

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-3-72-80>

УДК 547-3

БИОЛОГИЯЛЫҚ ӨЗДІГІНЕН ЫДЫРАЙТЫН ПОЛИМЕР АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ

**Қ. Ш. Шыңжырбай¹, С. Азат², М. М. Матаев¹, Ұ. Е. Жантукеев^{2*}, Қ. Тоштай²,
Е. Сайлауханұлы², Ж. Т. Тауанов², К. К. Кудайбергенов²**

¹ Қазақ Ұлттық қыздар педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан

² Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін E-mail: nurlybekov_ulan@mail.ru

Пластмассаның ластануының маңызды технологиялық шешімі қоршаған ортаның ластануының себебі Пластмассаның ластануының маңызды технологиялық шешімі қоршаған ортаның ластануының себебі болып табылатын дәстүрлі биодеградацияланбайтын полимерлерді, физика-механикалық қасиеттері бар биологиялық ыдырайтын полимерлі материалдарды ауыстыру болып табылады. Өздігінен ыдырайтын биополимерлер мен қалдықтардың биодеградациясын азайту және осындай материалдардың құнын төмендету жолдарын табу, соның ішінде биологиялық ыдырайтын полимерлердің аналогтары болуы мүмкін заттарды осы мақсаттар үшін пайдалану өзекті мәселе болып табылады. Зерттеу жұмысы әртүрлі органикалық қышқылдардың (лимон қышқылы, сірке қышқылы, сүт қышқылы) және пластификаторлардың (глицерин, поливинил спирті, наноматериал) қатысуымен крахмал шикізатына негізделген биологиялық ыдырайтын биополимерді алуға бағытталған. Әр түрлі қышқылдар мен пластификаторлардан алынған өнімдерден тиімді материал таңдалды. Әртүрлі органикалық қышқыл мен пластификаторлардың көмегімен, жоғары температура қатысында биополимерлердің 15 үлгісі синтезделінді. Синтезделген биополимерлер физика-химиялық зерттеулерден сәтті өтті. Биопластиктерді өндіру технологиясын жетілдіру жөніндегі шаралар қаралды. Биологиялық қалдықтарды, соның ішінде құрамында крахмал бар қоқыстарды қайта өңдеуге және биологиялық ыдыратуға қабілетті берік және үнемді лимон қышқылы мен жүгері крахмал негізінде және құрамында күміс нанобөлшектері бар биополимер алынды. Алынған өнімдер барлық физика-химиялық сынақтардан сәтті өтті және жаппай өндіріске дайын.

Түйін сөздер: биополимер, крахмал, органикалық қышқыл, пластификатор, күміс нанобөлшектер, пластик.

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі: Дүние жүзінде жыл сайын 400 миллион тонна пластмасса өндіріледі және олардың 9%-дан азы қайта өңделеді [1]. Мәселенің маңызды технологиялық шешімі қоршаған ортаның ластануының себебі болып табылатын дәстүрлі биодеградацияланбайтын полимерлерді, физика-механикалық қасиеттері бар биологиялық ыдырайтын полимерлі материалдарды ауыстыру болып табылады. Алайда, биополимердің жоғары өндірісі мен бағасына байланысты оны қолдану шектеулі. Өздігінен ыдырайтын биополимерлер мен қалдықтардың биодеградациясын азайту және осындай материалдардың құнын төмендету жолдарын іздеу өте маңызды, соның ішінде биодеградацияланбайтын полимерлердің аналогы болуы мүмкін шикізатты пайдалану.

Қазіргі қоғам өміріндегі полимерлі материалдардың маңыздылығын асыра бағалау қиын. Полимерлерді өндіру мен тұтынудың өсуі әлемдік экономиканы дамытудың негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Соңғы жылдары Полимерлі материалдар өндірісінің өсу қарқыны тұрақты түрде артып келеді. Сонымен қатар, материалдар мен олардың негізіндегі өнімдерді пайдалану мерзімі аяқталғаннан кейін полимерлі қалдықтарды кәдеге жарату мәселесі өзекті мәселеге айналды. Компосттау-кейбір Еуропа елдерінде полимерлі қалдықтарды жоюдың ең кең таралған әдісі [2]. Алайда синтетикалық полимерлер

қоршаған орта факторларының әсеріне инертті және табиғи жағдайда іс жүзінде ыдырамайды. Осыған байланысты Әлемдегі зерттеушілердің назарын синтетикалық полимерлік жүйелердің биологиялық деградация міндеті көбірек тартады, олар тұтынушылық қасиеттерін өмір бойы сақтайды, содан кейін белгілі бір жағдайларда физикалық, химиялық және биохимиялық өзгерістерге ұшырайды, тез бұзылады және зиянсыз компоненттерге ыдырайды [3, 4].

Қазіргі уақытта ғылыми қауымдастық мұнай-газ шикізатынан жасалған пластмассалар сияқты дәстүрлі материалдарды ауыстыру кезінде балама шешімдер жасау үшін жаңа биологиялық ыдырайтын композицияларды іздеуде. Зерттеулер крахмал, целлюлоза және хитин сияқты табиғи көздерден биологиялық ыдырайтын материалдарды олардың қол жетімділігі мен шикізат құнының төмендігіне байланысты дамытудың маңыздылығын көрсетеді. Крахмал-полисахарид, оны өндірудің негізгі көздері картоп, күріш, бидай, жүгері. Оның химиялық құрылымы ауыспалы қабаттарда кристалды және аморфты аймақтарды құрайтын амилоза мен амилопектиннен тұрады. Өсімдік көзіне байланысты оның құрамында 18–33% амилоза және 72–82% амилопектин болуы мүмкін [5–6].

Бұл жұмыста биологиялық ыдырайтын крахмалдан және әртүрлі органикалық қышқылдардан (сірке қышқылы, сүт қышқылы, лимон қышқылы) және пластификаторлардан (поливинил спирті мен глице-

рин) және күміс нанобөлшектерінен тұратын биологиялық ыдырайтын биополимердің бірнеше үлгілері жасалды. Алынған биополимерлердің сапасы мен биодеградациясы зерттеліп, талданды.

Жұмыстың мақсаты-крахмал шикізатына негізделген және әртүрлі органикалық қышқылдардың (лимон қышқылы, сірке қышқылы, сүт қышқылы) және пластификаторлардың (глицерин, поливинил спирті, күміс нанобөлшектері) қатысуымен биологиялық ыдырайтын биополимер алу.

Жұмыстың практикалық маңызы: Физикалық-механикалық қасиеттері бар, биологиялық ыдырайтын, жаңартылған шикізаттан жасалған биополимер алу.

Жұмыстың міндеттері:

– Экологияға зияны жоқ өндірістік жағдайда негізгі шикізат бола алатын және стандарттарға сай биополимер алу.

– Биоыдырағыш полимер дайындау технологиясын жетілдіру шараларын қарастыру.

– Алынған үлгілерді биоыдырағыштыққа тексеру.

Объект – крахмал, биополимер.

Зерттеу әдістері мен қондырғылар: биодеградацияға төзімділігін анықтау, ИҚ Фуре спектрометр, СЭМ, термогравиметрлік анализ, Рентгенфазалық талдау, Атомдық-күштік микроскоп, оптикалық микроскоп, адробиялық активтілігін метилен көгімен анықтау.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Реагенттер: жүгері крахмалы, сірке қышқылы, 0,1 М NaOH, дистилденген су, глицерин, сүт қышқылы, лимон қышқылы, поливинил спирті, 0,0001 М күміс нитраты, 0,01 М натрий бор гидридi, 0,0001 М мыс нитраты.

Синтездеу нәтижесінде алынған биополимерлердің функционалдық топтарын яғни құрылымын ИҚ спектрометр арқылы анықталынды. Сонымен қатар, алынған үлгілердің беттік морфологиясын бақылау үшін оптикалық микроскопия мен polychlorinated электронды микроскоп қолданылды. Және де АҚМ арқылы биополимерлердің морфологиясы мен механикалық қасиеттері зерттелді.

НӘТИЖЕЛЕР

Жүгері крахмалы мен органикалық қышқылдың қатысуымен биополимер алу технологиясы
Жүгері крахмалы мен сірке қышқылының қатысуымен биополимер алу әдісі

Сыйымдылығы 150 мл стаканға 60 мл тазартылған су және 6 г жүгері крахмалын қосамыз. Дайын болған ерітіндіге 5 мл глицерин және 5 мл концентрацияланған сірке қышқылы қосып, мұқият араластырамыз және су моншасында 1-суретте көрсетілгендей тұтқыр масса пайда болғанға дейін 5–10 минут қыздырамыз. Тұтқыр массаға 2 мл 0,1 М NaOH қосамыз. Шыны таяқшаны қолданып, үлгіні петри табақшаға құямыз. Ақ ауа көпіршіктерін кетіріп, біздің үлгімізді толық құрғағанға дейін бірнеше күн бойы зертханада кептіруге қалдырамыз.



а)

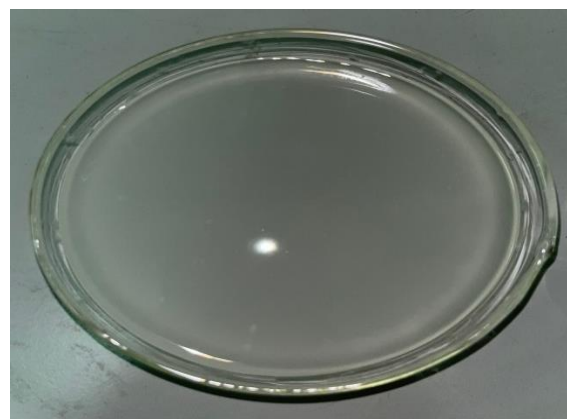


б)

1-сурет. Жүгері крахмалы (а) және сірке қышқылы қатысындағы биополимер (б)

Жүгері крахмалы мен сүт қышқылы қатысындағы биополимер алу әдістемесі

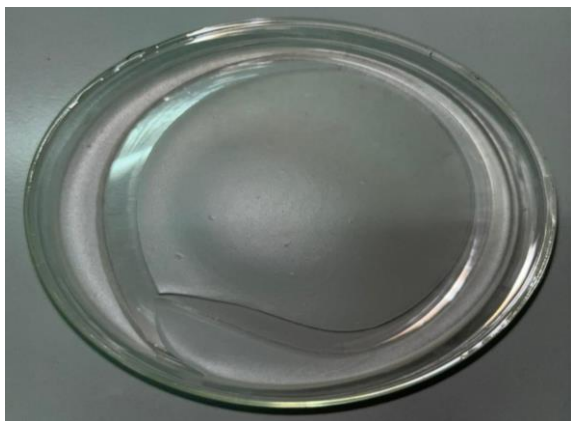
Сыйымдылығы 150 мл стаканға 60 мл тазартылған су және 6 г жүгері крахмалын қосамыз. Дайын болған ерітіндіге 5 мл глицерин және 5 мл сүт қышқылы қосып, мұқият араластырамыз және су моншасында тұтқыр масса пайда болғанға дейін 5–10 минут қыздырамыз. Тұтқыр массаға 2 мл 0,1 М NaOH қосамыз. Шыны таяқшаны қолданып, үлгіні петри табақшаға құямыз. Ақ ауа көпіршіктерін кетіріп, біздің үлгімізді толық құрғағанға дейін бірнеше күн бойы зертханалық үстелде кептіреміз. Жүгері крахмалы мен сүт қышқылы қатысындағы биополимер 4 күннен соң (2-сурет).



2-сурет. Жүгері крахмалы мен сүт қышқылы қатысындағы биополимер

Жүгері крахмалы мен лимон қышқылы қатысындағы биополимер алу әдістемесі

Сыйымдылығы 150 мл стаканға 60 мл тазартылған су және 6 г жүгері крахмалын қосамыз. Дайын болған ерітіндіге 5 мл глицерин және 5 мл лимон қышқылы қосып, мұқият араластырамыз және су моншасында тұтқыр масса пайда болғанға дейін 5–10 минут қыздырамыз. Тұтқыр массаға 2 мл 0,1 М NaOH қосамыз. Шыны таяқшаны қолданып, үлгіні петри табақшаға құямыз. Ақ ауа көпіршіктерін кетіріп, біздің үлгімізді толық құрғағанға дейін бірнеше күн бойы зертханалық үстелде кептіреміз (3-сурет).



3-сурет. Жүгері крахмалы мен лимон қышқылы қатысындағы биополимер

Жүгері крахмалы мен лимон қышқылы және поливинил спирті қатысындағы биополимер алу

Сыйымдылығы 150 мл стақанға 60 мл дистилденген су құйып қайнатып, 1 г лимон қышқылы мен 1 г поливинил спирті салып ерітеміз. Пайда болған ерітіндіге 6 г жүгері крахмалын өлшеп, жақсылап араластырамыз. Тұтқыр ерітінді пайда болған соң, 2 мл глицерин қосып, алынған үлгімізді петри табақшаға құямыз. Зертханада толығымен кепкені күтеміз, шамамен 3–4 күн. Толық кепкен соң, ары қарай физика-химиялық анализге жібереміз.

Нәтижелерді талдау

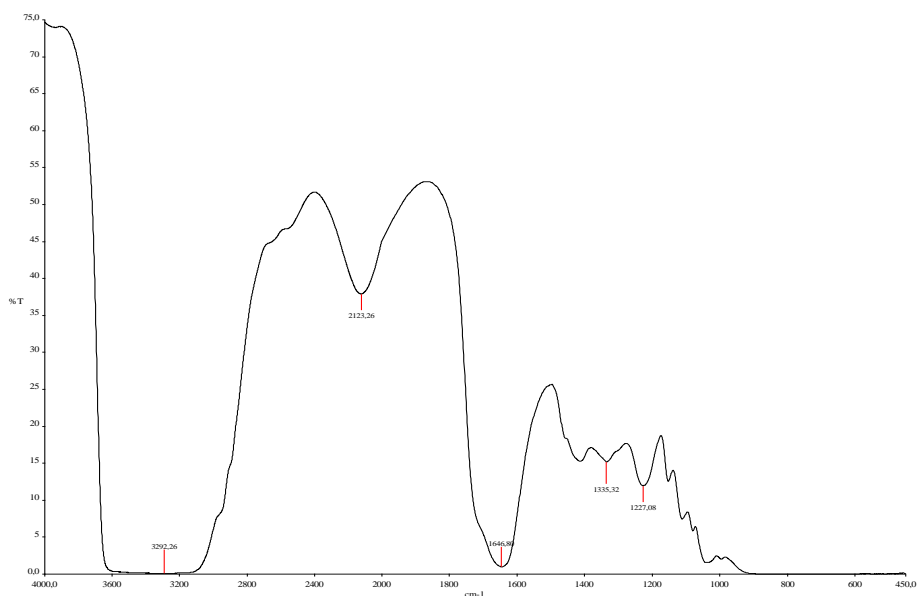
Инфрақызыл спектроскопиялық (IR) талдау

Синтездеу нәтижесінде алынған биополимерлердің функционалдық топтарын яғни құрылымын

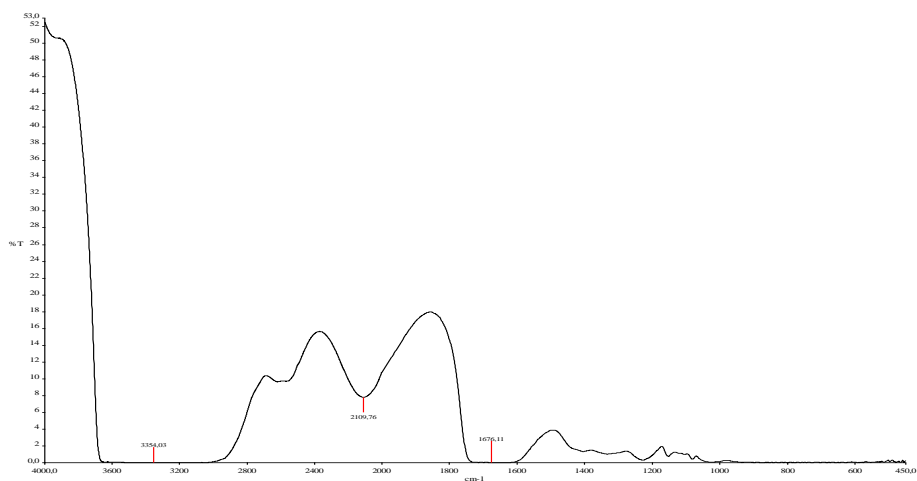
ИҚ спектрометр арқылы анықталынды. Лимон қышқылы мен жүгері крахмал негізіндегі биополимердің ИҚ спектрі мен функционалдық топтары 4-суретте көрсетілген.

Синтездеу барысында әртүрлі органикалық қышқылдардың ішінен лимон қышқылы мен жүгері крахмалы негізінде алынған биополимердің ИҚ спектріне назар аударсақ, $3250\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ сіңіру жолағында —OH гидроксид топтарын көруге болады, ал $2100\text{--}2150\text{ см}^{-1}$ -да C—O карбоксилды функционалды тобын көреміз (4-кесте). Құрамында лимон қышқылы болғандықтан, $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ сіңіру жолағынан —N байланыстары бар қышқылдық топты байқадық және $1335\text{--}1227\text{ см}^{-1}$ шыңы арқылы құрамында одан бөлек =C—O—C функционалдық тобы бар екенін анықтадық [7–8].

Биополимерге күміс нанобөлшектерін қосқанда құрамындағы функционалдық топтарының өзгерісі 5-суретте көрсетілген. $3250\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ сіңіру жолағында —OH гидроксид топтарын көруге болады. Айырмашылығы =C—O—C функционалдық тобының жоюлуы. Цитратты әдіспен алынған күміс нанобөлшектері мен лимон қышқылы негізіндегі биополимер комплекс түзіп, нәтижесінде төмен интенсивті O—Ag функционалды тобының пайда болуына әсер еткенін көре аламыз. Құрамында лимон қышқылы болғандықтан, $2100\text{--}2150\text{ см}^{-1}$ -да C—O карбоксилды функционалды тобы мен $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ сіңіру жолағынан —N байланыстары бар қышқылдық топты байқай аламыз [9].



4-сурет. Лимон қышқылы мен жүгері крахмал негізіндегі биополимердің ИҚ спектрі

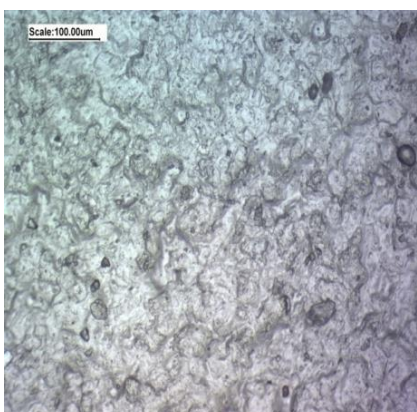
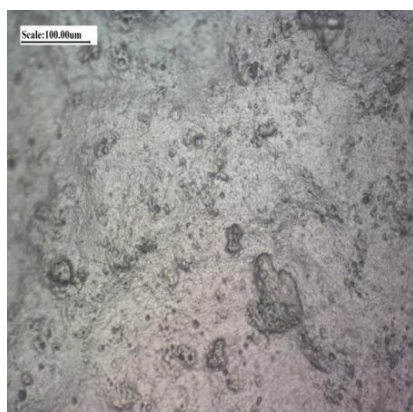


5-сурет. Цитратты әдіспен алынған күміс нанобөлшектері мен жүгері крахмал негізіндегі биополимердің ИҚ спектрі

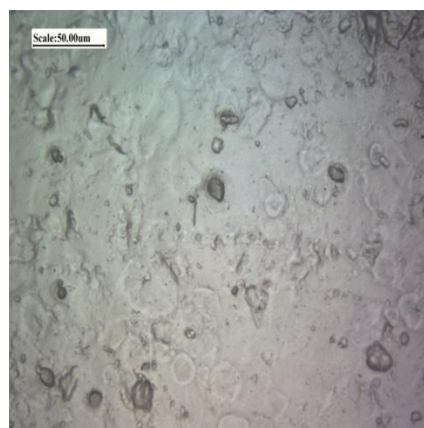
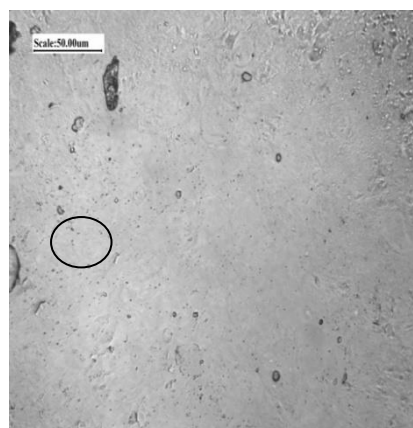
Оптикалық микроскоптан алынған нәтижелер

Синтездеу барысында күміс нанобөлшектерін алғандықтан, биополимердің құрамында нанобөлшектердің бар екенін көру қажеттілігі туындады. Оптикалық микроскоп арқылы құрамында күміс нанобөлшектері бар және нанобөлшектері жоқ биополимерлердің морфологиялық қасиеттері бір-бірінен

ерекшеленетінін көруге болады, 6–7-суретте көрсетілген. Құрамында нанобөлшек жоқ полимердің беттік морфологиясы тегіс, әрі бетінде ұсақ бөлшектердің қонғанын көреміз, ал құрамында нанобөлшек жоқ биополимерлердің беттік морфологиясы түйіршіктер орналасқан, бүдір болып келеді. Және бетінде ұсақ бөлшектердің жоқтығын аңғаруға болады.



6-сурет. Биополимердің оптикалық микроскоппен түсірілген суреті

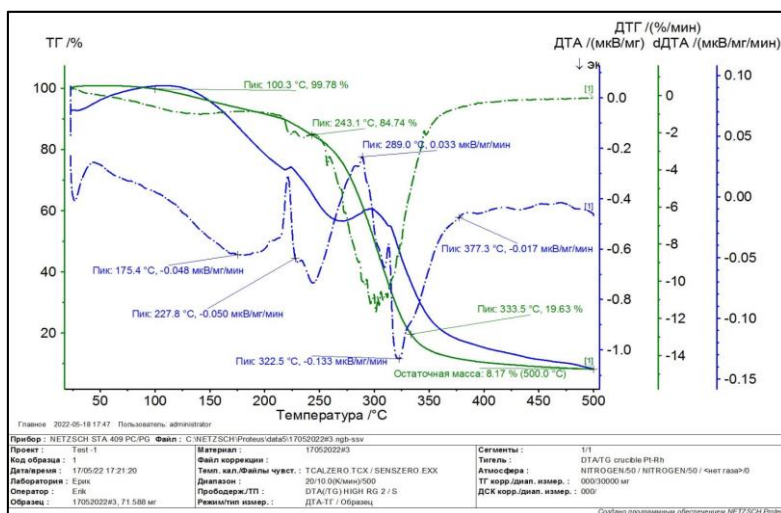


7-сурет. Құрамында күміс нанобөлшектері бар және лимон қышқылы мен жүгері крахмал қатысындағы биополимер

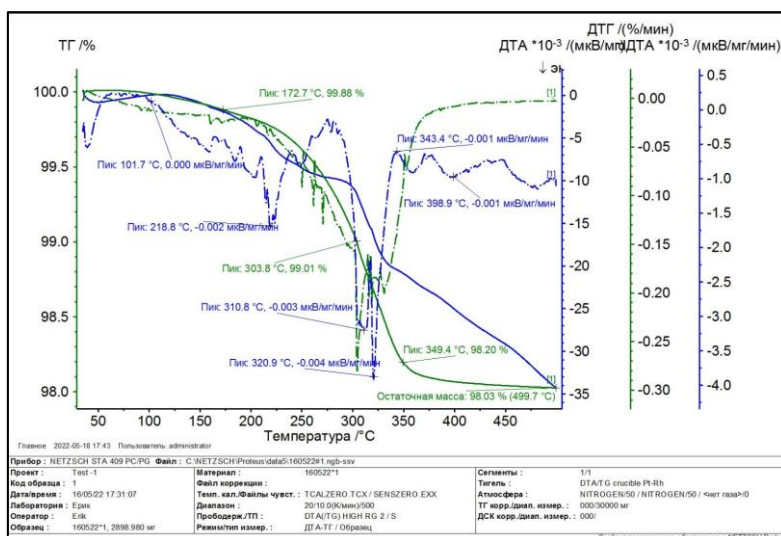
Термогравиметрлік анализ

Құрамында крахмал/ПВС/глицериннен жасалған композиттік полимерлердің ТГ талдау қисықтары 8-суретте көрсетілген, сондай-ақ бастапқы ыдырау температурасы, соңғы ыдырау температурасы және 600 °С кезінде массалық шығымы туралы мәліметтер суретте көрсетілген. Бірнеше композиттік пленкалардың салмақ жоғалту қисықтары ұқсас болды және олардың ТГ қисықтарында үш түрлі кезеңді көруге болады. 8-суреттен масса жоғалтудың бірінші кезеңі 25–200 °С аралығында болғанын және негізінен барлық полимер үлгілері үшін адсорбцияланған судың булануына байланысты болғанын көруге болады. Екінші кезеңде массаның жоғалуы (200–350 °С) негізінен полимерлі ПВС мен крахмалдың ыдырауына байланысты. Үшінші кезеңде (350–600 °С) полимерлі тізбектердің ыдырап, көміртекті соңғы өнімдер қалуына байланысты.

Құрамында күміс нанобөлшектері мен лимон қышқылы бар биополимердің максималды массалық шығымдылығын көрсететін шың 322,5 °С, – 0,133 мкВ/мг/мин. қалдық массаның соңғы шығымы 8,17% (500,0 °С) құрайды. 500 °С-тан кейін массаның шығымы тұрақтанды. Тұнбада күл массасы мен күмістің өте аз мөлшері қалды. Ең төменгі массалық өнімділік 100,3 °С шыңында 99,78% құрайды. Осы уақыт аралығында судың буланып, массасы 0,22%-ға азайғанын көруге болады. Құрамында крахмал/сүт, қышқылы/глицерин бар биополимерлердің ТГ талдау қисықтары 9-суретте, сондай-ақ бастапқы ыдырау температурасы, соңғы ыдырау температурасы және 600 °С температурада массалық шығу туралы мәліметтер көрсетілген. 9-суретте массаның жоғалуының бірінші кезеңі 25–200 °С аралығында болды және негізінен барлық полимер үлгілері үшін адсорбцияланған судың булануына байланысты болғанын көруге болады [10–11].



8-сурет. Құрамында күміс нанобөлшектері мен лимон қышқылы қатсындағы биополимердің термогравиметрлік анализі



9-сурет. Сүт қышқылы мен жүгері крахмал негізіндегі биополимердің термогравиметрлік анализі

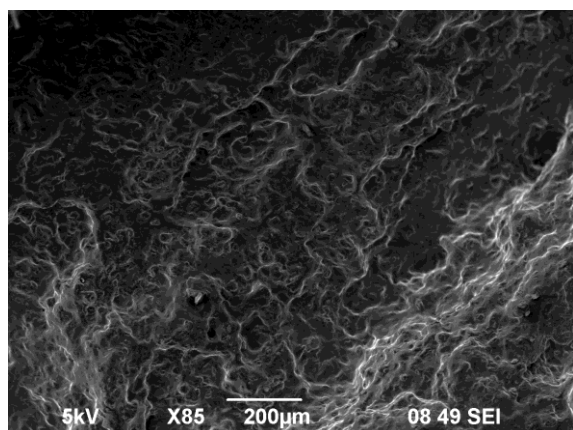
Екінші кезеңде массаның жоғалуы (200–350 °C) негізінен полимерлі ПВС мен крахмалдың ыдырауына байланысты болды. Бірақ салыстырмалы түрде бірінші үлгіден қарағанда масса жоғалу пайызы өте төмен 2%-ді құрайды. Үшінші кезең (350–600 °C) негізінен полимерлі тізбектердің ыдырауына байланысты болды, ал соңғы өнімдер – көміртегі мен көмірсутектердің ұсақ молекулалары.

Глицериннің биополимерлердің қасиетіне, құрылымына және морфологиясына әсері
Сканерлеуші электронды микроскоп

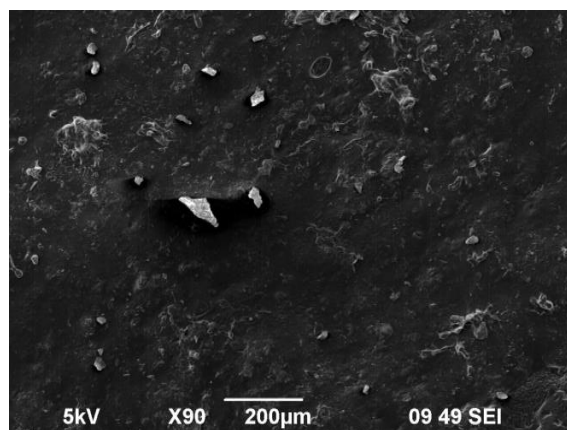
Сканерлейтін электронды микроскоп 10-суретте көрсетілген (SEM) кескін жасау үшін бағытталған электрондар ағынын жобалайды және сканерлейді. Сәуледегі электрондар үлгімен өзара әрекеттеседі, осылайша топография мен беттің құрамы туралы ақпарат алу үшін қолданылатын әртүрлі сигналдар пайда болады. Сканерлейтін электронды микроскоп (SEM) жоғары энергиялы электронды сәулемен үлгіні сканерлеу арқылы кескіндер жасайды. Электрондар үлгімен әрекеттескен кезде олар қайталама электрондар, кері шашырау электрондары

және тән рентген сәулелерін шығарады. Бұл сигналдарды кескіндерді қалыптастыру үшін бір немесе бірнеше детекторлар жинайды, содан кейін олар компьютер экранында көрсетіледі. Үлгінің бетіне электронды сәуле түскен кезде, ол үлгінің үдеткіш кернеуі мен тығыздығына байланысты бірнеше МКМ тереңдікке енеді. Үлгі ішіндегі осы өзара әрекеттесу нәтижесінде қайталама электрондар мен рентген сәулелері сияқты көптеген сигналдар пайда болады [12–13].

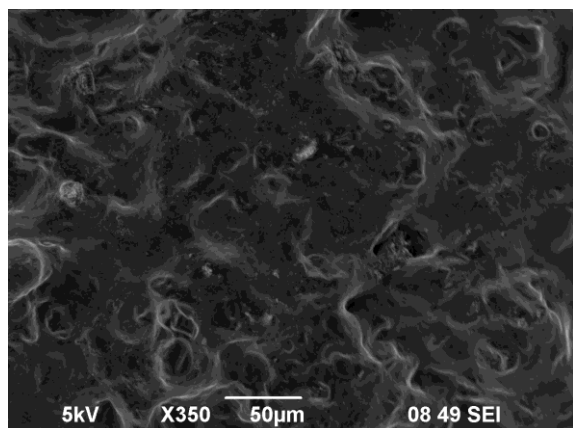
СЭМ фотосуреттері әртүрлі биополимерлердің беткі морфологиясын талдау үшін кеңінен қолданылады. Жоғарғы беттің фотосуреттері глицериннің крахмал/ПВС/глицериннен жасалған композиттік пленкалардың беткі морфологиясына айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетті (10-сурет). Глицеринмен біріктірілген композитті пленкалардың беті глицеринсіз пленканың бетіне қарағанда ықшам және тегіс болды. Бұл нәтижелер глицериннің композиттік пленкалардың матрицасында таралуына, қосылуына және интеграциясына ықпал ете алатындығын көрсетті.



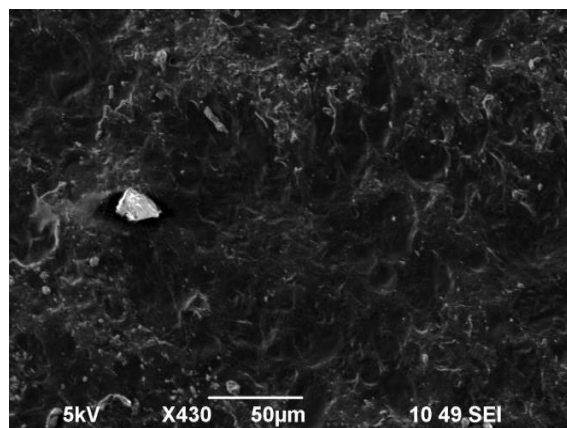
а)



б)



в)



г)

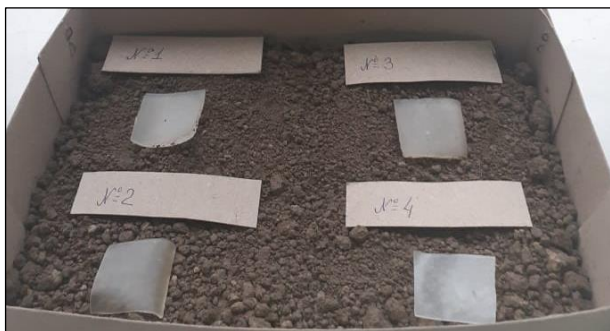
10-сурет. Эксперимент арқылы алынған материалдардың электронды микроскопиядағы микро суреттері (а, в – сірке қышқылы/жүгері крахмалы, б, г – лимон қышқылы/жүгері крахмалы)

1-үлгіде сірке қышқылы бар, яғни сірке қышқылы байланыстырғыш ретінде әрекет ететіндіктен крахмал негізінде өте қатты полимер түзіледі. Осылайша, морфологиялық қабат тегіс және біркелкі болады. СЭМ микрограммалары морфологияның биодеградацияның 60 күнінде айтарлықтай өзгергенін көрсетеді. Бірақ алғашқы 30 күнде биодеградация баяу жүрді және морфология айтарлықтай өзгерген жоқ.

2-үлгіде лимон қышқылы болды. Алынған үлгілердің биодеградациясын анықтауда жақсы биодеградация процесі бар биополимерлердің бірі. 10-суретте беткі қабат тегіс емес, құрамында сірке қышқылы бар биополимермен салыстырғанда түйіршікті. Сонымен қатар, оның морфологиялық өзгерістерінен биодеградацияның жақсы жүріп жатқанын көруге болады.

Биодеградацияға төзімділік пен биополимерлердің беріктігін анықтау

Алынған 4 үлгі 11-суретте көрсетілгендей олардың биодеградацияға төзімділігін анықтау үшін биотестациядан өтті. Үлгілер бірдей пішінді қалыптарға құйылды, олардың массасы өлшенді, олар топыраққа орналастырылды және күн шуақты жерге қойылды. Бөлмедегі температура мен ылғалдылықты психрометрлік гигрометрмен өлшеу керек. 11-суретте бөлмедегі ылғалдылық пен температура, сондай-ақ полимердің құрамы 75 күн ішінде биодеградацияға қалай әсер еткені көрсетілген. 4 түрлі биополимерлердің ыдырауы олардың құрамындағы органикалық қышқылдарға байланысты әртүрлі массалық өнімділікті көрсетті. 1-кестеден ПВС мен крахмалдың қатысуымен алынған биополимер 1-үлгі алғашқы 15 күнде 4 үлгінің ішіндегі ең төменгі массалық өнімділікті көрсеткенін көруге болады, бірақ 75-ші күні өнімділік 2%-дан 33%-ға дейін өсті.



11-сурет. Биоыдырағыштыққа тексеру процесі

1-үлгі ПВС пен крахмал қатысында алынған биополимер алғашқы 15 күнде 4 үлгінің ішіндегі ең төменгі массалық өнімділікті көрсеткенін көруге болады, бірақ 75-ші күні өнімділік 2%-дан 33%-ға дейін өсті.

2-үлгі сүт қышқылы мен крахмал қатысында алынған биополимер, деградация өте жақсы жүрген үлгілердің бірі, бірақ механикалық тұрғыдан ең тұрақсызы. Себебі құрамындағы сүт қышқылы крах-

малмен әрекеттескенде сірке қышқылы сияқты тігінші қызметін атқармайды құрылымына байланысты, сондықтан құрамына глицерин қосқандықтан беркітігі одан ары азайды.

Кесте-1. Алынған биополимерлердің биодеградациясы

Үлгілер	Күн	Ылғалдылық, %	Температура, °C	Масса шығымы
1-үлгі	15	86	20	2
	30	75	21,5	5,5
	64	73	22	18
	75	69	25	33
2-үлгі	15	86	20	4,5
	30	75	21,5	20,2
	64	73	22	30,3
	75	69	25	39,3
3-үлгі	15	86	20	4,8
	30	75	21,5	9
	64	73	22	14,8
	75	69	25	19
4-үлгі	15	86	20	3,75
	30	75	21,5	18,5
	64	73	22	30,88
	75	69	25	41

3-үлгі сірке қышқылы мен жүгері крахмал қатысында алынған биополимер, биодеградациясы басқа үлгілермен салыстырғанда төмен, бірақ алғашқы 15 күнде көп масса шығымын көрсеткен болатын, оның себебі құрамындағы ылғалдың мөлшерінің көптігі.

4-үлгі лимон қышқылы мен жүгері крахмал қатысында алынған биополимер. Деградация 75 күн ішінде 41%-ды құрайды. 4 үлгі ішіндегі ең биодеградация көрсеткіші жоғары, әрі экологиялық таза полимер.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Әртүрлі органикалық қышқыл (сірке қышқылы, лимон қышқылы, сүт қышқылы) мен пластификаторларды (ПВС, глицерин, мыс нитраты, күміс нанобөлшектері) пайдалана отырып, 60 °C, 70 °C, 100 °C температура қатысында биополимерлердің 15 үлгісі синтезделініп алынды.

2. Синтезделген биологиялық ыдырай алатын 6 полимер үлгілері барлық физика-химиялық зерттеулерден сәтті өтті:

– ИҚ спектроскопиялық әдіс арқылы құрамында күміс нанобөлшек бар және нанобөлшек жоқ биополимерлердің функционалдық топтары анықталды. Алынған нәтиже бойынша, 2 үлгіні салыстыра келе, құрамында нанобөлшек бар биополимерде О–Ag тән шыңның пайда болғаны анықталды.

– Оптикалық микроскоп пен сканирлеуші электронды микроскоп және АҚМ арқылы биополимерлердің морфологиясы мен механикалық қасиетіне құрамындағы органикалық қышқылдар және пластификаторлар әсер ететін көрдік. Ең оптималды пластификатор ретінде поливинил спирті мен глицерин таңдалды.

Қорытындылай келе, лимон қышқылы мен жүгері крахмал негізінде және құрамында күміс нанобөлшектері бар биополимер экологияға зияны жоқ, экономикалық тиімді әрі биологиялық ыдырайтын материал ретінде таңдалынды.

Алғыс

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруымен жүргізілді. ИРН AP14869499 – 2022–2024 жж.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Lim X. Microplastics are everywhere – but are they harmful? // Nature 593, 22–25 (2021). <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01143-3>
2. Liu T., Chen H., Zhou Y., Awasthi S.K., Qin S., Liu H., Zhang Z., Pandey A., Varjani S., Awasthi M.K. // Composting as a sustainable technology for integrated municipal solid waste management, Biomass, Biofuels, Biochemicals, Elsevier, 2022, P. 23–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88511-9.00002-1>
3. Machado, C.R., Hettiarachchi, H. (2020). Composting as a Municipal Solid Waste Management Strategy: Lessons Learned from Cajicá, Colombia. In: Hettiarachchi, H., Caucchi, S., Schwärzel, K. (eds) Organic Waste Composting through Nexus Thinking. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36283-6_2
4. Felix H. Otey, Richard P. Westhoff, Biodegradable Films from Starch and Ethylene-Acrylic Acid Copolymer // American Chemical Society, Chicago, 1977. – No. IIIA. – P. 305–308.
5. С.А. Апостолов, под общ. ред. проф., д.т.н. Ю.В. Поконовой и проф., В.И. Страхова. Новый справочник химика и технолога. В 2 ч. Ч. II: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ / – СПб.: Профессионал, 2007. – 1142 с.
6. R.K. Salar S.K. Gahlawat P. Siwach J.S. Duha. Biotechnology: Prospects and Applications // Starch: Its Functional, In Vitro Digestibility, Modification and Applications. P. 39–53.
7. Общая химия. Учебник / Под ред. Дунаева С.Ф.. – М.: Academia, 2017. – 160 с.
8. Общая и неорганическая химия: учебное пособие / Под ред. Денисова В.В., Таланова В.М.. – Рн/Д: Феникс, 2018. – 144 с.
9. Аликина, И.Б. Общая и неорганическая химия. Лабораторный практикум : Учебное пособие для вузов / И.Б. Аликина, С.С. Бабкина, Л.Н. Белова и др. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 477 с.
10. Бабков, А.В. Общая, неорганическая и органическая химия / А.В. Бабков. – М.: МИА, 2016. – 568 с.
11. Волков, А. Химия: общая, неорганическая и органическая. Полный курс подготовки к ЕГЭ: 2150 тестовых заданий с решениями / А. Волков. – М.: Омега-Л, 2017. – 304 с.

12. Гаршин, А. П. Общая и неорганическая химия в схемах, рисунках, таблицах, химических реакциях: Учебное пособие / АП Гаршин. – СПб.: Питер, 2018. – 128 с.
13. Глинка, Н.Л. Общая химия (для спо) / Н.Л. Глинка. – М.: КноРус, 2019. – 360 с.

REFERENCES

1. Lim X. Microplastics are everywhere – but are they harmful? // Nature 593, 22–25 (2021). <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01143-3>
2. Liu T., Chen H., Zhou Y., Awasthi S.K., Qin S., Liu H., Zhang Z., Pandey A., Varjani S., Awasthi M.K. // Composting as a sustainable technology for integrated municipal solid waste management, Biomass, Biofuels, Biochemicals, Elsevier, 2022, P. 23–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88511-9.00002-1>
3. Machado, C.R., Hettiarachchi, H. (2020). Composting as a Municipal Solid Waste Management Strategy: Lessons Learned from Cajicá, Colombia. In: Hettiarachchi, H., Caucchi, S., Schwärzel, K. (eds) Organic Waste Composting through Nexus Thinking. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36283-6_2
4. Felix H. Otey, Richard P. Westhoff, Biodegradable Films from Starch and Ethylene-Acrylic Acid Copolymer // American Chemical Society, Chicago, 1977. – No. IIIA. – P. 305–308.
5. S.A. Apostolov, pod obshch. red. prof., d.t.n. Yu.V. Pokonovoy i prof., V.I. Strakhova. Novyy spravochnik khimika i tekhnologa. V 2 ch. Ch. II: Syr'e i produkty promyshlennosti organicheskikh i neorganicheskikh veshchestv / – SPb.: Professional, 2007. – 1142 p.
6. R.K. Salar S.K. Gahlawat P. Siwach J.S. Duha. Biotechnology: Prospects and Applications // Starch: Its Functional, In Vitro Digestibility, Modification and Applications. P. 39–53.
7. Obshchaya khimiya. Uchebnik / Pod red. Dunaeva S.F.. – Moscow: Academia, 2017. – 160 p.
8. Obshchaya i neorganicheskaya khimiya: uchebnoe posobie / Pod red. Denisova V.V., Talanova V.M.. – Rn/D: Feniks, 2018. – 144 p.
9. Alikina, I.B. Obshchaya i neorganicheskaya khimiya. Laboratornyy praktikum : Uchebnoe posobie dlya vuzov / I.B. Alikina, S.S. Babkina, L.N. Belova i dr. – Lyubertsy: Yurayt, 2016. – 477 p.
10. Babkov, A.V. Obshchaya, neorganicheskaya i organicheskaya khimiya / A.V. Babkov. – Moscow: MIA, 2016. – 568 p.
11. Volkov, A. Khimiya: obshchaya, neorganicheskaya i organicheskaya. Polnyy kurs podgotovki k EGE: 2150 testovykh zadaniy s resheniyami / A. Volkov. – M.: Omega-L, 2017. – 304 p.
12. Garshin, A. P. Obshchaya i neorganicheskaya khimiya v skhemakh, risunkakh, tablitsakh, khimicheskikh reaktsiyakh: Uchebnoe posobie / AP Garshin. – SPb.: Piter, 2018. – 128 p.
13. Glinka, N.L. Obshchaya khimiya (dlya spo) / N.L. Glinka. – Moscow: KnoRus, 2019. – 360 p.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПОЛИМЕРА

**К. Ш. Шынжырбай¹, С. Азат², М. М. Матаев¹, У. Е. Жантикеев^{2*}, К. Тоштай²,
Е. Сайлауханулы², Ж. Т. Тауанов², К. К. Кудайбергенов²**

¹ *Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан*

² *Satbayev University, Алматы, Казахстан*

*E-mail для контактов: nurlybekov_ulan@mail.ru

Важным технологическим решением для загрязнения пластмасс является замена традиционных биоразлагаемых полимеров, биоразлагаемых полимерных материалов с физико-механическими свойствами, которые являются причиной загрязнения окружающей среды. Актуальной проблемой является поиск способов уменьшить саморазложение биополимеров и отходов, а также снизить стоимость таких материалов, в том числе использование для этих целей веществ, которые могут быть аналогами биоразлагаемых полимеров. Исследовательская работа направлена на получение биоразлагаемого биополимера на основе крахмального сырья в присутствии различных органических кислот (лимонная кислота, уксусная кислота, молочная кислота) и пластификаторов (глицерин, поливиниловый спирт, наноматериал). Из продуктов, полученных из различных кислот и пластификаторов, был выбран эффективный материал. Рассмотрены меры по совершенствованию технологии производства биопластиков. Получен прочный и экономичный биополимер, способный перерабатывать и биоразлагать биологические отходы, в том числе крахмалосодержащий мусор. Полученные продукты успешно прошли все физико-химические испытания и готовы к массовому производству. Для изучения физико-химических параметров полученных биополимеров использовались сканирующий электронный микроскоп и термогравиметрический анализ с ИК-спектроскопией.

Ключевые слова: биополимер, крахмал, органическая кислота, пластификатор, наночастицы серебра, пластик.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING A BIODEGRADABLE POLYMER

**K. Sh. Shynzhyrbai¹, S. Azat², M. M. Mataev¹, U. Ye. Zhantikeev^{2*}, K. Toshtay²,
Ye. Sailaukhanuly², Zh. T. Tauanov², K. K. Kudaibergenov²**

¹ *Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan*

² *Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

*E-mail for contacts: nurlybekov_ulan@mail.ru

An important technological solution for plastic pollution is the replacement of traditional biodegradable polymers, biodegradable polymer materials with physico-mechanical properties that cause environmental pollution. An urgent problem is the search for ways to reduce the self-decomposition of biopolymers and waste, as well as to reduce the cost of such materials, including the use for these purposes of substances that can be analogues of biodegradable polymers. The research work is aimed at obtaining a biodegradable biopolymer based on starch raw materials in the presence of various organic acids (citric acid, acetic acid, lactic acid) and plasticizers (glycerin, polyvinyl alcohol, nanomaterial). An effective material was selected from the products obtained from various acids and plasticizers. Measures to improve the technology of bioplastics production are considered. A durable and economical biopolymer capable of processing and biodegrading biological waste, including starch-containing garbage, has been obtained. The resulting products have successfully passed all physico-chemical tests and are ready for mass production. A scanning electron microscope and thermogravimetric analysis with IR spectroscopy were used to study the physicochemical parameters of the obtained biopolymers.

Keywords: biopolymer, starch, organic acid, plasticizer, silver nanoparticles, plastic.