

FTAMP 61.74.99

Ж.И. Сатаева¹ – негізгі автор, ©
Н.С. Машанова², М.Е. Смағұлова³,
Н.Д. Құндызбаева⁴, Б.Т. Рзаев⁵



¹PhD, ²Техн. ғылым. д-ры, ³Хим. ғылым. канд., ⁴Техн. ғылым. канд., ⁵Магистр

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0001-8327-3474> ²<https://orcid.org/0000-0001-8664-5173>

³<https://orcid.org/0000-0001-5793-0813> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-6346-5986>

⁵<https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>



^{1,2,3,4,5}«Қазақстан стандарттау және метрология институты» РМК,

Астана қ., Қазақстан



¹julduz.kaynar@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/RHXO1856>

ЗЫҒЫР САБАНЫНАН АЛЫНҒАН ЦЕЛЛЮЛОЗАНЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Қағаз өнеркәсібінің шикізат базасын кеңейту қажеттілігіне байланысты бұл зерттеуде жаңа екіншілік өнімдерден алатын шикізат ретінде Қазақстанда кең өндірілетін зығырды жинағаннан кейін қалатын зығыр сабаны зерттелді. Ғалымдардың ғылыми зерттеулерінің нәтижелері әдебиеттерде көрсеткендей, зығыр сабақтары целлюлозаны алу үшін жоғары сапалы шикізат ретінде дәлелденген. Бұл мақалада зығыр сабанынан альфа целлюлозасы жоғары целлюлоза өнімін алу бойынша кейбір зерттеу нәтижелері берілген. Қауіпсіз улы химиялық реагенттер мен процестерді пайдаланатын барлық үнемді, энергияны үнемдейтін технологиялар бүгінгі күні өзекті болып табылады. Білғалға төзімді макулатураны реагентті-сілтілі өңдеуді пайдалану есебінен жеделдетіп еріту кезінде алынған T21 маркалы картонның қайталама шикізатының 20%-ы зығыр сабанынан жасалған талшықтардың беріктігі сілтілі өңдеудің ұзағырақ кезінде алынған қайталама талшықтардың тиісті беріктігінен 6%-ға жоғары екені анықталды. Микросуреттерді талдау талшықтардың жоғары құрамын, сондай-ақ берік материал үшін тор жасайтын ұзын талшықтарды көрсетеді. 30% NaOH ерітіндісімен өңделген ұсақталған зығыр сабан целлюлоза бөлшектерінің гранулометриялық құрамы $d_{10} = 31,781$ нм ең жақсы нәтиже көрсетті, өйткені талшықтың диаметрі неғұрлым аз болса, қағаздың беріктігі мен тегіс құрылымы соғұрлым жоғары болады.

Тірек сөздер: зығыр сабаны, целлюлоза, модификация, лигнинді жою, экстракция, жырттылу ұзындығы, растрлық электронды микроскопиялық (РЭМ) зерттеулер.



Сатаева, Ж.И. Зығыр сабанынан алынған целлюлозаны зерттеу [Мәтін] / Ж.И. Сатаева, Н.С. Машанова, М.Е. Смағұлова, Н.Д. Құндызбаева, Б.Т. Рзаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №3(85). – Б.287-298. <https://doi.org/10.55956/RHXO1856>

Кіріспе. Қазіргі уақытта целлюлозаны алу үшін шикізат қылқан жапырақты және қатты ағаш болып табылады. Алайда, көптеген шөптесін өсімдіктер – дәнді дақылдардың сабаны, зығыр өндірісінің қалдықтары және т.б. целлюлозаны өндіруге арналған ауқымды лигноцеллюлоза шикізаты бола алады [1].

Целлюлозаны тұтынудың артуы оны алу үшін жаңа балама шикізат көздерін іздеуге әкеледі. Құрамында целлюлоза бар шикізаттың перспективалы көздері ауыл шаруашылығының өсімдік қалдықтары болып табылады. Целлюлоза мөлшері 35-45% болатын өсімдік қалдықтарын қолдану [2] олардың қол жетімділігіне, жыл сайынғы жаңартылуына, арзандығына, сондай-ақ оларды ұтымды пайдаланудың шешілмеген мәселесіне байланысты.

Құрамында целлюлоза бар шикізат ретінде дәнді өсімдіктердің қалдықтарын қолдану көп мақсатты целлюлозаның жетіспеушілігін шеше алады және көлемі халық шаруашылығы өнімдерін өнеркәсіптік алу үшін жеткілікті ағаш емес өсімдік шикізатын пайдалану мүмкіншілігін кеңейтеді [3].

Целлюлоза негізінен сульфатты [4], сульфитті [5] әдістермен және олардың модификацияларымен [6] алынады. Целлюлоза қағаз өндірісінде және талшықтарды, қабыршаттарды, мембраналарды, ұнтақтарды, сорбциялық материалдарды және басқа да сұранысқа ие өнімдерді алу үшін химиялық өндеуде қолданылады [7-9]. Целлюлоза өндірісінің ұлғаюы және қоршаған ортаны қорғауға қойылатын талаптардың қатаюы жақын арада күкірт пен хлор қосылыстарын қолданатын технологиялардан бас тарту қажеттілігін тудырады. Бұл қоршаған ортаға онша қауіпті емес балама жою жолдарын іздеуді ынталандырады. Целлюлозаны өндірудің түбегейлі жаңа, экологиялық таза технологиялары құрамында целлюлоза бар шикізат лигнинін экологиялық таза реагенттермен – молекулалық оттегімен немесе сутегі асқын тотығымен жою әдістеріне негізделген [10-13].

Майлы зығыр Қазақстан үшін перспективалы дақыл болып табылады, ҚР АШМ егіс алқаптарын талдау деректері бойынша, соңғы 10 жылда (2013-2022 ж.ж.), бірқатар басқа техникалық дақылдармен салыстырғанда, майлы зығыр дақылдары айтарлықтай өскенін көрсетеді – 3,8 мың гектардан 1345 мың гектарға дейін [14].

Өз кезегінде, майлы зығырдың сабақтарында (сабандарында) құрамында 20-дан 24%-ға дейін талшықты материал бар. Статистика деректері бойынша сабанның орташа өнімділігі – 10 ц/га, егіс алқаптарынан орташа есеппен 1,1 млн. тонна майлы зығыр сабаны алынды. Сонымен қатар, отандық кәсіпорындарда майлы зығырдың сабақтарының массасын өндеудің кешенді технологиясының болмауына байланысты Қазақстанда жыл сайын 110 мың тонна талшық жоғалады (орташа шығу кезінде 20%) [15], ол өрістерде өртеніп, өрт қаупі мен экологиялық ластану көзі бола отырып, қоршаған ортаға орасан зор зиян келтіреді.

Целлюлоза – планетадағы ең көп таралған зат және өсімдіктердің жасуша қабырғаларының негізгі құрамдас бөлігі. Өсімдік талшықтарының негізгі компоненттеріне целлюлоза, гемицеллюлоза және лигнин жатады [16-18]. Осыған байланысты соңғы жылдары табиғи талшықтардан целлюлозаны алуға қызығушылық артып келеді [19].

Зығыр талшығын целлюлозаға терең өңдеу кезінде (механикалық және химиялық тазартудан кейін) соңғы өнімнің «шығымы» 60%-дан аспайды. Целлюлозаны алу процесіндегі тағы бір маңызды мәселе-бастапқы шикізаттағы лигнин мөлшері, ол нашар жойылатыны белгілі. Ағаштың түріне байланысты ондағы лигнин мөлшері 40% дейін жетеді [19]. Зығыр талшықтарында лигнин мөлшері 1-ден 5%-ға дейін, діңшеде (сабақтарының ағаш бөліктері) 32%-дан аспайды [20]. Жоғарыда келтірілген деректер қоршаған ортаға өңделуі қиын лигнинді азайту арқылы целлюлоза өндіру үшін зығырды пайдаланудың артықшылықтары туралы айтуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта дүние жүзінде целлюлоза-қағаз өнеркәсібі өндірісінің 92%-ға жуығы жұмсақ немесе қатты ағаштарға тәуелді, оның ішінде дүние жүзіндегі қағаз және картон өндірісінің 8%-ға жуығы ауыл шаруашылығы қалдықтарына негізделген [21].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу барысында «Найдоровское» ЖШС Қарағанды облысынан жиналған ауыл шаруашылығы қалдықтары – зығыр сабан пайдаланылды. Кейбір зерттеу нәтижелері іске асырылып жатқан жоба аясында орындалған жұмыста көрсетілген [22].

Жұмыстың басында зерттеу үшін зығырдың сабандары ұзындығы 1-2 см-ге дейін ұсақталды. Сондай-ақ, қатты тұрмыстық қалдықтардан қайталама шикізат – Т21 маркалы картон пайдаланылды. Алдын ала ұсақталған картон бір күн бойы суға малынған және барлық шикізатты өңдеуден бұрын дайын суспензиямен араластырылған.

Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін келесі реагенттер қажет болып пайдаланылды: натрий гидроксиді (NaOH); сутегі асқын тотығы (H₂O₂); сірке қышқылы (CH₃COOH); азот қышқылы (HNO₃) [22].

Зығыр сабаны барлық қоздырғыштарды жою, сондай-ақ гемицеллюлозаға байланысты қышқылдарды ыдырату және материалды целлюлоза мен лигнинге бөлу үшін сілтілі ерітіндіге малынған (гидролизделген).

Зығыр сабанынан алынған целлюлоза азот қышқылды және сілтілі әдістермен зертханалық жағдайда С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің базасында алынды. Ағаш емес өсімдік шикізатынан техникалық целлюлозаны алу үш кезеңде жүргізілді:

1. Азот қышқылының 0,2-1-4% ерітіндісінде 95-98°C температурада 120 минут пісіру;
2. 20% натрий гидроксиді ерітіндісімен 96°C температурада 60 минут бойы сілтілі пісіру;
3. Тотықтырғыш-органосольв ерітіндісімен 95-98°C температурада 120 минут өңдеу.

Пісіру аяқталғаннан кейін алынған техникалық целлюлоза бейтарап реакция пайда болғанға дейін тазартылған сумен жуылды, картон целлюлозасымен араластырылды, содан кейін шарикті диірменмен өңделді.

Целлюлозаның адгезиялық қасиеттерін жақсарту үшін қоспаны модификацияланған желатин ерітіндісімен өңдеп, тәжірибелік қағаз үлгілерін ағарту және нығайту үшін крахмал пайдаланды.

Алынған қоспадан қағаз үлгілері BN-8053-01A маркалы құю машинасының көмегімен дайындалды, онда артық ылғалды кетіру және берілген режимдерде басу процестері жүреді. Дайын қағаз парақтары BN-DZ01 маркалы жоғары жылдамдықты кептіргіште кептірілді.

Субмикрометрлік диапазондағы электронды микроскоп энергия-дисперсиялық микроталдау жүйесі бар сканерлеуші электронды микроскопта (үлгі дайындаусыз) жүргізілді. Үлкен үлкейту кезінде дайын үлгінің беткі суреті >x3000 құрайды. Ұнтақтар немесе ұсақталған бөліктер түріндегі сынамалар таңбаланған полиэтилен пакеттерге қойылды.

Сынамалар JEOL фирмасының JXA-8230 растрлық электронды микроскоп-микроанализаторының заттық үстеліндегі жез ұстағыштарға үлгі ұстағышының кесіндісімен бірдей етіп орнатылды. Осылайша, барлық сынамаларды бақылау мен өлшеудің бірдей эксперименттік шарттары жасалды. Монтаж перпендикулярға мүмкіндігінше жақын электрондар шоғырына қатысты сынамалардың ережелеріне сәйкес келді.

Үлгілердің суреттерін алу 20 кВ үдеткіш кернеуде, электронды сәуленің тогы 1-ден аз және №3 және 4 апертуралық диафрагмаларда жүзеге асырылды. Мұндай кішігірім үлкейту жағдайлары микрон мен жүздеген микронға дейінгі бөлшектерді, ал үлкен үлкейту кезінде субмикрон бөлшектерін сенімді бақылауды және тіркеуді қамтамасыз етеді.

Зерттеу нәтижелері. Зерттеулер нәтижесінде сегіз зығыр сабан қағаз үлгілері алынды:

- 1-ші үлгі: бақылау;
- 2-ші үлгі: 30% NaOH ерітіндісімен өңделген зығыр сабан;
- 3-ші үлгі: 20% NaOH ерітіндісімен өңделген зығыр сабан;
- 4-ші үлгі: 1% HNO₃ ерітіндісімен және 25% NaOH ерітіндісімен өңделген зығыр сабан;
- 5-ші үлгі: 4% HNO₃ ерітіндісімен және 25% NaOH ерітіндісімен өңделген зығыр сабан;
- 6-шы үлгі: 25% NaOH ерітіндісімен өңделген бидай сабаны;
- 7-ші үлгі: 25% NaOH ерітіндісімен өңделген күріш сабаны;
- 8-ші үлгі: қатты тұрмыстық қалдық – картон.

Зерттеу барысында зығыр сабанын өңдеуге дейін және өңдеуден кейін алынған үлгілердің физика-химиялық көрсеткіштері, атап айтқанда α-целлюлозаның, лигниннің массалық үлесі, күлділігі және шығымдылығы анықталды (1-кесте).

Кесте 1

Өңдеуден бұрын және кейін компоненттер құрамының физика-химиялық көрсеткіштері

Зығыр сабаны өңдеуге дейін және кейін	Зығыр сабаны компоненттерінің құрамы			
	α-целлюлоза, % МемСТ 6840-78	Лигнин, % МемСТ 11960-79	Күлділігі, %	Шығымы, %
Зығыр сабаны	52,4	24,6	23,0	100
Барлық өңдеуден кейін	67,7	4,1	8,5	77,3

Дайындалған қағаз «Метротест» өндірген РЭМ-І-5-А-1-1 үзуші машинасында сыналды. Өртүрлі шикізаттан жасалған кез келген қағаздың беріктігі қысқа мерзімді жүктемелер арқылы өлшенеді. Бұл процесс күштің статистикалық теориясы тұрғысынан қарастырылады. Кез келген қағаздың созылу күшін тұрақты шама ретінде сипаттауға болады. Қағаз жолағының жарылуы оған түсірілген F созу күштерінің әсерінен болады. Қағаз парағының талшықтары жолақтың бойлық осіне әртүрлі бұрыштарда орналасқан. Өлшеу кезінде құрылғының күшіне ұшыраған кезде талшықтар арасындағы байланыстар созылу кезінде біртіндеп жойылады. Ең әлсіз талшықтар алдымен әлсіреп, жарылып кете бастайды. Соның салдарынан пайда болған жарықтар күшейе бастайтыны белгілі. Кернеулерді қайта бөлуден кейін олар негізгіге айналады. Белгілі бір уақытта қағаз жолағы үзіледі. Сондықтан әлсіз талшықтар қағазды жырту процесінің қоздырғышы болып табылады және оның үзілуін тізбекті реакция түрі ретінде қарастыруға болады [22].

Үзілу ұзындығы – бұл өз салмағымен үзілетін тұрақты ені бар қағаз жолағының есептік максималды ұзындығы. Қағаздың үзілу ұзындығымен қатар қағаздың ұзаруы да көрсетіледі. Бұл үзілгенге дейінгі қағаз үлгісінің ұзындығының пайыздық өзгерісі. Ұзарту қағаздың серпімділігін сипаттайды. Беріктік шегіне созылу өнімі үзіліс жұмысы деп аталады. Жыртылған жұмыс

неғұрлым көп болса, баспа машинасындағы қағаздың өткізгіштігі соғұрлым жақсы болады [22]. Құймалардың үзілу ұзындығына арналған сынақтар 2 және 3-кестелерде нәтиже көрсетті. График түріндегі құйманың үзіліс ұзындығы 1-суретте көрсетілген.

Кесте 2

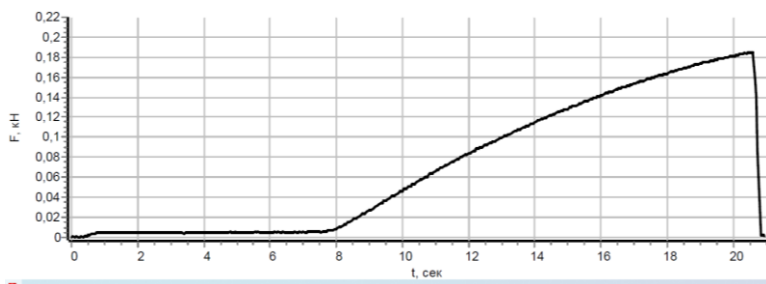
Үзуші машинадағы сынақ нәтижелері

Үлгілер №	Материал: 40 гр целлюлоза, NaOH		Материал: 45 гр целлюлоза, HNO ₃		Материал: 40 гр целлюлоза, HNO ₃	
	11	09	24	23	20	21
1	0,10758	0,11131	0,06839	0,06385	0,19968	0,18490
2	0,09269	0,10280	0,07826	0,04796	0,19222	0,14563
3	0,08125	0,09987	0,08314	0,06361	0,16670	0,17091
4	0,10555	0,10254	0,07470	0,06159	0,19596	0,16964
5	0,10064	0,09641	0,07039	0,06099	0,19115	0,16772
6	0,10203	0,09478	0,05606	0,05905	0,18712	0,14134
7	0,11817	0,09713	0,04481	0,06814	0,19060	0,19201
8	0,10503	0,09415	0,08676	0,07820	0,15667	0,19128
Орташа	0,079106	0,101618	0,070314	0,062924	0,185013	0,170429
Орташа квадраттық ауытқу (ОКА), қайталама	0,007195	0,010904	0,014014	0,008505	0,015113	0,019195
Салыстырмалы ОКА, %	9,095787	10,73061	19,93028	13,51629	8,168861	11,26306

Кесте 3

МемСТ 13525.1-79 5.3-тармағына сәйкес есептелген үзіліс ұзындығы

Үлгілер №	Материал: 40 гр целлюлоза, NaOH		Материал: 45 гр целлюлоза, HNO ₃		Материал: 40 гр целлюлоза, HNO ₃	
	11	09	24	23	20	21
F, кН	0,079106	0,101618	0,070314	0,062924	0,185013	0,170429
l ₀ , мм	90	90	90	90	90	90
m, г	0,78	0,78	0,79	0,99	0,84	0,94
L, (H×M)/Г	9,1	11,7	8,0	5,7	19,8	16,3

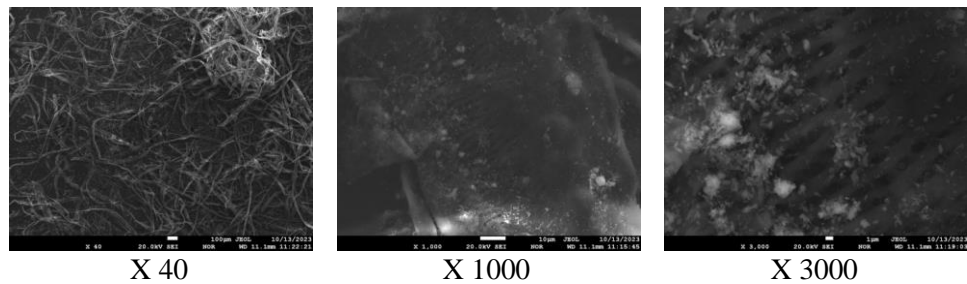


Сурет 1. Қағаздың үзілу ұзындығы

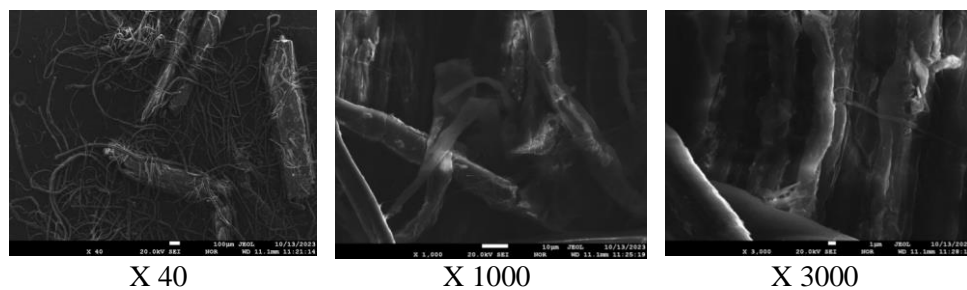
Растрлық электронды-микроскопиялық (РЭМ) зерттеу үшін таңдалған сынамалардың барлық учаскелері үшін екінші реттік электронды бақылау

және түсіру режимі (SEI) қолданылды. JPEG форматындағы микрофото файлдарының атауы бақылау (түсіру) режимін және үлкейтуді көрсетеді [22].

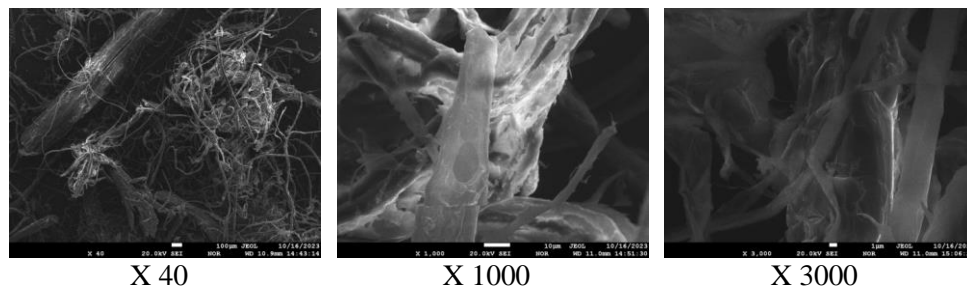
Кескіндерді салыстыру және микроқұрылымды сипаттау үшін X 40 (жоспардан тыс), X 1000 және X 3000 үлкейту арқылы әр сынама үшін 3 микрограф алынды (сурет 2-7).



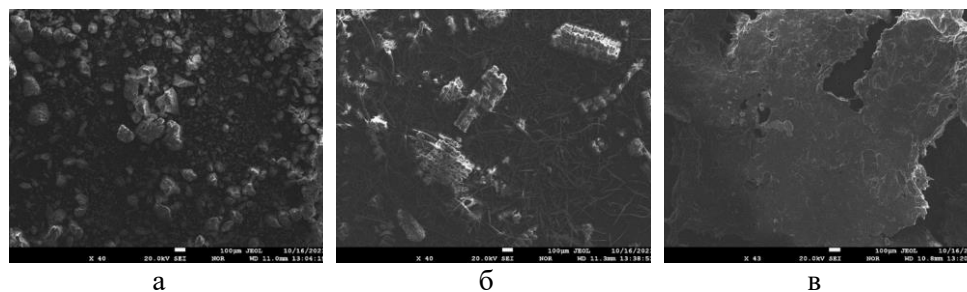
Сурет 2. Бақылау қағазы үлгісінің микрофотосуреттері



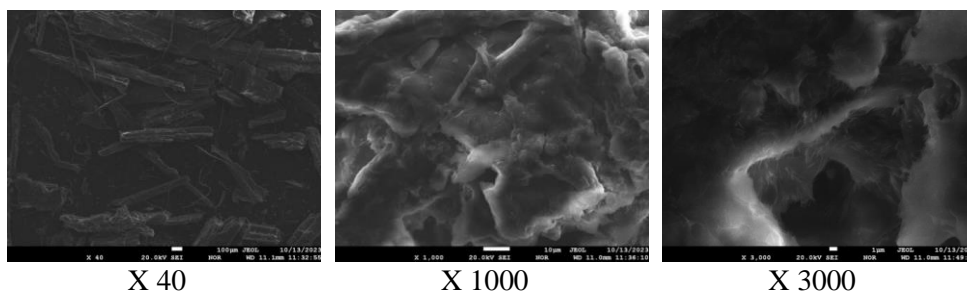
Сурет 3. №2 қағаз үлгісінің микрофотосуреттері



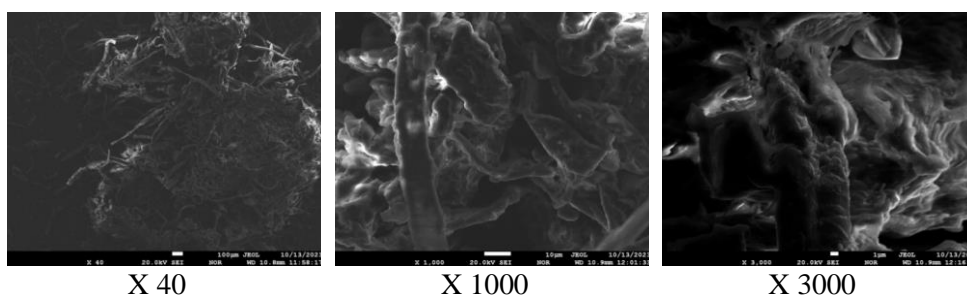
Сурет 4. №3 қағаз үлгісінің микрофотосуреттері



Сурет 5. Микрофотосуреттер: а – №4 қағаз үлгісі;
б – №5 қағаз үлгісі; в – №6 қағаз үлгісі



Сурет 6. №7 қағаз үлгісінің микрофотосуреттері



Сурет 7. №8 қағаз үлгісінің микрофотосуреттері

Микросуреттерді талдау целлюлоза талшығының ішіндегі талшық шоғырларының құрылымы мен орналасуын көрсетеді [22]. Целлюлоза талшықтары бір-біріне параллель, тураланған және жабылған. Бұл талшықтардың, сондай-ақ берік материал үшін тор жасайтын ұзын талшықтардың жоғары құрамын көрсетеді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. 1-кестедегі деректер алдын ала лигнинді жоюды пайдалану таза талшықты өнімдерге әкелгенін растайды. Лигнин мөлшері негізінен 5 есеге жуық төмендеді: 24,6-дан 4,1%-ға дейін. Зығыр сабанындағы талшықты өнімдер 4,1% күлдің ең төменгі мәндерімен сипатталғанын атап өткен жөн. Алынған мәліметтерді талдау зығыр сабанынан лигнинді жоюдың үш сатылы әдісін қолдану одан әрі қағазды қалыптастыру үшін целлюлозаның жоғары өнімін алуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Аморфты аймақтардағы гликозидтік байланыстардың үзілуі қышқыл гидролизімен алдын ала өңдеуден туындайды. Гидролиз кезінде аморфты гемицеллюлоза механикалық деструкциядан айырмашылығы қант мономерлеріне дейін ыдырайды, онда кристалды жерлерде целлюлоза талшықтары да ыдырайды. Гемицеллюлоза жойылғаннан кейін бетінің ауданы ұлғаяды және тері тесіктері кеңейіп, ферментативті өңдеуге мүмкіндік береді. Сілтілік өңдеу полисахарид-лигнин байланыстарын гидролиздейді, лигнинді жояды және целлюлозаның кристалдылығын төмендетеді [22].

Минералды компоненттер мен лигниннің бір бөлігі сілтілі ерітіндімен өңделгенде жойылады, бұл лигнин көмірсутекті материалдың құрылымын қопсытуға көмектеседі және целлюлоза матрицасының гидролизіне әкеледі. Кейбір целлюлозды емес компоненттер сабаннан гидролиз кезінде жойылады, нәтижесінде целлюлоза концентрациясы 70% дейін жетеді. Бидай мен күріш сабанынан алынған целлюлоза үлгілерінің негізгі қасиеттері бірдей. Ол целлюлоза талшығындағы байланыстарды әлсірету және бұзу арқылы жұмыс істейді. Целлюлоза ұсақталған кезде гидроксилдерге қол жеткізу артады, бұл

целлюлоза талшықтарының кеңеюіне әкеледі. Ісіну талшық ішіндегі байланыстарды бұзу немесе әлсірету процесін күшейтуге көмектеседі [22].

Білгалға төзімді макулатураны реагентті-сілтілі өңдеуді пайдалану есебінен жеделдетіп еріту кезінде алынған 20% қайталама талшықты картонмен зығыр сабанынан жасалған талшықтардың беріктігі ұзағырақ сілтілі өңдеу кезінде алынған қайталама талшықтардың тиісті беріктігінен 6% жоғары екені анықталды.

Растрлық электронды-микроскопиялық (РЭМ) зерттеу нәтижелері бойынша №1 үлгі бақылау үлгісі ені 30 мкм-ге дейін ұзын шатастырылған талшықтары бар зат болып табылады. Үлкен үлкейту кезінде талшықтардың торлы-фибрилярлық құрылымы анықталды. Талшықтарда микроннан аз мөлшерде ұсақ бөлшектердің көп мөлшері байқалады (2-сурет).

№2 үлгі – талшықтардың екі түрі бар зат: ені 30 мкм-ге дейін және қысқа және кең (0,33 мм-ге дейін) талшықтар түрінде [22]. Үлкен үлкейтулерде қалыңдығы шамамен 0,1 мкм болатын талшықтардың сегменттік-буындық және жұқа құрылымы анықталды (3-сурет).

№3 үлгі – талшықтардың екі түрі бар зат: ені шамамен 15 мкм болатын ұзын, шатастырылған талшықтар түрінде және ұштары «сынған» түрге ие қысқа және кең (0,3 мм-ге дейін) талшықтар түрінде. Үлкен үлкейтулерде қалыңдығы 0,1 мкм болатын талшықтардың сегменттік-буындық және жұқа құрылымы анықталды (4-сурет).

№4 үлгі – тармақталған жиектері бар бөлшектер болып табылады, олар бір-бірімен байланысты ұсақ (шамамен 3 мкм) бөлшектердің болуымен сипатталады (5а-сурет).

№5 үлгі – талшықтардың екі түрі бар зат: ені шамамен 6 мкм болатын ұзын, шатастырылған талшықтар түрінде және қысқа (1 мм-ге дейін) және кең (0,4 мм-ге дейін) талшықтар түрінде, олардың ұштары біркелкі сынықтар түрінде болады (5б-сурет).

№6 үлгі – ені 50 мкм-ге дейінгі ұзын талшықтары бар зат (5в-сурет).

№7 үлгі – талшықтардың екі түрі бар зат: ені шамамен 10 мкм болатын ұзын, шатастырылған талшықтар түрінде және қысқа (1 мм-ге дейін) және кең (130 мм-ге дейін) талшықтар түрінде, олардың ұштары біркелкі сынықтар түрінде болады (аз ғана ерекшеліктерді қоспағанда). Үлкен үлкейтулерде ұзындығы 1 мкм-ге дейін және қалыңдығы 0,1 мкм-ге дейін «шаштар» түріндегі микрожарықтары бар қабатты құрылым және талшықтардың өте жұқа құрылымы анықталды (6-сурет) [22].

№8 үлгі – ені 50 мкм-ге дейін ұзын талшықтары бар зат, үлкен үлкейтулерде сегменттік-буын құрылымы анықталды (7-сурет).

Қорытынды. Бұл зерттеудің нәтижелері зығыр сабанын лигноцеллюлозды шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін растайды, өйткені екіншілік қалдықтар ретінде айтарлықтай көлемдер бар, бұл бүкіл әлем бойынша ауыл шаруашылығы өндірушілері үшін үлкен проблемаларды тудырады. Таза, жасыл целлюлоза-қағаз өнеркәсібі үшін ресурс шығындарын азайтатын, экологиялық шығындарды азайтатын және табысты арттыратын жаңа технологиялар қажет.

Әдебиеттер тізімі

1. Пен, Р.З. Делигнификация растительного сырья пероксидом водорода: экологический аспект [Текст] / Р.З. Пен, А.В. Бывшев, А.А. Полюттов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – Вып. 4. – С. 278-280.

2. Кузнецов, Б.Н. Состав и применение растворимых продуктов каталитической окислительной делигнификации соломы пшеницы [Текст] / Б.Н. Кузнецов, И.Г. Судакова, Н.В. Гарынцева, Н.М. Иванченко // Характеристики образцов целлюлозы из соломы злаковых, полученных гидротропным способом, и результаты их исследования в качестве субстратов для ферментативного гидролиза. Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – № 19. – С. 527-533.
3. Денисова, М.Н. Характеристики образцов целлюлозы из соломы злаковых, полученных гидротропным способом, и результаты их исследования в качестве субстратов для ферментативного гидролиза [Текст] / М.Н. Денисова // Ползуновский вестник. – 2016. – №4(1). – С. 170-173.
4. Непенин, Ю.Н. Технология целлюлозы. Производство сульфатной целлюлозы [Текст] / Ю.Н. Непенин. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
5. Непенин, Ю.Н. Технология целлюлозы. Производство сульфитной целлюлозы [Текст] / Ю.Н. Непенин. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 624 с.
6. Фенгел, Д. Древесина: химия, ультраструктура, реакции [Текст] / Д. Фенгел, Г.М. Вегенер. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 512 с.
7. Kartik T., Murugan R. Characterization and analysis of lignocellulosic fiber from the seeds of the plant *Pergulariadaemia* for textile applications // *Fiber. Polym*, 2013. Vol. 14. P. 465-472.
8. Hoenich N.A. Cellulose for Medical Applications: Past, Present, and Future // *BioResources*, 2006. Vol. 1, No. 2. P. 270-280.
9. Kamel S. Ali N., Jahangir K., El-Gendy A. Pharmaceutical Significance of Cellulose: A Review // *EXPRESS Polymer Letters*, 2008. Vol. 2, No. 11. P. 758-778.
10. Oksman, K., Sain, M. Cellulose Nanocomposites: Processing, Characterization, and Properties. – San Diego: American Chemical Society, 2006. – 256 p.
11. Kuznetsov B.N., Kuznetsova S.A., Danilov V.A., Yatsenkova O.V., Petrov A.V. Agree one-step process of obtaining microcrystalline cellulose by catalytic oxidation of wood // *Reac. Kinet. Mech. Cat*, 2011. V. 104. No. 2. P. 337-343.
12. Митрофанов, Р.Ю. Гидротропный метод получения целлюлозы из мискантуса [Текст] / Р.Ю. Митрофанов, В.В. Будаева, М.Н. Денисова, Г.В. Сакович // Химия растительного сырья. – 2011. – № 1. – С. 25-32.
13. Denisova M.N., Budaeva V.V., Pavlov I.N. Pulps isolated from *Miscanthus*, oat hulls, and intermediate flax straw with sodium benzoate // *The Korean Journal of Chemical Engineering*, 2015. Vol. 32, No. 2. P. 202-205.
14. Бюро национальной статистики, агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/ru/>. Дата обращения 12.05.23.
15. Mukhambet Y., Shah Dh., Tatkeyeva G., Sarbassov Y. Slow pyrolysis of flax straw biomass produced in Kazakhstan: Characterization of enhanced tar and high-quality biochar // *Fuel*, 2022. Vol. 324, Part B. P. 124676.
16. Feleke K, Thothadri G, Beri Tufa H, Rajhi AA, Ahmed GMS. Extraction and Characterization of Fiber and Cellulose from Ethiopian Linseed Straw: Determination of Retting Period and Optimization of Multi-Step Alkaline Peroxide Process // *Polymers (Basel)*, 2023. Vol. 15, No. 2. P. 469.
17. Manian A.P., Cordin M., Pham T. Extraction of cellulose fibers from flax and hemp: a review // *Cellulose*, 2021. Vol. 28. P. 8275–8294.
18. Gurukartik Babu B., Prince Winston D., Centamaray Kannan P., Saravanakumar S., Sanjay M. Investigation of the characteristics and physico-chemical properties of a new natural fiber from *Phaseolus vulgaris* // *Nat. Fibers*, 2019. Vol. 16. No. 1035–1042.
19. Sjostrom E. *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. – Elsevier, 2013. – 293 p.
20. Макаров И.С. Новое гидратцеллюлозное волокно из льняной целлюлозы [Текст] / И.С. Макаров, Л.К. Голова, М.И. Виноградов, Ю.А. Егоров, В.Г. Куличихин, Ю.М. Михайлов // *Российский химический журнал*. – 2020. – Т. 64. – №. 1. – С. 13-21.
21. Fahmy Y., Fahmy T.Y., Mobarak F., El-Sakhawy M., Fadl M. Agricultural residues (wastes) for manufacture of paper, board, and miscellaneous products: Background

overview and future prospects // International Journal of ChemTech Research, 2017. Vol. 10, No. 2. P. 424-448.

22. Ибжанова, А.А. Биодырайтын қаптама өндіру технологиясының ғылыми-техникалық негіздерін әзірлеу және КО ТР 005/2011 сәйкес жаңа өнімді стандарттау [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kazatu.edu.kz/pages/nauka/dissertacionnye-sovety>. Дата обращения 03.04.24.

Мақала Қазақстан Республикасының бағдарламалық-нысаналы қаржыландырудың ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында жазылған: IRN BR12967830 «Тамақ өнімдері өндірісінің және экологиялық таза қаптаманың тиімділігін, қауіпсіздігін, ресурстарын үнемдеуді арттыру мақсатында техникалық реттеу құралдарын әзірлеу».

Материал редакцияға 18.06.24 түсті.

Ж.И. Сатаева¹, Н.С. Машанова¹, М.Е. Смагулова¹, Н.Д. Кұндызбаева¹, Б.Т. Рзаев¹

¹РГП «Казахстанский институт стандартизации и метрологии»,
г. Астана, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛЬНЯНОЙ СОЛОМЫ

Аннотация. В связи с необходимостью расширения сырьевой базы для бумажной промышленности в данном исследовании изучалась солома, которая остается как вторичный продукт после сбора семян масличного льна, широко производимого в Казахстане. Как показывают результаты научных исследований ученых в литературе, стебли льна зарекомендовали себя как высококачественное сырье для получения целлюлозы. В данной статье представлены некоторые результаты исследований по производству высокоальфа-целлюлозных продуктов из льняной соломы. Сегодня актуальны все экономически эффективные, энергосберегающие технологии с использованием безопасных токсичных химических реагентов и процессов. Установлено, что прочность волокон из соломы льна с 20% вторичного сырья картона марки Т21, полученных при ускоренном роспуске влагонепроницаемой макулатуры за счет использования ее реагентно-щелочной обработки на 6% выше соответствующей прочности вторичных волокон, полученных при более длительной щелочной обработке. Анализ микрофотографий показывает свидетельствует о более высоком волокне содержания волокон, а также длинные волокна, которые создают решетку для более прочного материала. Гранулометрический состав частиц измельченной целлюлозы из соломы льна, обработанная 30%-ым раствором NaOH показывал наилучший результат D10 = 31,781нм, так как чем меньше диаметр волокна, тем выше прочность и гладкая структура бумаги

Ключевые слова: побочный продукт, солома льна, целлюлоза, модификация, делигнификация, экстракция, разрывная длина, растровые электронно-микроскопические (РЭМ) исследования, лазерный анализ частиц.

Zh.I. Satayeva¹, N.S. Mashanova¹, M.E. Smagulova¹, N.D. Kundzybayeva¹, B.T. Rzayev¹

¹RSE “Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology”, Astana, Kazakhstan,

STUDY OF CELLULOSE FROM FLAX STRAW

Abstract. Due to the need to expand the raw material base for the paper industry, this study examined the straw that remains as a secondary product after harvesting the

seeds of oilseed flax, which is widely produced in Kazakhstan. As the results of scientific research by scientists in the literature show, flax stalks have established themselves as high-quality raw materials for the production of cellulose. This article presents some research results on the production of high-alpha cellulosic products from flax straw. Today, all cost-effective, energy-saving technologies using safe toxic chemicals and processes are relevant. It has been established that the strength of fibers from flax straw with 20% recycled cardboard grade T21, obtained by accelerated dissolution of moisture-resistant waste paper through the use of its reagent-alkaline treatment, is 6% higher than the corresponding strength of recycled fibers obtained by longer-term alkaline treatment. Analysis of micrographs shows evidence of higher fiber content, as well as longer fibers, which create a lattice for a stronger material. The particle size distribution of crushed cellulose particles from flax straw treated with a 30% NaOH solution showed the best result $D_{10} = 31.781$ nm, since the smaller the fiber diameter, the higher the strength and smooth structure of the paper

Keywords: by-product, flax straw, cellulose, modification, delignification, extraction, breaking length, scanning electron microscopy (SEM) studies, laser particle analysis.

References

1. Pen R.Z., Byvshev A.V., Polyutov A.A. Delignifikatsiya rastitel'nogo syr'ya peroksidom vodoroda: ekologicheskiy aspekt [Delignification of plant materials with hydrogen peroxide: environmental aspect] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2008. Vol. 4. P. 278-280 [in Russian].
2. Kuznetsov B.N. Sudakova I.G., Garyntseva N.V., Ivanchenko N.M. Sostav i primeneniye rastvorimyykh produktov kataliticheskoy oksilitel'noy delignifikatsii solomy pshenitsy [Composition and application of soluble products of catalytic oxidative delignification of wheat straw] // Kharakteristiki obraztsov tsellyulozy iz solomy zlakovykh, poluchennykh gidrotropnym sposobom, i rezul'taty ikh issledovaniya v kachestve substratov dlya fermentativnogo gidroliza. Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya [Characteristics of cellulose samples from cereal straw obtained by the hydrotropic method and the results of their study as substrates for enzymatic hydrolysis. Chemistry for Sustainable Development], 2011. No. 19. P. 527-533 [in Russian].
3. Denisova, M.N. Kharakteristiki obraztsov tsellyulozy iz solomy zlakovykh, poluchennykh gidrotropnym sposobom, i rezul'taty ikh issledovaniya v kachestve substratov dlya fermentativnogo gidroliza [Characteristics of cereal straw cellulose samples obtained by the hydrotropic method and the results of their study as substrates for enzymatic hydrolysis] // Polzunovskiy vestnik. [Polzunovsky bulletin], 2016. No. 4(1). P. 170-173 [in Russian].
4. Nepenin, YU.N. Tekhnologiya tsellyulozy. Proizvodstvo sul'fatnoy tsellyulozy [Cellulose technology. Production of sulfate cellulose]. – Moscow: Forestry industry, 1990. – 600 p. [in Russian].
5. Nepenin, YU.N. Tekhnologiya tsellyulozy. Proizvodstvo sul'fitnoy tsellyulozy [Cellulose technology. Production of sulfite cellulose]. – Moscow: Forestry industry, 1976. – 624 p. [in Russian].
6. Fengel, D., Vegener, G.M. Drevesina: khimiya, ul'trastruktura, reaktsii [Wood: chemistry, ultrastructure, reactions]. – Moscow: Forestry industry, 1988. – 512 p. [in Russian].
7. Kartik T., Murugan R. Characterization and analysis of lignocellulosic fiber from the seeds of the plant Pergulariadaemia for textile applications // Fiber. Polym, 2013. Vol. 14. P. 465-472.
8. Hoenich N.A. Cellulose for Medical Applications: Past, Present, and Future // BioResources, 2006. Vol. 1, No. 2. P. 270-280.
9. Kamel S. Ali N., Jahangir K., El-Gendy A. Pharmaceutical Significance of Cellulose: A Review // EXPRESS Polymer Letters, 2008. Vol. 2, No. 11. P. 758-778.

10. Oksman, K., Sain, M. Cellulose Nanocomposites: Processing, Characterization, and Properties. – San Diego: American Chemical Society, 2006. – 256 p.
11. Kuznetsov B.N., Kuznetsova S.A., Danilov V.A., Yatsenkova O.V., Petrov A.V. Agreen one-step process of obtaining microcrystalline cellulose by catalytic oxidation of wood // Reac. Kinet. Mech. Cat, 2011. V. 104. No. 2. P. 337-343.
12. Mitrofanov R.YU., Budayeva V.V., Denisova M.N., Sakovich G.V. Gidrotropnyy metod polucheniya tsellyulozy iz miskantusa [Hydrotropic method for obtaining cellulose from miscanthus] // Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials], 2011. No. 1. P. 25-32 [in Russian].
13. Denisova M.N., Budaeva V.V., Pavlov I.N. Pulps isolated from Miscanthus, oat hulls, and intermediate flax straw with sodium benzoate // The Korean Journal of Chemical Engineering, 2015. Vol. 32, No. 2. P. 202-205.
14. Bureau of National Statistics, Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. – Access mode: <https://stat.gov.kz/ru/>. Date of request 12.05.23.
15. Mukhambet Y., Shah Dh., Tatkeyeva G., Sarbassov Y. Slow pyrolysis of flax straw biomass produced in Kazakhstan: Characterization of enhanced tar and high-quality biochar // Fuel, 2022. Vol. 324, Part B. P. 124676.
16. Feleke K, Thothadri G, Beri Tufa H, Rajhi AA, Ahmed GMS. Extraction and Characterization of Fiber and Cellulose from Ethiopian Linseed Straw: Determination of Retting Period and Optimization of Multi-Step Alkaline Peroxide Process // Polymers (Basel), 2023. Vol. 15, No. 2. P. 469.
17. Manian A.P., Cordin M., Pham T. Extraction of cellulose fibers from flax and hemp: a review // Cellulose, 2021. Vol. 28. P. 8275–8294.
18. Gurukartik Babu B., Prince Winston D., Centamaray Kannan P., Saravanakumar S., Sanjay M. Investigation of the characteristics and physico-chemical properties of a new natural fiber from Phaseolus vulgaris // Nat. Fibers, 2019. Vol. 16. No. 1035–1042.
19. Sjostrom E. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. – Elsevier, 2013. – 293 p.
20. Makarov I.S., Golova L.K., Vinogradov M.I., Yegorov YU.A., Kulichikhin V.G., Mikhaylov YU.M. Novoye gidrattsellyuloznoye volokno iz l'nyanoy tsellyulozy [New Hydrated Cellulose Fiber from Flax Pulp] // Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal [Russian Chemical Journal], 2020. Vol. 64, No. 1. P. 13-21 [in Russian].
21. Fahmy Y., Fahmy T.Y., Mobarak F., El-Sakhawy M., Fadl M. Agricultural residues (wastes) for manufacture of paper, board, and miscellaneous products: Background overview and future prospects // International Journal of ChemTech Research, 2017. Vol. 10, No. 2. P. 424-448.
22. Ibzhanova, A.A. Development of scientific and technical foundations of biodegradable packaging production technology and standardization of new products in accordance with CU TR 005/2011 [Electronic resource]. – Access mode: <https://kazatu.edu.kz/pages/nauka/dissertacionnye-sovety>.