурет)

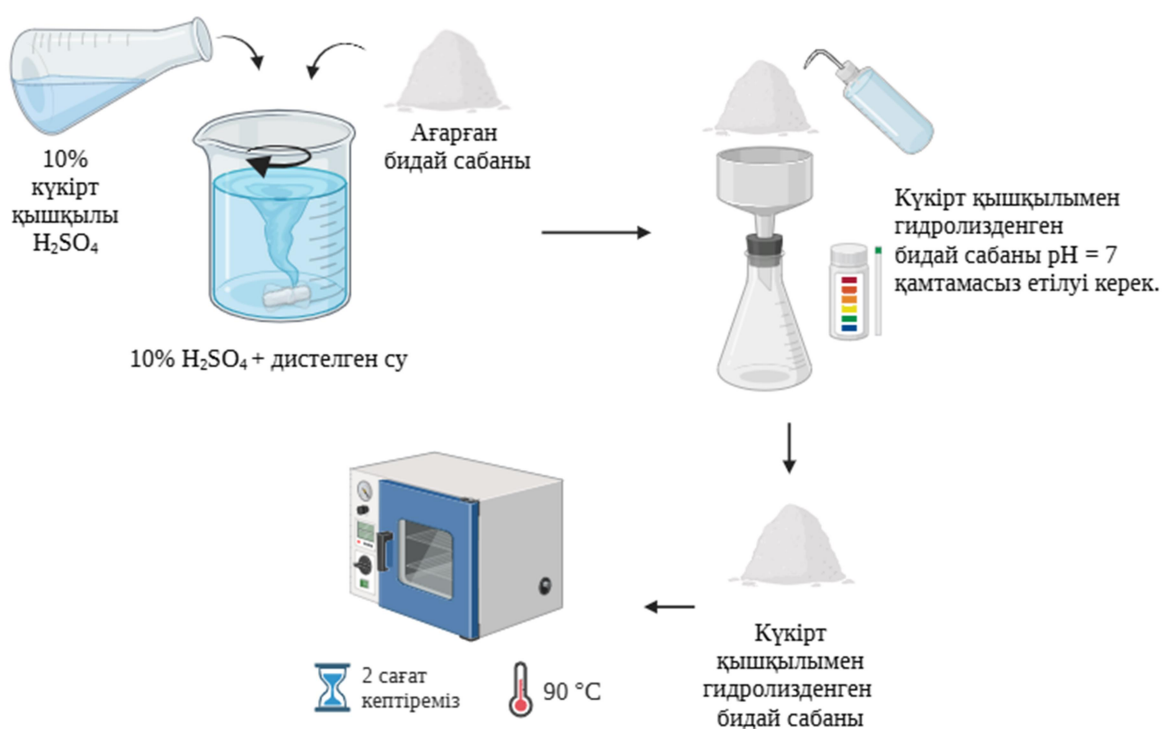
Сілтілік өңдеу 0,1 н натрий гидроксиді ерітіндісімен жүзеге асырылады, ол стандартты титрленген NaOH ерітіндісінен және тазартылған судан қолданар алдында дайындалады. Өңдеу кері тоңазытқышпен және араластырғышпен жабдықталған термостатталатын реакторда 120 минут ішінде $120 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада жүргізіледі. Сілтілік концентрация титрлеу үшін мезгіл-мезгіл сынама алу арқылы бүкіл процесс барысында тұрақты болып қалады. Өңдеу аяқталғаннан кейін реакция массасы $60\text{--}70^\circ\text{C}$ дейін салқындатылады және 0,1–0,2 МПа қысыммен 20–50 мкм кеуек өлшемі бар қағаз сүзгісі арқылы сүзіледі.



11 сурет – Микрокристалды целлюлозаны ағарту процессінің сызбанұсқасы

Ағарту кезеңі 10 г массасы бар жаңа дайындалған қоспаны қолдану арқылы жүзеге асырылады. Мұзды 99% сірке қышқылы және 4,2 масса. сутегі асқын тотығының техникалық сапасы. Компоненттер пероксидтің мерзімінен бұрын ыдырауын болдырмау үшін мұзды ваннада салқындатылған шыны ыдыста қолданар алдында араластырылады. Ағарту процесі 120°C температурада 120 минут ішінде 200-300 айн/мин жылдамдықпен тұрақты араластырумен жүзеге асырылады. Ағартудың тиімділігін бақылау өнімнің түсінің өзгеруі бойынша және 457 нм-де оптикалық тығыздықтың төмендеуі бойынша спектрофотометриялық түрде жүзеге асырылады. (11 сурет)

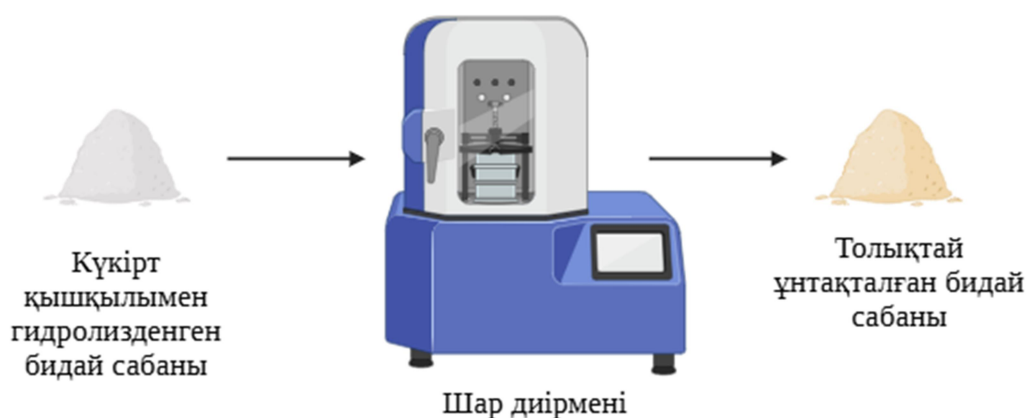
Ағарту аяқталғаннан кейін өнім үш кезеңнен тұратын соңғы жууға ұшырайды: химиялық реакцияларды тоқтату үшін суық тазартылған сумен (10–15°C) алдын ала жуу, реагенттердің қалдықтарын кетіру үшін 40–50°C температурада негізгі жуу және бөлме температурасында ионсыздандырылған сумен әрлеу. Жуудың әр кезеңі 10 гидромодулда 20–30 минут ішінде жүзеге асырылады, содан кейін сүзіледі. Өнімнің соңғы ылғалдылығы 5–10 минут ішінде 0,5–0,7 МПа қысыммен басу арқылы 65–70% дейін жеткізіледі, содан кейін материал дереу одан әрі өңдеу үшін пайдаланылады немесе 4–6 сағат бойы мәжбүрлі желдетілетін кептіру шкафында 50-55°C температурада құрғақ күйге дейін кептіріледі.



12 сурет – Микрокристалды целлюлозадан күкірт қышқылдық гидролиздеу наноцеллюлозаны алу сызбанұсқасы

Бидай сабанынан микроцеллюлозаны делигнификация, сілтілі өңдеу және ағарту кезеңдері аяқталғаннан кейін алынған талшықты өнім аморфты аймақтарды одан әрі жою және наноөлшемді целлюлоза құрылымдарын оқшаулау мақсатында қышқылмен жуылады. Ол үшін гемицеллюлозаның гидролизіне және целлюлоза тізбектерінің ішінара бөлінуіне ықпал ететін күкірт қышқылының 10% ерітіндісі H_2SO_4 қолданылады, бұл кейінгі механикалық дисперсияны жеңілдетеді. (12 сурет)

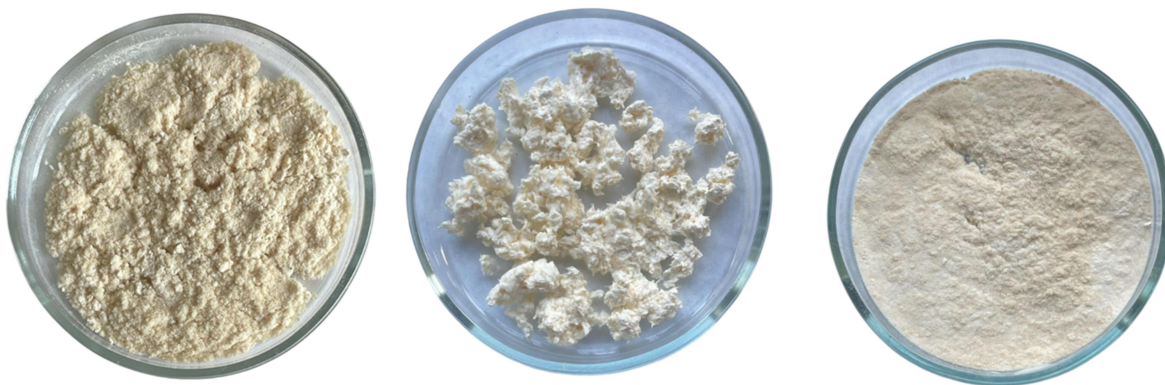
Процесс келесідей жүзеге асырылады: алдын ала жуылған және кептірілген микроцеллюлоза химиялық төзімді контейнерге салынып, 10 гидромодульда 10% күкірт қышқылының ерітіндісімен құйылады, содан кейін қышқылдың талшықтарға біркелкі әсер етуін қамтамасыз ету үшін үнемі араластыра отырып, 45–50°C температурада 2–3 сағат ұсталады. Реакция аяқталғаннан кейін қоспаны бейтарап рН-ға жеткенше суық тазартылған суды қосу және бірнеше рет жуу арқылы бейтараптандырады, бұл целлюлозаның одан әрі қышқылдық бұзылуын болдырмайды. Алынған материал сүзіліп, 60°C температурада тұрақты массаға дейін кептіріледі.



13 сурет – Наноцеллюлозаны шар диірменімен арқылы өңдеу сызбанұсқасы

Әрі қарай, микроцеллюлозаны наноцеллюлозаға айналдыру үшін шар диірменін пайдаланып механикалық ұнтақтау қолданылады. Алдын ала кептірілген микроцеллюлоза массасы бойынша 1/5 қатынасында тегістейтін денелермен диаметрі 5–10 мм керамикалық немесе болат шарлармен бірге шар диірменінің барабанына салынады.

Процесс қажетті дисперсия дәрежесіне байланысты құрғақ немесе дымқыл режимде жүзеге асырылады. Құрғақ ұнтақтау жағдайында ұнтақтау барабанның айналу жылдамдығы 400-500 айн/мин болғанда 2–3 сағатқа созылады, бұл шарлардың соққысы мен тозу әсерінен талшықтардың наноөлшемді бөлшектерге дейін біртіндеп бұзылуын қамтамасыз етеді. (13 сурет)



14 сурет – Микрокристалды целлюлозадан күкірт қышқылдық гидролиздеу наноцеллюлозаның үлгісі

Ұнтақтау аяқталғаннан кейін суспензия тегістеу денелерін бөлу үшін сүзіледі немесе центрифугаланады, ал алынған материал агрегаттарды қосымша бұзу және наноцеллюлоза дисперсиясын тұрақтандыру үшін ультрадыбыстық өндеуден өтеді (20–30 минут, қуаты 500–1000 Вт). Дайын өнім-бұл электронды микроскопия және динамикалық жарық шашырау әдістерімен расталған нанодиапазондағы (20–100 нм) бөлшектердің мөлшері бар ұнтақ немесе гель тәрізді суспензия дайындауға болады. (14 сурет)

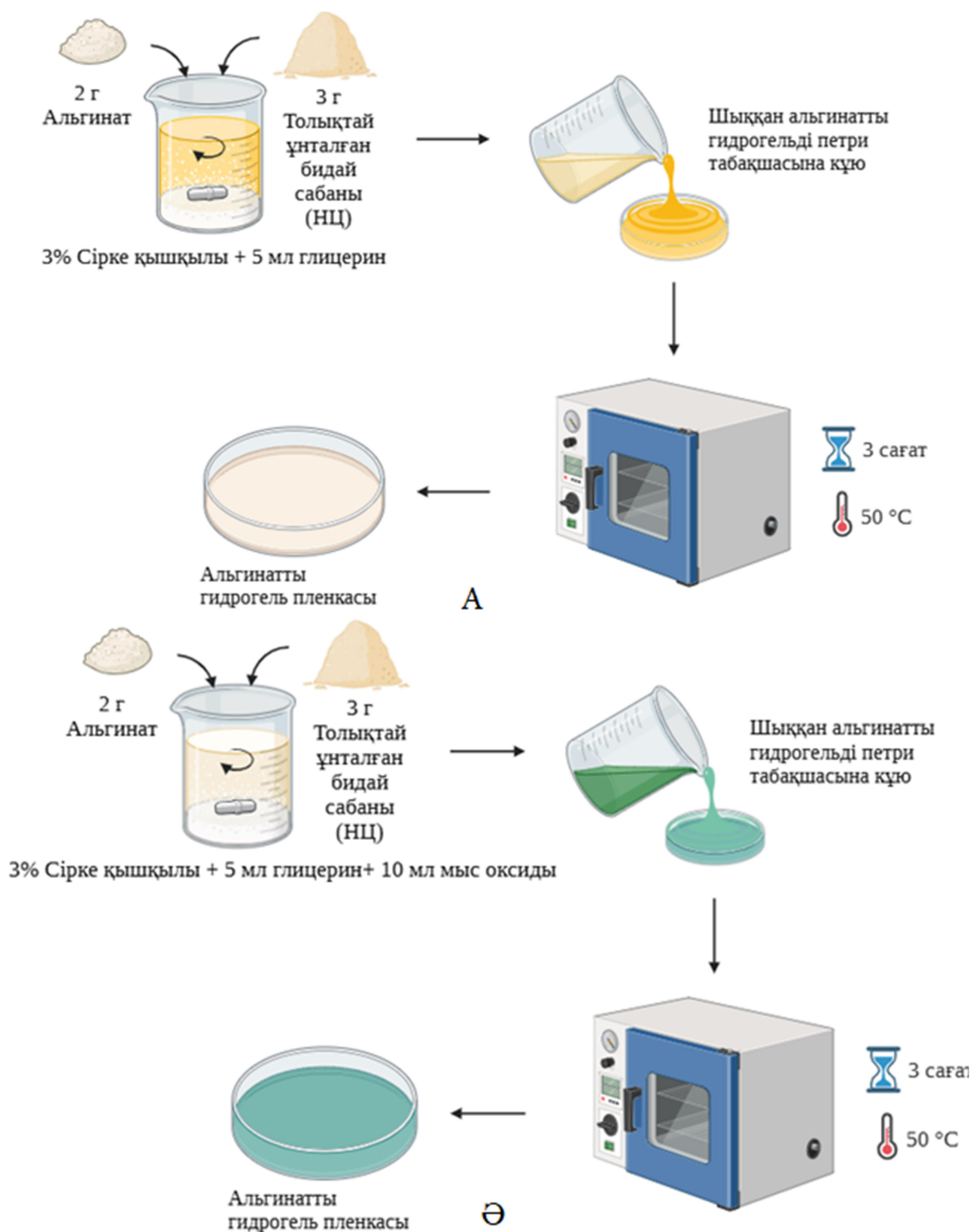
2.4 Наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдер дайындау

Бидай сабанынан наноцеллюлоза қосылған альгинатты гидрогельді пленкаларды жасау процесі бірнеше негізгі қадамдарды қамтиды, екі негізгі пісіру нұсқасы бар: мыс оксиді жоқ және оны қосу. Екі әдісте ортақ негізгі ие, бірақ алынған материалдың құрамы мен соңғы қасиеттері бойынша ерекшеленеді.

Альгинат пленкасын құрудың негізгі компоненттері-натрий альгинаты (2 г) және бидай сабанынан алынған наноцеллюлоза (3 г). Наноцеллюлоза материалдың механикалық беріктігі мен құрылымын жақсартатын арматуралық агент ретінде әрекет етеді. Пластификатор ретінде глицерин (5 мл) қосылады, ол пленкаға икемділік пен серпімділік береді, оның сынғыштығын болдырмайды. Композицияны тұрақтандыру және ортаның қышқылдығын бақылау үшін сірке қышқылының 3% ерітіндісі қолданылады. Екінші нұсқада құрамға қосымша мыс оксиді (10 мл) енгізіледі, ол микробқа қарсы агент қызметін атқара алады немесе пленканың физика-химиялық қасиеттеріне әсер етеді.

Натрий альгинаты мен наноцеллюлоза біртекті масса пайда болғанша үнемі араластыра отырып, суда ериді. Содан кейін алынған қоспаға глицерин мен сірке қышқылы қосылады. Мыс оксидін қолданған жағдайда, оны ерітіндіде біркелкі тарату үшін мұқият араластырып, осы кезеңде енгізеді. Болашақ пленка құрылымында кесектердің немесе гетерогендердің пайда

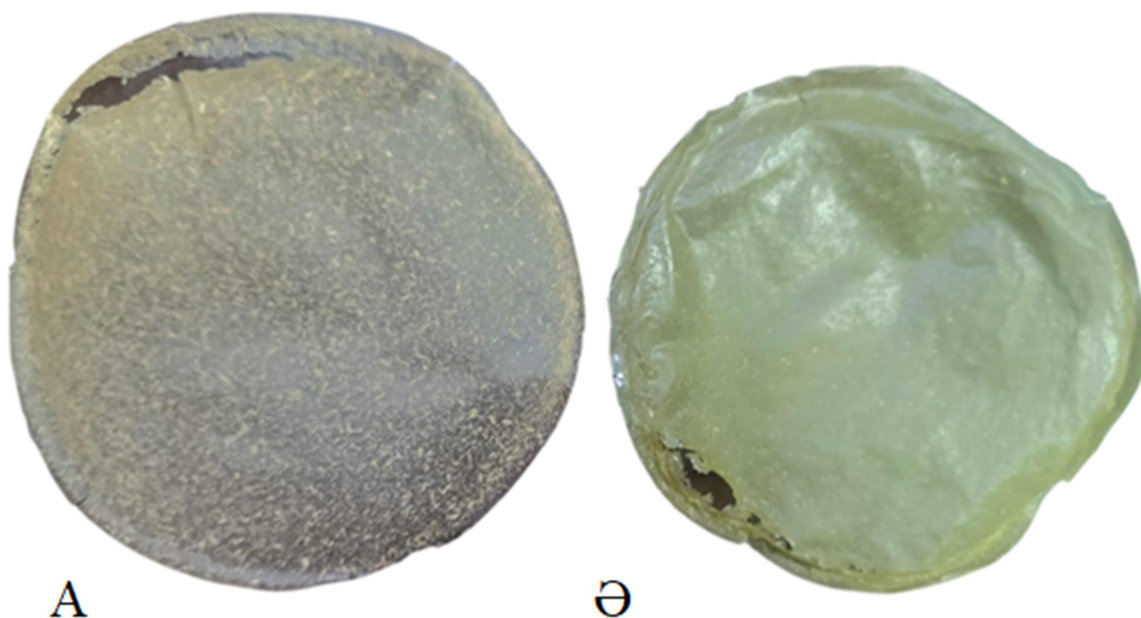
болуын болдырмау үшін композицияның толық гомогенизациясын қамтамасыз ету маңызды.



15 сурет – Наноцеллюлоза негізіндегі гидрогельдер дайындау сызбанұсқасы: (А) Мыс оксидсыз (Ә) Мыс оксидпен

Дайын ерітінді Петри табақтарына құйылады, онда оның бетіне біркелкі таралуы жүреді. Тұрақты гель құрылымын қалыптастыру үшін екі әдістің бірі қолданылады: иондық айқаспалы байланыс немесе термиялық өңдеу. Бірінші жағдайда, қоспалары бар альгинат ерітіндісі кальций хлориді бар табаққа батырылады, бұл кальций иондарының альгинатпен әрекеттесуі арқылы лезде гель түзілуіне әкеледі. Суретте көрсетілген екінші жағдайда пленка 3 сағат ішінде 50°C температурада термиялық өңдеуден өтеді. Бұл әдіс судың біртіндеп булануын және материал құрылымын тұрақтандыруды қамтамасыз етеді.

Гель пайда болғаннан кейін пленка қалдық ылғалды кетіру үшін 50°C температурада кептіріледі. Бұл кезең материалдың қажетті беріктігі мен тұрақтылығына қол жеткізу үшін өте маңызды. Нәтижесінде негізгі құрамы (мыс оксиді жоқ) немесе түсі өзгеруі мүмкін пленка және мыс оксиді қосылған кезде қосымша функционалдық қасиеттері бар жұқа, икемді және мөлдір пленка пайда болады.



16 сурет – Бидай сабанынан негізіндегі нанокұрылымды гидрогельдер дайындалған пленкалар: (А) Мыс оксидсіз (Ә) Мыс оксидпен

Мыс оксидінсіз алынған пленка жоғары мөлдірлікке, оттегі мен ылғалға қарсы жақсы тосқауыл қасиеттеріне және жоғары биологиялық ыдырауға ие. Ол микробтардан қосымша қорғауды қажет етпейтін бейтарап тағамдарды орауға жарамды. Мыс оксидін енгізу пленкаға микробқа қарсы қасиеттер береді, бұл оны тез бұзылатын өнімдерді орауға жарамды етеді. Сонымен қатар, мыс оксидінің тағаммен байланыста болған кезде материалдың қауіпсіздігіне ықтимал әсерін ескеру қажет.

Бөлме температурасында және бейтарап $pH = 6$ кезінде жүргізілген өлшеулер мыс оксидінің нанобөлшектерін енгізу гидрогельдің оптикалық өнімділігін айтарлықтай жақсартатынын көрсетеді. (16 сурет)

3 ТӘЖІРИБЕНІҢ НӘТИЖЕСІ

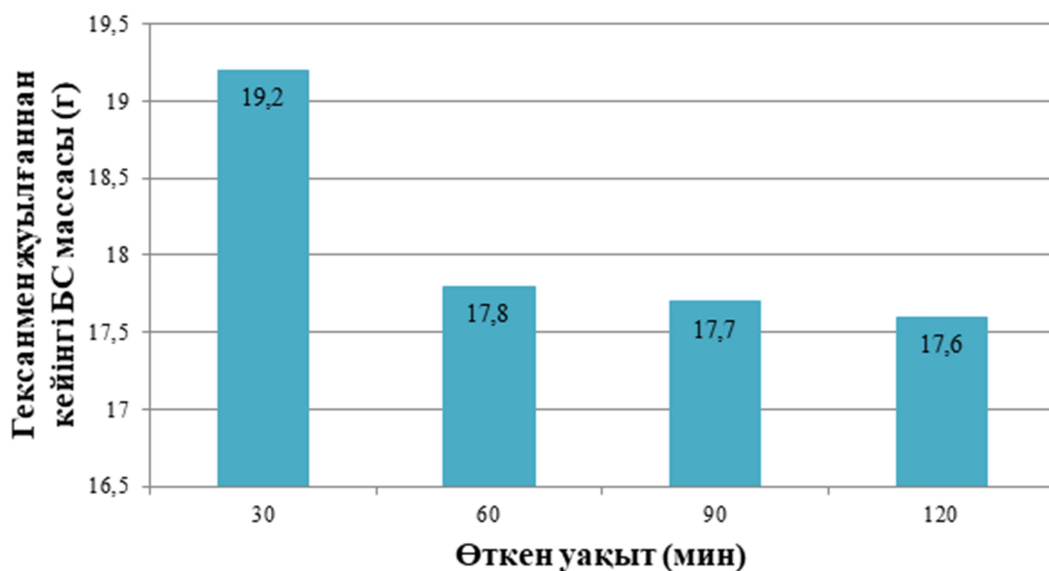
3.1 Микрокристалды целлюлозаны синтездеу және тазарту нәтижелері

Бидай сабанынан алынған микроцеллюлозаны зерттеу барысында гексанмен жуудың массасының жоғалуына әсері зерттелді. Бидай сабаны жуу уақытының ұлғаюымен массаның жоғалуы біртіндеп төмендегенін көрсетті: 30 минуттан кейін масса 19,2 г дейін, 60 минуттан кейін — 17,8 г дейін, 90 минуттан кейін — 17,7 г дейін төмендеді, ал 120 минуттан кейін ең аз шығын — 17,6 г.

Пероксид қышқылының әртүрлі қатынастармен әсері де зерттелді (1/2, 1/4, 1/6) бидай сабанының ыдырау дәрежесіне. Нәтижелер құрамдағы пероксид қышқылының үлесінің артуы материалдың неғұрлым қарқынды ыдырауына әкелетінін көрсетті: 1/2 қатынасында ыдырау дәрежесі 70%, 1/4 — те 82%, ал 1/6-да 85% жетті. Бұл целлюлозаны гексанмен жуу ұзақтығы мен пероксид қышқылының концентрациясы микроцеллюлозаны өңдеу процесіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді. Бұл параметрлерді оңтайландыру массаның жоғалуын азайтуға және мақсатты өнімді алу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. (1 кесте; 17–18 сурет)

4 кесте – МКЦ шығымына БС/ПСК өңдеу қатынасының әсер мен массаның жоғалу

t, мин	Бидай сабаны, г	ПСК	Бидай сабанының шығымы, %
30	19,2	1/12	70
60	17,8	1/14	82
90	17,7	1/16	85
120	17,6		



17 сурет – Микрокристалды целлюлозаның уақыт өткен сайын массасын жоғалу



18 сурет – Микрокристалды целлюлозаның шығымына БС/ПСК өңдеу қатынасының әсер

Оптикалық микроскоп және сканерлеуші электронды микроскопия көмегімен алынған бидай сабанының және бидай сабанынан алынған микроцеллюлозаның құрылымын микроскопиялық талдау нәтижелері көрсетілген.

Бидай сабананы оптикалық микроскоппен зерттеу кезінде өсімдік тіндеріне тән тесіктері мен әртектілігі бар талшықты құрылым байқалады. Құрылымдық элементтердің өлшемдері шамамен 30 мкм құрайды.

Оптикалық микроскоптың астындағы микрокристалды целлюлоза талдауы шамамен 20 мкм болатын ұсақ бөлшектерді көрсетеді, бұл целлюлозаны бастапқы шикізаттан оқшаулау процесінің тиімділігін көрсетеді.

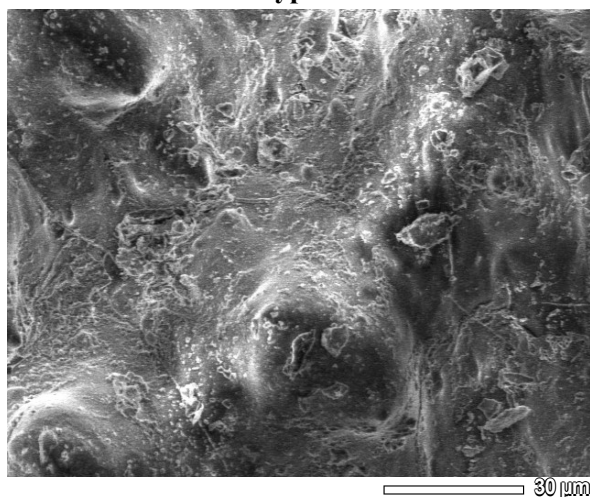
Бидай сабанының сканерлеуші электронды микроскоп суреттері нақты анықталған талшықтар мен микроталшықтардың беттің егжей-тегжейлі морфологиясын анықтайды. Құрылымдардың масштабты диапазоны шамамен 50 мкм құрайды. Сканерлеуші электронды микроскоппен зерттелген микрокристалды целлюлоза үшін бөлшектердің мөлшері шамамен 60 мкм болатын біртекті және компам құрылым бар, бұл оқшаулау және тазарту процесінде микроталшықтардың агрегациясына байланысты болуы мүмкін.(19 сурет)



Бидай сабанын оптикалық микроскоп көмегімен алынған суреті



Бидай сабанынан МКЦ оптикалық микроскоп көмегімен алынған суреті



Бидай сабанын сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен алынған суреті

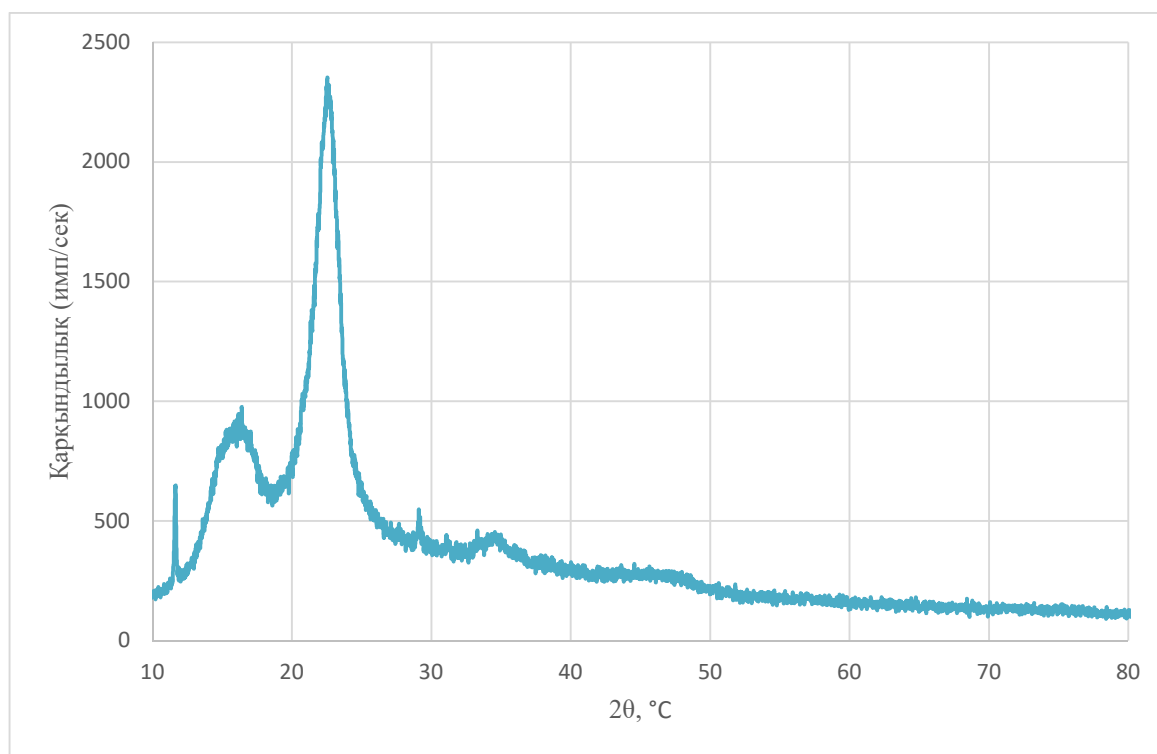


Бидай сабанынан МКЦ сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен алынған суреті

19 сурет – Микрокристалды целлюлозаның морфологиялық қасиеттерін зерттеу

3.2 Наноцеллюлозаның морфологиялық және фазалық талдау

Наноцеллюлоза рентгендік дифракциялық үлгілерін талдау нәтижесінде (сурет 6) оның аморфты–кристалдық табиғаты анықталды. $2\theta = 16.1^\circ$ және 22.5° бұрыштарындағы дифракциялық шыңдар целлюлозаның (110) және (200) кристалл жазықтықтарына сәйкес келіп, оның жоғары дәрежелі кристалдылығын көрсетеді. (20 сурет)



20 сурет – Үлгінің рентгендік фаза талдауы

Наноцеллюлоза құрылымын сипаттау мақсатында молекулалық құрылымдағы реттелген аймақтардың ретсіз орналасқан аймақтарға қатынасы бағаланды. Наноцеллюлозадағы шыңдардың ені тар әрі қарқындылығы жоғары екені байқалды. Бұл аморфты компоненттер – гемицеллюлозалар мен лигниннің жойылуымен түсіндіріледі. Шыңдардың ұзаруы мен тарылуы кристалдылықтың артқанын білдіреді, яғни наноцеллюлозадағы аморфты бөліктер азайып, кристалдық құрылымы жоғары материал алынған.

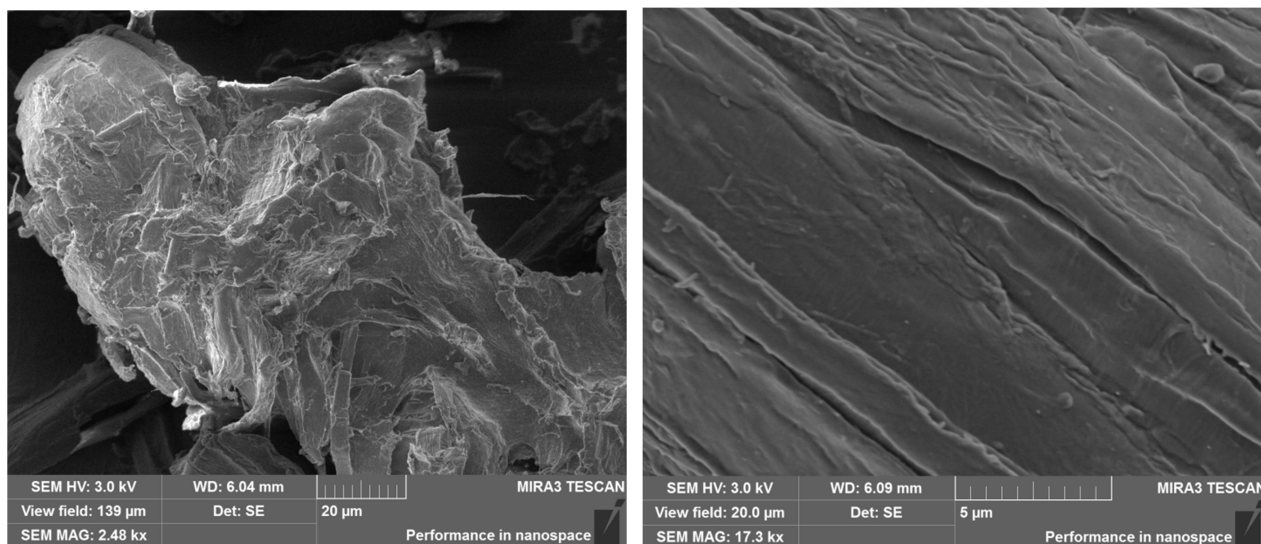
Сканерлеуші электронды микроскопия әдісімен наноцеллюлоза морфологиясын зерттеу 2025 жылғы 26 қаңтарда Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің зертханаларында жүргізілді. Сканерлеуші электронды микроскопия талдауы NF36W сериялы TESCAN электронды микроскопында 6,64 мм және 6,29 мм жұмыс қашықтығында екінші реттік электрон режимінде орындалды. Алынған суреттер наноцеллюлозаның өзіне тән талшықты құрылымын 5 мкм-ге дейін көрсетеді, бұл оның беткі морфологиясының ерекшеліктерін егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік берді.

Сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен алынған суреттерде бидай сабанынан оқшауланған наноцеллюлозаның құрылымы айқын көрінеді. Материал өсімдік тектес наноцеллюлозаның типтік өлшемдеріне сәйкес келетін жеке фибриллалардың диаметрі 5-тен 50 нанометрге дейінгі талшықты морфологиямен сипатталады. Жоғары меншікті беті бар кеуекті құрылымды құрайтын өзара тоқылған наноматериалдың дамыған үш өлшемді желісі бар.

Морфологиялық талдау целлюлоза макромолекулаларының гидроксил топтары арасында сутектік байланыстардың пайда болуымен түсіндірілетін Материалдың құрылымы наноцеллюлозаны оқшаулау процесінің ерекшеліктерімен де, микроскопия үшін үлгілерді дайындау жағдайларымен де байланысты болуы мүмкін талшықты орау тығыздығы әртүрлі аймақтардың комбинациясын көрсетеді. Кейбір аймақтарда суспензия алу кезінде механикалық әсерге байланысты талшықтардың сәл айқын бағдары байқалады.

Нәтижелер бастапқы шикізатты химиялық және механикалық өңдеуден кейін де табиғи целлюлоза материалдарына тән қасиетті сақталуын көрсетеді. Дамыған беті мен торлы құрылымы бар бақыланатын морфология берілген материалдың ерекше қасиеттерін, соның ішінде жоғары механикалық беріктігі мен сорбциялық қабілетін түсіндіреді. Зерттелген наноцеллюлозаның құрылымдық ерекшеліктері оны композиттік материалдарды, мембраналық жүйелерді құруда және бақыланатын кеуектілік қосымшаларда қолдану ашады.

Сканерлеуші электрондық микроскоп зерттеу нәтижелері бидай сабанынан наноцеллюлозаны оқшаулаудың қолданылған әдісінің тиімділігін және алынған материалдың наноөлшемді целлюлоза құрылымдарына қойылатын заманауи талаптарға сәйкестігін растайды. Байқалған морфологиялық ерекшеліктер басқа өсімдік көздерінен алынған наноцеллюлозаның әдеби деректерімен жақсы үйлеседі, бұл материалдардың осы класының құрылымдық ұйымының әмбебаптығын көрсетеді. (21 сурет)



21 сурет – Бидай сабанынан наноцеллюлоза сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен алынған суреті

Наноцеллюлоза талшықтарының өлшемдік таралу қисығы бөлшектердің көпшілігі 90 нанометрден 500 нанометрге дейінгі аралықта орналасқанын көрсетеді. Талшықтардың диаметрі негізінен 90–500 нм аралығында шоғырланған, яғни олар наноөлшемдік диапазонда болады. (22 сурет)



22 сурет – Наноцеллюлозаның бөлшек өлшемінің таралу қисығы

3.3 Құрамы өзгерген кезде гидрогельдердің мөлдірлігі мен механикалық қасиеттерін бағалау

2025 жылы 4 наурызда әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінде, Химия және химиялық технология факультеті, Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технологиясы кафедрасында медицина және орау өнеркәсібі үшін биологиялық ыдырайтын материалдарды әзірлеу мақсатында наноцеллюлоза және альгинат негізіндегі полимерлі композиттік пленкаларға зерттеулер жүргізілді.

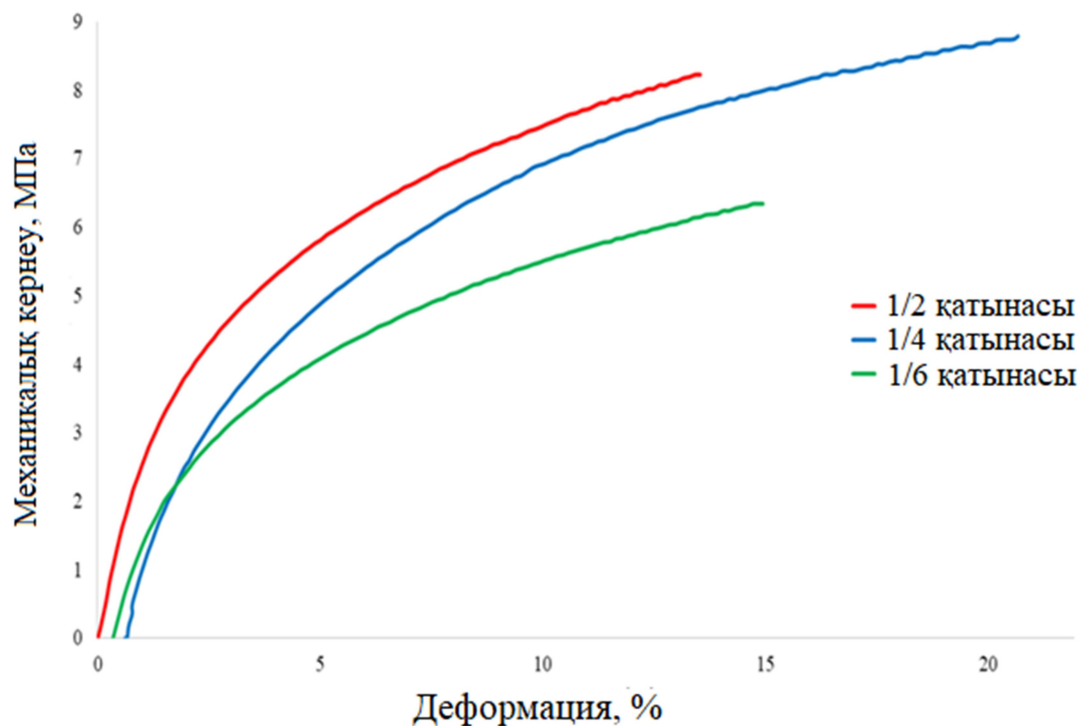
Зерттеуге екі үлгі түрлі зерттеу кірді: мыс оксиді қосылған және мыс оксидсыз, және компоненттердің әртүрлі қатынастарында ($1/2$, $1/4$, $1/6$). Жұмыстың негізгі міндеттері композицияның материалдың механикалық сипаттамаларына әсерін анықтау, мыс нанобөлшектерін енгізу арқылы функционалдық қасиеттерін жақсарту мүмкіндігін бағалау, сондай-ақ композиттің беріктігі мен икемділігі арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті табу болды.

Нәтижелер дәстүрлі полимерлі пленкалардың экологиялық таза аналогтарын құруда практикалық маңызға ие, бұл әсіресе пластикалық қалдықтармен ластану мәселелерін шешу контекстінде маңызды. Жара жабындары мен қорғаныс мембраналары сияқты медициналық қолдануға қызығушылық тудыратын өзгертілген материалдардың ықтимал микробқа қарсы қасиеттері одан әрі зерттелді.

Бидай сабанынан алынған наноцеллюлоза пленкаларының механикалық қасиеттері созылу сынақтары арқылы бағаланды. Наноцеллюлозаның альгинатқа әр түрлі қатынасында дайындалған пленкалар көрсетілген: $1/2$, $1/4$ және $1/6$. Олардың ішінде $1:4$ қатынасында жасалған пленка ең жақсы механикалық өнімділікті көрсетті: созылу беріктігі 7,68 МПа болды, бұл оның орташа механикалық жүктемелерге төтеп беру қабілетін көрсетеді. Үзілу кезіндегі созылу 18,9% - ға жетті, бұл жақсы икемділік пен пластикалық көрсетеді. Сонымен қатар, Юнг модулі 173 МПа құрады, бұл материалдың салыстырмалы түрде жоғары қаттылығы мен құрылымдық тұрақтылығын көрсетеді. (23 сурет)

Қатынасы $1/4$ бар пленканың артықшылығын қатты наноцеллюлоза талшықтары мен икемді альгинат матрицасы арасындағы оңтайлы тепе-теңдікпен түсіндіруге болады. Бұл арақатынаста наноцеллюлоза және альгинат тізбектері арасында жеткілікті сутегі байланыстары мен молекулааралық өзара әрекеттесулер пайда болуы мүмкін, бұл кернеудің берілуін және құрылымдық тұтастығын жақсартады. Сонымен қатар, наноцеллюлозаның жоғары мөлшері $1/2$ шамадан тыс қаттылық пен нашар дисперсияға байланысты сынғыштыққа әкелуі мүмкін, ал альгинаттың көп мөлшері $1/6$ целлюлоза фазасының арматуралық әсерінің төмендеуіне байланысты пленканы әлсіретуі мүмкін. (23 сурет)

Бұл нәтижелер бидай сабанынан алынған наноцеллюлоза беріктік пен икемділіктің оңтайлы үйлесімі бар биологиялық ыдырайтын композиттік пленкаларды жасау үшін сәтті пайдаланылуы мүмкін екенін көрсетеді. Мұндай қасиеттер бұл пленкаларды жара жабындарында, биомедициналық құрылғыларда және экологиялық тұрақты орау шешімдерінде қолдануға мүмкіндік береді. (23 сурет)



23 сурет – бидай сабанынан алынған нанокеллюлоза пленкаларының механикалық сипаттамалары, альгинаттың әр түрлі қатынаста

Лайлылық өлшегіш бұл сұйықтықтардың лайлығын өлшеуге арналған құрылғы. Лайлылық өлшегіш жұмыс принципі зерттелетін сұйықтық арқылы өткен кезде жарық сәулесінің шашырау немесе сіну дәрежесін өлшеуге негізделген. Үлгідегі тоқтатылған бөлшектердің концентрациясы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым жарық шашыраңқы болады, ол аспаптың сенсорымен бекітіліп, сандық лайлану мәніне айналады. Өлшеу үшін үлгіні құрылғыға салу керек, қажет болған жағдайда калибрлеу керек және талдау процесін бастау керек. Алынған мәліметтер сұйықтықтың мөлдірлік дәрежесін және белгіленген стандарттарға сәйкестігін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда сынақ гидрогель үлгісі үшін 2025 жылдың 18 қаңтарында өткізілді. (24 сурет)



24 сурет – Мөлдірлікті анықтау әдісі

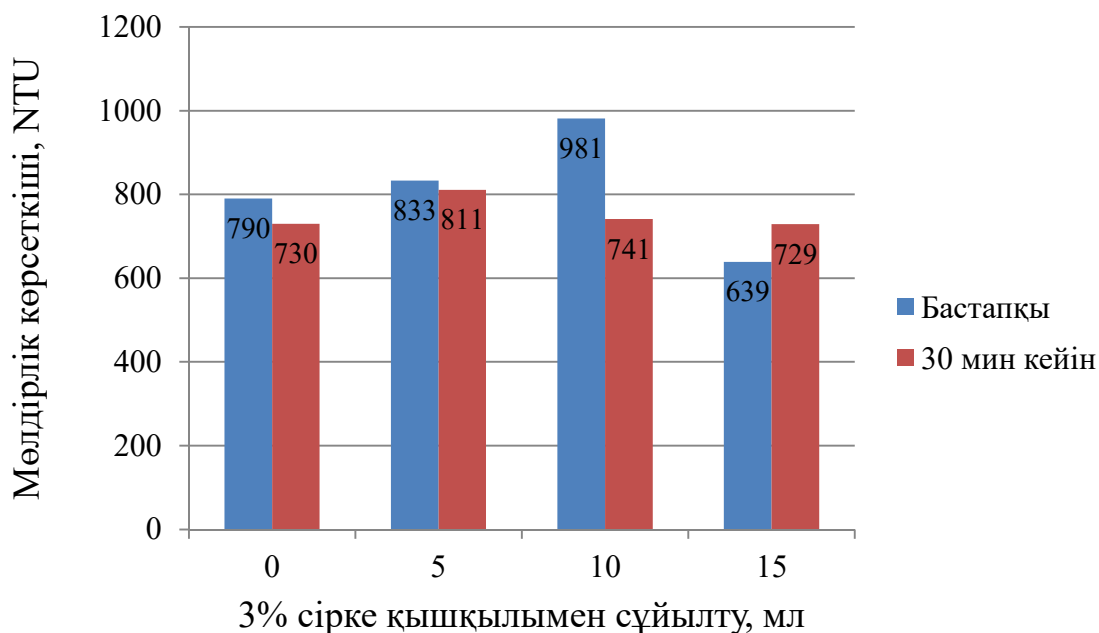
5 кесте – Мөлдірліктің өзгеруі, NTU (Нефелометриялық лайылық өлшем бірлігі)

<i>Мөлдірлік, NTU</i>	<i>Судық сапасы</i>
< 0,1 NTU	Өте таза су
0,1 – 1 NTU	Таза су
1 – 5 NTU	Қолдануға рұқсат берілетін су
5 – 10 NTU	Лас су
10 – 50 NTU	Өте лас су

Мөлдірлікті анықтау әдісі арнайы апаратпен 3% сірке қышқылымен сұйылта отырып жасалды. Негізгі қоспаның құрамы 5 г альгинат 1,5 мл глицерин және 5 г целлюлоза 3% сірке қышқылымен ерітінді дайындалды. Осы қоспаны яғни дайындалған гидрогельді 3% сірке қышқылының ерітіндісімен әрбір 5 қадаммен (5 мл) қоса отырып сұйытылды. Сұйытылған ерітіндінің мөлдірлігінің саны ерітінді сұйылған сайын өсіп отырды. Екінші өлшемді 10 мл 3% сірке қышқылының ерітіндісінде өзгеріс байқалды, бұл техникалық қателіктің мәні де болуы мүмкін.

6 кесте – Бидай сабанынан алынған гидрогельдің мөлдірлік көрсеткіші

№	Мөлдірлік көрсеткіші, NTU		3% сірке қышқылымен сұйылту, мл
1	790	730	0
2	833	811	5
3	981	741	10
4	639	729	15

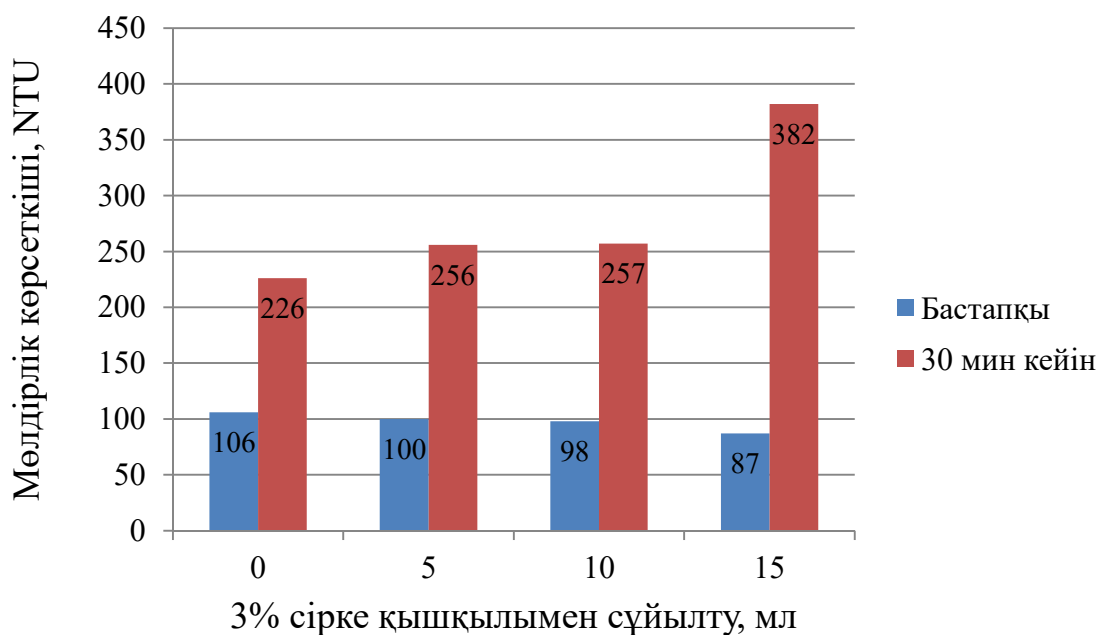


25 сурет – Бидай сабанынан алынған гидрогельдің сірке қышқылына тәуелді мөлдірлік көрсеткіші жүзінде

Мөлдірлікті анықтау әдісі арнайы апаратпен 3% сірке қышқылымен сұйылта отырып жасалды. Негізгі қоспаның құрамы 5 г алыгинат 1,5 мл глицерин және 5 г целлюлоза 3% сірке қышқылының құрамында мыс оксидінің нанобөлшектері бар ерітіндісімен дайындалды. Осы қоспаны яғни дайындалған гидрогельді 3% сірке қышқылының құрамында мыс оксидінің нанобөлшектері бар ерітіндісімен әрбір 5 қадаммен (5 мл) қоса отырып сұйытылды. Сұйытылған ерітіндінің мөлдірлігінің саны ерітінді сұйылған сайын өсіп отырды. (25 сурет)

7 кесте – Бидай сабанынан алынған құрамында мыс оксидінің нанобөлшектері бар гидрогельдің мөлдірлік көрсеткіші

№	Мөлдірлік көрсеткіші, NTU		3% сірке қышқылымен сұйылту, мл
1	106	226	0
2	100	256	5
3	98	257	10
4	87	382	15



26 сурет – Бидай сабанынан алынған құрамында мыс оксидінің нанобөлшектері бар гидрогельдің сірке қышқылына тәуелді мөлдірлік көрсеткіші график жүзінде

Қоспасыз бидай сабан гидрогелі үшін 639-дан 981 NTU диапазонында жоғары лайлану мәндері бар. Сонымен қатар, әр түрлі көлемде 0–15 мл 3% сірке қышқылын қосу лайланудың төмендеуіне тұрақты тенденцияны анықтаған жоқ. Керісінше, кейбір жағдайларда көрсеткіштер өсуі байқалды, бұл гель құрылымының әртектілік немесе қышқылдың сабаны компоненттерімен күрделі өзара әрекеттесуіне байланысты болуы мүмкін.

Құрамында мыс оксидінің нанобөлшектері бар гидрогель айтарлықтай аз лайлануды көрсетеді 87–106 NTU. Бұл жағдайда айқын тәуелділік байқалады: қосылған 3% сірке қышқылының көлемінің 0-ден 15 мл-ге дейін ұлғаюымен бұлыңғырлықтың біртіндеп 17,9% төмендеуі байқалады. Бұл әсер қышқылдың әсерінен бөлшектердің коагуляциясымен, нанобөлшектердің беткі қасиеттерінің өзгеруімен немесе жүйенің жеке компоненттерінің ерігіштігінің жақсаруымен түсіндірілуі мүмкін (26 сурет)

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу нәтижелері бидай сабанын наноцеллюлоза (НЦ) және наноқұрылымды гидрогельдер үшін тиімді шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін растады. Бидай сабанынан гексанмен жуу, органосольвенттік тотықтыру (пероксисірке қышқылы қолданылып) және қышқылды гидролиз әдістері арқылы микрокристалды целлюлоза (МКЦ, 40,1% шығым) және НЦ алынды. СЭМ талдауы НЦ талшықты құрылымды (диаметрі 10–20 нм) екенін дәлелдеді. Органосолвентті тотығу мен қышқыл гидролизінің әдістері жоғары тазалық пен кристалдылық көрсеткіштері бар Н-МКЦ алуға мүмкіндік берді.

НЦ негізінде альгинатпен синтезделген гидрогельдер жоғары механикалық беріктік (НЦ қосу беріктікті 4 есеге арттырды) және оптикалық мөлдірлік (сірке қышқылы концентрациясына байланысты 20% жоғарлау) көрсетті. Мыс оксидінің нанобөлшектерін қосу оптикалық қасиеттерді жақсартып, микробқа қарсы белсенділік сияқты қосымша функциялар берді. Морфологиялық және фазалық талдаулар бірегей механикалық қасиеттері бар наноқұрылымдардың қалыптасуын растады.

Жұмыстың нәтижелері ауыл шаруашылығы қалдықтарын өндеудің тұрақты технологияларын дамытуға және биологиялық ыдырайтын материалдар жасауға үлес қосады. Болашақта гидрогельдердің құрамын оңтайландыру және оларды биомедицина мен экологиялық таза қаптамалар сияқты салаларда қолдану аясын кеңейту бағыттарында зерттеулер жүргізу қажет.

ПАЙДАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1) Habibi Y., Lucia L. A., Rojas O. J. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. Chem. Rev, 2010, vol. 110, pp. 3479–3500.
- 2) Зарубина Анжелла Николаевна, Иванкин Андрей Николаевич, Кулезнев Алексей Сергеевич, & Кочетков Вячеслав Андреевич (2019). Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор. Лесной вестник / Forestry bulletin, 23 (5), 116-125.
- 3) Болтовский Валерий Станиславович (2021). СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ. Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология, (1 (241)), 40-50.
- 4) Аутлов, С. А., Базарнова, Н. Г., & Кушнир, Е. Ю. (2013). Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения (обзор). Химия растительного сырья, (3), 33-41.
- 5) Безбородов Владимир Степанович (2020). НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА В СОВРЕМЕННОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ. Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология, (2 (235)), 119-125.
- 6) Issam Elfaleh, Fethi Abbassi, Mohamed Habibi, Furqan Ahmad, Mohamed Guedri, Mondher Nasri, Christian Garnier, A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials, Results in Engineering, Volume 19, 2023, 101271, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101271>.
- 7) Зинина О.В., Меренкова С.П., Вишнякова Е.А. Технологии получения пищевых пленочных покрытий на основе различных структурообразователей. Аграрная наука. 2023; 368(3): 117–121. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-117-121>
- 8) Enas M. Ahmed, Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review, Journal of Advanced Research, Volume 6, Issue 2, 2015, Pages 105-121, ISSN 2090-1232, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- 9) Кузнецов Б.Н. Делигнификация соломы пшеницы смесью уксусной кислоты и пероксида водорода в присутствии сернокислотного катализатора // Журнал «Химия растительного сырья», 2009, с.39-44
- 10) Gladysheva E.K., Skiba E.A. Biosynthesis of bacterial cellulose on enzymatic hydrolyzate of oat hull pulp. Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no 1, pp. 140–146.
- 11) Денисова М.Н. (2016). ГИДРОТРОПНАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ ВТОРИЧНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ. Ползуновский вестник, (1), 73-76.
- 12) Герке Лариса Николаевна (2015). ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ. Национальная ассоциация ученых, (3-3 (8)), 39-43.
- 13) Пен, Р. З., Казаков, Я. В., Каретникова, Н. В., & Вшивкова, И. А. (2013). Свойства пероксидной целлюлозы из однолетних растений. 5. Деформационные свойства листа. Химия растительного сырья, (3), 65-69.

- 14) Валишина З.Т., Александров А.А., Матухин Е.Л., Храмова Е.В., & Косточко А.В. (2015). Целлюлоза на основе альтернативных источников отечественного сырья: целлюлоза из пенькового волокна. Вестник Казанского технологического университета, 18 (2), 259-262.
- 15) Р. Н. Яруллин, В. Ф. Сопин, Д. С. Нусинович, Е. Л. Матухин, Новые достижения в химии и технологии растительного сырья: Материалы II Всероссийской конференции. Барнаул, 2005, С. 63-65;
- 16) Евстафьев Сергей Николаевич, & Хоанг Куанг Кыонг (2018). Ультразвуковая обработка соломы пшеницы в среде хлорида 1-бутил-3-метилимидазолия. Химия растительного сырья, (1), 5-12.
- 17) Голязимова, О. В., Политов, А. А., & Ломовский, О. И. (2009). Увеличение эффективности измельчения лигноцеллюлозного растительного сырья с помощью химической обработки. Химия растительного сырья, (2), 53-58.
- 18) Трипп В.У. Определение кристалличности: Целлюлоза и ее производные. Под ред. Н. Байклза Л. Сегала. М., 1974. Т. 1. С. 214.
- 19) Olenin A.Yu. Khimicheski modifitsirovannye nanochastitsy zolota i serebra v spektrometricheskom analize [Chemically Modified Gold and Silver Nanoparticles in Spectrometric Analysis] Zhurnal analiticheskoy khimii [Journal of Analytical Chemistry], 2019, v. 74, no. 4, pp. 254–278.
- 20) Kovalenko V.I. Kristallicheskaya tsellyuloza: struktura i vodorodnye svyazi [Crystal cellulose: structure and hydrogen bonds] Uspekhi khimii [Successes of Chemistry], 2010, v. 79, no. 3, pp. 261–272.
- 21) Phanthong P., Reubroycharoen P., Hao X., Xu G., Abudula A., Guan G. Nanocellulose: Extraction and application. Carbon Resources Conversion, 2018, v. 1, no. 1. pp. 32–43.
- 22) Miller J. Nanocellulose Challenges and Opportunities: End Users Perspectives. Atlanta, TAPPI Press, 2018. 75 p.
- 23) Miller J. Nanocellulose Producers, Products and Applications: A Guide for End Users. Atlanta, TAPPI Press, 2017. 160 p.
- 24) Al-muaikel N. S. The contribution of biopolymers to pharmaceutical industry: Evaluation of cellulose processed from the hollow stems and leaves of common reed. Eur. Sci. J., 2012, no. 8, pp. 58–65.
- 25) Chauhan H., Foresti M. L., Vázquez A. Nanocellulose patents trends: A comprehensive review on patents on cellulose nanocrystals, microfibrillated and bacterial cellulose. Recent. Pat. Nanotechnol., 2013, no. 7, pp. 56–80.
- 26) Panchal P., Ogunsona E., Mekonnen T. Trends in Advanced Functional Material Applications of Nanocellulose. Processes, 2019, vol. 7, pp. 1–27.
- 27) Мукатова М.Д., Сколков С.А., Моисеенко М.С., Киричко Н.А. Пищевая биоразлагаемая пленка с использованием хитозана. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2018; 3: 124–131.

- 28) Klemm D., Kramer F., Moritz S., Lindstrom T., Ankerfors M., Gray D., Dorris A. Nanocelluloses: a new family of nature-based materials. *Angew. Chem. Int. Edit.*, 2011, vol. 50, pp. 5438–5466.
- 29) Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
- 30) Рабинович М.Л., Болобова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Кн. 1: Древесина и разрушающие ее грибы. М., 2001. 226 с.
- 31) 16. Abouzeid R. E., Khiari R., El-Wakil N., Dufresne A. Current state and new trends in the use of cellulose nanomaterials for waste water treatment. *Biomacromolecules*, 2019, vol 20, pp. 573–597.
- 32) Perera K.Y., Sharma Sh., Pradhan D., Jaiswal A.K., Jaiswal S. Seaweed Polysaccharide in Food Contact Materials (Active Packaging, Intelligent Packaging, Edible Films, and Coatings). *Foods*. 2021;10: 2088. <https://doi.org/10.3390/foods10092088>
- 33) Guo-Zhi F., Yue-Xin W., Guang-Sen S., Jun-Tao Y., Jian-Fen L. Preparation of microcrystalline cellulose from rice straw under microwave irradiation. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2017, no. 22, p. 134.
- 34) Li F., Mascheroni E., Piergiovanni L. The potential of nanocellulose in the packaging field: a review. *Packag Technol Sci.*, 2015, vol. 28, pp. 475–508.
- 35) Pae N., Liew W.C., Muhamad I.I. Production of cellulose nano-crystals from bacterial fermentation. *Materials Today: Proceedings*, 2019, v. 7, part 2, pp. 754–762.
- 36) Fujisawa S., Togawa E., Kuroda K. Nanocellulose-stabilized Pickering emulsions and their applications. *Sci Technol Adv Mater.*, 2017, vol. 18, pp. 959–971.
- 37) Petropavlovskii G.A., Kotel'nikova N.E., Vasil'eva G.G., Volkova L.A. *Cellulose Chemistry and Technology*, 1971, vol. 2, no. 5, pp. 105–116.
- 38) Kotel'nikova N.E., Petropavlovskii G.A. *Cellulose Chemistry and Technology*, 1974, vol. 3, no. 8, pp. 203–214.
- 39) Xiong R., Zhang X., Tian D., Zhou Z., Lu C. *Cellulose*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 1189–1198.
- 40) Lisitsyn A., Semenova A., Nasonova V., Polishchuk E., Revutskaya N., Kozyrev I., Kotenkova E. Approaches in Animal Proteins and Natural Polysaccharides Application for Food Packaging: Edible Film Production and Quality Estimation. *Polymers*. 2021; 3:1592. <https://doi.org/10.3390/polym13101592>

ҚОСЫМШАЛАР

А қосымшасы: «Экономиканың тұрақты дамуы жағдайындағы минералдық–
индустриялық мегакешендегі ресурс үнемдеуші технологиялар»
конференциясының тезисы

Код МРНТИ 31.25.19

АУЫЛШАРУШЫЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДАН МИКРОКРИСТАЛДЫ ЦЕЛЛЮЛОЗА АЛУ

М.К. Шамшиденов¹, Ұ.С. Қожақмет¹, Б.У. Рахимова², Е.А. Алтынов¹, Ұ.Е. Жантiekеев¹,
К.С. Бексейтова^{1,2}, К.К. Құдайбергенов¹

¹Satbaev University, Алматы қ, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы қ, Қазақстан

Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан микрокристалды целлюлозаны алудың зертханалық әдістері ұсынылды. Олар ресурстарды өңдеуге барынша бейімделген. Шектеулі кеңістік жағдайында ауылшаруашылық қалдықтары үшін экологиялық таза жағдайларда целлюлозаны алудың технологиясы әзірленді. Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан целлюлоза алу көлемін анықтау үшін тәуелділіктер алынды.

Laboratory methods for extracting microcrystalline cellulose from agricultural waste are proposed, which are most adapted for resource processing. Techniques have been developed for the extraction of cellulose in environmentally friendly conditions for agricultural waste in limited spatial conditions. Dependencies were obtained to determine the volume of cellulose extraction from agricultural waste

Түйінді сөздер: Микрокристалды целлюлоза, табиғи полимер, наноцеллюлоза, ауылшаруашылық қалдықтары, биомасса, гидрогельдер.

Key words: Microcrystalline cellulose, Natural polymer, Nanocellulose, Agricultural waste, Biomass, Hydrogels.

Микрокристалды целлюлоза (МКЦ) – табиғи полимерлі целлюлозадан алынатын зат. Ол жоғары беттік ауданы, жақсы адсорбция және тұрақтылық сияқты бірқатар бірегей қасиеттерге ие шағын кристалды бөлшектерден тұрады. МКЦ өзінің бірегей қасиеттері мен әр түрлі қолданылуына байланысты өнеркәсіпте, медицинада, тамақ өңдеуде және басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Ауылшаруашылық қалдықтарына келетін болсақ, оны биомасса алу үшін пайдалануға болады, ол кейінірек микрокристалды целлюлозаға айналады. Бұған сабан, балшық, астық қабықтары және құрамында целлюлоза бар басқа да биологиялық қалдықтар сияқты өсімдік сабақтарын пайдалану кіруі мүмкін. Бұл қалдықтарды микрокристалды целлюлозаға өңдеу қалдықтардың көлемін азайтуға және әртүрлі салалар үшін қосымша шикізат көздерін жасауға көмектеседі. Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан микрокристалды целлюлоза өндірісі Қазақстан үшін маңызды экологиялық әлеуетке ие, өйткені ол биологиялық қалдықтарды қалпына келтіруге және қайта өңдеуге, қалдықтар мен қоршаған ортаның ластануын азайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, микрокристалды целлюлозаны көптеген салаларда, соның ішінде тамақ өнеркәсібінде (қоюландырғыш немесе тұрақтандырғыш ретінде), фармацевтикада (дәрілік заттар өндірісінде), косметикада (кремдер мен гельдерді жасауда ингредиент ретінде) және тіпті құрылыста қолдануға болады. (бетонды нығайту немесе экологиялық таза оқшаулау материалдарын

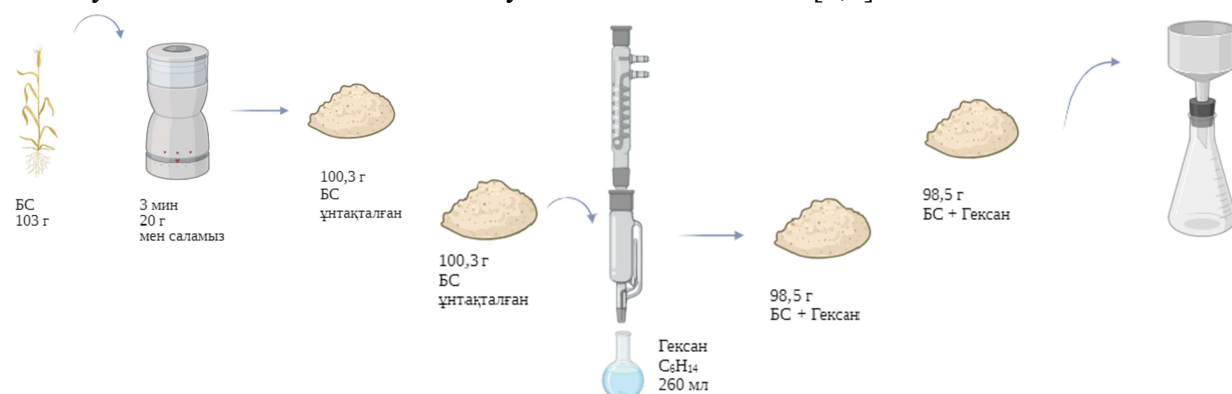
өндіру). Осылайша, ауылшаруашылық қалдықтарын микрокристалды целлюлозаға қайта өңдеу қоршаған ортаға кері әсерді азайтуға көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар экономиканың әртүрлі салаларында құнды шикізат көзін пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін тудырады.

Микрокристалды целлюлоза енгізілгеннен кейін нанокристалды целлюлоза сияқты неғұрлым жетілдірілген материалдарды зерттеуге және болашақта пайдалануға болады. Бұл материалдардың жоғары беріктігі, химиялық әсерлерге төзімділігі және наноөлшемде әртүрлі құрылымдарды қалыптастыру мүмкіндігі сияқты бірегей қасиеттері бар. Олар әмбебаптығы мен қоршаған ортаға зиянсыздығына байланысты әртүрлі салаларда, соның ішінде электроника, медицина, қаптама және құрылыста қолданбаларды таба алады. Микрокристалды целлюлозадан суды сіңіру қабілеті жоғары полимерлі материалдар болып табылатын гидрогельдерді алуға болады. Гидрогельдер медицинада (мысалы, гидрогельді таңғыштар мен фармацевтикалық препараттарды өндіру үшін), ауыл шаруашылығында (топырақта ылғалды сақтау үшін) және косметикалық өнеркәсіпте (гигиена және косметикалық өнімдер өндірісінде) кеңінен қолданылады.

Бұл тәжірибеге бастапқы шикізат пен қолданылған химиялық реагенттердің сипаттамасы және негізгі зерттеу әдістері көрсетілген. Қолданылған зерттеу әдістерінің негізгі сипаттамалары қарастырылған. Ғылыми-зерттеу жұмыс барысында әзірленген органосольвенттік әдістің «жұмсақ» түрі сипатталған. МКЦ алу органосольвенттік әдістің бұл органикалық еріткіштерді қолдану арқылы өсімдік материалдарынан ерекше жағдайларда целлюлозаны алу процесі. Бұл әдіс алынған целлюлозаның жоғары тазалығын қамтамасыз етеді және өсімдік материалдарынан бағалы өнімдерді алу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеуде күріш қауызы, бидай сабаны, гексан (C_6H_{14}) 99%, сірке қышқылы (CH_3COOH) 58%, сутегі асқын тотығы (H_2O_2) 15%, күкірт қышқылы (H_2SO_4) 99%, сүзгі қағазы (MEM СТ 12026-76), дистилденген су (MEM СТ 6709-72) (H_2O) пайдаланылды және барлық реактивтер қосымша тазартусыз қолданылды.

Біріншіден күріш қабығы немесе бидай сабаны ұсақталады. Бұл механикалық әсер ету арқылы қатты бөлшектердің мөлшерін азайту процесі. Содан кейін күріш қауызын 500 мл колбадағы концентрлі күкірт қышқылын пайдаланып, белгілі бір қатынаста сірке қышқылымен және сутегі асқын тотығымен араластырады. Қоспа араластырылып, бөлме температурасында 24 сағатқа қалдырылады. Содан кейін ұнтақталған күріш қабығы сүзгіні пайдаланып сокслет экстракторында 120 минут бойы гексанмен жуылады. Содан кейін жуылған күріш қабығы пеште 24 сағат бойы кептіріледі. Бұл әдіс шаңның жойылуын және дайын өнімнің алынуын қамтамасыз етеді [1,2]



Сурет 1 – Ауылшаруашылық қалдықтан МКЦны синтездеу сызбасы



Сурет 2 - Ауылшаруашылық қалдықтан алынған МКЦ

Ауылшаруашылық қалдықтарынан микрокристалды целлюлозаны алу биологиялық қалдықтарды кәдеге жарату және әртүрлі салалар үшін қосымша шикізат көздерін құрудың перспективалы және тиімді тәсілі болып табылады. Бұл процесс экологиялық қалдықтарды кәдеге жаратуды қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар өндірісте құнды шикізатты пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін тудырады. Микрокристалды целлюлоза өзінің бірегей қасиеттеріне байланысты өнеркәсіпте, медицинада, косметикада және басқа салаларда кеңінен қолданылады. Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан МКЦ алу бойынша жүргізілген тәжірибелер алынған целлюлозаның жоғары тазалығын қамтамасыз ететін органофосфорлы әдісін қолданудың тиімділігін көрсетті. Осылайша, бұл зерттеу ауылшаруашылық қалдықтарынан микрокристалды целлюлозаны әртүрлі салаларда пайдалану перспективаларын ашады және неғұрлым тұрақты және экологиялық таза өндіріс технологияларын құру жолындағы қадам болып табылады.

Алғыс

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруымен жүргізілді. ИРН AP19679937 - 2023-2025 жж.

Қолданылған әдебиеттер

1. Өсімдік тектес шикізаттан наноцеллюлозалық материалдар алу және олардың қасиетін зерттеу [Мәтін] : Философия д-ры (PhD) дәрежесін алу үшін дайын. дисс : 6D060600 - Химия / Қ. Ақатан ; ғылыми кеңесшілер: С. К. Қабдрахманова, А. В. Вураско ; Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті КЕ АҚ
2. Bondeson D., Mathew A., Oksman K. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis // Cellulose. 2006. V. 13, №2. Pp. 171–180.

Ә қосымшасы: «Тау–кен металлургия саласындағы тұрақты даму және заманауи кешенді, ресурстарды үнемдейтін және энергия сыйымдылықты технологиялар» конференциясының тезисы

Микрокристалды целлюлозадан наноцеллюлоза алу және оның физикалық және химиялық қасиеттері

М.К. Шамшиденов¹, Б.У. Рахимова², Е.А. Алтынов¹, Ұ.Е. Жантیکеев¹,
К.С. Бексейтова^{1,2}, К.К. Құдайбергенов¹

¹Satbaev University, Алматы қ, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы қ, Қазақстан

Аннотация: Қышқыл гидролизін қолдана отырып, микрокристалды целлюлозадан (МКЦ) наноцеллюлоза алу процесі. Микрокристалды целлюлозаның аморфты аймақтарын жару және жоғары кристалды нанобөлшектерді оқшаулау үшін концентрлі күкірт қышқылын қолдану. Процестің негізгі кезеңдері, соның ішінде бидай сабанынан шикізат дайындау, реакциялық жағдайлар, гидролизді тоқтату, алынған материалды жуу және тұрақтандыру әдістері сипатталған. Синтезделген наноцеллюлозаның физикалық-химиялық қасиеттері, мысалы, бөлшектердің мөлшері, кристалдылық дәрежесі, термиялық тұрақтылық және беттік сипаттамалары бойынша зерттеулер жүргізілді.

Annotation: Process for the production of nanocellulose from microcrystalline cellulose (MCC) using acid hydrolysis. Applications of concentrated sulfuric acid to break the amorphous domains of microcrystalline cellulose and isolate nanoparticles with a high degree of crystallinity. Key steps of the process are described, including preparation of wheat straw raw material, reaction conditions, methods of hydrolysis termination, washing and stabilization of the obtained material. The physicochemical properties of the synthesized nanocellulose, such as particle size, degree of crystallinity, thermal stability and surface characteristics are analyzed.

Түйінді сөздер: Наноцеллюлоза, микроцеллюлоза, бидай сабаны, делигнификация, лигноцеллюлоза биомассасы, гидролиз, экологиялық таза материалдар.

Key words: Nanocellulose, microcellulose, wheat straw, delignification, lignocellulosic biomass, hydrolysis, environmentally clean materials.

Кіріспе

Наноцеллюлоза экологиялық тазалықты, жоғары механикалық беріктікті, термиялық тұрақтылықты және көп функционалдылықты біріктіретін инновациялық табиғи материал болып табылады. Осы сипаттамалардың арқасында ол биоматериалдарды әзірлеуді, Композициялық материалдарды, гидрогельдерді және экологиялық таза жабындарды жасауды қоса алғанда, көптеген салаларда қолданылады.

Лигноцеллюлоза биомассасы, мысалы, ауылшаруашылық қалдықтары наноцеллюлозаны алу үшін шикізат ретінде көбірек қолданылады. Бидай сабаны, құрамында целлюлоза мөлшері жоғары және құны төмен, перспективалы шикізат болып табылады. Бастапқы кезеңде микроцеллюлоза делигнификация, сілтілі өңдеу және ағарту процестерінен өтетін сабаннан шығарылады. Алынған микроцеллюлоза наноцеллюлозаны одан әрі өндіруге негіз болады, бұл ауыл шаруашылығы қалдықтарының құнын айтарлықтай арттырады.

Концентрацияланған күкірт қышқылын қолданатын қышқыл гидролиз әдісі наноцеллюлоза синтезі үшін ең тиімді әдістердің бірі болып табылады. Бұл процесс микроцеллюлозаның аморфты аймақтарын алып тастауға және кристалды нанобөлшектерді оқшаулауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қышқыл сульфат топтарын енгізуге ықпал етеді, бұл алынған суспензиялардың тұрақтылығын жақсартады және материалға жаңа функционалдық қасиеттер береді.[2,3]

Бидай сабанынан оқшауланған микроцеллюлозадан наноцеллюлозаны алу процесін зерттеу, сондай-ақ оның физикалық және химиялық сипаттамаларын зерттеу. Зерттеу синтездің оңтайлы жағдайларын анықтауға және алынған материалдың әртүрлі экологиялық маңызды және жоғары технологиялық салаларда әлеуетті қолданылуы үшін оның қасиеттерін талдауға бағытталған.

Тәжірибелік бөлім

Қолданылған материалдар: бидай сабаны, гексан (C_6H_{14}) 99%, сірке қышқылы (CH_3COOH) 58%, сутегі асқын тотығы (H_2O_2) 15%, күкірт қышқылы (H_2SO_4) 99%, гексан (C_6H_{14}) 99%, сүзгі қағазы (МЕМ СТ 12026-76), дистилденген су (МЕМ СТ 6709-72) (H_2O) және барлық реактивтер қосымша тазартусыз қолданылды.[1]

Микроцеллюлоза мен наноцеллюлозаны қолдана отырып, альгинатты гидрогельді синтездеу үшін материалдың құрылымы мен қасиеттерін оңтайландыруға бағытталған әдістер жасалып, жүзеге асырылды. Шикізат ретінде бидай сабаны қолданылады. Шикізат оның мөлшерін азайту және кейінгі химиялық өндеуді жеңілдету үшін өңделеді. Сосын, делигнификация таза целлюлоза алу үшін өсімдік шикізатынан лигнинді кетіруге, бағытталған химиялық өндеудің негізгі қадамы. Бидай сабаны, басқа лигноцеллюлоза материалдары сияқты, үш негізгі компоненттен тұрады: целлюлоза, гемицеллюлоза және лигнин. Лигнинді кетіру кейіннен өндеу және өзгерту үшін целлюлоза талшықтарын тазартады. Ол үшін сілтілік өндеу жасау керек. Делигнификация химиялық реагенттер қоспасының қатысуымен жүзеге асырылады. Ерітіндінің құрамына мыналар кіреді:

- Мұз сірке қышқылы (массаның 25,8%),
- Сутегі асқын тотығы (массаның 4,2%),
- Күкірт қышқылы (массаның 2%).

Реакция $100^{\circ}C$ температурада 7 гидромодульмен 2 сағат ішінде жүзеге асырылады (сұйықтық массасының құрғақ шикізат массасына қатынасы). Бұл процесс лигнинді жоюға және гемицеллюлозаның ішінара ыдырауына бағытталған. Жуу және бейтараптандыру процесс. Сілтілі өндеуден кейін материал бейтарап рН-ға дейін тазартылған сумен мұқият жуылады.

Лигнинді кетіруден кейін сілтілік өндеу жасау керек. Делигнификациядан кейін сілтілі өндеу жүргізіледі, онда натрий гидроксиді ерітіндісі (0,1 н NaOH) қолданылады. Өндеу $100^{\circ}C$ температурада 2 сағат бойы жүргізіледі. Бұл кезеңде гемицеллюлозаның қалдықтары сияқты қалған қоспалар алынып тасталады және целлюлозаның қосымша тазартылуы жүреді.

Талшықты өнімді әрлеу

Целлюлозаның тазалығы мен түсін жақсарту үшін әрлеу кезеңі жүргізіледі. Құрамында ерітінді қолданылады:

- Мұзды сірке қышқылы (массаның 25,8%),
- Сутегі асқын тотығы (массаның 4,2%),
- Гидромодуль 7.

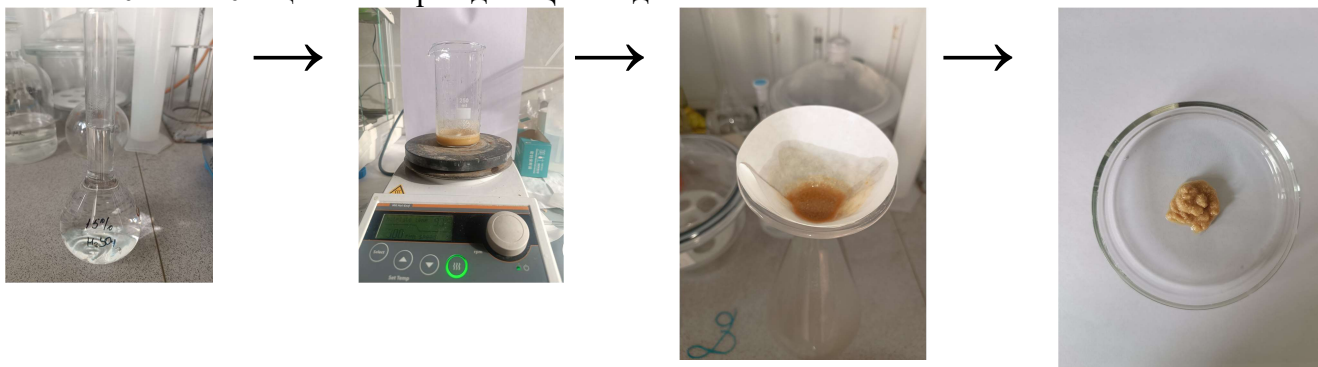
Реакция $100^{\circ}C$ температурада 2 сағат бойы жүреді. Ағарту лигнин қалдықтарын біржола алып тастауға және материалға ақтық беруге мүмкіндік береді.

Бидай сабанынан тазартылған целлюлозаны жою және ағарту арқылы алғаннан кейін келесі қадам оны наноцеллюлозаға айналдыруды қамтиды. Ол үшін қышқыл гидролиз әдісі қолданылады, мұнда негізгі реагент концентрацияланған күкірт қышқылы болып табылады.

Концентрацияланған күкірт қышқылы (концентрация 10%) берілген концентрацияға дейін сұйылтылған. Қышқылдың жоғары концентрациясы оның кристалдық құрылымын сақтай отырып, целлюлозаның аморфты аймақтарын селективті түрде жою үшін қажет.

Күкірт қышқылдық гидролиздеу әдісімен алынған наноцеллюлозаның қасиеттерін зерттеу

Күкірт қышқылдық гидролиздеу әдісімен МКЦ мен күкірт қышқылы 1/10 г/мл 10% және 1/10 г/мл 20% қатынастарында НЦ алынды.

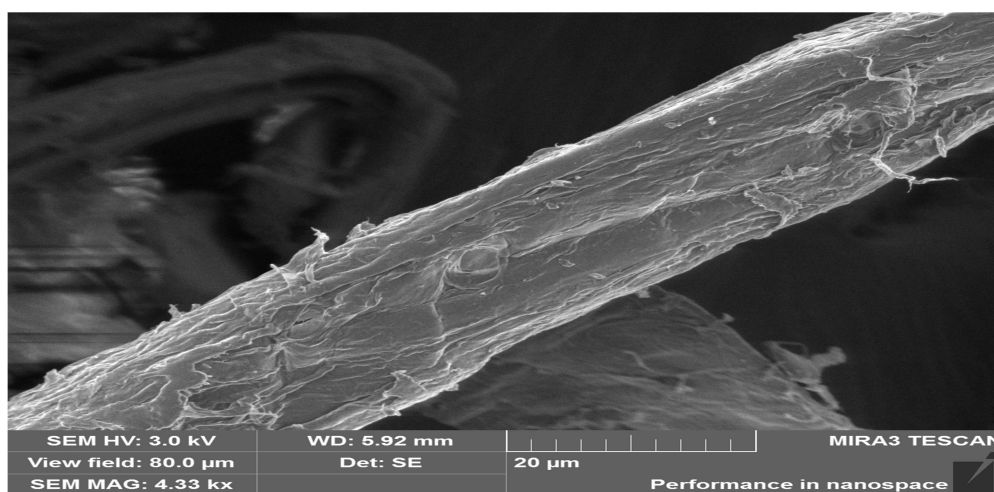


1 сурет - Күкірт қышқылдық гидролиз әдісімен НЦ алу сызбанұсқасы

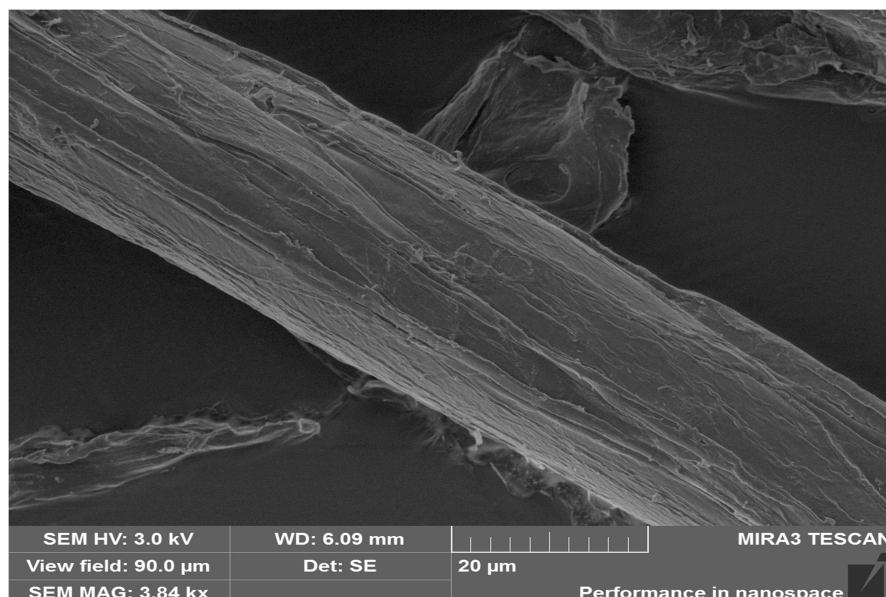


(а) (б)

2 сурет - Күкірт қышқылдық гидролиздеу әдісімен алынған НЦ: (а) 1/10г/мл 10% H_2SO_4 және (б) 1/10г/мл 20%



3 сурет - 1/10 г/мл 10% H_2SO_4 НЦ-ның сканерлеуші электронды микроскоп нәтижесі



4 сурет - 1/10 г/мл 20% H₂SO₄ HҚ-ның сканерлеуші электронды микроскоп нәтижесі

Қорытынды

Нәтижесінде бидай сабанынан оқшауланған микроцеллюлозадан наноцеллюлоза алу әдісі жасалды. Күкірт қышқылын қолдана отырып, қышқыл гидролиз процесін қолдану микроцеллюлозаны жоғары кристалдану дәрежесі және жақсартылған физика-химиялық қасиеттері бар нанокұрылымды материалға тиімді түрлендіруге мүмкіндік берді.

Алынған наноцеллюлозаны талдау оның келесі сипаттамаларын көрсетті:

- Өлшемі 10-100 нм болатын наноөлшемді бөлшектер;
- Жоғары меншікті беті, бұл материалды катализаторлық қосымшалар үшін үмітті етеді;
- Бөлшектердің бетіне сульфат топтарын енгізу арқылы суспензияның тұрақтылығы;
- Жақсартылған термиялық тұрақтылық және механикалық беріктік.

Бидай сабаны арзан және қол жетімді ауылшаруашылық қалдықтары бола отырып, жоғары сапалы наноцеллюлоза өндірісі үшін үмітті шикізат бола алатындығы анықталды. Алынған нәтижелер экологиялық таза материалдарды, композиттерді, гидрогельдерді және функционалды жабындарды жасауда осы көзден алынған наноцеллюлозаны пайдалану мүмкіндігін растайды.

Қолданылатын әдебиет

- 1) Кузнецов Б.Н. Делигнификация соломы пшеницы смесью уксусной кислоты и пероксида водорода в присутствии сернокислотного катализатора//Журнал «Химия растительного сырья», 2009, с.39-44
- 2) Adrian Chun Minh Loy, Hatem Alhazmi, Serene Sow Mun Lock, Chung Loong Yiin, Kin Wai Cheah, Bridgid Lai Fui Chin, Bing Shen How, Suzana Yusup Life-cycle assessment of hydrogen production via catalytic gasification of wheat straw in the presence of straw derived biochar catalyst
- 3) Tabussam Tufail, Farhan Saeed, Muhammad Afzaal, Huma Bader Ul Ain, Syed Amir Gilani, Muzzamal Hussain, Faqir M. Anjum (2020) Wheat straw: A natural remedy against different maladies



Istanbul
GEDİK
University

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

Presented to

MADIYAR SHAMSHIDENOV

Has successfully completed the internship period at Istanbul Gedik University
between 07.04.2025 – 20.04.2025 and has been awarded the
certificate of participation

ISTANBUL GEDİK UNIVERSITY
ERASMUS+ COORDINATORSHIP
Lecturer Yücel KAMAR
International Relations Director
and Erasmus+ Institutional
Coordinator

20.04.25