

**CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.01/2025.27.12.K.04.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

JO‘RAYEVA GULNOZA ABDURASHIT QIZI

**TABIY POLIMERLARNING IKKILAMCHI TOLASIMON
XOMASHYOSINI BOKIMYOVIY MODIFIKATSIYALASH**

02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Chirchiq – 2026

**Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
химическим наукам**

Contents of dissertation for doctor of philosophy (PhD) on chemical science

Jo‘rayeva Gulnoza Abdurashit qizi

Tabiiy polimerlarning ikkilamchi tolasimon xomashyosini
biokimyoviy modifikatsiyalash.....3

Жураева Гулноза Абдурашит кизи

Биохимическая модификация вторичного волокнистого сырья
природных полимеров.....21

Jurayeva Gulnoza Abdurashit kizi

Biochemical modification of secondary fibrous raw materials of
natural polymers.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.01/2025.27.12.K.04.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI

JO‘RAYEVA GULNOZA ABDURASHIT QIZI

**TABIY POLIMERLARNING IKKILAMCHI TOLASIMON
XOMASHYOSINI BOKIMYOVIY MODIFIKATSIYALASH**

02.00.06 – Yuqori molekulyar birikmalar

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Chirchiq – 2026

Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2025.1.PhD/K929 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (resume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.cspi.uz.ilmiy-kengash) va "Ziyonet" Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Rafikov Adxam Salimovich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Karimov Mahmud Muratovich
kimyo fanlari doktori, professor

Yuldashev Sherzod Abdullayevich
kimyo fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Dissertatsiya himoyasi Chirchiq davlat pedagogika universiteti huzuridagi DSc.01/2025.27.12.K.04.04 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil "5" 11 soat 13:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 111720, Toshkent viloyati, Chirchiq shahri, Amir Temur ko'chasi, 104-uy. Tel.: (0371) 716-68-05 faks (0371) 716-68-11; e-mail: (www.cspi.uz.ilmiy-kengash)).

Dissertatsiya bilan Chirchiq davlat pedagogika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (441-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 111720, Toshkent viloyati Chirchiq shahri, Amir Temur ko'chasi, 104-uy Tel.: (0371) 716-68-05, faks (0371) 716-68-11; e-mail: tvchdpi_k.kengash@umail.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil "19" 11 kuni tarqatildi.
(2026-yil "19" 11 dagi 30-raqamli reestr bayonnomasi)



O.E. Ziyadullayev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor

G.Q. Otamuxamedova
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash ilmiy kotibi, k.f.d.

D.J. Bekchanov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda to‘qimachilik va yengil sanoat rivojlanayotgan mamlakatlar uchun istiqbolli bozorga aylanmoqda, chunki iste‘molchilarning nafaqat kundalik, balki innovatsion mahsulotlarga bo‘lgan talabi ham ortib bormoqda. Afsuski, ayni paytda ko‘plab iqtisodiy tarmoqlarda, jumladan, to‘qimachilik sanoatida ham xomashyo taqchilligi kuchayib bormoqda, tabiiy va energetik resurslar narxi esa tobora oshmoqda. Shu bilan birga, texnologik va maishiy tolali chiqindilar miqdori sezilarli darajada ko‘paygan. Ushbu chiqindilarni qayta tiklash va qayta ishlatish esa ekologik hamda iqtisodiy jihatdan dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Dunyoda tolali chiqindilarni maqsadli qayta ishlashga oid fundamental va amaliy masalalar bo‘yicha keng tadqiqotlar olib borilmoqda va loyihalar amalga oshirilmoqda, ularni ikkinchi xomashyo sifatida tiklash jarayonlari yo‘lga qo‘yilgan. Ikkilamchi xomashyodan yuqori sifatli materiallar va mahsulotlar olish uchun ularni oldindan tayyorlash, ya‘ni to‘qimalarning yuzasini modifikatsiya qilish, asosiy strukturasi va funksional xususiyatlarini tiklash zarurligi ma‘lum. So‘nggi davrda biologik modifikatsiya usullari fizik va kimyoviy usullarga nisbatan afzal ko‘rilmoqda, chunki ular past toksikligi, iqtisodiy samaradorligi, ekologik xavfsizligi va yuqori selektivligi bilan ajralib turadi. Fermentativ modifikatsiya tabiiy tolalar asosida biosayqallash jarayonlarida muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Ammo ikkilamchi tolalarning biokimyoviy modifikatsiyasi bo‘yicha ilmiy-texnik imkoniyatdan to‘liq foydalanish masalasi hali ham o‘z yechimini kutmoqda.

O‘zbekiston Respublikasining to‘qimachilik sanoati mamlakat iqtisodiyotining asosiy drayveri hisoblanadi, bunda ishlab chiqarish tarmoqlarining tuzilishi, tabiiy iqlim sharoitlari hamda tabiiy tolali xomashyoni yetishtirish an‘analari sohaning o‘ziga xosligini ta‘minlaydi va uni boshqa tarmoqlardan ajratib turadi. Ushbu tarmoq istiqbolli va innovatsion loyihalar hamda texnologiyalarni joriy etish uchun zamin yaratadi, shuningdek, maishiy hamda texnologik tolali chiqindilarni qayta ishlash bo‘yicha muhim natijalarga erishilgan. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonni rivojlanish strategiyasida «2026 yilgacha maishiy chiqindilarni to‘liq yig‘ishni 100% ga va qayta ishlash darajasini 21 foizdan 50 foizga yetkazish» vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni hal qilishda ekologik tamoyillarga asoslangan tolali chiqindilarni kompleks qayta ishlash bo‘yicha ilmiy va amaliy yechimlarni yaratish, tabiiy polimerlardan olingan ikkilamchi tolali xomashyoni biokimyoviy modifikatsiya qilishning ilmiy-amaliy ro‘yobga chiqarilishi alohida ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60 “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”, 2024-yil 4-yanvardagi PF-5 “Chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish va ularning atrof-muhitga salbiy ta‘sirini kamaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmonlari, 2019-yil 16-sentabrdagi PQ-4453 “Yengil sanoatni yanada rivojlantirish va tayyor mahsulot ishlab chiqarishni rag‘batlantirish

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonni rivojlantirishi strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son farmoni.

chora-tadbirlari to'g'risida" qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII "Kimyo, kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar" ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilish darajasi. Birlamchi sellyulozaning fermentativ gidroliziga oid masalalar xorijda R.L. Gautam, A.K. Bharadwaj, Y. Yu, Q. Wang, E. Repetto, C.R. Ramirez va boshqalar tomonidan o'rganilgan. Respublikamizda esa paxta sellyulozasining fermentativ ishlov berilishi sohasida M.Z. Abdukarimova, I.A. Nabiyeva, D.B. Xudoyberdiyeva va boshqalar tadqiqot olib borishgan. Tadqiqotchilar asosan birlamchi tolalar va ulardan tayyorlangan mahsulotlarga fermentativ ishlov berishga katta e'tibor qaratishgan, ammo ikkilamchi sellyulozaning to'qimachilik mahsulotlari uchun xomashyo sifatida mavjud kamchiliklarini bartaraf etish va mahsulotlarning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilash masalalariga yetarli e'tibor qaratilmagan.

Teri chiqindilarini qayta ishlash va atrof-muhit bilan bog'liq muammolarni bartaraf etish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar Velusamy M., Bhavya B., Jiri P., Marina V., Silvia P., Murali S., Simeonova L., Dalev P. va boshqa xorijiy olimlar tomonidan amalga oshirilgan. Respublikamizda teri sanoatining chiqindilarini qayta ishlash masalalari N.B. Mirzayev, S.Sh. Tashpulatov, N.R. Qodirova va boshqalar tomonidan o'rganilgan. Yirik qoramol teri chiqindilaridan olingan oqsil gidrolizati va uning payvandlangan sopolimerlari paxta iplarini ohorlashda hamda charm chiqindilarini ishqoriy gidroliz qilish jarayonida ijobiy natijalar bergan. Shunga qaramay, charm chiqindilarining biokimyoviy modifikatsiyasi, sellyuloza va oqsil chiqindilarini birgalikda o'z ichiga olgan biomodifikatsiyalangan tolali massani yaratish, ularni chuqur o'rganish va amaliy qo'llash masalalarini yechish muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq "Sellyulozali to'qimachilik materiallarining biokimyoviy modifikatsiyasi" (IL-4821091581, 2022-2024 yillar) hamda "Ekologik tamoyillarga asoslanib polimer chiqindilarini kompleks qayta ishlashning ilmiy va amaliy asoslari" (FL-9024093557, 2025-2029 yillar) mavzularidagi fundamental ilmiy-tadqiqot ishlari dasturi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi tabiiy polimerlarning ikkilamchi tolasimon xomashyosini biokimyoviy modifikatsiyalash asosiy bog'liqliklarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari: ikkilamchi sellyulozani sellulaza fermenti bilan va charm chiqindilarini proteaza fermenti bilan biokimyoviy modifikatsiya qilishning sharoitlarini aniqlash;

ikkilamchi sellyulozani sellulaza bilan, oshlangan charm chiqindilarining xromli chiqindisini proteaza bilan ta'sirlashuv reaksiyalarini aniqlash;

ikkilamchi selluloza va charm chiqindilari xromli qirindilarini modifikatsiyalangan namunalarning mikrostrukturasi, tuzilishi, morfologiyasini aniqlash;

ikkilamchi tolalardan olingan materiallarning fizik-mexanik va rang xususiyatlarini modifikatsiya usuli va sharoitlariga bog'liqligini aniqlash;

oshlangan charmning modifikatsiyalangan chiqindilari asosida poyabzal asosiy patagini ishlab chiqarish va uning xususiyatlarini tadqiq etish.

Tadqiqotning obykti sifatida to'qimachilik chiqindilaridan qayta tiklangan ikkilamchi selluloza, oshlangan charm chiqindilari – charm qirindisi (ChQ), sellulaza va proteaza fermentlari, aktiv bo'yovchi modda, tayyorlash jarayonlari uchun reagentlar (NaOH, H₂O₂, Na₂SiO₃, Na₂CO₃, SAM), kollagen saqlovchi eritma (KE), akril emulsiya (AE), MS-6 sinfiga mansub makulatura olingan.

Tadqiqotning predmetini tolali chiqindilarga biokimyoviy ishlov berish jarayonlari, modifikatsiya parametrlari, modifikatsiyalangan ikkilamchi selluloza va charm qirindilari kollageni hamda ular asosidagi funksional materiallarni morfologiyasi, element tarkibi, strukturasi, fizik-mexanik, termik va amaliy xossalari tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyada IQ-Furye spektroskopiyasi, differensial-termik tahlil (DTA), skanerlovchi elektron mikroskopiya mikroanaliz tizimi bilan (SEM-EDX), rentgenfazaviy tahlil, kolorimetriya, tolali materiallarning mexanik va gigienik xususiyatlarini o'rganish standart usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ikkilamchi sellulozaning sellulaza fermenti bilan ta'sirlashuvini temperatura-vaqt va konsentratsiya o'zaro bog'liqliklari materialning birlamchi teksturasini tiklanishiga va morfologiyasini yaxshilanishiga olib keluvchi sharoitlar sifatida aniqlangan;

biomodifikatsiya jarayonida ikkilamchi sellulozaning yuzasidan qo'shimchalar va tolachalarning maksimal darajada chiqarib yuborilishi, bu esa materialning kapillyar-g'ovakli tuzilmasi va xossalarni yaxshilashga xizmat qilishi isbotlangan;

xrom qirindisi ko'rinishidagi oshlangan charm chiqindilari kollagenini fermentativ gidrolizi jarayonida proteaza fermentining minimal sarfi bilan samaradorligi va selektivligi isbotlangan;

tolalar g'ovakliligi va mikrostrukturasi bir vaqtni o'zida yaxshilanishi, ichki hajmini ortishi bo'yovchi moddaning tolalarga yaxshi sorbsiyasi va mustahkamlanishini, shuningdek, eritmasining selluloza tolalari ichida teng taqsimlanishini ta'minlashligi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ikkilamchi sellulozali to'qimachilik materiallarini biosayqallash, bo'yashga tayyorlash, bo'yash jarayonlarida muqobil modifikatsiyaning sharoitlari aniqlangan;

modifikatsiya texnologik parametrlari, sellulozali to'qimachilik materiallari va charm chiqindilarining fizik-mexanik hamda ekspluatatsion xususiyatlari aniqlangan;

tolalar yuzasida sifatli rang olish uchun bo'yochi eritma tarkibi, komponentlarning konsentratsiyasi, bo'yash va termofiksatsiya jarayonlari uchun vaqt va temperatura parametrlarining qiymatlari aniqlangan;

biomodifikatsiyalangan charm chiqindilari va makulatura, akril emulsiyasidan iborat tolali massa, uning asosida qadoqlash qog'ozini va poyabzal asosiy patagi ishlab chiqarilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Natijalarning zamonaviy fermentativ kataliz nazariyasi va standart talablariga mosligi, IQ-Furye spektroskopiyasi, DTA, SEM-EDX, rentgen fazaviy tahlil, kolorimetriya kabi fizik-kimyoviy usullar bilan eksperimental tadqiqotlar o'tkazilishi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati sellulaza fermentining ikkilamchi sellulozadagi glikozid bog'lanishlarini, proteaza fermentining esa xromli qirindisi kollagenining peptid bog'lanishlarining uzilishiga katalitik ta'siri va fermentativ jarayonlarning optimal sharoitlari aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati fermentativ biosayqallanishdan so'ng ikkilamchi sellulozadan tayyorlangan to'qimachilik matosining teksturasi va xususiyatlari tiklanganligi, shuningdek, biomodifikatsiyalangan xromli charm chiqindilari qirindisi bilan ikkilamchi selluloza asosida poyabzal asosiy patagini olish imkoniyati yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Ikkilamchi selluloza va charm chiqindilarini biomodifikatsiya qilish natijalari asosida:

biomodifikatsiyalangan va bo'yalgan ikkilamchi sellulozadan mato "Nur Tex" MChJda maxsus kiyimlar ishlab chiqarishda joriy etilgan ("O'ZTO'QIMACHISANOAT" uyushmasining 2025 yil "19" sentabrdagi 02/25-2228-sonli ma'lumotnomasi). Natijada biomodifikatsiyalangan mato maxsus kiyimlarni loyihalash sifatini oshirish, ishlov berish aniqligini ta'minlash, ikkilamchi selluloza xomashyosi yordamida moddiy va mehnat xarajatlarini kamaytirish hamda ishlab chiqarish vaqtini qisqartirish imkonini bergan;

biomodifikatsiyalangan charm qirindi chiqindilari va ikkilamchi selluloza tolalaridan olingan tolali massa "Umid Fashion Grand" XKda poyabzalning asosiy patagi sifatida joriy etilgan ("O'ZTO'QIMACHISANOAT" uyushmasining 2025 yil "19" sentabrdagi 02/25-2228-sonli ma'lumotnomasi). Natijada taglik va poyabzalning xizmat qilish muddati uzayib, charm poyabzal korxonasi chiqindilardan tozalandi hamda atrof-muhitga zararli ta'sirini kamaytirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 14 ta respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusida jami 21 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 tasi ilmiy maqola bo'lib, shulardan 2 tasi respublika, 2 tasi xorijiy jurnallarda (ularning 2 tasi Scopus bazasiga kiritilgan) nashr etilgan.

Dissertatsiya ishining tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, to‘rtta bob, xulosa, adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 107 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi ilm-fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi ko‘rsatilgan, ilmiy yangilik va amaliy natijalar bayon etilgan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilmasi haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Ikkilamchi tolali xomashyoni modifikatsiya qilish muammolari”** deb nomlangan birinchi bobida – dissertatsiya mavzusiga oid nashr etilgan manbalar bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarga baho va tahlil natijalari keltirilgan. Qog‘oz va oyoq kiyim ishlab chiqarish uchun tolali massa olish texnologiyasining zamonaviy holati tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning ikkinchi bobida – **“Ikkilamchi tolali xomashyoni modifikatsiya qilish usullari va materiallar xossalarini o‘rganish”** da tadqiqot obykti, ikkilamchi sellyulozani biosayqallash metodikasi, bo‘yash, oshlangan charm chiqindisining xromli qirindisini biomodifikatsiya qilish, biomodifikatsiyalangan tolali massadan o‘ram qog‘ozni quyish usuli, tolali massa va ularning fizik-kimyoviy va mexanik xossalarini o‘rganish usullari va o‘lchash vositalari bayon etilgan.

Ikkilamchi sellyulozaning biokimyoviy modifikatsiyasi turli konsentratsiyadagi sellulaza eritmasida, ma’lum temperatura va vaqt davomida amalga oshirildi. Modifikatsiya darajasi kamaygan shakarlar miqdori va paxta matolarining kapillyarligi bo‘yicha baholandi. Oshlangan charm chiqindisining xromli qirindisi proteaza eritmasida fermentativ modifikatsiya qilindi. Shundan so‘ng, charm chiqindilari laboratoriya tegirmonida – gidromaydalagichdan foydalanib, 60–65° ShR darajasiga qadar maydalandi.

Biomodifikatsiyalangan tolali massa – oshlangan charm chiqindisining xromli qirindisi, ikkilamchi sellyuloza va yelimlovchi polimerdan iborat bo‘lib, laboratoriya sharoitida qog‘oz quyish mashinasida kompozitsion qog‘oz quyish uchun ishlatildi.

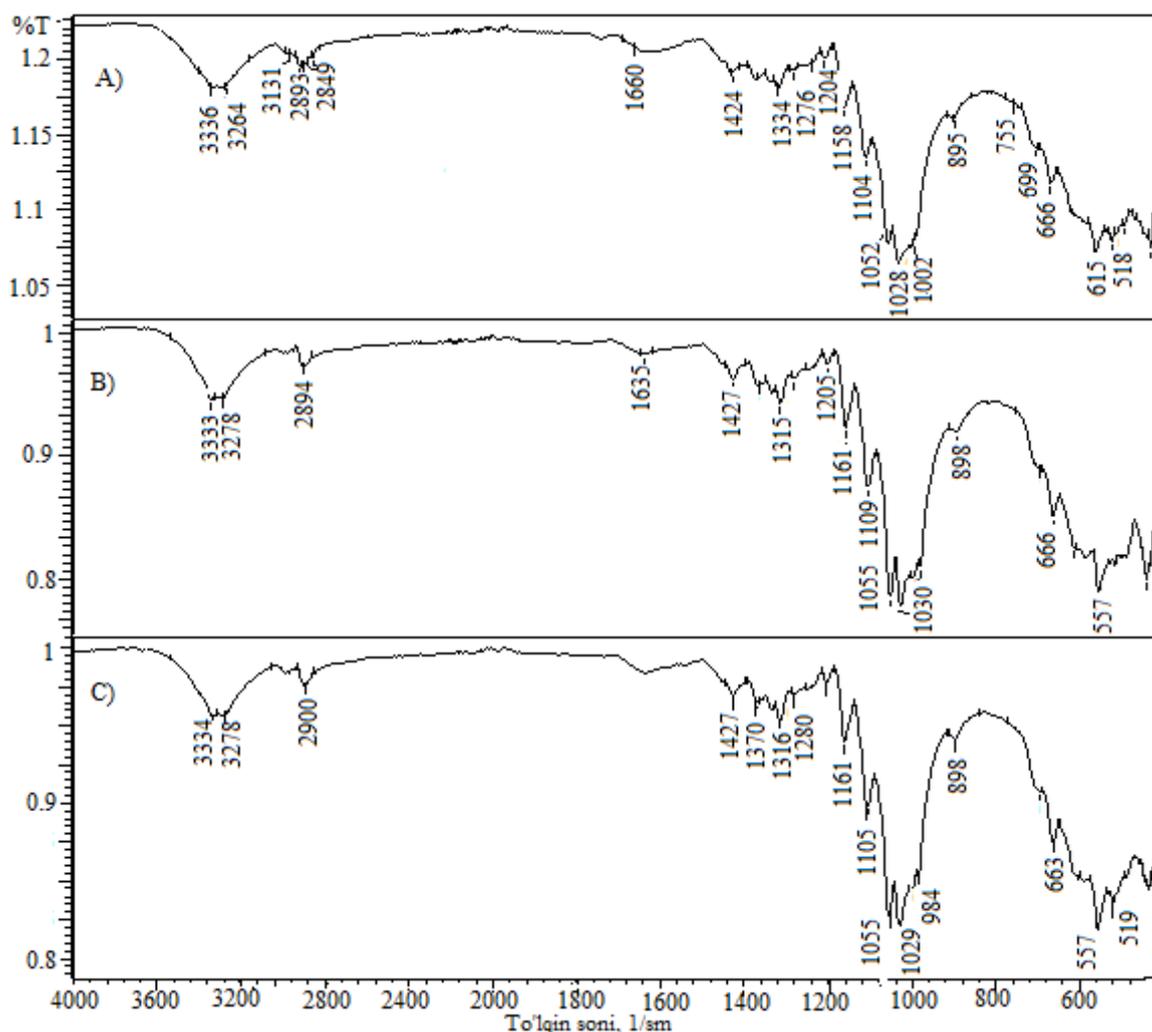
Uchinchi bob – **“Ikkilamchi sellyulozaning sellulaza fermenti bilan biomodifikatsiyasi”** da tadqiqot natijalari muhokama qilingan. Ikkilamchi sellyulozadan tayyorlangan mato sellulaza fermenti yordamida fermentativ ishlovdan o‘tkazildi, bu esa ikkilamchi xomashyodagi kamchiliklarni bartaraf etishning eng samarali usuli sifatida tanlandi.

Ikkilamchi sellyulozaning biosayqallash jarayonida mikrostrukturadagi o‘zgarishlar IQ-Furye (infraqizil Furye spektroskopiyasi) metodi yordamida aniqlangan.

Dastlabki namunadagi IQ-Furye spektri (1-rasm) quyidagi xususiyatlarga ega: 3336 va 3264 sm^{-1} sohalaridagi yutish chiziqlari (ν)_{O-H} – gidrogen bog‘lar;

2931–2849 cm^{-1} oralig'ida $(\nu)_{\text{C-H}}$ – uglerod-vodorod bog'lari; 1660 cm^{-1} da cho'qqi – karbonil birikmalar (qolgan lignin yoki oqsillar); 1200–1000 cm^{-1} oralig'i– $(\nu)_{\text{C-O}}$, $(\delta)_{\text{C-O}}$ polisaxarid matritsasidagi bog'lar; taxminan 895 cm^{-1} dagi cho'qqi – β -glikozid bog'i (β -1,4) sellulozaniki.

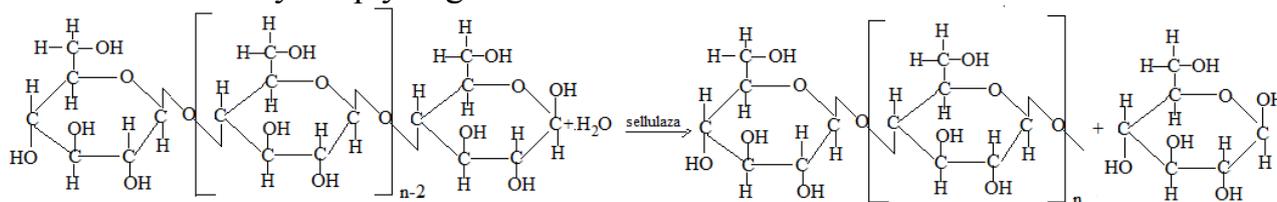
An'anaviy ishlov berilgandan so'ng namunadagi IQ-Furye spektri quyidagi o'zgarishlarni ko'rsatadi: $(\nu)_{\text{O-H}}$ chiziqlarining yaqinlashuvi – gidrogen bog'larning kamroq uzilganligi; 1635 cm^{-1} da chiziq mavjudligi – qolgan aralashmalar borligidan darak beradi; 1200–1000 cm^{-1} oralig'ida yanada aniqlashtirilgan va keskin cho'qqilar – strukturadagi qisman kristallik mavjudligini bildiradi; 898 cm^{-1} dagi β -glikozid cho'qqisi saqlangan.



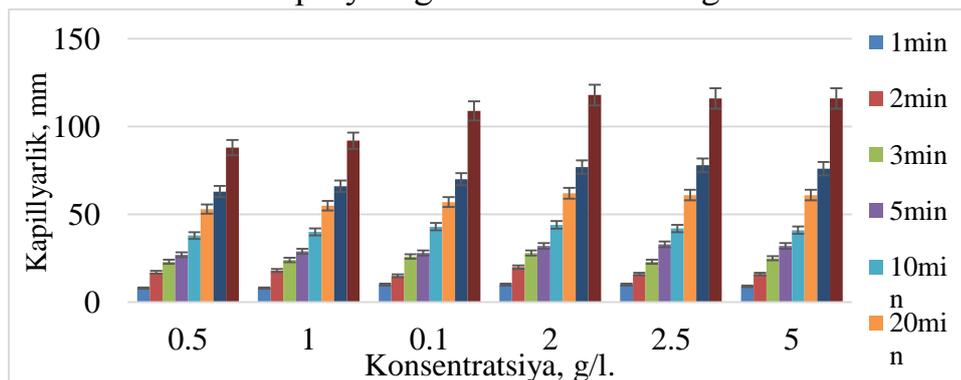
1-rasm. Ikkilamchi selluloza namunalarini IQ spektrlari: a) dastlabki; b) an'anaviy ishlovdan song; c) fermentativ ishlovdan so'ng

Fermentativ ishlov berishdan keyingi namunada kuzatilgan o'zgarishlar: $(\nu)_{\text{O-H}}$ chiziqlari (3334–3278 cm^{-1}) intensivligining biroz kamayishi – gidrogen bog'lar qisman uzilganligi; 1660 cm^{-1} dagi chiziqning yo'qolishi – karbonil aralashmalar olib tashlanganligi; 1200–1000 cm^{-1} oralig'idagi chiziqlarning intensivligi kamaygani va yassi ko'rinish olgani – glikozid bog'larining uzilishi yoki modifikatsiyalanganini bildiradi; 898 cm^{-1} dagi cho'qqi o'zgarmaganligi – bu β -1,4-sellyuloza tuzilmasining saqlanib qolganidan dalolat beradi.

Olib borilgan tadqiqotlar asosida ikkilamchi sellyulozaning ferment bilan o‘zaro ta’sir reaksiyasi quyidagi sxema bilan ifodalanishi mumkin:



Shu bilan birga, mato namunasining gidrofilligi va kapillyarligi bir vaqtda yaxshilanadi. Biosayqallanish turli boshlang‘ich sellulaza konsentratsiyalarida o‘tkazildi. Mato kapillyarligi 2-rasmda keltirilgan.



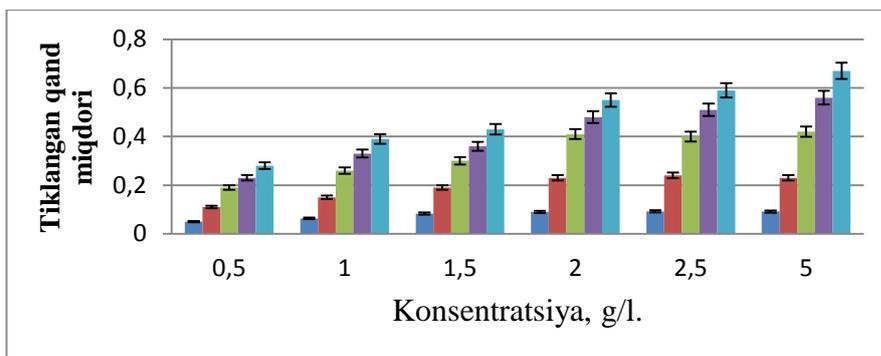
2-rasm. Turli konsentratsiyada fermentativ ishlov berilgan matolarning kapillyarligi

Sinovlar natijasiga ko‘ra, ferment konsentratsiyasi 2 g/l gacha oshganda matoning kapillyarligi ortadi, lekin bundan keyingi konsentratsiya oshirilishi kapillyarlikka sezilarli ta’sir qilmaydi. Biosayqallashdan so‘ng eritmadagi umumiy qand miqdori ham sellulaza konsentratsiyasi ham 2 g/l gacha ortadi. Aniqlanishicha, aynan shu ferment konsentratsiyasi eritmada ikkilamchi sellyulozadan tayyorlangan material yuzasidan tolachalar va tukchalarni deyarli to‘liq olib tashlashni ta’minlaydi.

Keyingi tadqiqotlar sellulaza fermentining 2 g/l konsentratsiyasida olib borildi. Fermentativ ishlov berish samaradorligiga temperatura va vaqtning ta’siri o‘rganildi. Kapillyarlik va qand miqdorining eng yuqori ko‘rsatkichlari 50°C temperaturada kuzatildi. Temperatura 50°C gacha ko‘tarilganda ishlov berish tezligi biokimyoviy jarayonlar qonuniyatlariga muvofiq o‘zgaradi.

Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, qayta tiklangan ikkilamchi sellyulozadan tayyorlangan matoga biosayqallashning maksimal samarasi 1,5–2 soat davomida, sellulaza konsentratsiyasi 1,5–2,0 g/l va temperatura 50–60°C bo‘lganda erishiladi. Har bir eritmada ishlov berish takroriyiligini aniqlash uchun bir xil sharoitda ketma-ket 5 ta xom mato namunasi ishlovdan o‘tkazildi va har bir ishlovdan keyin eritmadagi umumiy qand miqdori aniqlandi (3-rasm).

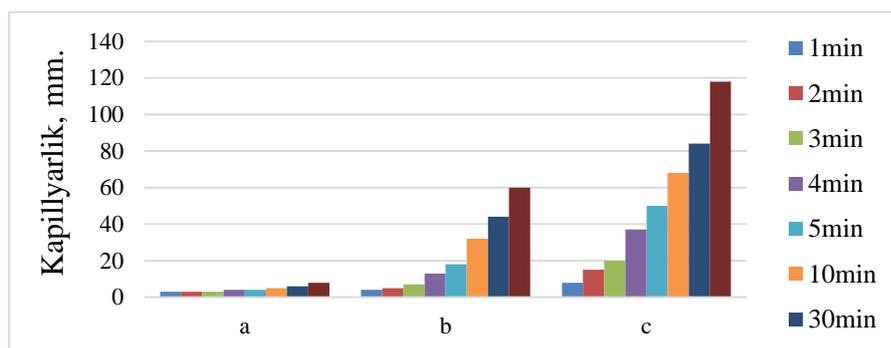
Tiklangan qand miqdori barcha eritmalarda uchinchi namuna ishlovidan keyin mos ravishda ortadi. Ferment konsentratsiyasi 2 g/l gacha bo‘lgan hollarda to‘rtinchi va beshinchi namunalarga ishlov berilgach, tiklangan qand miqdori sezilarli darajada oshmaydi.



3-rasm. Eritmadagi tiklangan qand miqdorining ferment konsentratsiyasi va ishlov berishlar soniga bog'liqligi

Tiklangan qand miqdori barcha eritmalarda uchinchi namuna ishlovidan keyin mos ravishda ortadi. Ferment konsentratsiyasi 2% gacha bo'lgan hollarda to'rtinchi va beshinchi namunalarga ishlov berilgach, tiklangan qand miqdori sezilarli darajada oshmaydi. Bu shuni anglatadiki, har uchinchi ishlovdan so'ng eritmaga hisoblangan miqdorda ferment qo'shilishi lozim. Mos ravishda, fermentning yuqoriroq konsentratsiyalarida esa to'rtinchi va beshinchi ishlovdan keyin ham shakarlar miqdori yetarli darajada ortishda davom etadi.

Ikkilamchi sellyulozadan tayyorlangan biosayqallangan mato kapillyarligi an'anaviy usulda qaynatilgan mato bilan solishtirib o'rganildi. Ma'lumotlar 4-rasmda keltirilgan.



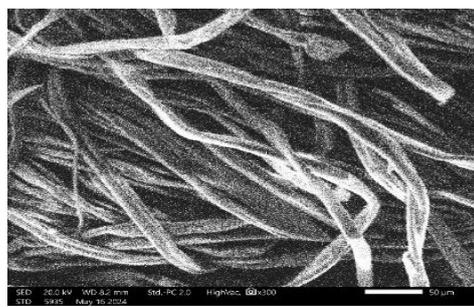
4-rasm. Turli ishlov berish usullarida vaqt davomida matolarning kapillyarligi o'zgarishi. Mato namunalarining turlari: a) ishlov berilmagan; b) an'anaviy ishlov berilgan; c) fermentativ ishlov berilgan

4-rasmdan ko'rinib turibdiki, ikkilamchi sellyulozadan tayyorlangan matoga sellulaza fermenti bilan ishlov berilgach, kapillyarlik an'anaviy qaynatish usulidan keyingisiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Buning sababi shundaki, fermentativ ishlov berish jarayonida aralashmalar to'liq olib tashlanadi, tolalarning yuzaki qatlami yemiriladi, bu esa kapillyarlarning hajmini oshirib, shimuvchanlikni yaxshilaydi.

SEM (skanerlovchi elektron mikroskopiya) natijalariga ko'ra, dastlabki mato namunasi tolalarining yuzasi, katta ehtimol bilan, to'qimachilik ishlab chiqarish jarayonida ishlatilgan ohorlovchi modda bilan qoplangan. Fermentativ tayyorlovdan so'ng tolalar yuzasida ohorlovchi qatlam mavjudligining hech qanday belgisi qolmagan (5- va 6-rasmlar). Fermentativ ishlov berish nafaqat tolalarni iflosliklardan tozalagan, balki ularning yuzasini tekislash va silliqlashga ham yordam bergan. Bu esa tolaning tuzilishida, dastlabki namunaga nisbatan, aniq namoyon bo'lgan.



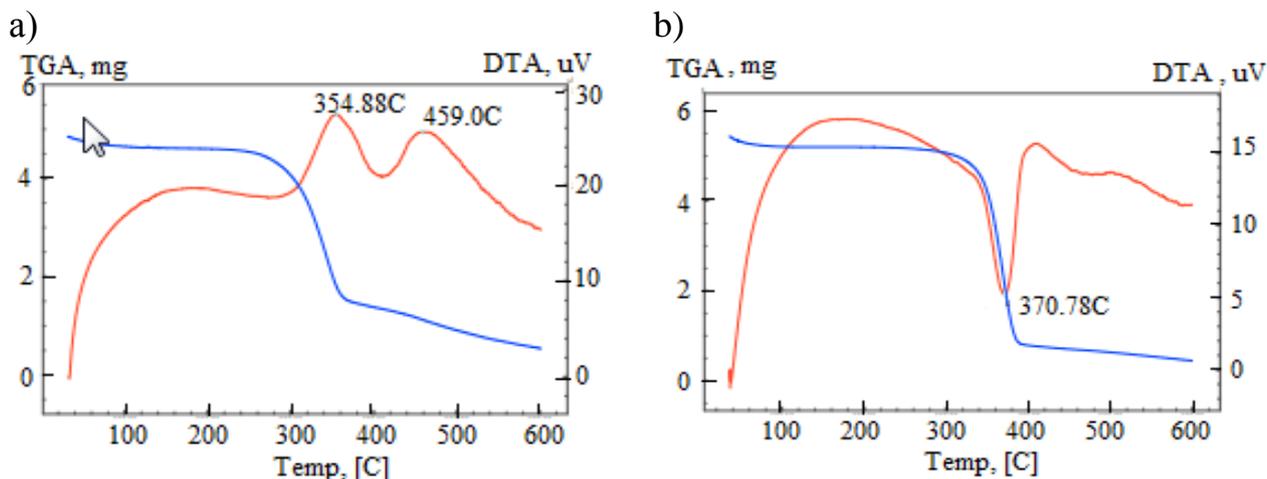
5-rasm. Qayta tiklangan ikkilamchi sellyulozaning dastlabki namunasi yuzasining SEM tasviri



6-rasm. Fermentativ ishlovdan so'ng mato yuzasining SEM tasviri

O'rganilayotgan namunalarning termik xossalari bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi. 7-rasmda dastlabki ikkilamchi sellyulozaning TGA (termogravimetrik tahlil) va DTA (differensial termik tahlil) egri chiziqlari keltirilgan. Termik tahlil namunalar qizdirilganda yuz beruvchi fazaviy o'tish temperaturalarini va issiqlik effektlarini aniqlash bilan birga, modifikatsiya jarayonida yuz bergan o'zgarishlar xarakterini hamda namunalar tozaligini baholash imkonini beradi.

TGA grafigi ham ishlov berilmagan, ham fermentativ ishlovdan o'tgan namunalar uchun uchta xarakterli bosqichni namoyon etadi. Birinchi bosqich xona temperaturasidan 243,29 °C gacha bo'lgan temperatura oralig'iga to'g'ri keladi va 6,101% massa yo'qotilishi bilan kechadi, bu esa fizik adsorbsiyalangan namlikning yo'qolishi bilan bog'liq. Ikkinchi bosqichda (243,29–403,97 °C) asosiy massa yo'qotilishi – 65,808% kuzatiladi. Uchinchi bosqich esa 403,97–601,69 °C temperatura oralig'ini qamrab olib, qo'shimcha 17,045% massa yo'qotilishi bilan xarakterlanadi.



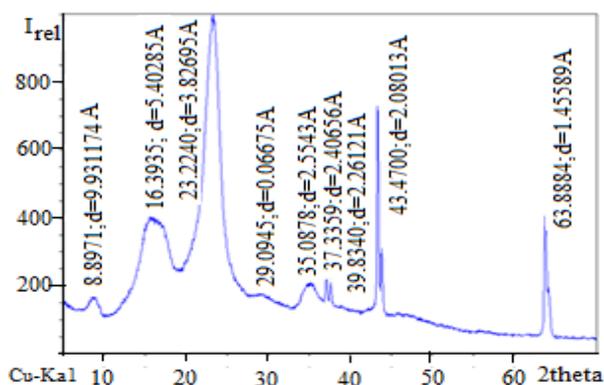
7-Rasm. Ikkilamchi sellyulozaning TGA va DTA egri chiziqlari — fermentativ qayta ishlashdan oldin (a) va keyin (b)

Fermentativ ishlov berilgan namunalar uchun TGA va DTA egri chiziqlari ko'p jihatdan ishlov berilmagan materialning grafiklariga o'xshash, biroq ayrim farqlarni ham namoyon etadi. Ishlov berilgan namunada termik parchalanishning endotermik effekti $-379,13 \text{ J/g}$ ni tashkil qiladi, bu ko'rsatkich ishlov berilmagan analogiga nisbatan pastroqdir. Ushbu o'zgarishlar, ehtimol, sellulaza fermenti ta'sirida tolalar yuzasining modifikatsiyalanishi va sellyuloza matritsasining amorf

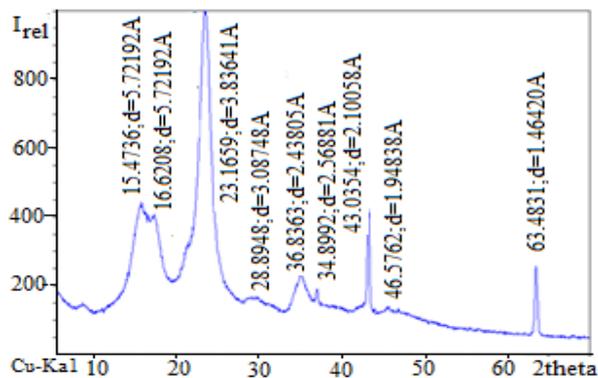
qismining oshishi bilan bog'liq. Parchalanish issiqlik effektining kamayishi, fermentativ ishlov jarayonida selluloza tuzilmasining bir qismi buzilganini va qolgan bog'larni buzish uchun kamroq energiya talab etilishini ko'rsatadi.

Qayta ishlanmagan va biomodifikatsiyalangan ikkilamchi selluloza namunalariga rentgen fazaviy tahlil (XRD) o'tkazildi. 8- va 9-rasmlarda keltirilgan rentgenogrammalardan ko'rinib turibdiki, barcha o'rganilgan namunalar amorf va kristallik struktura elementlariga ega.

Dastlabki matoning difraktogrammasida (8-rasm) kristallik fazaning eng intensiv signali taxminan $23,2^\circ$ (2θ daraja) difraksiya burchagida kuzatiladi, bu signalning absolyut intensivligi 8303 birlikni tashkil etadi. Biomodifikatsiyadan so'ng ikkilamchi sellulozadan tayyorlangan paxta matosida kristallik faza signalining joylashuvi va intensivligi sezilarli darajada o'zgarmaydi: eng kuchli signal $23,16^\circ$ (2θ) da kuzatiladi, uning absolyut intensivligi esa 8385 birlikni tashkil qiladi.



8-rasm. Xom ikkilamchi sellulozadan olingan to'qimaning rentgenogrammasi



9-rasm. Biomodifikatsiyalangan ikkilamchi sellulozadan olingan to'qimaning rentgenogrammasi

Olingan ma'lumotlarga ko'ra, ikkilamchi sellulozadan tayyorlangan dastlabki paxta to'qimasi kristallik darajasi, bioqaynatishdan keyingi to'qimaga nisbatan yuqori. Bu esa to'qima tuzilmasidagi amorf qismining ulushi ortganini ko'rsatadi. Amorf qismining ko'payishi bo'yovchi moddaning tolalar ichiga chuqurroq kirib borishiga yordam beradi.

Qayta tiklangan ikkilamchi sellulozadan tayyorlangan to'qimaning fizik-mexanik xususiyatlari o'rganildi (1-jadval). Qayta ishlov berilgandan so'ng to'qimaning sirt zichligi oshganligi kuzatildi. Buni to'qimaning kapillyar xususiyatlari oshgani bilan tushuntirish mumkin, natijada to'qima havodan namlikni o'ziga singdirgan.

To'qimaning uzilishdagi kuchlanishi yoki tolalarning mustahkamligi, tuzilmasi va geometrik o'lchamlariga bog'liq. Biomodifikatsiya asos va arqoq tolalariga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Sellulaza bilan ishlov berilganda asos bo'ylab uzilishdagi kuchlanish an'anaviy ishlov berishdagidan ham, xom to'qimadagidan ham yuqoriroq bo'ladi. Ammo arqoq bo'ylab to'qima mustahkamligi fermentativ ishlovdan so'ng

taxminan 5% ga kamayadi. Fermentativ ishlov viskozaning mustahkamligini biroz yomonlashtiradi, natijada bunday natija kuzatiladi.

1-Jadval

Ikkilamchi sellulozadan tayyorlangan to‘qimaning fizik-mexanik xususiyatlari

		Ishlov berish usullari		
		Xom	An’anaviy	Sellulaza eritmasida
Uzilish kuchi, N	Asos	429 ± 20	415 ± 18	480±12
	Arqoq	630 ± 25	630 ± 21	598±15
Uzilishdagi cho‘zilish,%	Asos	5,7 ± 1,2	6,0 ± 0,9	6,0 ± 0,5
	Arqoq	10,1 ± 1,2	16,6 ± 1,1	12,7 ± 0,7
Ishqalanishga chidamlilik, sikl		9600 ± 300	12000 ± 200	12500 ± 200
Yuzaki zichlik, g/m ²		308,7 ± 2,5	321,0 ± 2,5	322,6 ± 2,5
Havo o‘tkazuvchanlik, sm ³ / sm ² •s		25,5 ± 1,5	26,1 ± 1,3	27,4 ± 1,0

An’anaviy qayta ishlash (20–25%) va fermentativ qayta ishlash (25–30%) to‘qimaning ishqalanishga chidamliligini oshiradi, bu esa bunday to‘qimalarni ekspluatatsiya sharoitida uzoqroq xizmat qilishiga olib keladi.

Xom to‘qima namunasi uchun havo o‘tkazuvchanlik 25,5 sm³/sm²•s ni tashkil etadi. An’anaviy va fermentativ ishlovdan so‘ng bu ko‘rsatkich 2,3–7,4% ga oshadi. Bu tolalar orasidagi masofaning oshishi bilan izohlanadi, chunki yopishtiruvchi kraxmal qatlami olib tashlanadi va ferment qo‘llanilganda mayda to‘qimalar va tolachalar yo‘qoladi.

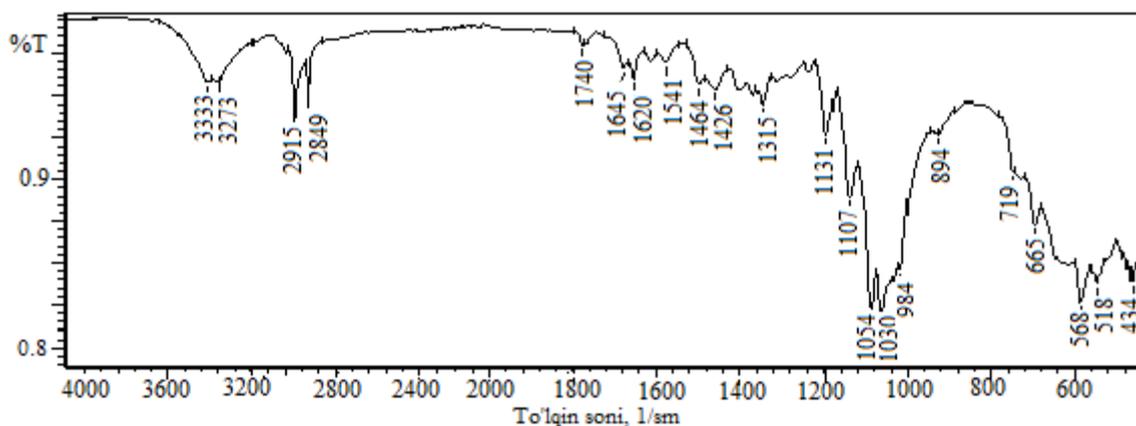
To‘qimachilik materialini ma’lum bir rangga bo‘yash – unga bo‘yovchi modda ta’siri ostida rang berish – to‘qima ishlab chiqarishning muhim bosqichidir.

Ko‘rinishiga ko‘ra, barcha bo‘yalgan to‘qimalar bir xil malina rangida. Yuvishdan oldin biologik usulda tayyorlangan namunalar rang intensivligi an’anaviy usulga o‘xshash. Fermentativ usulda yorug‘lik ko‘rsatkichi an’anaviy usulga nisbatan yuqoriroq. An’anaviy usulda bo‘yalgan to‘qima, biologik usulda bo‘yalgan to‘qimaga qaraganda biroz ochroq. Bu bioqaynatma usulini bo‘yashga tayyorgarlikda qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi.

Bo‘yalgan to‘qimalar uchun quyidagilar aniqlangan: yorug‘likka chidamlilik, quruq va nam ishqalanishga chidamlilik, ter va sovunli ishlov ta’siriga chidamlilik. Barcha namunalar turli ta’sirlarga nisbatan rang chidamliligi juda yuqori. Eng yaxshi natijalar fermentativ tayyorgarlikdan keyin bo‘yalgan namunalarda kuzatildi.

Bo‘yalgan ikkilamchi selluloza namunasi tarkibidagi funksional guruhlarini aniqlash uchun IQ-Furye spektroskopiyasi o‘tkazildi (10-rasm).

3333–3273 sm⁻¹ oralig‘idagi chiziq (ν)_{O-H} sellulozaning gidroksil guruhlarining valent tebranishlariga mos keladi, shuningdek, qolgan namlikni ham ko‘rsatadi. 2915 va 2849 sm⁻¹ da joylashgan chiziqlar (ν)_{C-H} karbon-gidrogen bog‘larining valent tebranishlariga tegishli.

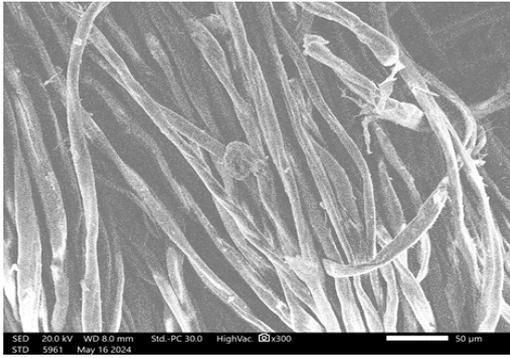


10-Rasm. Biomodifikatsiyadan keyin bo‘yalgan ikkilamchi sellyulozaning IQ-Furye spektroskopiyasi

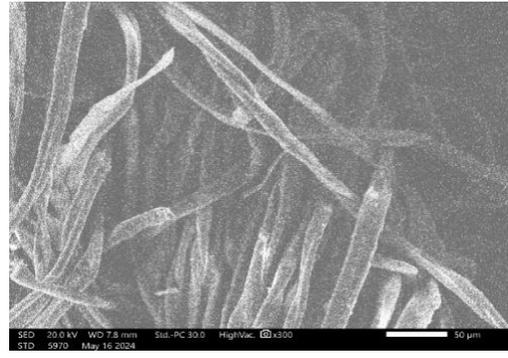
1740 sm^{-1} da joylashgan intensiv chiziq (ν)_{C=O} karbonil guruhining tebranishiga mos keladi, bu esa oksidlanish mahsulotlari yoki bo‘yovchi moddaning funksional guruhlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

1645 va 1620 sm^{-1} da joylashgan chiziqlar suvning deformatsion tebranishlariga va aromatik strukturalardagi C=C bog‘larning tebranishlariga mos keladi, bu esa bo‘yovchi moddaning aromatik fraksiyalarining mavjudligini ko‘rsatadi. 1464–1315 sm^{-1} oralig‘idagi chiziqlar (ν)_{C-H} va ν _{C-O-H} sellyulozaning polisaxarid strukturasi xos bo‘lgan deformatsion tebranishlarga mos keladi. 1107, 1054, 1039 va 984 sm^{-1} da joylashgan chiziqlar (ν)_{C-O-C} va (ν)_{C-O} β -glikozid bog‘larining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, bu sellyulozadagi glikozid qoldirlari o‘rtasidagi bog‘lanishni ko‘rsatadi. 800–700 sm^{-1} oralig‘idagi chiziqlarda o‘zgarishlar bo‘yovchi moddaning sellyuloza bilan xlor almashinuvi reaksiyasi orqali bog‘lanish mexanizmini to‘g‘ridan-to‘g‘ri tasdiqlaydi, bu esa bo‘yovchi moddaning to‘qimaga mustahkam bog‘lanishining asosiy bosqichidir. IQ- spektroskopiyasi biomodifikatsiyadan keyin bo‘yalgan sellyuloza to‘qimasida bo‘yovchi moddaning kimyoviy bog‘lanishini tasdiqlaydi, bu esa bo‘yovchi moddaning xos chiziqlarining saqlanishi bilan birga ularning intensivligi va joylashuvidagi o‘zgarishlarda, ayniqsa 800–700 sm^{-1} oralig‘ida, aromatik strukturalarning sellyuloza matritsasi bilan o‘zaro ta’sirini aks ettiradi.

Shuningdek, 11- va 12-rasmlarda an’anaviy va fermentativ ishlovdan keyin faol bo‘yovchi modda bilan bo‘yalgan paxta to‘qimalarining sirt morfologiyasi o‘rganildi. 11-rasmda ortiqcha qo‘shimchalar mavjudligi ko‘rinmoqda. Ortiqcha qo‘shimchalar to‘qima yuzasidan yordamchi moddalarni to‘liq olib tashlanmaganini bildiradi. Fermentativ ishlovdan (12-rasm) keyin bo‘yalgan to‘qima xom paxta to‘qimasining yuzasidagi deyarli barcha aralashmalarni olib tashlash imkonini berdi. Biroq to‘qima atrofida bo‘yovchi moddani yig‘ilishi kuzatilmaydi. Bu esa bo‘yovchi moddaning ikkilamchi paxta tolasi ichiga to‘liq shimib olganini ko‘rsatadi.

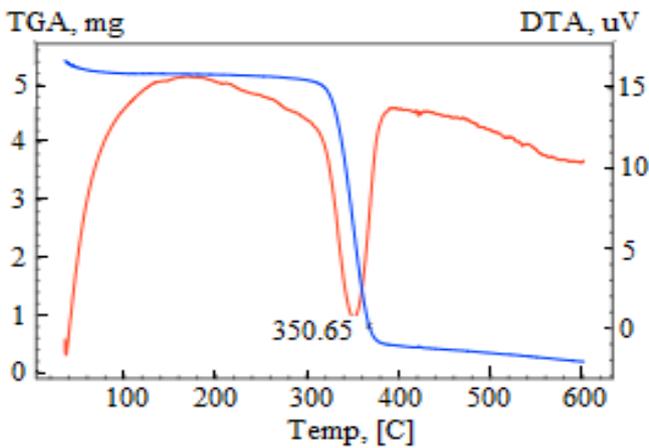


11-rasm. SEM tasviri: an'anaviy usulda ishlov berilganidan keyin bo'yalgan paxta to'qimalarining yuzasi



12-Rasm. SEM tasviri: fermentativ usulda ishlov berilganidan keyin bo'yalgan paxta to'qimalarining yuzasi

Biomodifikatsiyadan keyin bo'yalgan ikkilamchi sellyuloza namunalarida termik tadqiqotlar o'tkazildi. Ularning TGA va DTA egri chiziqlari 13-rasmda keltirilgan.



13-Rasm. Biomodifikatsiyadan keyin bo'yalgan ikkilamchi sellyulozaning TGA va DTA egri chiziqlari

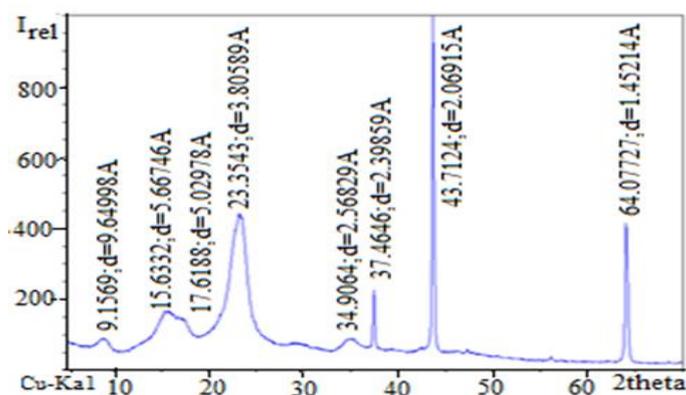
TGA bo'yalgan namunalarida termik parchalanishning uch bosqichi aniqlangan. Birinchi bosqichda, 286,56 °C gacha bo'lgan temperaturada, 5,809% ga teng bo'lgan kichik massa yo'qotilishi qayd etilgan, bu fermentativ ishlovdan yoki bo'yashdan o'tmagan

namunalar uchun olingan ko'rsatkichlarga nisbatan past. Bu esa bo'yalgan matritsada namlik va uchuvchan komponentlarning yaxshiroq saqlanishi bilan izohlanishi mumkin.

Sellyulozaning asosiy termik destruksiya bosqichi 389,51°C dan yuqori temperaturalarda sodir bo'ladi va taxminan 96,46% massa yo'qotilishi bilan kechadi. Sellyuloza matritsasining parchalanishi, bo'yalmagan materialda -379,13 J/g, bo'yalganida esa -569,99 J/g ga teng bo'lgan kuchli endotermik effekt bilan birga kechadi. Termik effektning oshishi sellyulozaning va organik bo'yovchi moddaning parchalanish temperatura diapazonlarining kesishuvi bilan bog'liq bo'lib, materialning bu temperatura intervalida yanada kuchliroq termik parchalanishiga olib keladi.

Bo'yalgan ikkilamchi sellyuloza to'qimalarning struktura-fazaviy xususiyatlari o'rganildi. 14-rasmda biomodifikatsiyadan keyingi bo'yalgan ikkilamchi sellyuloza namunalarining rentgenofazaviy tahlili (XRD) ko'rsatilgan.

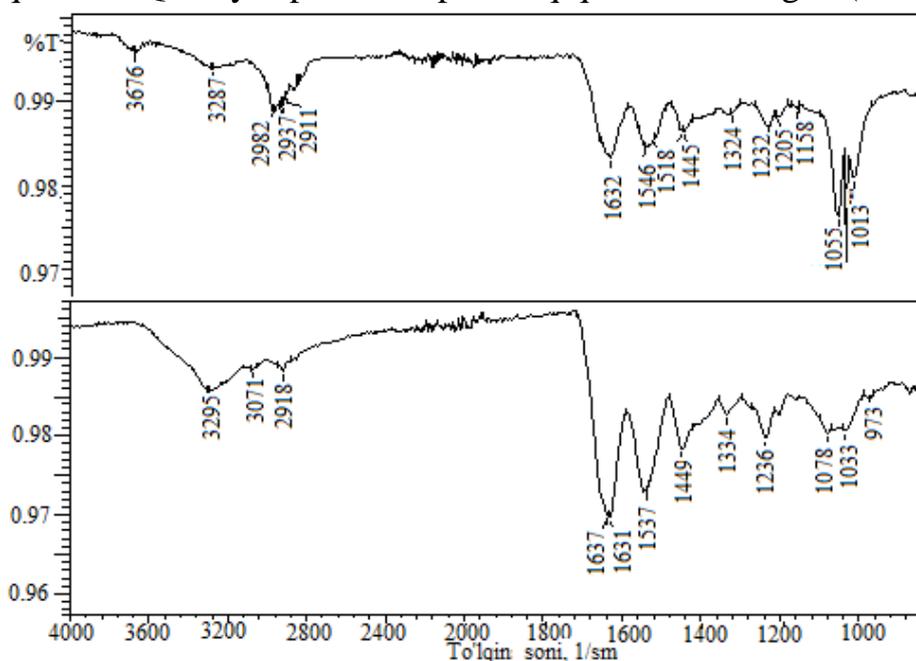
14-rasmdan ko'rinib turibdiki, biomodifikatsiyadan keyin bo'yalgan ikkilamchi sellyulozali paxta to'qimasi uchun, kristall fazaga oid eng intensiv signal (2θ)=43,71° burchakda kuzatiladi va uning absolyut intensivligi -17848 (100 %) ga teng.



14-rasm. Biomodifikatsiyadan keyin bo‘yalgan ikkilamchi sellyulozaning rentgenogrammasi

To‘rtinchi bob – «**Proteaza fermenti yordamida oqsil asosidagi ikkilamchi tolali massani biomodifikatsiyasi**»da, teri sanoati chiqindilaridan olingan ikkilamchi xromli qirindisining proteaza fermenti yordamida biomodifikatsiyasi bo‘yicha tadqiqot natijalari muhokama qilingan.

Biomodifikatsiya jarayonlarining o‘zaro ta’siri va kimyoviy mexanizmini aniqlash maqsadida IQ-Furye spektroskopik tadqiqotlar o‘tkazilgan (15-rasm).

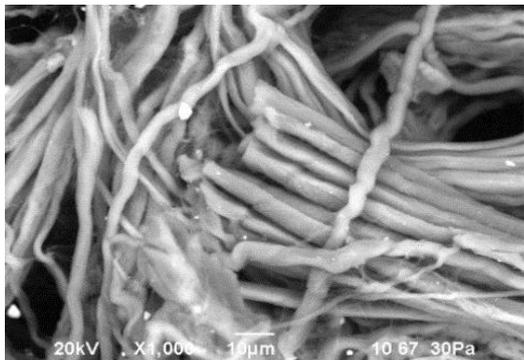


15-rasm. Biomodifikatsiyadan oldingi (a) va keyingi (b) xromli qirindilarining IQ-Furye spektroskopiyasi

Xromli qirindilarning FT-IR spektrida oqsil moddalariga tegishli bog‘larning valent (ν) va deformatsion (δ) tebranishlariga xos bo‘lgan yutish chiziqlari aniqlangan (15-rasm, a): 3287 cm^{-1} – (ν)_{N-H}, (ν)_{O-H}; 2982 va 2911 cm^{-1} – (ν)_{C-H}; 1632 cm^{-1} – (ν)_{C=O}; 1546 cm^{-1} – (δ)_{N-H}; 1445 cm^{-1} – (ν)_{C-H}; 1324 va 1232 cm^{-1} – (ν)_{C-N}, (δ)_{N-H}; 1205 – 1013 cm^{-1} – (ν)_{C-N}, (ν)_{C-O}. Fermentativ qayta ishlashdan keyin 1637 va 1537 cm^{-1} sohalardagi amid chiziqlarining intensivligi sezilarli darajada kamaygan (15-rasm, b), bu fermentlar ta’sirida oqsil matritsasining qisman parchalanishini ko‘rsatadi. Bu esa kollagenning samarali gidrolizini tasdiqlaydi, 1200 – 1000 cm^{-1} diapazonida cho‘qqilarni paydo bo‘lishi va intensivligi ortishi kuzatiladi. Ushbu soha (ν)_{C-O} va (ν)_{C-C} tebranishlariga xos bo‘lib, kollagenning parchalanish mahsulotlari – peptidlar va uglevod komponentlarining shakllangani bilan bog‘liq. 3300 cm^{-1}

atrofidagi keng $(\nu)_{N-H}$; $(\nu)_{O-H}$ chiziqlarining torayishi va intensivligining kamayishi suv miqdorining pasayishi hamda oqsildagi amin guruhlarni parchalanishi bilan izohlanadi. 2900 cm^{-1} $(\nu)_{C-H}$ tebranishlardagi minimal o'zgarishlar esa lipid qoldiqlarining alkil zanjirlari amalda saqlanib qolganini ko'rsatadi.

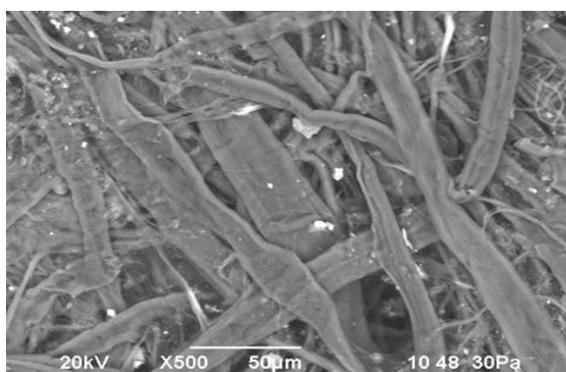
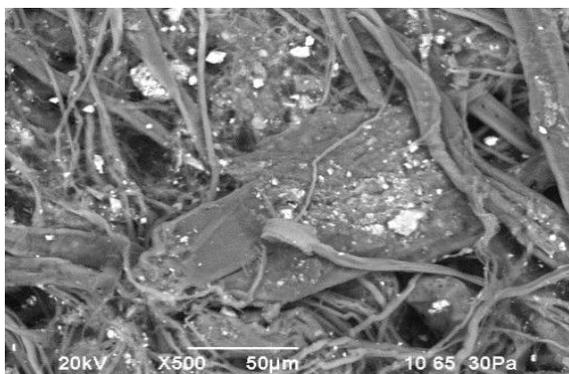
SEM tasvirlari esa biomodifikatsiyadan so'ng xromli qirindilarining tuzilmasida sezilarli o'zgarishlarni tasdiqladi: kollagen tolalarini parchalanishi, bo'laklanishi va zichlashganligi, organik matritsaning chuqur degradatsiyasidan darak beradi (16-rasm).



16-rasm. Biomodifikatsiyalangan xromli qirindilari yuzasining SEM tasviri

Ochiq sohalar va g'ovak tuzilmaning paydo bo'lishi oqsil komponentlarning sezilarli qismi olib tashlanganini tasdiqlaydi, bu esa IQ-Furye spektroskopiyasi natijalari bilan mos keladi. Eksperimental tolali material namunalari xromli qirindilari, proteaza

eritmasi (2 g/l) bilan biomodifikatsiyalangan va makulatura aralashirilishi orqali olindi. Massaviy nisbat xromli qirindi: makulatura = 50:50 bo'lgan kompozitsion material bo'yicha SEM-EDS tadqiqotlari o'tkazildi. Kompozitsion materialning ikki namunasi o'rganildi: birinchi namuna uchun yelimlovchi vosita sifatida akril emulsiyasi ishlatilgan, ikkinchisida esa oshlanmagan charm chiqindilaridan olingan kollagenli eritma qo'llanilgan (17-rasm).



17-rasm. Massaviy nisbat makulatura: biomodifikatsiyalangan xromli qirindi = 50:50 bo'lgan aralashmadan olingan kompozitsion tolali massalarning SEM tasvirlari, yuqoridan ko'rinishi: A) akril emulsiyasi bilan; B) kollagen saqlovchi eritma bilan

17-rasm A da tolalar o'zaro chambarchas bog'langan zich tuzilma kuzatiladi, biroq ularning bir qismi ehtimol akril emulsiyasi qoldiqlari bo'lgan, sirt bo'ylab bir tekis taqsimlangan plyonka shaklidagi modda bilan qoplangan. 17-rasm B da kollagen saqlovchi eritma qo'shilganidan so'ng, tolalar bir tekis joylashgan, aniq chegaralarga ega, deyarli yopishmagan va plyonka hosil qilmagan. Tuzilma hali ham to'rsimon va ochiq holda saqlangan bo'lib, tolalar orasidagi kanallar aniq ko'rinadi.

Akril emulsiyasi zich va qattiq struktura hosil qilsa, kollagen esa materialda g'ovaklik, tartiblilik va elastiklikni taminlaydi.

Material xossalariiga tolali massaning maydalanish darajasi ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Optimal maydalash vaqti – 5 daqiqa. Kamroq vaqt berilganida maydalanish darajasi past bo'ladi. Vaqtni oshirish esa ijobiy natija bermaydi, aksincha, tolalarning dispersligini yomonlashtirib, ShR° ko'rsatkichini pasaytiradi.

Biomodifikatsiyalangan xromli qirindilari va ikkilamchi selluloza asosida olingan tolali massa charm mahsulotlari, jumladan, poyabzal detallari ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin.

XULOSA

1. To'qimachilik chiqindilaridan qayta tiklangan ikkilamchi selluloza-sellulaza fermenti yordamida va xrom bilan oshlangan charm chiqindilari proteaza yordamida biokimyoviy modifikatsiyadan o'tkazildi. Eng samarali biomodifikatsiya natijalari ferment konsentratsiyasi 1,5–2 g/l, temperatura 50–60°C va vannaning moduli 1:20 bo'lgan sharoitda, 1,5–2 soat davomida kuzatildi.

2. Selluloza fermenti ikkilamchi sellulozaning β -1,4-glikozid bog'larini gidroliz qilish orqali biokatalizator sifatida xizmat qiladi, karbonil tutuvchi iflosliklarni yo'qotishga yordam beradi. Neytral proteaza ishtirokida xrom bilan oshlangan charm chiqindilari tarkibidagi kollagenning peptid bog'lari selektiv tarzda gidrolizlanadi.

3. Biokimyoviy modifikatsiya natijasida ikkilamchi sellulozaning tuzilmasi sezilarli darajada yaxshilanadi, kollagenning birlamchi tuzilmasi qisman buziladi, ammo uch spiralga ega bo'lgan yirik molekulyar tuzilma to'liq yemirilmaydi. Bu tolalar yuzasida funksional guruhlarning (–OH,–NH₂,–COOH) mavjudligini oshiradi, natijada materialning gidrofilligi, reaktivligi va sorbsiya xossalari kuchayadi.

4. Fermentativ modifikatsiyadan so'ng ikkilamchi sellulozaning mustahkamligi 12–15% ga, ishqalanishga chidamliligi 4–30% ga, havo o'tkazuvchanligi esa 5–8% ga ortadi. Biosayqallanishdan so'ng sellulozaning kristallik darajasi 54,7% dan 52,6% gacha kamayadi, bo'yovchi bilan bo'yalganidan keyin esa 64,1% gacha oshadi – bu bo'yovchining tolalarga yaxshi diffuziyalanishi va sorbsiyasi bilan izohlanadi. Bo'yalgan selluloza tolalari yorug'lik, quruq va nam ishqalanish, ter va sovunli ishlov berishga nisbatan yuqori chidamlilikka ega.

5. Biomodifikatsiyalangan xromli qirindilari va ikkilamchi selluloza asosidagi tolali massa charm mahsulotlarini, jumladan, poyabzal detallari ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli qo'llanishi mumkin. Biomodifikatsiyalangan taglik materialining mustahkamligi ishqoriy modifikatsiya qilingan namunaga nisbatan 5,0% ga, sanoat namunaga nisbatan esa 21,7% ga oshdi, ikki martalik bukilish soni esa 66,7% ga ko'paydi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.01/2025.27.12.К.04.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ЧИРЧИКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ПЕДАГОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ЖУРАЕВА ГУЛНОЗА АБДУРАШИТ КИЗИ

**БИОХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ВТОРИЧНОГО
ВОЛОКНИСТОГО СЫРЬЯ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2025.1.РhD/К929.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.espi.uz/itm-y-kenqash/) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNET» (www.ziyo.net/uz).

Научный руководитель:

Рафиков Алхам Салимович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Каримов Махмуд Муратович
доктор химических наук, профессор
Юлдашев Шерзод Абдуллаевич
доктор химических наук,
старший научный сотрудник

Ведущая организация:

Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится "5" II 2026 года в 19:00 часов на заседании Научного совета ДSc.01/2025.27.12.К.04.04 при Чирчикском государственном педагогическом университете (Адрес: 111720, Ташкентская область, г. Чирчик, ул. Амир Темура, 104. Тел.: (0371) 716-68-05, факс (0371) 716-68-11; e-mail: tvchdri_k.kenqash@mail.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Чирчикского государственного педагогического института (Адрес: 111720, Ташкентская область, г. Чирчик, ул. Амир Темура, 104. Тел.: (0371) 716-68-05, факс (0371) 716-68-11 (зарегистрирована за № 44/1)).

Автореферат диссертации разослан «19» II 2026 года.
(реестр протокола рассылки № 30 от «19» II 2026 года).

О.Э. Зиядуллаев
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.х.н., профессор

Г.К. Отамухамедова
научный секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, д.х.н.

Д.Ж. Бекчанов
Председатель научного семинара
по присуждению учёных степеней,
д.х.н., профессор



ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире текстильная и легкая промышленность стала перспективным рынком развивающихся стран благодаря растущему спросу потребителей на повседневные и инновационные товары. К сожалению, в настоящее время во многих отраслях экономики, в том числе в текстильной промышленности, все больше ощущается сырьевая проблема, происходит повышение стоимости природных и энергетических ресурсов. В то же время накапливаются огромное количество технологических и бытовых волокнистых отходов, восстановление и повторное использование которых представляет важное экологическое и экономическое значение.

В мире проводятся широкие исследования и выполняются проекты по фундаментальным и прикладным вопросам целевой утилизации волокнистых отходов, реализованы процессы их восстановления в качестве вторичного сырья. Очевидно, для получения материалов и изделий высокого качества из вторичного сырья необходима их предварительная подготовка с целью модификации поверхности, восстановления первичной структуры и функциональных свойств волокон. В последнее время по сравнению с физической и химической модификацией предпочтение отдается биологической модификации, как более щадящего, экономичного, экологичного и селективного способа. Известно успешное применение ферментативной модификации для биополировки материалов из первичных природных волокон, тогда как для вторичных волокон реализация потенциала биохимической модификации ждут своего решения.

Текстильная промышленность Республики Узбекистан, по сути, является локомотивом экономики страны, ввиду сложившейся структуры отраслей производства, выгодных природных условий и сложившихся традиций для выращивания природного волокнистого сырья. Именно это отрасль становится площадкой для внедрения перспективных, инновационных разработок и технологий, достигнуты определенные результаты по переработке бытовых и технологических волокнистых отходов. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы¹ определены задачи «к 2026 году довести сбор бытовых отходов до 100%, уровень их переработки от 21 до 50%». При решении этих задач особое значение приобретает создание научных и практических решений по комплексной переработке волокнистых отходов на основе экологических принципов, научно-практическая реализация биохимической модификации вторичного волокнистого сырья природных полимеров.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

Узбекистана на 2022-2026 годы», УП-5 от 4 января 2024 года «О мерах по совершенствованию системы управления отходами и снижению их негативного воздействия на экологическую ситуацию», Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4453 от 16 сентября 2019 года «О мерах по дальнейшему развитию легкой промышленности и стимулированию производства готовой продукции», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химия, химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Вопросы, посвящённые ферментативному гидролизу первичной целлюлозы, за рубежом изучались в работах таких ученых, как Р.Л. Гаутам, А.К. Бхарадвадж, Y. Yu, Q. Wang, E. Repetto, C.R. Ramirez и др. В нашей Республике исследования в области ферментативной обработки хлопковой целлюлозы проводили М.З. Абдукаримова, И.А. Набиева, Д.Б. Худойбердиева и др. Основное внимание исследователей уделяется проведению ферментативной обработки первичных волокон и изделий из них, но не уделяется должное внимание исследователей вопросам устранения недостатков вторичной целлюлозы, как сырья для текстильных изделий, улучшения эксплуатационных свойств этих изделий.

Исследования, посвящённые переработке и утилизации кожевенных отходов в целях решения экологических проблем, были выполнены зарубежными специалистами, такими как Velusamy M., Bhavya B., Jiri P., Marina V., Silvia P., Jiri P., Murali S., Simeonova L., Dalev P. и другими. В нашей Республике вопросы обработки отходов кожевенной промышленности рассмотрены в трудах Н.Б. Мирзаева, С.Ш. Ташпулатова, Н.Р. Кадировой и ряда других исследователей. Значимые результаты были получены при использовании белкового гидролизата, выделенного из отходов шкур крупного рогатого скота, а также его модифицированных сополимеров при шлихтовании хлопковой пряжи, равно как и при проведении щелочного гидролиза дублёных отходов. Тем не менее, вопросам биохимической модификации дублёных материалов, а также получению, исследованию и практическому использованию биомодифицированной волокнистой массы, содержащей одновременно целлюлозные и белковые компоненты, уделялось недостаточного внимания.

Связь диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Данное диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом проведения фундаментальных научно-исследовательских работ Ташкентского института текстильной и легкой промышленности по темам IL-4821091581 «Биохимическая модификация целлюлозных текстильных материалов» (2022-2024 гг.) и FL-9024093557 «Научные и практические основы

комплексной переработки полимерных отходов на основе экологических принципов» (2025-2029 гг.).

Целью исследования является определение основных зависимостей биохимической модификации вторичного волокнистого сырья природных полимеров.

Задачи исследования:

определение условий биохимической модификации вторичной целлюлозы ферментом целлюлаза и кожевенных отходов ферментом протеаза;
установление реакций взаимодействия целлюлазы с вторичной целлюлозой и протеазы с хромовой стружкой отходов дубленой кожи;

определение микроструктуры, строения, морфологии модифицированных образцов вторичной целлюлозы и хромовой стружки отходов кожи;

определение зависимости физико-механических и колористических свойств материалов из вторичных волокон от метода и условий их модификации;

получение и исследование свойств обувной стельки на основе модифицированных отходов дубленой кожи.

Объектом исследования являются восстановленное из текстильных отходов вторичная целлюлоза, отходы дубленой кожи – хромовая стружка (ХС), ферменты – целлюлаза и протеаза, активный краситель, реагенты для подготовительных процессов ($NaOH$, H_2O_2 , Na_2SiO_3 , Na_2CO_3 , ПАВ), коллагенсодержащий раствор (КР), акриловая эмульсия (АЭ), макулатура класса MS-6.

Предметом исследования являются процессы биохимической обработки волокнистых отходов, параметры модификации, морфология, элементный состав, структурные, физико-механические, термические и прикладные свойства модифицированных вторичной целлюлозы, коллагена хромовой стружки и функциональных материалов на их основе.

Методы исследования. В диссертации использованы ИК-Фурье спектроскопия, дифференциально-термический анализ (ДТА), сканирующая электронная микроскопия (SEM-EDX) с системой микроанализа, рентгенофазовый анализ, колориметрия, стандартные методы исследования механических и гигиенических свойств волокнистых материалов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены температурно-временные и концентрационные зависимости взаимодействия вторичной целлюлозы с ферментом целлюлаза, способствующей восстановлению первичной текстуры и улучшению морфологии материала;

доказано максимальное удаление примесей и волоконца с поверхности вторичной целлюлозы в процессе биомодификации, что приводит к улучшению капиллярно-пористой структуры и свойств материала;

доказано эффективность и селективность протеазы в процессе ферментативного гидролиза коллагена дубленых кожевенных отходов в виде хромовой стружки при минимальном расходе реагентов;

установлено, что одновременное улучшение пористости и микроструктуры, увеличение внутреннего объема волокон способствует лучшей сорбции и фиксации красителя, а также более равномерному распределению красящего раствора внутри целлюлозного волокна.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

определены альтернативные условия биохимической модификации в процессах подготовки, крашения, заключительной отделки целлюлозных текстильных материалов;

определены технологические параметры модификации, физико-механических и эксплуатационных свойств целлюлозных текстильных материалов и отходов кожи;

определены состав красильного раствора, концентрация компонентов раствора, время и температура процессов крашения и термофиксации для получения качественных окрасок на поверхности волокон материала;

получена биомодифицированная волокнистая масса отходов дубленой кожи и макулатуры, акриловой эмульсии и произведена упаковочная бумага и обувная стелька на их основе.

Достоверность результатов исследования обоснована соответствием результатов современной теории ферментативного катализа и требованиям стандартов, проведением экспериментальных исследований с привлечением физико-химических методов – ИК-Фурье спектроскопии, ДТА, SEM-EDX, рентгенофазового анализа, колориметрии.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в установлении каталитического воздействия фермента целлюлазы на разрыв гликозидных связей целлюлозы, а фермента протеазы на разрыв пептидных связей природного белка с определением оптимальных условий ферментативных процессов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в восстановлении текстуры и улучшении свойств текстильного полотна из вторичной целлюлозы после ферментативной биополировки, применением биомодифицированной хромовой стружки в композиции с вторичной целлюлозой для получения основной обувной стельки.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по биомодификации вторичной целлюлозы и отходов кожи:

биомодифицированная и окрашенная ткань из вторичной целлюлозы внедрена для спецодежды на предприятии ООО «Nur Tex» (справка ассоциация «УЗТЕКСТИЛЬПРОМ» 2025 г. “19” сентября № 02/25-2228). Использование биомодифицированной ткани позволяет повысить качество проектирования спецодежды, обеспечить точность обработки, сократить материальные и трудовые затраты за счет использования вторичного целлюлозного сырья, а также сэкономить время на производство спецодежды;

волокнистая масса, полученная в результате биомодификации отходов кожи и вторичной целлюлозы, внедрена в производство основных стелек обуви

на предприятии ЧП «Umid Fashion Grand» (справка ассоциация «УЗТЕКСТИЛЬПРОМ» 2025 г. “19” сентября № 02/25-2228). Это позволило увеличить срок службы подошвы и обуви, освободить полезные площади кожевенно-обувного предприятия от отходов, а также снизить их негативное воздействие на окружающую среду.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 14 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 21 научных работ. Из них, 4 научных статей, в том числе 2 в республиканских и 2 в зарубежных (2 из них входят в базу Скопус) журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Проблемы модификации вторичного волокнистого сырья»** приведена оценка научных исследований и результаты анализов по источникам опубликованных работ, связанных с темой диссертации. Анализируются современное состояние технологии получения волокнистой массы для бумажного и обувного производства.

Во второй главе диссертации под названием **«Методы модификации вторичного волокнистого сырья и исследования свойств материалов»** приведены характеристики объектов исследований, методика биополировки вторичной целлюлозы, окрашивания, биомодификации хромовой стружки дубленых отходов кожи, метод отлива бумажного листа из биомодифицированной волокнистой массы, методы исследования физико-химических и механических свойств волокнистой массы и средств измерений.

Биохимическая модификация вторичной целлюлозы осуществлена в растворе целлюлазы различной концентрации, при определенной температуре и времени. Степень модификации оценена по количеству редуцированных сахаров и капиллярности хлопковых тканей. Ферментативную модификацию хромовой стружки произвели в растворе протеазы. Затем произведен помол

хромовой стружки на лабораторной мельнице – гидроразбавителе до степени помола 60-65 °ШР.

Биомодифицированную волокнистую массу хромовой стружки, вторичной целлюлозы и проклеивающего полимера использовали для отливки упаковочного композиционного материала на лабораторной бумагоделательной машине.

В третьей главе под названием «**Биомодификация вторичной целлюлозы ферментом целлюлазы**» обсуждены результаты исследований. Проведена ферментативная обработка исследованной ткани из вторичной целлюлозы с помощью целлюлазы, как наиболее эффективный способ устранения недостатков вторичного сырья.

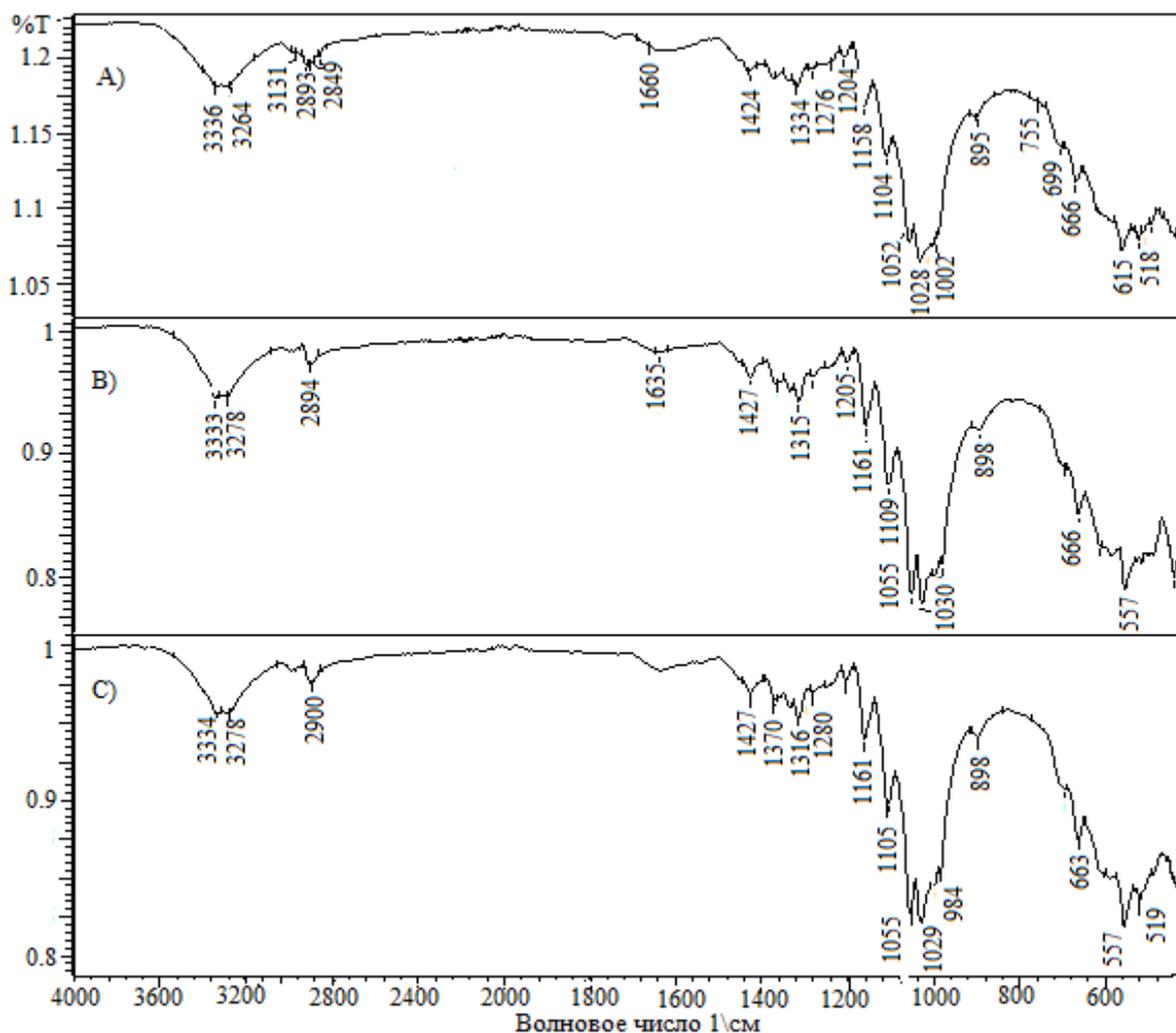


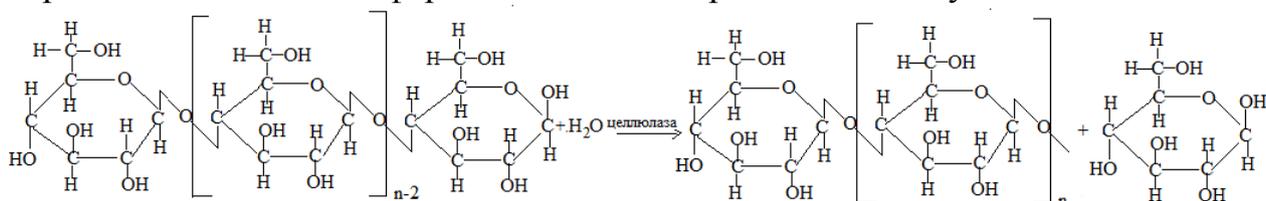
Рисунок 1. ИК спектры вторичной целлюлозы: а) исходная вторичная целлюлоза б) после традиционной обработки в) после ферментативной обработки

Изменения микроструктуры вторичной целлюлозы в процессе биополировки установлено методом ИК-Фурье спектроскопического исследования. ИК-Фурье исходного образца (рисунок 1) характеризуется: полосами поглощения при 3336 и 3264 см⁻¹ ν_{O-H}; в области 2931–2849 см⁻¹ ν_{C-H}; пиком при 1660 см⁻¹ (карбонильных примесей, остаточный лигнин, белки); в области 1200–1000 см⁻¹ ν_{C-O}, δ_{C-O} в полисахаридной матрице; пиком при ~895 см⁻¹ (β-гликозидная связь (β-1,4) целлюлозы).

ИК-Фурье образца после традиционной обработки отличается сближением пиков полосы ν_{O-H} – водородные связи менее разрушены; наличием полосы при 1635 см^{-1} , что может свидетельствовать о присутствии остаточных примесей (лигнина); более выраженными и резкими пиками в области $1200\text{--}1000\text{ см}^{-1}$, указывающими на частичную кристалличность структуры; сохранением β -гликозидного пика при 898 см^{-1} .

ИК-Фурье образца после ферментативной обработки демонстрирует следующие изменения. Незначительное уменьшение интенсивности полос ν_{O-H} ($3334\text{--}3278\text{ см}^{-1}$), что указывает на некоторое разрушение водородных связей. Исчезновение полосы при 1660 см^{-1} , свидетельствующее об удалении карбонильных примесей; снижение интенсивности и уплощение полос в области $1200\text{--}1000\text{ см}^{-1}$, что указывает на разрушение или модификацию гликозидных связей; сохранение пика при 898 см^{-1} , что говорит о сохранении структуры β -1,4-целлюлозы.

На основании проведенных исследований реакцию взаимодействия вторичной целлюлозы с ферментом можно представить следующей схемой:



При этом одновременно улучшается гидрофильность и капиллярность образца ткани. Биополировка проведена при различных начальных концентрациях целлюлазы. Капиллярность тканей приведена на рисунке 2.

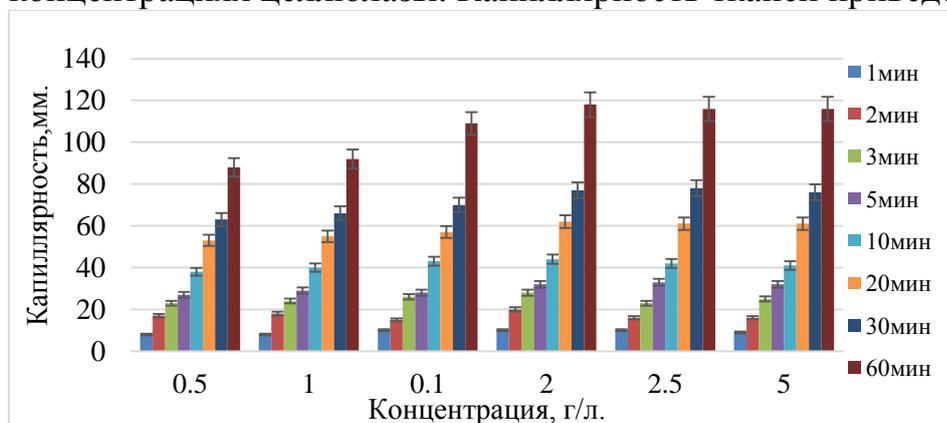


Рисунок 2.
Капиллярность тканей, после ферментативной обработки при различных концентрациях фермента

По результатам испытаний видно, что с возрастанием концентрации фермента до 2 г/л капиллярность возрастает, при дальнейшем увеличении концентрации существенно не изменяется. Общее количество сахаров в растворе после биополировки также увеличивается до концентрации целлюлазы 2 г/л . Видимо, такая концентрация фермента в растворе обеспечивает почти полное удаление волоконца и катышек с поверхности материала из вторичной целлюлозы.

Дальнейшие исследования проводили с концентрацией 2 г/л фермента целлюлазы. Исследовано влияние температуры и времени обработки на эффективность ферментативной обработки. Самые высокие показатели

капиллярности и количества сахаров достигнуты при температуре 50°C. С повышением температуры до 50°C скорость обработки изменяется по закономерностям биохимических процессов.

По результатам исследований выявлено, что максимальный эффект биополировки ткани из восстановленной вторичной целлюлозы достигается в течение 1,5-2 часов при концентрации целлюлазы 1,5-2,0 г/л и температуре 50-60°C. Для выяснения частоты обработки в каждом растворе последовательно обрабатывали 5 образцов суровой ткани при одинаковых условиях и определяли общее количество сахаров после каждой обработки (рисунок 3).

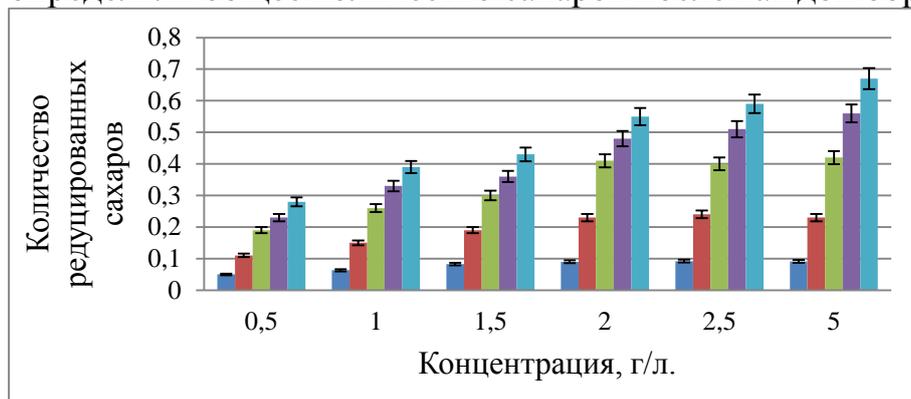


Рисунок 3. Зависимость количества редуцированных сахаров в растворе от концентрации фермента и кратности обработок

Количество редуцированных сахаров адекватно увеличивается до третьего образца во всех растворах. При концентрациях фермента до 2 г/л после обработки четвертых и пятых образцов количество редуцированных сахаров растет незначительно. Это означает, что после каждой третьей обработки в раствор нужно добавлять фермент в расчетном количестве. Соответственно при более высоких концентрациях фермента количество сахаров продолжает расти адекватно после четвертого и пятого обработок.

Капиллярность для биополированной ткани из вторичной целлюлозы исследована в сравнении с тканью, отварка которой произведена традиционным способом. Данные представлены на рисунке 4.

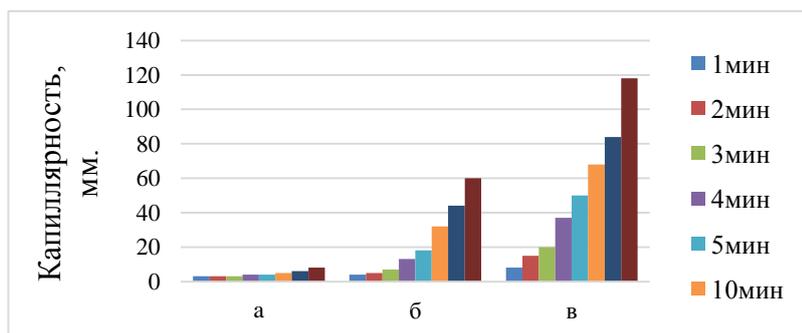


Рисунок 4. Изменение капиллярности тканей во времени при различных способах обработки. Образцы тканей:
а) не обработанная;
б) традиционная и
в) ферментативная обработка

Как видно из рисунка 4 после обработки ткани, изготовленной из вторичной целлюлозы, с применением фермента целлюлазы капиллярность намного выше, чем после традиционной отварки. Это объясняется тем, что при обработке ферментативным способом примеси полностью удаляются, разрушается поверхностный слой волокон, что увеличивает объем капилляров, улучшая впитываемость.

Согласно результатам СЭМ поверхность волокон исходной ткани покрыта слоем вещества, которое, с высокой вероятностью, является шлихтующим материалом, применяемым в процессе производства текстиля. После проведения ферментативной подготовки, на поверхности волокон отсутствуют признаки наличия шлихтующей плёнки (рисунки 5 и 6). Ферментативная обработка не только очистила волокна от загрязнений, но также способствовала выравниванию и сглаживанию поверхности, что проявляется в структуре волокон ткани по сравнению с исходным образцом.



Рисунок 5. СЭМ изображение поверхности исходного образца вторичной целлюлозы

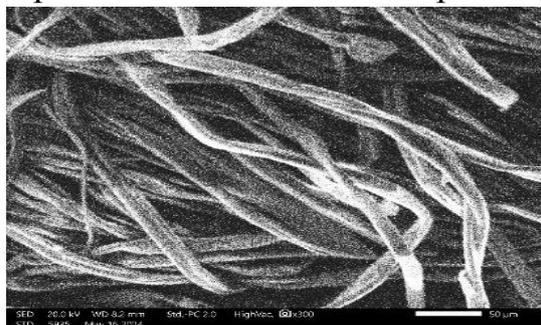
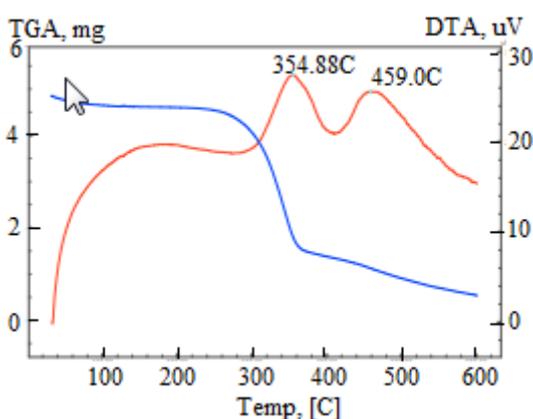


Рисунок 6. СЭМ изображение поверхности ткани после ферментативной подготовки

Были проведены исследования термических свойств изучаемых образцов. На рисунке 7 представлены кривые ТГА и ДТА исходной вторичной целлюлозы. Термический анализ показывает не только температуры фазовых переходов и тепловые эффекты процессов при нагревании образцов, но также характер процессов, произошедших при модификации и степень чистоты образцов.

ТГА как необработанных, так и ферментативно обработанных образцов демонстрируют три характерных участка.

а)



б)

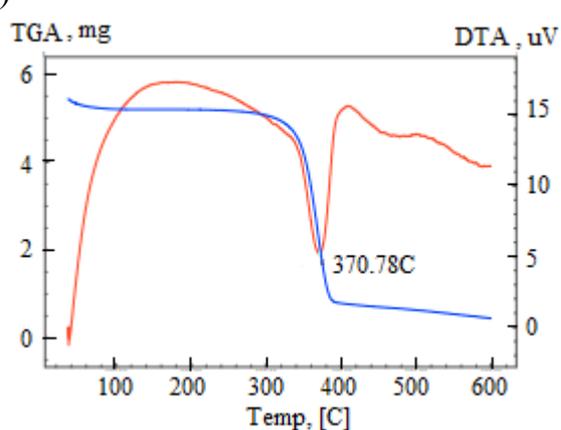


Рисунок 7. Кривые ТГА и ДТА вторичной целлюлозы до (а) и после ферментативной обработки (б)

Первый участок, соответствующий температурному диапазону от комнатной температуры до 243,29°C, сопровождается потерей массы 6,101%, обусловленной удалением физически адсорбированной влаги. На втором участке (243,29–403,97 °С) происходит основное снижение массы – 65,808%.

Третий участок, охватывающий температурный интервал 403,97–601,69 °С, характеризуется дополнительной потерей массы – 17,045%.

Кривые ТГА и ДТА ферментативно обработанных образцов во многом аналогичны кривым необработанного материала, однако демонстрируют некоторые отличия. Эндотермический эффект термического разложения у обработанного образца составляет –379,13 Дж/г, что ниже, чем у необработанного аналога. Подобные изменения, по-видимому, связаны с модификацией поверхности волокон под действием фермента целлюлазы, с увеличением аморфного составляющего целлюлозной матрицы. Уменьшение теплового эффекта разложения свидетельствует о том, что часть структуры целлюлозы была разрушена во время ферментативной обработки; и для разрушения оставшихся связей расходуется меньшее количество энергии.

Произведен рентгенофазовый анализ исходного и биомодифицированного образцов вторичной целлюлозы. Как видно из рентгенограмм, представленных на рисунках 8 и 9, все исследованные образцы имеют аморфные и кристаллические структурные образования.

На дифрактограмме исходной ткани (рис. 8) самый интенсивный сигнал кристаллической фазы наблюдается при угле дифракции (2θ) $\approx 23,2^\circ$: абсолютной интенсивностью 8303. Для хлопчатобумажной ткани из вторичной целлюлозы после биоотварки положение и интенсивность сигналов кристаллической фазы изменяются незначительно: самый интенсивный сигнал наблюдается при угле дифракции (2θ) $23,16^\circ$, абсолютная интенсивность которого составляет 8385.

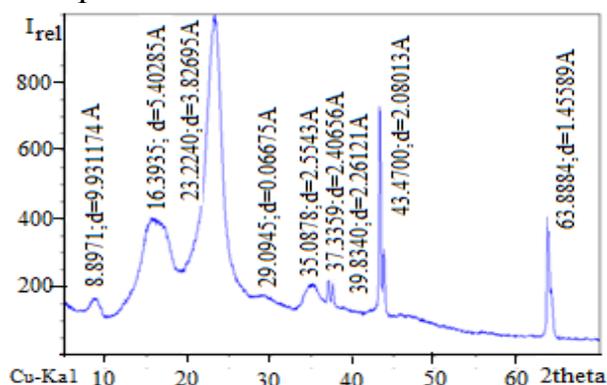


Рисунок 8. Рентгенограмма исходной ткани из вторичной целлюлозы

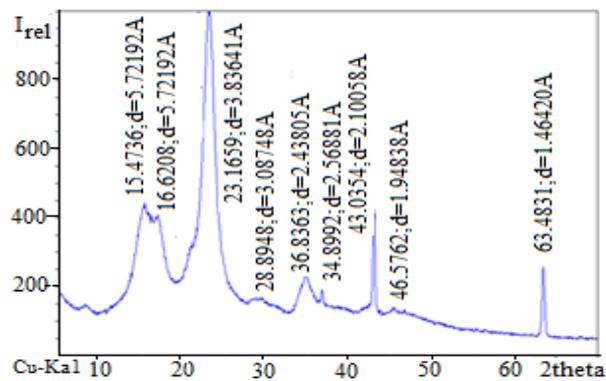


Рисунок 9. Рентгенограмма биомодифицированной ткани из вторичной целлюлозы.

По данным рентгенограмм была вычислена степень кристалличности образцов тканей. Как видно из полученных данных степень кристалличности исходной хлопчатобумажной ткани из вторичной целлюлозы выше, чем у ткани после биоотварки. Это говорит о том, что доля аморфной части в структуре ткани увеличилась. Увеличение количества аморфной части способствует проникновению большего количества красителя внутрь волокна.

Исследованы физико-механические свойства ткани, изготовленной из вторичной восстановленной целлюлозы (таблица 1). Наблюдается увеличение поверхностной плотности ткани в результате обработки. Это можно объяснить

увеличением капиллярных свойств ткани, в результате чего ткань впитала влагу из воздуха. Разрывная нагрузка или прочность ткани при разрыве зависит от прочности волокон, структуры и геометрических размеров материала. Биомодификация по-разному влияет на волокна основы и утка. Разрывная нагрузка по основе при обработке целлюлазой выше, чем при традиционной обработке, и даже выше чем у суровой ткани. Прочность ткани по утку наоборот уменьшается после ферментативной обработки примерно на 5%. Ферментативная обработка несколько ухудшает прочность вискозы, отсюда такой результат.

Таблица 1

Физико-механические свойства ткани, изготовленной из вторичной целлюлозы

		Способ обработки		
		Не обработанная	Традиционная	В растворе целлюлазы
Разрывная нагрузка, Н	По основе	429 ± 20	415 ± 18	480±12
	По утку	630 ± 25	630 ± 21	598±15
Удлинение при разрыве, %	По основе	5.7 ± 1.2	6.0 ± 0.9	6.0 ± 0.5
	По утку	10.1 ± 1.2	16.6 ± 1.1	12.7 ± 0.7
Устойчивость к истиранию, цикл.		9600 ± 300	12000 ± 200	12500 ± 200
Поверхностная плотность, г/м ²		308,7 ± 2.5	321.0 ± 2.5	322,6 ± 2.5
Воздухопроницаемость, см ³ /см ² •с		25,5 ± 1.5	26,1 ± 1.3	27,4 ± 1.0

Традиционная обработка на 20-25%, а ферментативная обработка на 25-30% увеличивают устойчивость ткани к истиранию, что делает такие ткани более долговечными в условиях эксплуатации.

Для образца суровой ткани значение воздухопроницаемости составляет 25,5 см³/см²•с. После традиционной отварки и ферментативной обработки это значение увеличивается на 2,3-7,4%. Это объясняется увеличением расстояния между волокнами за счёт удаления проклеивающего крахмального слоя, а также катышек и маленьких волоконцев в случае применения фермента.

Придание текстильному материалу определённой окраски, путём воздействия на него красящего вещества, является важным этапом в производстве тканей.

По внешнему виду все окрашенные ткани примерно одинакового светло-малинового цвета. До промывки интенсивность окраски образцов подготовленных биологическим способом такое же, как при подготовке традиционным способом. Показатель яркости при ферментативном способе выше, чем при традиционном. Ткань, подготовленная по традиционному способу после крашения чуть светлее, чем окрашенная ткань, подготовленная биологическим способом. Это говорит о возможности применения биоотварки для подготовки ткани к крашению.

Для окрашенных тканей были определены светостойкость, устойчивость к сухому и мокрому трению, к действию пота и мыльных обработок. Устойчивость окраски к различным воздействиям всех образцов очень высокая.

Лучшие показатели имеют образцы, окрашенные после ферментативной подготовки.

Для определения функциональных групп, присутствующих в составе окрашенного образца вторичной целлюлозы, была проведена ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье (рисунок 10).

Полоса в области $3333\text{--}3273\text{ см}^{-1}$ соответствует валентным колебаниям (ν) ν_{O-H} , характерным для гидроксильных групп целлюлозы, а также остаточной влаги. Полосы при 2915 и 2849 см^{-1} связаны с валентными колебаниями ν_{C-H} . Интенсивная полоса при 1740 см^{-1} соответствующим колебаниям $\nu_{C=O}$, что может быть связано с остаточными примесями, продуктами окисления или функциональными группами красителя.

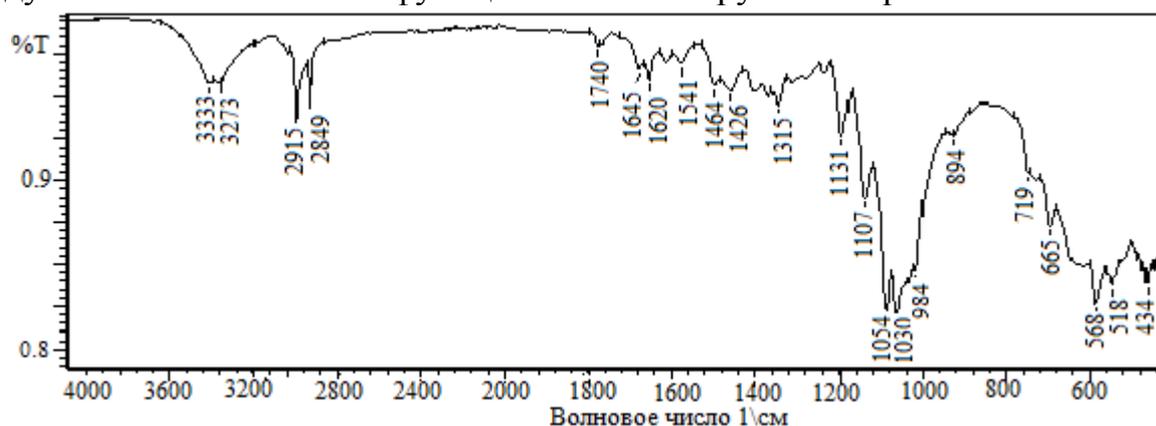


Рисунок 10. ИК-Фурье окрашенной после биомодификации вторичной целлюлозы

Полосы при 1645 и 1620 см^{-1} могут быть обусловлены деформационными колебаниями воды, а также колебаниями $C=C$ в ароматических структурах, указывая на присутствие ароматических фрагментов красителя. Набор полос в области $1464\text{--}1315\text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным колебаниям ν_{C-H} и колебаниям ν_{C-O-H} , типичным для полисахаридной структуры целлюлозы. Полосы при 1107 , 1054 , 1039 и 984 см^{-1} соответствуют валентным колебаниям ν_{C-O-C} и ν_{C-O} , характерным для β -гликозидных связей между остатками глюкозы в целлюлозе. Изменения в области $800\text{--}700\text{ см}^{-1}$ напрямую подтверждают механизм связывания красителя с целлюлозой через реакцию замещения хлора, что является ключевым этапом фиксации активного красителя на ткани. ИК-спектроскопия подтверждает химическую фиксацию активного красителя на биомодифицированной вторичной ткани, что проявляется в сохранении характерных полос красителя с изменением их интенсивности и положения, особенно в области $800\text{--}700\text{ см}^{-1}$, отражающей взаимодействие ароматических структур с целлюлозной матрицей.

Было исследовано также морфология поверхности хлопчатобумажных тканей, окрашенных активным красителем после традиционной и ферментативной подготовки (рисунок 11 и 12).

На рис. 11 видны посторонние примеси. Посторонние примеси говорят о неполном удалении сопутствующих веществ с поверхности ткани. Ткань, окрашенная после ферментативной обработки, позволило удалить почти все виды примесей находящихся на поверхности суровой хлопчатобумажной

ткани. Однако вокруг тканей не наблюдается накоплений красителя. Это свидетельствует о том, что краситель был полностью поглощен внутрь волокна вторичной хлопчатобумажной ткани.

На рис. 11 видны посторонние примеси. Посторонние примеси говорят о неполном удалении сопутствующих веществ с поверхности ткани. Ткань, окрашенная после ферментативной обработки, позволило удалить почти все виды примесей находящиеся на поверхности суровой хлопчатобумажной ткани. Вокруг тканей не наблюдается накоплений красителя, краситель был полностью поглощен внутрь волокна вторичной хлопчатобумажной ткани.

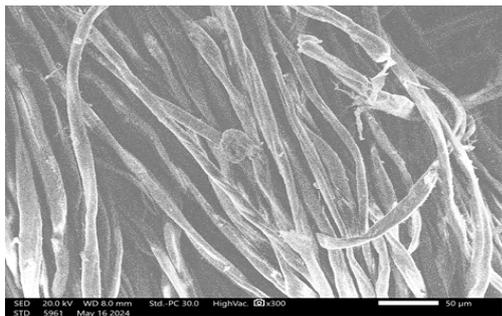


Рисунок 11. СЭМ изображение поверхности хлопчатобумажных тканей, окрашенных после обработки традиционным способом

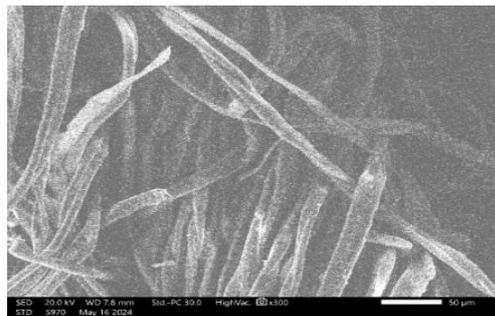


Рисунок 12. СЭМ изображение поверхности хлопчатобумажных тканей, окрашенных после обработки ферментативным способом

Проведены термические исследования окрашенных после биомодификации образцов вторичной целлюлозы (рис. 13).

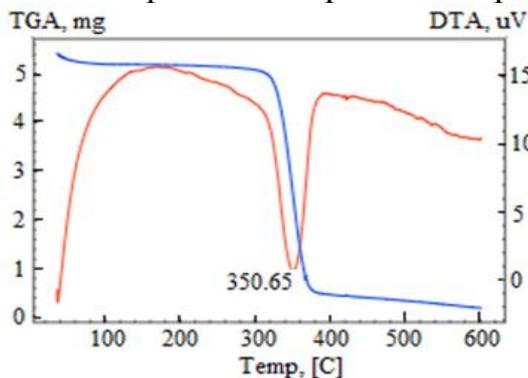


Рисунок 13. Кривая ТГА и ДТА биомодифицированной вторичной целлюлозы после крашения

До 286,56 °С наблюдается незначительная потеря массы (5,81%), меньше, чем у необработанных образцов, что связано с более стабильным удержанием влаги и летучих

компонентов в окрашенной ткани. Основная термическая деструкция целлюлозы происходит выше 389,51 °С с потерей массы около 96,46% и выраженным эндотермическим эффектом: -379,13 Дж/г для неокрашенного и -569,99 Дж/г для окрашенного материала. Повышение теплового эффекта связано с наложением деструкции целлюлозы и красителя, усиливающим разложение в этом интервале.

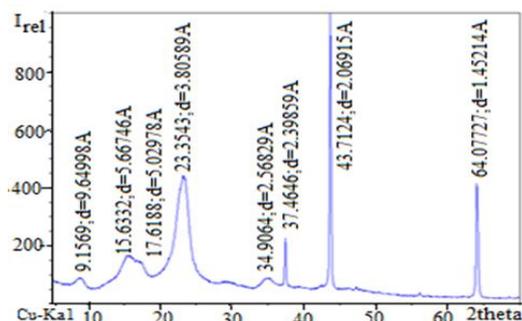


Рисунок 14. Рентгенограмма биомодифицированной вторичной целлюлозы после крашения

Далее изучены структурно-фазовые свойства окрашенных тканей из вторичной целлюлозы. На рисунке 14 изображен

рентгенофазовый анализ окрашенного образца вторичной целлюлозы после биомодификации.

В четвертой главе диссертации под названием «**Биомодификация вторичной волокнистой массы на белковой основе с помощью фермента протеазы**» обсуждены результаты исследований биомодификации вторичной хромовой стружки кожевенных отходов с помощью фермента протеазы. Для установления характера взаимодействия и химизма процессов биомодификации проведены ИК-Фурье спектроскопические исследования (рис.15).

В ИК-Фурье спектрах хромовой стружки обнаружены полосы поглощений, характерные для валентных (ν) и деформационных (δ) колебаний связей белковых веществ (рисунок 15 а): при 3287 см^{-1} - ν_{N-H}, ν_{O-H} ; при 2982 и 2911 см^{-1} - ν_{C-H} , при 1632 см^{-1} - $\nu_{C=O}$ (полоса амид I); при 1546 см^{-1} - δ_{N-H} (полоса амид II); при 1445 см^{-1} - ν_{C-H} ; при 1324 и 1232 см^{-1} - $\nu_{C-N} + \delta_{N-H}$ (полоса амид III); при $1205-1013\text{ см}^{-1}$ - ν_{C-N}, ν_{C-O} .

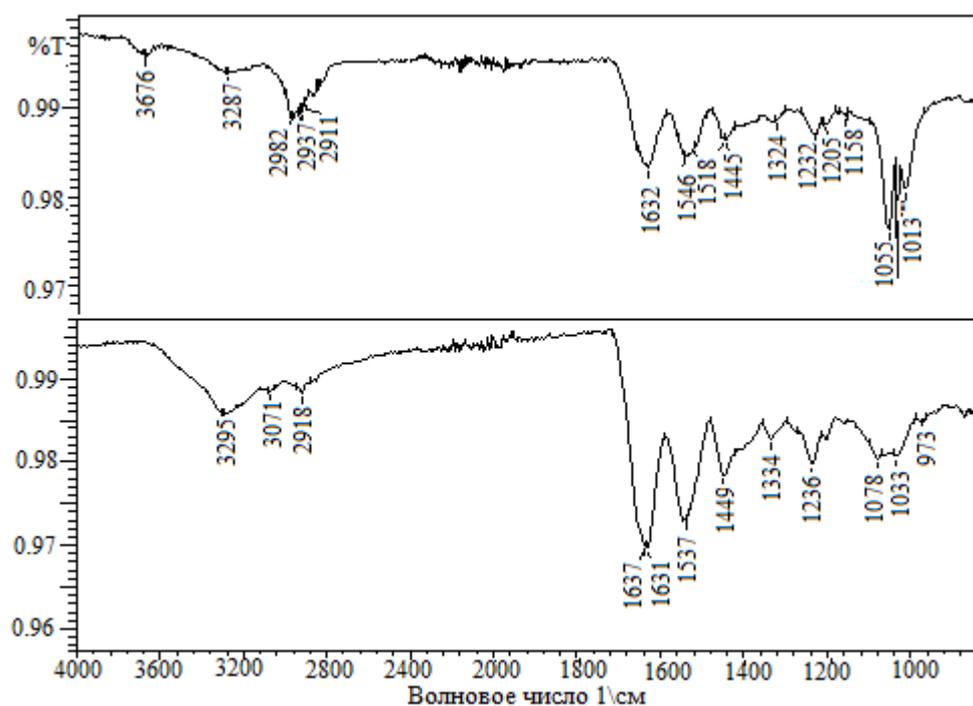


Рисунок 15. ИК-Фурье спектры необработанной хромовой стружки (а), биомодифицированной хромовой стружки (б)

После ферментативной обработки интенсивность указанных амидных полос существенно снижается (рисунок 15 б): при 1637 и 1537 см^{-1} , что свидетельствует о частичном разрушении белковой матрицы под действием ферментов. Это указывает на успешный гидролиз коллагена, что подтверждается появлением и усилением полос в области $1200-1000\text{ см}^{-1}$, ассоциируемых с ν_{C-O} и ν_{C-C} колебаниями, характерными для продуктов распада - пептидов и углеводов.

Также наблюдается сужение и уменьшение интенсивности широкой полосы в области 3300 см^{-1} , относящейся- ν_{N-H}, ν_{O-H} . Это может быть связано как с удалением воды, так и с разрушением аминных групп белка. Изменения в

области 2900 см^{-1} - ν_{C-H} минимальны, что указывает на сохранение алкильных цепей, характерных для липидных остатков.

Данные СЭМ подтвердили структурные изменения хромовой стружки после биомодификации. На рисунке 16 отчётливо видны разрушение коллагеновых волокон, фрагментация и уплотнение структуры, что указывает на деградацию органической матрицы.

СЭМ-ЭДС исследования композиционного материала, полученной при массовом соотношении стружка: макулатура = 50:50.

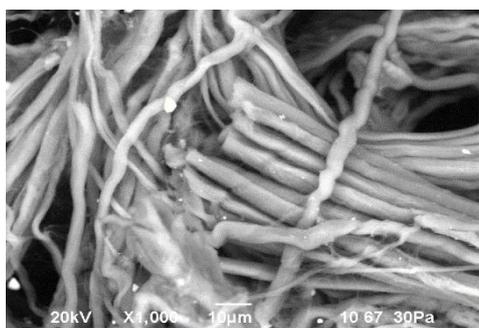


Рисунок 16. СЭМ изображения поверхности частиц биомодифицированной хромовой стружки

Появление открытых участков и пористой структуры подтверждает удаление значительного количества белковых компонентов, что согласуется с результатами ИК-Фурье спектроскопии. Были исследованы два образца композиционного материала,

в первом из них в качестве проклеивающего средства использовалась акриловая эмульсия, во втором – коллагенсодержащий раствор недублированных кожевенных отходов. (рис. 17).

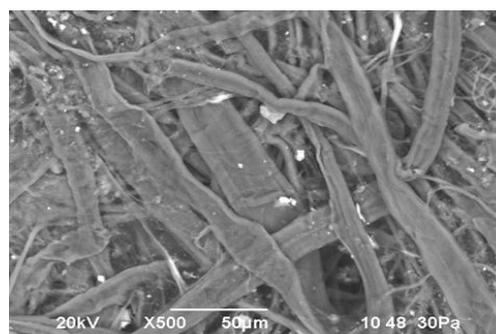
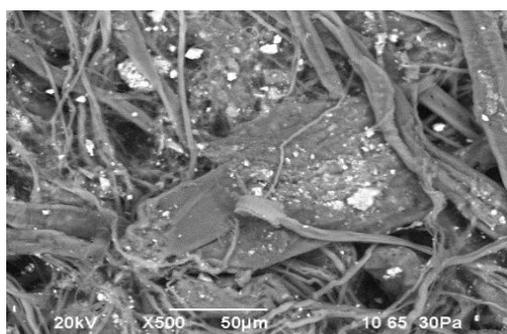


Рисунок 17. СЭМ изображения поверхности композиционных волокнистых масс, полученных из смеси при массовом соотношении макулатура: биомодифицированная хромовая стружка = 50:50 вид с верху: А) с акриловой эмульсией, Б) с коллагенсодержащим раствором

На рисунке 17а, наблюдается достаточно плотная структура, в которой волокна переплетены между собой, но часть их покрыта плёнкообразным веществом, скорее всего это остатки акриловой эмульсии, равномерно распределённые по поверхности. При добавлении коллагенсодержащего раствора (рисунок 17 б) волокна располагаются довольно равномерно, имеют чёткие границы, практически без слипания или образования плёнки. Структура остаётся сетчатой и открытой, с хорошо различимыми каналами между волокнами. Акриловая эмульсия формирует плотную и жёсткую структуру, тогда как коллаген обеспечивает рыхлость, упорядоченность и эластичность материала.

На свойства материала немаловажное влияние оказывает степень помола волокнистой массы. Оптимальное время помола составляет 5 минут, меньшее время дает довольно малые значения степени помола. Увеличение времени не

только не даёт положительного результата, но и ухудшает дисперсность волокон, снижая показатель ШР°.

Полученная волокнистая масса на основе биомодифицированной хромовой стружки и вторичной целлюлозы может быть успешно использована для изготовления кожаных изделий, в том числе деталей обуви.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Осуществлена биохимическая модификация вторичной целлюлозы, восстановленной из отходов текстильного материала, с помощью фермента целлюлазы и коллагена кожевенных отходов с помощью фермента протеазы. Наибольший эффект биомодификации волокнистых отходов достигается в течение 1,5-2 часов при концентрации фермента 1,5-2 г/л, температуре 50-60°C и модуле ванны 1:20.

2. Целлюлаза служит биокатализатором гидролиза вторичной целлюлозы по концевым β -1,4-гликозидным связям, способствует удалению карбонилсодержащих примесей. В присутствии нейтральной протеазы происходит селективный гидролиз пептидных связей в структуре коллагена отходов кожи хромового дубления.

3. Биохимическая модификация способствует значительному улучшению текстуры вторичной целлюлозы, частичному разрушению первичной структуры коллагена, без полного деструктивного распада трёхспиральной надмолекулярной организации. Это приводит к увеличению доступности функциональных групп ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$ и $-\text{COOH}$) на поверхности волокон, повышая гидрофильность, реакционную способность и сорбционные характеристики материала.

4. В результате ферментативной модификации прочность вторичной целлюлозы увеличивается на 12-15%, устойчивость к истиранию на 4-30%, воздухопроницаемость на 5-8%. Степень кристалличности целлюлозы после биополировки снижается от 54,7% до 52,6%, после крашения увеличивается до 64,1% за счет лучшей диффузии и сорбции, и равномерному распределению сорбированного красителя в волокнах. Окрашенные целлюлозные волокна имеют очень высокую устойчивость к воздействию света, сухого и мокрого трения, пота и мыльных обработок.

5. Полученная волокнистая масса на основе биомодифицированной хромовой стружки и вторичной целлюлозы может быть успешно использована для изготовления кожаных изделий, в том числе деталей обуви. Прочность биомодифицированной обувной стельки увеличилась на 5,0% по сравнению с образцом, подвергнутым щелочной модификации, и на 21,7% по сравнению с промышленным контрольным образцом, количество двойных изгибов возросло на 66,7%.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.01/2025.27.12.K.04.04 AT CHIRCHIK STATE
PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY

JURAYEVA GULNOZA ABDURASHIT KIZI

**BIOCHEMICAL MODIFICATION OF SECONDARY FIBROUS RAW
MATERIALS OF NATURAL POLYMERS**

02.00.06 - High molecular weight compounds

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
CHEMICAL SCIENCE**

Chirchik-2026

Doctor of Philosophy (PhD) in Chemistry Dissertation topic registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan № B2025.1.PhD/K929.

The dissertation was completed at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry.

The dissertation abstract was prepared in three languages (Uzbek, Russian and English (summary)) and posted on the website of the Scientific advice (www.cspi.uz.ilmiy-kengash) and on the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:

Rafikov Adham Salimovich
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents:

Karimov Mahmud Muratovich
doctor of chemical sciences, professor

Yuldashev Sherzod Abdullayevich
doctor of chemical sciences, senior researcher

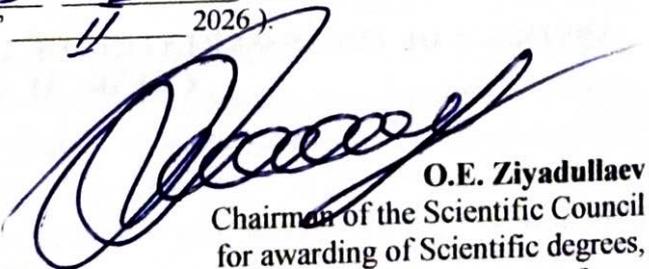
Leading organization:

Tashkent institute of chemical technology

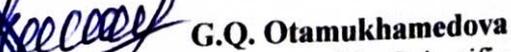
The defense of the dissertation will take place on "5" III 2026 at 13:00 o'clock at a meeting of the Scientific Council DSc.01/2025.27.12.K.04.04 for the award of academic degrees at the Chirchik State Pedagogical University, (address: 111720, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Chirchik, Amir Temur street , building 104. Tel.: (+998) 71-716-68-05, fax: (0371) 716-68-11, e - mail: tvchdpi_k.kengash@umail.uz)

The dissertation is available for review at the Information Resource Center of Chirchik State Pedagogical University. Address: 111720, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Chirchik city, Amir Temur street, house 104. Tel.: (+998) 71,716-68-05, fax: (0371) 716-68-11, e-mail: tvchdpi_k.kengash@umail.uz . (registered under No. 441)

The dissertation abstract was distributed on "19" II 2026.
(register of protocol No. 30 dated "19" II 2026).


O.E. Ziyadullaev
Chairman of the Scientific Council
for awarding of Scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor




G.Q. Otamukhamedova
Scientific Secretary of the Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences

D.J. Bekchanov
Chairman of the Scientific Seminar
Under the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

Introduction (abstract of Doctor of Philosophy (PhD) thesis)

The purpose of the research is to determine the fundamental principles of the biochemical modification of fibrous raw materials derived from natural polymers.

The object of the study is secondary cellulose recovered from textile waste, tanned leather waste in the form of chrome shavings, enzymes (cellulase and protease), reactive dye, reagents used in preparatory processes (NaOH, H₂O₂, Na₂SiO₃, Na₂CO₃, surfactants), collagen-containing solution (CCS), acrylic emulsion (AE), and MS-6 grade wastepaper.

The scientific novelty of the study is as follows:

temperature-time and concentration dependencies of the interaction between secondary cellulose and the cellulase enzyme have been established, which contribute to the restoration of primary texture and improvement of the material's morphology;

it has been proven that the maximum removal of impurities and fibrils from the surface of secondary cellulose occurs during the biochemical modification process, leading to an enhancement of the capillary-porous structure and material properties;

the efficiency and selectivity of protease in the enzymatic hydrolysis of collagen in tanned leather waste (chrome shavings) have been demonstrated, ensuring minimal reagent consumption;

it has been established that simultaneous improvement of porosity and microstructure, along with an increase in the internal volume of the fibers, promotes better dye sorption and fixation, as well as more uniform distribution of the dye solution within the cellulose fiber.

Implementation of research results

Based on the obtained results of the biochemical modification of secondary cellulose and leather waste:

biomodified and dyed fabric made from secondary cellulose has been implemented for workwear production at the enterprise LLC "Nur Tex" (reference from the UzTextileProm Association, September 19, 2025, No. 02/25-2228). The use of biomodified fabric improves the quality of workwear design, ensures precision in processing, reduces material and labor costs through the use of secondary cellulose raw materials, and saves production time;

fibrous mass obtained from the biochemical modification of leather waste and secondary cellulose has been introduced into the production of shoe insoles at the enterprise SP "Umid Fashion Grand" (reference from the UzTextileProm Association, September 19, 2025, No. 02/25-2228). This implementation has extended the service life of shoe soles and footwear overall, freed up valuable production space at the leather and footwear enterprise, and reduced the negative environmental impact of industrial waste.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The total length of the dissertation is 107 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Jurayeva G., Rafikov A., Kadirova N. Modified Fibrous Mass of Leather and Paper Waste for the Production of Packaging Paper and Cardboard // *Textile & Leather Review* ISSN 2623-6281. www.tlr-journal.com |10.31881/TLR TEXTILE & LEATHER REVIEW | 2024 | 7 | p. 915-937 (Scopus: CiteScore-2.3).

2. Jurayeva G.A., Rafikov A.S., Kadirova N.R., Abdusamatova D.O. Biomodification of secondary cellulose to restore texture and functional properties // *Polymer Engineering & Science Early View*. Volume 65, Issue 9, September 2025, p. 4535-4545 (Scopus: CiteScore-5.3).

3. Jurayeva G.A., Abdusamatova D.O., Rafikov A.S. Ikkilamchi selluloza matolarini turli fermentlar ishtirokida biokimyoviy modifikatsiyalash // *Textile journal of Uzbekistan*. Tashkent, №2/2024. 124-129 b. (02.00.00., №2).

4. Жураева Г.А., Рафиков А.С., Абдусаматова Д.О., Исламова Д.А. Изменение термических характеристик вторичной целлюлозы в процессе биомодификации // *O'zbekiston milliy universiteti xabarлари*. Tabiiy fanlar turkumi. Toshkent, №3/2/2025. 356-358 b. (02.00.00., №11).

II bo'lim (II часть; II part)

1. Жураева Г.А., Абдусаматова Д.О., Рафиков А.С. Биополировка тканей из вторичной целлюлозы / 57-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебск-2024. УО «ВГТУ», 2024. с. 93-94.

2. Jurayeva G.A., Islamova D.A., Abdusamatova D.O., Karimov S.X., Karimov Sh.I. The impact of biochemical modification on the properties of fabrics made from primary and secondary cellulose // *Research article AIP Conf. Proc.* 3304, 040008 Volume 3304, Issue 1, Namangan, Uzbekistan 2025 (Scopus).

3. Jurayeva G.A., Kadirova N.R., Atashikova N.A., Rafikov A.S. Biochemical modification of leather-containing waste for paper and cardboard production / *Proceeding XI International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2024*, Volume II. Shymkent (Kazakhstan) 2024. p. 209-212.

4. Пазилова Д.З., Жураева Г.А. Основы антропометрических исследований стоп военнослужащих / *Международный научный журнал № 1 (100), часть 3 «Новости образования: исследование в XXI века»* октябрь, 2022 г. с. 1222-1226.

5. Jo'rayeva G.A., Abdusamatova D.O., Musulmonqulova S.R. Ikkilamchi selluloza matosi biosayqallashda selluloza fermentining roli / "Ishlab chiqarish va qayta ishlashning innovatsion texnologiyalarini rivojlanishi sharoitida ilm-fan va soha korxonalarining integratsiyasi" respublika miqyosidagi ilmiy – amaliy anjuman 2-qism. 2024.5 b.

6. Жураева Г.А., Рафиков А.С., Абдибакиева Ш.Б. Полимеризация акриловых мономеров на поверхности сажи / “Ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasi: muammo va yechimlar-2023” mavzusida o‘tkazilgan xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. 1-Tom. Namangan. 2023. 565 b.

7. Жураева Г.А., Рафиков А.С., Кадирова Н.Р. Биохимическая модификация вторичного волокнистого сырья и материала / “Soha korxonalarini uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda dual ta’limning o‘rni hamda fan, ta’lim, ishlab chiqarish klasterlarini rivojlantirishda innovatsion yondoshuvlar” mavzusiga bag‘ishlangan xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. 2023. 445-446 b..

8. Кадирова Н.Р., Жураева Г.А., Рафиков А.С. ИК-спектроскопическое исследование модифицированной волокнистой массы / “Soha korxonalarini uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda dual ta’limning o‘rni hamda fan, ta’lim, ishlab chiqarish klasterlarini rivojlantirishda innovatsion yondoshuvlar” mavzusiga bag‘ishlangan xalqaro ilmiy-amaliy anjumanini to‘plami 2023. 428-430 b.

9. Jo‘rayeva G.A., Rafikov A.S., Fayzullayeva K.S., Shonaxunov T.E. Sellulozali to‘qimachilik materiallarini biokimyoviy modifikatsiyalash / “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. b. 779-781.

10. Jo‘rayeva G.A., Abdusamatova D.O., Rafikov A.S., Shonaxunov T.E. Ikkilamchi selluloza materiallarini selluloza fermenti yordamida biokimyoviy modifikatsiyalash / «Termoreaktiv oligomerlar, polimerlar saqlovchi chiqindilar, polifunksional birikmalar va ular asosida polimer materiallar yaratishning istiqbollari» mavzusidagi k.f.d., prof. F.A. Magrupovning 80-yillik xotirasiga bag‘ishlangan Respublika ilmiy-amaliy anjumanini. 18-20 b.

11. Жураева Г.А., Абдусаматова Д.О., Рафиков А.С., Шонахунов Т.Э. Биохимическая модификация вторичных целлюлозных материалов с помощью фермента целлюлазы / “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Namangan, 2024. 481 b.

12. Жураева Г.А., Рафиков А.С. Бумага и картон из модифицированного вторичного сырья / “O‘zbekistonda yangi iqtisodiy islohotlar sharoitida paxta, to‘qimachilik, yengil sanoat va matbaa sohalari texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbollari va muammolari” respublika miqyosidagi ilmiy – amaliy anjuman. 2025, 34-35 b.

13. Тулаганов А.Р., Жураева Г.А. Химическая модификация вискозных тканей / “Texnika va texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g‘oyalari va ishlanmalari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman (Toshkent), 2013. 88-90 b.

14. Хусанов Ф.С., Тошпўлатова Д.А., Жураева Г.А. Буғдой сомони целлюлозаси асосида қоғоз олиш имкониятларини ўрганиш / “Fan, ta’lim, ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida innovatsion texnologiyalarning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. (Toshkent) 2015. 150 b.

15. Хусанов Ф.С., Жураева Г.А. Изучение качественных показателей бумаги на основе местного сырья / Magistratura talabalarining ilmiy maqolalar to‘plami. Toshkent 2017. 284 b.

16. Абдусаматова Д.О., Жураева Г.А. Состав и строение сополимеров акриловых мономеров с коллагеном / “Texnika va texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g‘oyalari va ishlanmalari” Respublika ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent 2017. 397-400 b.

17. Хакимова М. Ш., Файзуллаева Д.А., Жураева Г.А. Композиция на основе крахмала и коллагена для шлихтования нитей основы / Современное состояние и перспективы науки о функциональных полимерах. Материалы научно – практической конференции профессорско – преподавательского состава и молодых ученых. Ташкент, 2020 г. с. 378-379.

Avtoreferat “O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali” ilmiy – texnikaviy jurnalida
tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi: 16.02.2026 yil.
Bichimi 60x45 1/16, “Times New Roman”
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3. Adadi: 60. Buyurtma № 10.
TTYeSI bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri, Shohjaxon ko‘chasi, 5-uy.

