

**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

FAYZULLAYEVA KAMOLA SUNNATILLO QIZI

**TO‘QIMACHILIK MATOLARI SELLYULOZASINI 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

Fayzullayeva Kamola Sunnatillo qizi To‘qimachilik matolari sellyulozasini biokimyoviy modifikatsiyalash	3
Файзуллаева Камола Суннатилло кизи Биохимическая модификация целлюлозы текстильных полотен	21
Fayzullayeva Kamola Sunnatillo kizi Biochemical modification of cellulose textile fabrics	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

FAYZULLAYEVA KAMOLA SUNNATILLO QIZI

**TO‘QIMACHILIK MATOLARI SELLYULOZASINI 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/K930 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:

Maxkamov Muzaffar Abdug'aprovich
kimyo fanlari doktori, professor

Jo'rayev Murod Maxmarajab o'g'li
kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

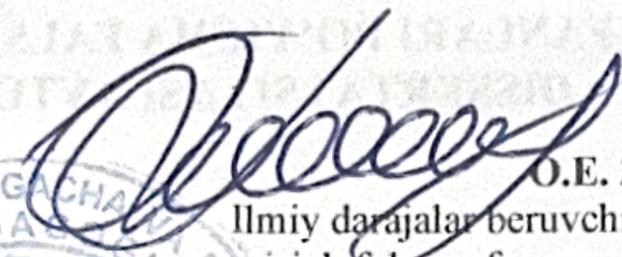
Yetakchi tashkilot:

**Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot
institute**

Dissertatsiya himoyasi Chirchiq davlat pedagogika universiteti huzuridagi DSc.01/2025.27.12.K.04.04 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil "5" III soat 15⁰⁰ da 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: tvchdpi_k.kengash@umail.uz).

Dissertatsiya bilan Chirchiq davlat pedagogika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (440-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" II kuni tarqatildi.
(2026-yil "19" II daqi 31 - raqamli reestr bayonnomasi)


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


G.K. 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. Dunyo bo‘ylab to‘qimachilik sanoatida keng qo‘llaniladigan kimyoviy jarayonlar materiallarni tayyorlash, boyitish va pardoqlash uchun kimyoviy reagentlardan foydalanish bilan bog‘liq bo‘lgan katta miqdordagi sanoat chiqindilarini keltirib chiqaradi, bu esa atrof-muhitni sezilarli darajada ifloslantiradi. Shu munosabat bilan to‘qimachilik materiallarining polimerlarini, jumladan paxta sellyulozasini xavfsiz biologik modifikatsiya qilish imkoniyatlarini ro‘yobga chiqarishga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. To‘qimachilik materiallarini pardoqlashda kimyoviy jarayonlardan biokimyoviy jarayonlarga o‘tish istiqbollari to‘qimachilik materiallarini tayyorlash, bo‘yash va pardoqlash uchun ishlatiladigan fermentativ preparatlarning zaharliliigi va ekologik xavfining ancha pastligi bilan belgilanadi.

Jahonda tabiiy polimerlar va tolali xomashyoni fermentativ modifikatsiyalash, to‘qimachilik materiallarini biokimyoviy boyitish texnologiyasi bo‘yicha jadal izlanishlar olib borilmoqda. Ushbu texnologiyalar tufayli ekologik toza va gigiyenik to‘qimachilik mahsulotlari yuqori samaradorlikka ega, atrof-muhitga minimal zarar yetkazadigan, aholi ehtiyojlarini qondiradigan mahsulotlar ishlab chiqarilmoqda. Fermentlar va reagentlarning minimal miqdoridan foydalangan holda sellyuloza to‘qimachilik materiallarini energiya va resurslarni tejalgan holda, selektiv biokimyoviy modifikatsiyalash jarayonlariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Hozirda O‘zbekiston Respublikasining to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sohasi qudratli va barqaror, ko‘p jihatdan mamlakat yalpi ichki mahsulot hajmi va aholisining farovonligini belgilab beradigan sanoat tarmog‘iga aylandi. Sohani yanada rivojlantirish uchun noan‘anaviy, muqobil yondashuvlar, innovatsion, chiqindisiz, tejamkor va ekologik toza texnologiyalarni joriy etish zarur. Respublika to‘qimachilik sanoatini jadal rivojlantirishni ta‘minlash, sifatli va raqobatbardosh tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish, ularni yirik tashqi savdo bozorlariga yanada chiqarish bo‘yicha vazifalar 2022-2026-yillarda Yangi O‘zbekistonni rivojlantirish strategiyasida belgilangan¹. Bu vazifalarni bajarishda, an‘anaviy va strategik tolali xomashyo – sellyulozani biokimyoviy modifikatsiyasi yuzasidan keng qamrovli tadqiqotlar olib borish, ishlab chiqarishga joriy etish alohida ahamiyatga ega.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “Yangi O‘zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son, 2023-yil 2-sentabrdagi “To‘qimachilik sanoatini moliyaviy qo‘llab-quvvatlashga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PF-155-son Farmonlari, 2019-yil 16-sentabrdagi “Yengil sanoatni yanada rivojlantirish va tayyor mahsulot ishlab chiqarishni rag‘batlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4453-son qarori, shuningdek, ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026”-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni

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‘rganilganlik darajasi. To‘qimachilik matolari sellyulozasini fermentativ modifikatsiyalash jarayonlarini, morfologiyasini va xossalarini o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlar bilan xorijda J. Cao, C. Meng C and H. Zhao, R. Bandopadhyay, U. Nimkar, J. Song, A. Hasanbeigi, L. Price va boshqa olimlar tomonidan o‘tkazilgan. O‘zbekiston Respublikasida paxta sellyulozasini fermentativ modifikatsiyalash bo‘yicha tadqiqotlar M.Z. Abdukarimova, I.A. Nabiyeva, D.B. Xudoyberdiyeva va boshqalar tomonidan bajarilgan.

Matolarni kimyoviy pardoqlash jarayonlarida, turli fermentlar bilan ishlov berish orqali pardoqga tayyorlash intensivligining ortishi, reagentlar sarfining kamayishi va boshqa biologik jarayonlar imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan. Biroq turli tabiatli bo‘lgan bir nechta fermentlarni o‘z ichiga oluvchi ferment komplekslari qo‘llanilgan jarayonlar hali yetarli darajada o‘rganilmagan. Kimyoviy modifikatsiyani biologik ishlov berish bilan birgalikda qo‘llash masalalari ko‘rib chiqilmagan.

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 IL-4821091581 “Sellyulozali to‘qimachilik materiallarini biokimyoviy modifikatsiyalash” (2022-2024 yy.) mavzusidagi O‘zbekiston-Belorus xalqaro loyiha va FL-9024093557 “Polimer chiqindilarni ekologik tamoyillar asosida kompleks qayta ishlashning ilmiy va amaliy asoslari” (2025-2029 yy.) mavzusidagi fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi: to‘qimachilik matosi sellyulozasini fermentlar kompleksi yordamida biokimyoviy modifikatsiyalash sharoitlari va samaradorligini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

paxta matosi sellyulozasi tarkibidagi ohorlovchi moddalar va qo‘shimchalarni turli fermentlar yordamida ajratib olish imkoniyatlarini aniqlash;

biokimyoviy modifikatsiya jarayonida sodir bo‘ladigan ta‘sirlashuvlarning sharoitlarini va sxemalarini aniqlash;

fermentlar va reagentlarni alohida va birgalikda ta‘siri samaradorligini ishlov beruvchi eritmaga ajralib chiqqan qand miqdori va matoning kapillyarligi bo‘yicha baholash;

an‘anaviy va biokimyoviy modifikatsiyaning sellyulozani tuzilishi, g‘ovakliligi, kristallanish darajasi, gigroskoplighi, fizik-kimyoviy xossalariga ta‘sirini aniqlash;

biokimyoviy modifikatsiya jarayonini sellyuloza matosini pardoqlash samaradorligiga bo‘yoqning tolaga singish darajasi, rang intensivligi, rangning barqarorligi va mustahkamligi orqali baholash.

Tadqiqotning obyekti sifatida paxta sellyulozasi va matosi, α -amilaza va lipaza fermentlari, aktiv bo'yovchi modda, sirt aktiv modda, kimyoviy reagentlar ($NaOH, H_2O_2, Na_2SiO_3, Na_2CO_3$) olingan.

Tadqiqotning predmetini to'qimachilik matolari sellyulozasiga biologik, an'anaviy va biokimyoviy ishlov berish orqali modifikatsiyalash sharoitlari, parametrlari, fermentlarning sellyuloza va uning qo'shimchalariga ta'sirlashuv jarayonlari, modifikatsiyalangan polimer materiallarning tarkibi, mikro va makrotuzilishi, morfologiyasi, fizik-kimyoviy, termik, gigienik, koloristik xossalari tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida fizik-kimyoviy tadqiqot usullari, to'qimachilik materiallarining fizik-mexanik xossalarini sinash usullari, IQ-Furye, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), element analiz, differensial-termik analiz (DTA), rentgenofazaviy analiz va texnologik usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

paxta sellyulozasini biferment kompleksi va past konsentratsiyali ishqoriy eritma aralashmasi bilan biokimyoviy modifikatsiya qilish orqali matolarni pardoqlashga tayyorlash jarayonining jadallashtirilishi isbotlangan;

sellyulozani biokimyoviy modifikatsiyalash samaradorligini eritmaga ajralib chiqqan qandlarning umumiy miqdori va matoning kapillyarligi orqali tasdiqlanish imkoniyati aniqlangan;

kompleksdagi har bir ferment va reagentning sellyuloza tarkibidagi ohorlovchi kraxmal va boshqa qo'shimchalar bilan ta'sirlashuv reaksiyalarining sxemalari va optimal sharoitlari aniqlangan;

sellyulozani modifikatsiyalash usuli bilan tarkibi, tuzilishi, morfologiyasi, fizik-mexanik va termik xossalari, bo'yalish xususiyatining bog'liqliklari aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

paxta sellyulozasini fermentlar bilan biologik ishlov berishni hamda eritma tarkibiga ishqor kiritish orqali biokimyoviy ishlov berishni amalga oshirish rejimlari ishlab chiqilgan;

biokimyoviy modifikatsiyani matolarning tanda va arqoq yo'nalishlari bo'yicha mustahkamligi va nisbiy cho'ziluvchanligiga, kapillyar-g'ovokli tuzilishiga, ishqalanishga chidamliligiga va havo o'tkazuvchanligiga ijobiy ta'sir etishligi isbotlangan;

modifikatsiyalangan sellyuloza matolarining bo'yalish xususiyatlari o'rganilib, bir vaqtda α -amilaza, lipaza va natriy gidroksidi saqlagan eritma bilan ishlov berilganda aktiv bo'yoqlar sorbsiyasining yuqori bo'lishligi aniqlangan;

bo'yalgan mato namunalari asosiy ekspluatatsion xossalari, rang intensivligi va koordinatalari, ekspluatatsiya jarayonidagi turli tashqi omillarning ta'sirlariga barqarorligi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi fermentlar kompleksi bilan ishlov berishda olingan natijalarning biomodifikatsiyalash nazariyasiga va standart talablariga mosligi, fizik-kimyoviy tadqiqot usullari IQ-Furye, SEM, DTA, element va rentgenofazaviy analizlarni jalb qilgan holda tajribaviy tadqiqotlarning olib borilganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati paxta sellyulozasiga biferment kompleksi va ishqor eritmasi bilan ishlov berilganda modifikatsiyalash samaradorligi yuqori bo'lishligi, har bir reagentning sellyuloza tarkibidagi ohorlovchi va qo'shimcha moddalarga selektiv ta'sir etishining aniqlanganligi, biokimyoviy modifikatsiya matoning kapillyar-g'ovakli strukturasi optimallashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati paxta sellyulozasini bifermentlar bilan biokimyoviy modifikatsiya qilish usulida an'anaviy usulda nisbatan ekologik bezarar reagentlarning kam miqdori va pastroq temperaturada matolarni pardoqlashga tayyorlashning jadallashtirilganligi, bo'yovchi moddalar sorbsiyasi, fiksatsiyasi va barqarorligining yuqori bo'lishligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. To'qimachilik matolari sellyulozasini biokimyoviy modifikatsiyalash, fizik-kimyoviy va amaliy xossalarini aniqlash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

paxta sellyulozasiga biologik fermentlar va natriy gidroksidi eritmalari bilan biokimyoviy ishlov berish usuli "TURON TEX" MChJ korxonasi pardoqlash bo'limida ishlab chiqarish jarayonida joriy etilgan ("O'ZTO'QIMACHILIKSANOAT" uyushmasining 2025-yil 19 sentabrdagi 2/25-2229 raqamli ma'lumotnomasi). Natijada matolarni bo'yashga tayyorlash jarayonini jadallashtirish va fizik-mexanik xossalarini yaxshilash, jumladan uzilish kuchini 13-16% ga, kapillyarligini 13-17% ga oshirish imkoniyatini bergan;

paxta matosini bo'yashga tayyorlash jarayonini biokimyoviy jadallashtirish usuli "CLASS TEX PRODUCTION" MChJ korxonasi amaliyotga joriy etilgan ("O'ZTO'QIMACHILIKSANOAT" uyushmasining 2025-yil 19 sentabrdagi 2/25-2229 raqamli ma'lumotnomasi). Natijada, an'anaviy tayyorlangan matoga nisbatan biokimyoviy tayyorlangan matoning uzilish kuchi 11-24% ga, havo o'tkazuvchanligi 20-26% ga oshirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 13 ta, jumladan 4 ta xalqaro va 9 ta respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 17 ta ilmiy ishlar chop etilgan. Shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta ilmiy maqola bo'lib, shu jumladan, 2 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya ishining tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, uchta bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 105 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon

etilgan, olingan natijalarning ishonchliligi, ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etilishi, chop etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining “**Sellyulozani biologik modifikatsiyalash fermentlari va usullari**” deb nomlangan birinchi bobida dissertatsiya mavzusiga oid chop etilgan ishlar manbalari asosida ilmiy tadqiqot va tahlil natijalariga baho berilgan. To‘qimachilik materiallarini biokimyoviy modifikatsiyalash asoslari, to‘qimachilikda qo‘llaniladigan ayrim fermentlar va ularning xossalari, to‘qimachilik matolarini yakuniy pardozlashga tayyorlash jarayonlarini fermentlar ishtirokida intensivlashtirish muaammolarining hozirgi holati tahlil qilingan.

Dissertatsiya ishining “**Paxta sellulozasini biokimyoviy modifikatsiyalash va tadqiq etish metodikasi**” deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektlarining tavsiflari, to‘qimachilik matolari sellulozasini biokimyoviy modifikatsiyalash usullari, modifikatsiyalangan paxta sellulozasini bo‘yash usuli, materiallar xossalari tadqiq etish usullari keltirilgan. Paxta matosi sellulozasining biologik va biokimyoviy modifikatsiyasi α -amilaza, proteaza, sellulaza va lipaza fermentlari eritmasida, shuningdek ushbu fermentlar va NaOH ni bir vaqtning o‘zida o‘z ichiga olgan eritmada suvli muhitda amalga oshirildi. Sellyuloza matosi namunalari 1:10 nisbatda eritmaga joylashtirilib, 30-60°C temperaturada, pH=3-10 da, 0,5-2,5 soat davomida ishlov berildi. Materiallarning xossalari tadqiq etish uchun eritmalar tarkibi va ishlov berish rejimlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Paxta matosi sellulozasini modifikatsiya qilish uchun tanlangan vanna tarkibi va ishlov berish sharoitlari

No	Reagentlar	Konsentratsiya, g/l	Temperatura, °C	Vaqt, min	Vanna moduli
An'anaviy usul					
1	Natriy silikat/natriy gidroksid/ sirt aktiv modda	5/5/1	90-95	60	1:30
Biologik usul					
2	α -amilaza	5	60	120	1:10
3	Lipaza	5	60	120	1:10
4	α -amilaza/lipaza	3/3	60	120	1:10
5	Proteaza	5	60	120	1:10
6	Sellulaza	5	60	120	1:10
7	Sellulaza/proteaza	3/3	60	120	1:10
8	α -amilaza/proteaza/lipaza	3/3/3	60	120	1:10
Biokimyoviy usul					
9	α -amilaza/lipaza/NaOH	2/2/2	60	120	1:10

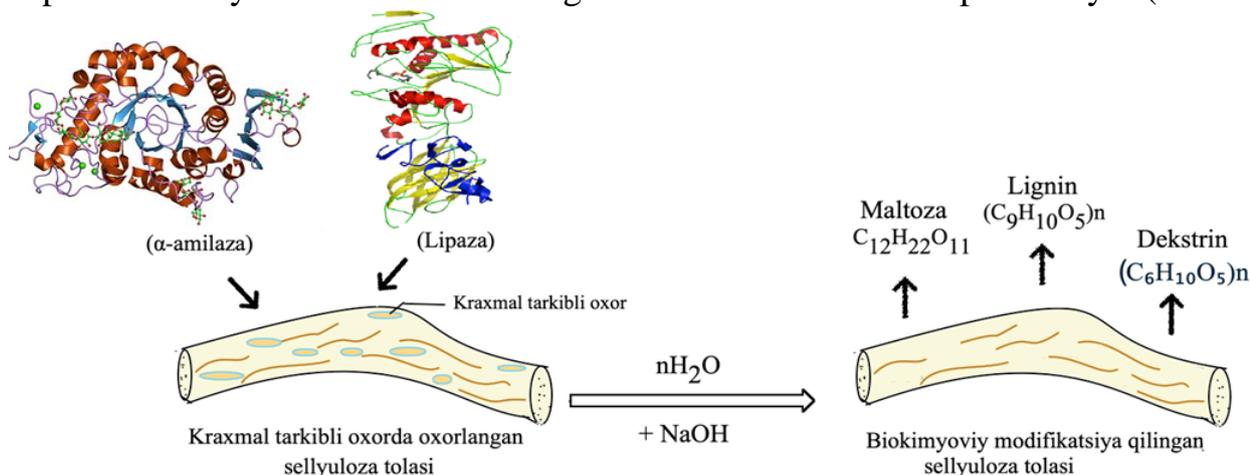
Ishlov berilgandan barcha mato namunalari aktiv bo‘yovchi modda yordamida uzluksiz texnologiya bo‘yicha bo‘yaldi. Uzluksiz bo‘yash ikki bosqichda bajarildi, vanna moduli 1:30. Aktiv bo‘yovchi modda mato massasining 2% miqdorida olindi. Birinchi bosqichda namunaga 45°C da bo‘yovchi modda eritmasi bilan ishlov berildi,

ikkinchi bosqichda elektrolit sifatida natriy xlorid eritmasi qo‘shildi va umumiy ishlov muddati 30 daqiqa bo‘ldi.

Dissertatsiyaning “**Paxta matosi sellyulozasini biokimyoviy modifikatsiyalash natijalarining tahlili**” nomli uchinchi bobida tadqiqot natijalarini muhokama qilingan. Tolali massa elektrokinetik zaryadga va katta o‘ziga xos sirt maydoniga ega, shuning uchun butun sistemaning xususiyatlarida sirt hodisalarining ahamiyati katta. Ushbu hodisalarning ta’siri tolali massani suyultirish bilan kuchayadi.

Paxta matosi sellyulozasiga biokimyoviy ishlov berilganda fermentning tabiatiga ko‘ra mutlaqo turlicha jarayonlar sodir bo‘lishi mumkin. Ba’zi fermentlar bevosita sellyuloza bilan reaksiyaga kirishsa, boshqalari material tarkibidagi qo‘shimcha moddalar bilan ta’sirlashadi. Kimyoviy reagentlardan farqli ravishda fermentativ reagentlar uchun selektivlik, ya’ni substrat bilan ma’lum sxema bo‘yicha, yo‘naltirilgan holatda ta’sirlashish tavsiyalanadi. Ferment biokatalizator vazifasini bajaradi, substrat bilan oraliq kompleks birikmani hosil qiladi, parchalanish reaksiyasining aktivlanish energiyasini kamaytiradi.

Oxorlangan paxta sellyulozasining α -amilaza bilan reaksiyasi yuzasidagi kraxmalning gidrolizlanishiga olib keladi. Bu jarayonda u kichikroq qismlarga, asosan maltoza va dekstrin molekulalariga bo‘linadi. α -amilaza kraxmaldagi α -1,4-glikozid bog‘larini parchalaydi, β -glikozid bog‘lariga ta’sir ko‘rsatmaydi. Lipaza esa sellyuloza tolasi tarkibidagi mumsimon moddalarni parchalaydi (1-rasm).

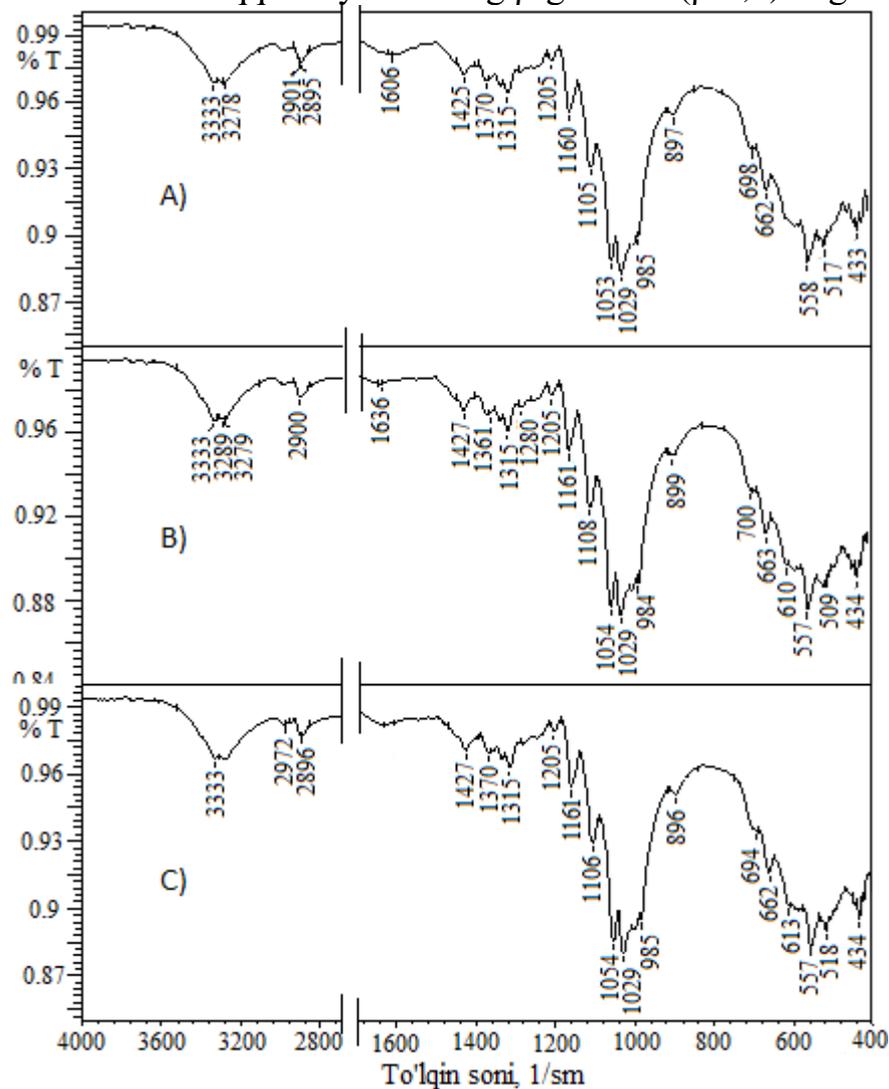


1-rasm. Paxta sellyulozasini biokimyoviy modifikatsiya jarayoni

Sodir bo‘layotgan reaksiyalarning sxemasini va sellyulozaning mikrostrukturasini aniqlash maqsadida tadqiq qilingan to‘qimalar namunalariining IQ-Furye spektroskopik tahlillari o‘tkazildi. 2-rasmda dastlabki, boshlang‘ich, an’anaviy va biokimyoviy usullar bilan modifikatsiyalangan sellyuloza namunalariining IQ-Furye spektrlari keltirilgan.

Dastlabki namunaning IQ -Furye spektrida sellyuloza tarkibidagi bog‘larning valent (ν) va deformatsion (δ) tebranishlariga tegishli bo‘lgan yutilish chiziqlari kuzatiladi. 3333 va 3278 cm^{-1} da joylashgan keng absorbsiya chiziqlari gidroksil guruhining valent tebranishlariga ν_{O-H} mos keladi. 2901–2895 cm^{-1} oralig‘idagi chiziqlar uglerod–vodorod bog‘ining valent tebranishlariga δ_{C-H} to‘g‘ri keladi. 1606 cm^{-1} dagi chiziq karbonil aralashmalarining (qoldiq lignin, oqsillar) mavjudligi

bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin; $1425\text{--}1315\text{ cm}^{-1}$ oralig‘idagi chiziqlar vodorodning uglerod va kislorod bilan bog‘larini deformatsion tebranishlariga δ_{C-H} , ν_{O-H} mos keladi; $1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ oralig‘ida polisaxarid matritsasi ν_{C-O} , δ_{C-O} tebranishlariga mos keluvchi aniq chiziqlar mavjud; 897 cm^{-1} atrofidagi xarakterli cho‘qqi sellyulozaning β -glikozid (β -1,4) bog‘lariga to‘g‘ri keladi.



2-rasm. Paxta matosining IQ-Furye spektri: A) dastlabki xom mato, B) an’anaviy ishlov berilgan, C) fermentativ ishlov berilgan

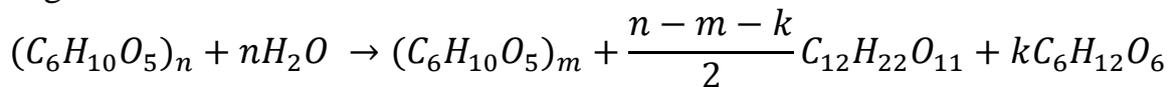
An’anaviy usulda ishlov berilgan namunaning IQ-Furye spektri: xarakteristik yutilish sohalari deyarli o‘zgarishsiz; $1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ oralig‘idagi cho‘qqilarning aniq va keskin ifodalanganligi strukturaning qisman kristallanish holatini bildiradi; 896 cm^{-1} dagi β -glikozid cho‘qqisining saqlanishi esa sellyulozaning asosiy tuzilmasi o‘zgarishsizligini ko‘rsatadi.

Biologik usulda ishlov berilgan namunada: 3333 cm^{-1} da ν_{O-H} chizig‘ining

intensivligi kamaygan; 1631 cm^{-1} dagi chiziqning yo‘qolishi karbonil aralashmalarining olib tashlanganligidan dalolat beradi; $1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ oralig‘idagi chiziqlarning intensivligi pasaygani va cho‘qqilarning siljishi sellyuloza matritsasi ν_{C-O} , δ_{C-O} tebranishlariga mos keluvchi aniq chiziqlar mavjud; 896 cm^{-1} dagi cho‘qqining saqlanishi esa β -1,4-sellyuloza tuzilmasining saqlanib qolganligini ko‘rsatadi.

Kuzatilgan o‘zgarishlar sellyulozadan ohor va boshqa aralashmalarni yanada to‘liqroq olib tashlash, shuningdek biologik ishlov berish jarayonida fazaviy holatning ma’lum darajada o‘zgarishi haqida dalolat beradi. Bu esa materialni bo‘yash jarayoni uchun qulay sharoit yaratadi.

IQ-Furye natijalariga ko'ra, sellyuloza namunasiga α -amilaza ta'sir ettirilganda ferment ohorlovchi sifatida qo'llanilgan kraxmalni gidroliz reaksiyasiga katalitik ta'sir ko'rsatadi, u glikozid bog'larini parchalaydi. Kraxmalning gidrolizi reaksiyasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



Bu yerda:

$(C_6H_{10}O_5)_n$ – kraxmal, n – kraxmal zanjiridagi glyukoza birliklarining soni;

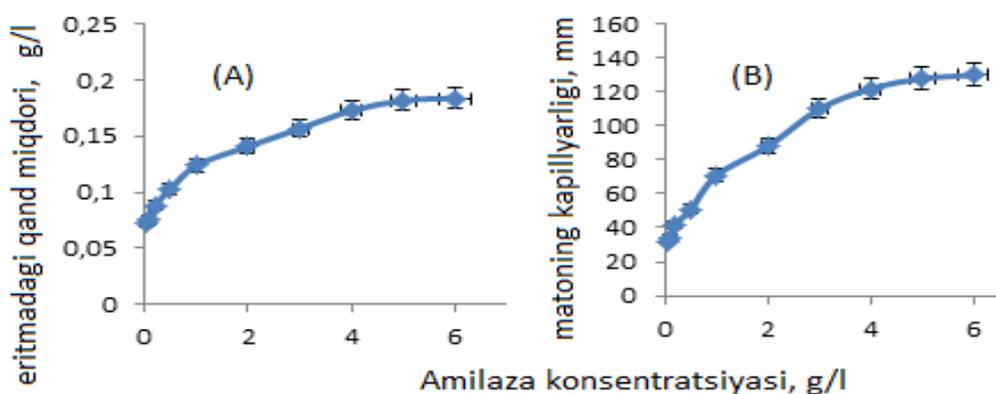
$(C_6H_{10}O_5)_m$ – dekstrin, m – dekstrin zanjiridagi glyukoza birliklarining soni;

$C_{12}H_{22}O_{11}$ – maltoza, $C_6H_{12}O_6$ – glyukoza, k – glyukoza molekulalarining soni.

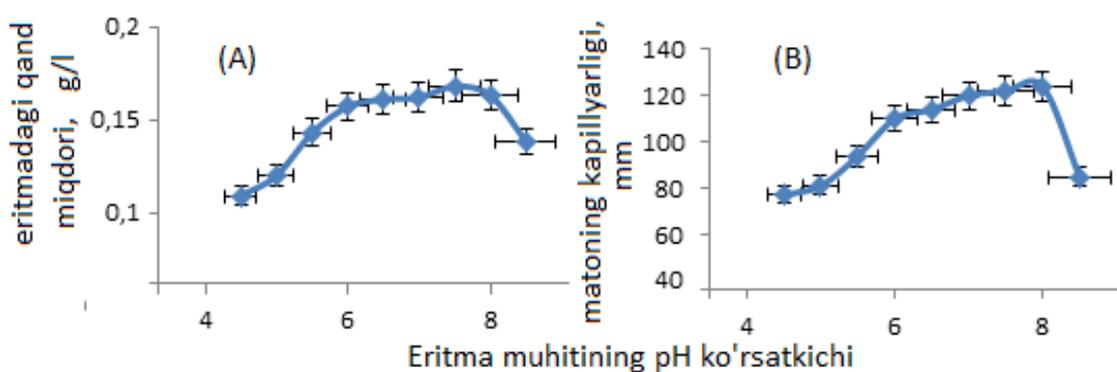
Kraxmal tarkibida 70-80% (ba'zi makkajo'xori kraxmalida 95% gacha) amilopektin, 20-30% amiloza bo'ladi. Paxta matosiga an'anaviy usulda ishlov berish jarayoni $NaOH$, Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 ishtirokida ishqoriy muhitda amalga oshiriladi. Bunda sellyuloza tarkibidagi yog'simon va mumsimon qo'shimchalar gidrolizlanib parchalanadi va suvda erib, chiqib ketadi. Ma'lumki, polisaxaridlar ishqoriy muhitda emas, kislotali muhitda gidrolizlanadi. Lekin kislotali muhitni qo'llash mumkin emas, chunki bunda kraxmal bilan birga sellyuloza ham gidrolizga uchrab, parchalanadi. Shuning uchun paxta sellyulozasiga an'anaviy usulda ishlov berilganda kalava iplarini to'qishdan avval ohorlash uchun qo'llanilgan kraxmalning bir qismi qolib ketadi va keyingi pardoqlash jarayonlarining normal borishligiga to'sqinlik qiladi.

α -Amilaza sellyulozaga ta'sir ko'rsatmaydi, aynan kraxmalning bosqichli gidrolizlanishiga katalitik ta'sir ko'rsatadi. U avvalambor kraxmalning amilopektini tarkibidagi α -1,6-glikozid bog'larini parchalaydi, suvda eriydigan chiziqli dekstrinlarni hosil qiladi. So'ngra α -1,4-glikozid bog'larini parchalaydi, bu esa kraxmalning to'liq gidrolizlanishiga, maltoza va glyukoza molekulalarining hosil bo'lishiga olib keladi. Dekstrin kraxmalning qisman gidrolizlangan mahsuloti, maltoza va glyukozadan kattaroq, lekin kraxmaldan ancha kichikroq, ya'ni $m \ll n$. α -Amilaza ta'sirida dekstrinlar maltozaga, maltoza esa glyukozagacha parchalanadi.

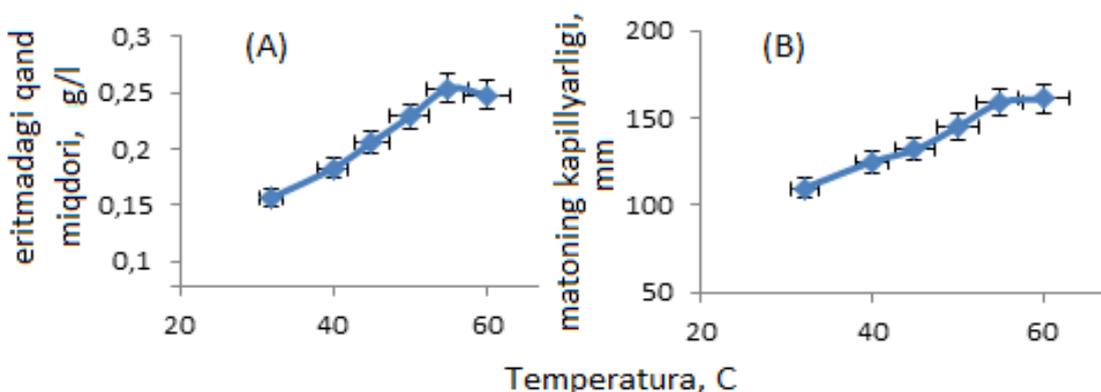
Fermentli qayta ishlashning samaradorligi ishlov berish vaqtida eritmaga ajralib chiqqan shakar moddalarning miqdori va ishlov berilgan mato namunalariining kapillyarligi bo'yicha aniqlandi. Tadqiqotda paxta matosiga α -amilaza fermenti turli konsentratsiyalarda, harorat, eritmaning pH qiymati va ishlov berish muddati o'zgaruvchan sharoitlarda qo'llanilib, ishlov berish jarayonlari o'tkazildi. Matoning kapillyarligi va biologik ishlov berishdan keyin eritmada hosil bo'lgan shakar miqdorining α -amilaza konsentratsiyasiga bog'liqligi aniqlandi (3-5 rasm). Ushbu bog'liqliklardan ferment konsentratsiyasi 2,5-3,0 g/l, muhit pH=6,0-7,0, temperatura 55-60°C bo'lganda 1,5-2,0 soat davomida fermentativ ishlov berish yuqori samaradorlikka erishishligi ma'lum bo'ldi.



3-rasm. Eritmaga ajralgan qand miqdorini (A) va matoning kapillyarligini (B) α -amilaza konsentratsiyasiga bog'liqligi. $T = 32^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 6$, ishlov berish vaqti: $\tau = 4$ soat



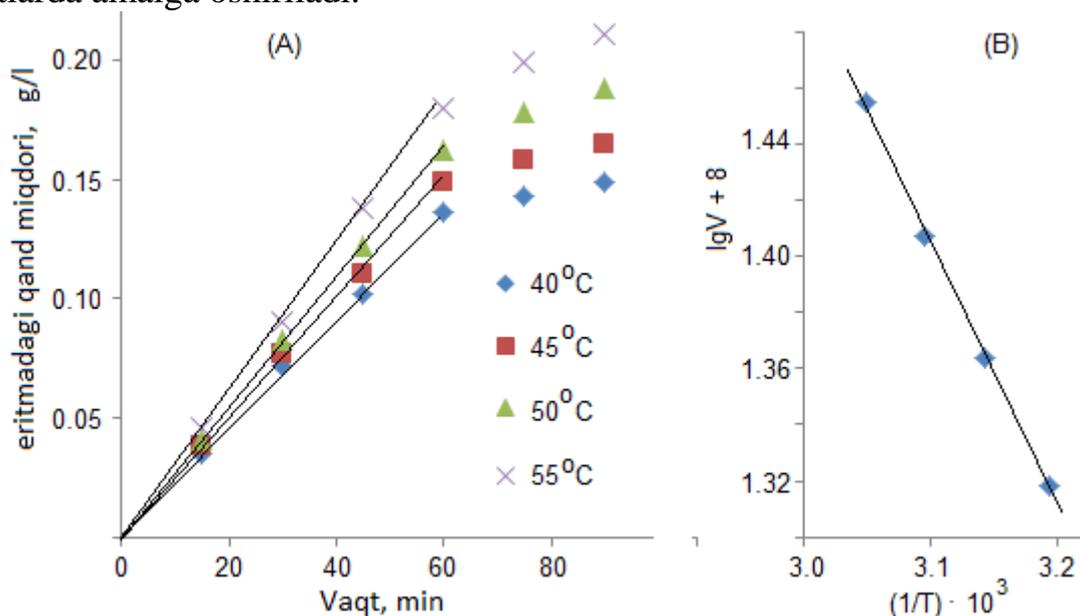
4-rasm. Eritmaga ajralgan qand miqdorini (A) va matoning kapillyarligini (B) muhit pH ko'rsatkichiga bog'liqligi. $T = 32^{\circ}\text{C}$, $C(\alpha\text{-amilaza}) = 3,0 \text{ g/l}$, $\tau = 4$ soat



5-rasm. Eritmaga ajralgan qand miqdorini (A) va matoning kapillyarligini (B) temperaturaga bog'liqligi. $\text{pH} = 6,0$; $C(\alpha\text{-amilaza}) = 3,0 \text{ g/l}$, $\tau = 4$ soat

40-55°C temperatura intervalida qand moddalari hosil bo'lish tezligining o'zgarishi asosida paxta sellyulozasini α -amilaza vositasida modifikatsiya reaksiyasining aktivlanish energiyasini hisoblandi (6-rasm). Haroratning oshishi bilan jarayon tezligining o'sish sur'ati yuqori emas. Jarayonning boshida 40-60 daqiqagacha qandning ajralib chiqish tezligi chiziqli ravishda oshadi, keyin jarayon tabiiy ravishda sekinlashadi. To'g'ri chiziqli kesma ma'lumotlaridan reaksiya tezligi logarifmining haroratning teskari qiymatiga bog'liqligi tuzildi. Olingan to'g'ri chiziqning og'ish burchagi tangensidan reaksiyasining aktivlanish energiyasi hisoblab chiqildi, u $E = 17 \pm 2 \text{ kJ/mol}$ ga teng bo'ldi.

Aktivlanish energiyasining kichikligi shuni ko'rsatadiki, fermentativ ohorsizlanish jarayoni nisbatan past temperaturalarda energiya jihatidan qulay sharoitlarda amalga oshiriladi.



6-rasm. Vaqt davomida ajralib chiqqan qand miqdorini (A) va reaksiya tezligini (B) temperaturaga bog'liqligi. pH = 6,0, C(α -amilaza) = 3,0 g/l

Tabiati har xil bo'lgan bir nechta fermentlarni o'z ichiga olgan ferment komplekslari asosidagi jarayonlar hali yetarli darajada o'rganilmagan. Shu boisdan, keyingi tadqiqotning maqsadi paxta matosi sellyulozasini bo'yashga tayyorlash jarayonini ikki turdagi fermentlardan iborat aralashma yordamida yaxshilash hamda matoning bo'yalishga doir xususiyatlarini oshirishdan iborat bo'ldi.

Nazorat guruhidagi matolarga an'anaviy soda-sovunli usulda, alohida α -amilaza, lipaza hamda α -amilaza/lipaza kombinatsiyasi bilan ishlov berildi. Ishlov berilgan eritmalar tahlil qilinib, ularning tarkibidagi shakar miqdori aniqlandi (2-jadval), matolarning kapillyarlik ko'rsatkichlari aniqlandi (7-rasm).

2-jadval

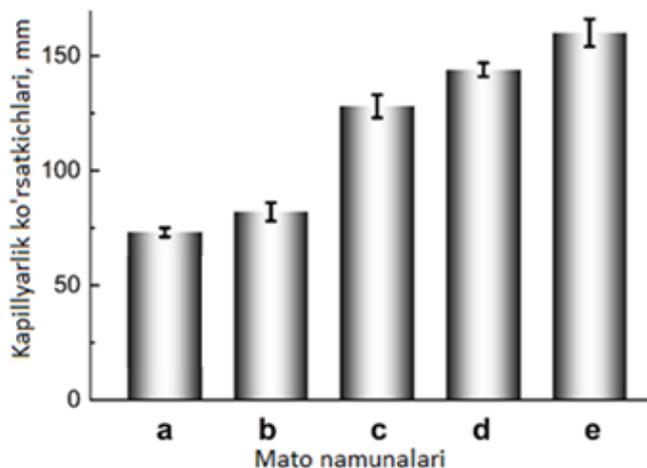
Paxta sellyulozasini turli reagentlar bilan modifikatsiyalash jarayonida eritmaga ajralib chiqqan qand moddalari miqdori

Reagentlar, ishlov berish usuli	An'anaviy	Lipaza	α -amilaza	α -amilaza/lipaza	α -amilaza/lipaza/NaOH
Tiklangan qand moddalari miqdori, mg/l	113±1	119±1	132±2	131±4	139±2

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, α -amilaza/lipaza/NaOH kompleksi ishtirokida tiklangan qand moddalari miqdori eng yuqori bo'lib, bunda α -amilaza NaOH yordamida kraxmalni parchalaydi va katta miqdorda qand ajralib chiqadi. Sellyuloza matoning yuzasidan qo'shimcha mahsulotlarning yo'q qilinishi fermentlarning katalitik ta'siri ostida polisaxaridlar, oqsillar va yog'li-mumli moddalarning gidrolizlanishiga bog'liq bo'lishi mumkin.

Ferment bilan ishlov berilgan matoning kapillyarligi sezilarli darajada oshdi, bu esa ohorlash agenti va unga bog'liq bo'lgan sellyuloza moddalari olib tashlangani bilan izohlanadi. Mato yagona ferment yoki ikki komponentli ferment bilan ishlov

berilganda, uning kapillyar balandligi an'anaviy usulda ishlov berilgan matodan yuqori bo'ldi, bu ferment bilan ishlov berishning kraxmal ohorini olib tashlashda an'anaviy ishqorli reagentlarga nisbatan ustunligini ko'rsatadi.

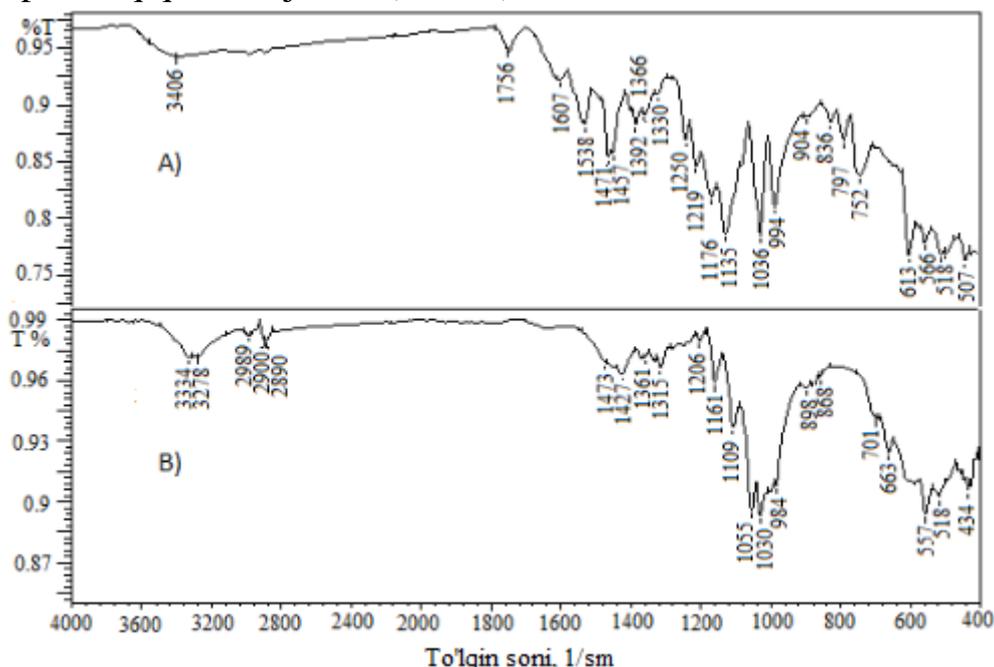


7-rasm. Paxta matosi namunalari kapillyarligini ishlov berish usuliga bog'liqligi: (a) an'anaviy usul; (b) lipaza; (c) α -amilaza; (d) α -amilaza/lipaza; (e) α -amilaza/lipaza/NaOH.

α -Amilaza/lipaza/NaOH kompleks reagent bilan ishlov berilgach, paxta matoning kapillyar balandligi maksimal darajaga yetdi. Ushbu tarkib kraxmal ohori, mumli va oqsil moddalari kabi

paxta matodagi asosiy qo'shimcha moddalarning parchalanishiga olib keldi. Faqat lipaza bilan ishlov berilgan matoda kapillyar balandlik α -amilaza tarkibidagi reagent bilan ishlov berilgan matoga nisbatan ancha past bo'ldi, chunki lipaza asosan mato yuzasidagi mumli moddalarni olib tashladi, ammo kraxmalni olib tashlashga sezilarli ta'sir ko'rsatmadi.

Biomodifikatsiyalangan sellyuloza aktiv bo'yovchi modda bilan bo'yaldi, bo'yovchi modda bilan ta'sirlashuv tavsifini aniqlash maqsadida IQ-Furye spektroskopik tadqiqotlar bajarildi (8-rasm).



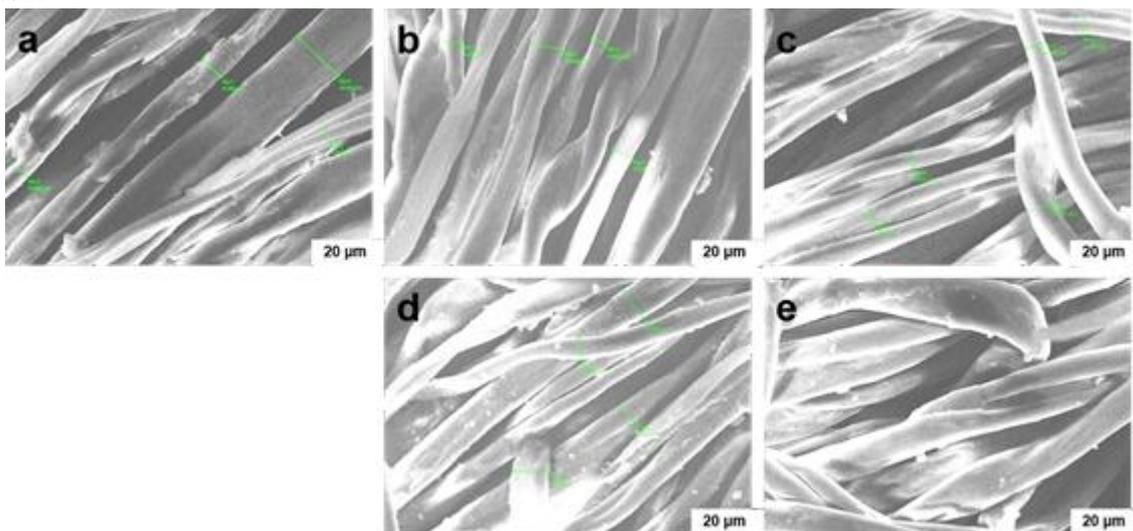
8-rasm. Bo'yovchi modda (A) fermentativ ishlov berilgandan so'ng bo'yalgan paxta sellyulozasini (B) IQ-Furye spektri

Bo'yovchi moddaning IQ-Furye spektrida quyidagi yutilish sohalari kuzatiladi: 3406 cm^{-1} da ν_{O-H} va ν_{N-H} ; xromofor guruhlari $\nu_{C=O}$ va $\nu_{C=N}$ bog'lari tebranishlariga mos keladigan 1756 cm^{-1} va 1607 cm^{-1} sohada; $1540-1330 \text{ cm}^{-1}$ sohadagi yutilish δ_{C-H} , δ_{O-H} , δ_{N-H} deformatsion tebranishlariga mos keladi;

1250-900 cm^{-1} sohada ν_{C-O} , ν_{C-N} , δ_{C-O} δ_{C-N} ; 752, 797 cm^{-1} sohada ν_{C-Cl} namoyon bo'ladi.

Biomodifikatsiyadan so'ng bo'yalgan namunaning spektrida 3334 va 3287 cm^{-1} sohadagi yutilish yo'lklarining intensivligi va kengligi yangi molekulalararo bog'lar hisobiga oshgan; 1756, 1607, 752, 797 cm^{-1} (ν_{C-Cl}) sohalardagi xromofor guruhlarining yutilish yo'lklari yo'qoladi. Demak, bo'yovchi modda bilan sellyuloza degidroxlorlash reaksiyasi hisobiga yangi C-O kovalent bog' orqali bog'lanadi. Biomodifikatsiya jarayonida sellyuloza yuzasidan ohorlovchi va qo'shimcha moddalarni to'liq chiqarilganligi bo'yoq molekulalarining sorbsiyasi, tarqalishi va kimyoviy bog'lanishi uchun qulay shart-sharoitlarni yaratadi.

Paxta sellyulozasi morfologiyasi (9-rasm) shuni ko'rsatadiki, dastlabki tolalar yuzasi asosan kraxmaldan iborat ohorlovchi agent bilan qoplangan. An'anaviy usulda ishqorli reagentlar bilan ishlov berilgach, tolalar yuzasidagi ba'zi qo'shimchalar chiqarib yuborilgan. α -Amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan tolalar silliq va qo'shimchalardan holi bo'lib, α -amilaza/lipaza/NaOH tizimi tolalar yuzasidagi qo'shimchalarni samarali olib tashlash imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatdi, bu esa bir xilda bo'yashni ta'minlash uchun asos yaratadi. Shu sababli, bo'yalgandan keyingi tolalar yuzasida bo'yoq zarrachalari teng taqsimlangan holda namoyon bo'ladi.

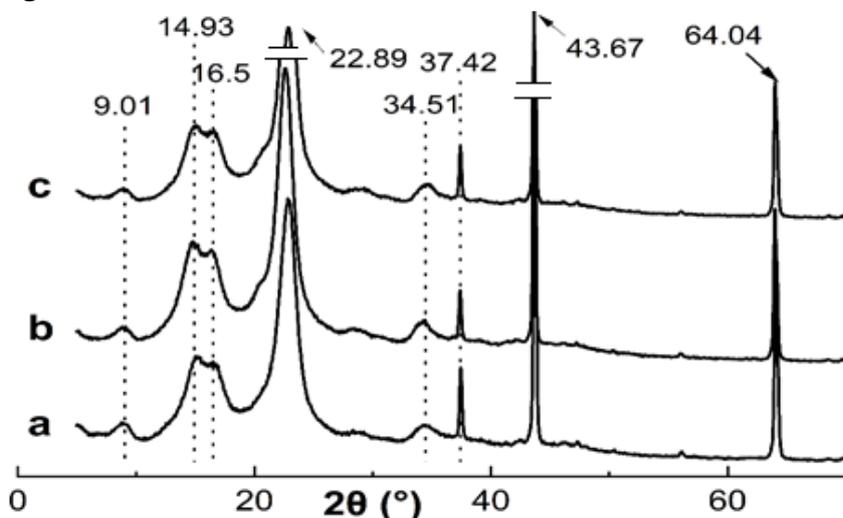


9-rasm. Fermentativ ishlov berilgan paxta matosining SEM tasvirlari. a) dastlabki xom paxta matosi; b) an'anaviy ishlov berilgan mato; c) α -amilaza/lipaza/NaOH; d) an'anaviy ishlov berilgandan so'ng bo'yalgan paxta matosi; e) α -amilaza /lipaza/NaOH kompleksi bilan ishlov berilgandan so'ng paxta matosi

Paxta tolalarining bo'yash samaradorligi sellyuloza matritsasidagi kristallik sohasi ortishi bilan kamayadi. Sellyulozaning amorf hududi bo'yoqlarni singdirish va diffuziyasini rag'batlantirishda muhim rol o'ynaydi.

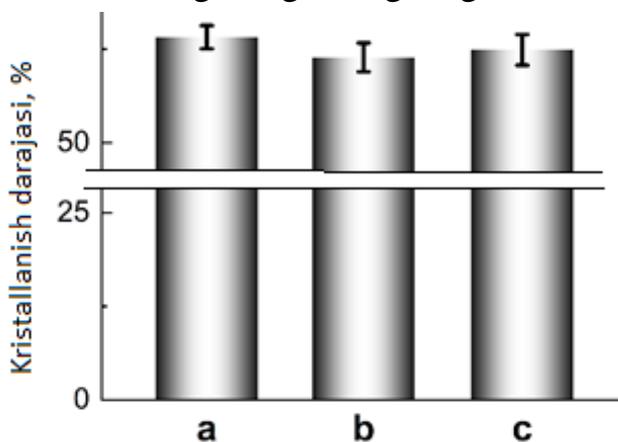
Modifikatsiya jarayoni sellyuloza asosidagi to'qimachilik materiallarining kristallik strukturasi o'zgarishiga olib kelishi mumkinligi sababli, α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan va bo'yalgan paxta matoning rentgen nurlari diffraksiya (XRD) egri chizig'i sinovdan o'tkazildi (10-rasm). Xom paxta matoning egri chizig'i asosan 22,89°, 43,67° va 64,04° burchaklarida rentgen nurlari diffraksiyasini ko'rsatib, sellyuloza I turi kristallik strukturasi (asosiy I β subtipi) ni

aks ettiradi. α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan paxta mato va bo‘yalgandan keyingi matoning rentgen nurlari diffraksiya burchaklarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilmadi.



10-rasm. Rentgen-fazaviy taxlil:
 a) dastlabki mato;
 b) α -amilaza/lipaza/NaOH kompleksi bilan ishlov berilgan paxta mato; kompleks bilan ishlov berilgandan so‘ng bo‘yalgan paxta mato

Rentgen diffraksiya egri chizig‘iga asoslanib, matoning kristallik darajasi hisoblandi (11-rasm). Undan ko‘rinib turibdiki, paxta mato α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgandan keyin sellyuloza tolalarining kristallik darajasi biroz kamaygan. Bu tolalardagi amorf sohaning biroz ko‘payganligini bildiradi, bu esa matoning bo‘yash samaradorligini oshirishga yordam beradi. Keyinchalik mato bo‘yalgandan so‘ng, kristallik darajasi xom matoning darajasiga yaqinlashdi. Bu, ehtimol, bo‘yovchi moddaning kristallik strukturasi ega bo‘lib, sellyulozaning amorf sohasiga singib ketganligi bilan izohlanadi.



11-rasm. Sellyulozaning rentgen kristallanish darajasi. a) dastlabki paxta mato; b) α -amilaza/lipaza/NaOH; c) α -amilaza/lipaza/NaOH kompleksi bilan ishlov berilgandan so‘ng bo‘yalgan

Bo‘yalgan namunaning rang intensivligini asosiy ko‘rsatkichi bo‘lgan K/S qiymati optik tamoyillar asosida miqdoriy ifodalaydi. 3-jadvalga ko‘ra, α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan paxta matoning K/S qiymati eng yuqori bo‘lib, bu matoning bo‘yoq chuqurligi eng katta va bo‘yoq effekti eng aniq ekanligini ko‘rsatadi.

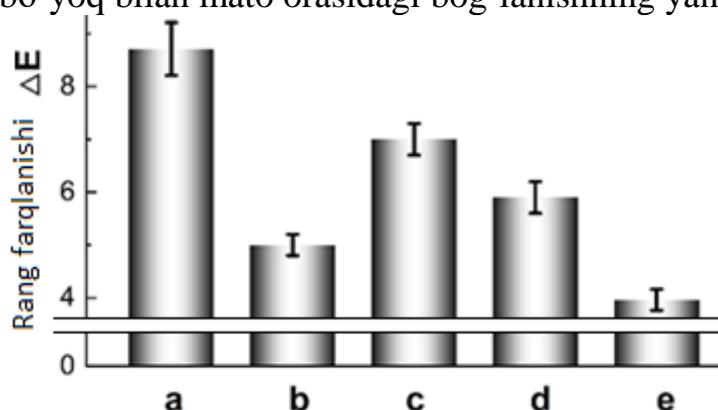
3-jadvalda berilgan CIEL^{*}a^{*}b^{*} sistemasidagi rang koordinatalari bo‘yalgan namunalardagi L^{*} - rang yorqinligi; a^{*} - qizil-yashil va b^{*} - sariq-ko‘k rang koordinatalari; C^{*} - rang to‘yinuvchanligi; h[°] - tang chuqurligi; K/S – rang intensivligi ko‘rsatkichlari keltirilgan. α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan paxta mato an‘anaviy reagentlar bilan ishlov berilgandan sezilarli darajada yuqori yorqinlik, rang chuqurligi va to‘yinganlik ko‘rsatgan.

3-jadval

Fermentativ ishlov berilgan va bo‘yalgan paxta matosining rang ko‘rsatkichlari

Reagentlar	K/S	L*	a*	b*	C	h
An'anaviy ishlov berilgan	1,3±0,5	71,7±0,5	40,3±0,9	14,0±1,0	47,1±1,3	15,6±0,9
α-amilaza	2,0±0,5	76,8±2,0	42,3±1,7	46,2±1,2	62,0±1,5	16,5±1,5
Lipaza	2,9±0,3	75,9±2,5	42,0±1,0	50,4±1,5	66,1±0,3	47,7±0,6
α-amilaza/lipaza	3,9±0,1	79,0±3,0	43,4±1,0	50,6±2,0	69,0±1,5	48,2±1,6
α-amilaza/lipaza/NaOH	3,9±0,4	80,0±1,0	45,2±2,0	53,0±3,0	69,7±3,0	51,0±3,0

Ishlov berilgan matoning rang koordinatalaridagi o‘zgarish (ΔE) besh marta yuvilgandan so‘ng hisoblab chiqildi. 12-rasmdan ko‘rinib turibdiki, biokimyoviy ishlov berilgandan so‘ng bo‘yalgan paxta matoning ΔE qiymati past bo‘lib, bu matoning suv bilan yuvilgandan keyin rang o‘zgarishining kamroq ekanligini va bo‘yoq bilan mato orasidagi bog‘lanishning yanada barqarorligini anglatadi.



12-rasm. Turli usullarda ishlov berilgandan so‘ng bo‘yalgan paxta matosining rang farqlanishi (ΔE):
 a) an'anaviy ishlov berilgan;
 b) α-amilaza; c) lipaza; d) α-amilaza/lipaza;
 e) α-amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan

Mato rangining mustahkamligi mato bo‘yalishi sifatini baholash uchun asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi. Bu matoning asl rangini saqlab qolish va yuvish, quyosh nuri ta’siri, ishqalanish, ter izlari kabi turli foydalanish va atrof-muhit omillariga nisbatan rang barqarorligini saqlash hamda ifloslanishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyatidir. (4 va 5 jadvallar).

4-jadval

Fermentativ ishlov berilgan va bo‘yalgan paxta matoning ishqalanishga chidamliligi.

Tayyorlash usullari	Quruq ishqalanishga nisbatan rang chidamliligi	Ho‘l ishqalanishga nisbatan rang chidamliligi
An'anaviy ishlov berilgan	4,5/4	4/4,5
α-amilaza	5/5	5/4,5
Lipaza	5/4	4/5
α-amilaza/lipaza	5/4,5	5/4,5
α-amilaza/lipaza/NaOH	5/5	5/5

4-jadvalga ko‘ra, α-amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan matoning quruq ishqalanishga nisbatan rang mustahkamligi boshqaruv guruhidagiga teng darajada bo‘ldi. Shu bilan birga, nam ishqalanishga nisbatan rang mustahkamligi ishqoriy reagentlar bilan ishlov berilgan matodan yaxshiroq bo‘ldi. Ishqalanishga qarshi rang mustahkamligi selluloza tolalarining g‘ovaklarida bo‘yoqning mustahkam o‘rnashish darajasini ifodalaydi. Ferment yordamida ishlov berilgan matodagi tolalarning g‘ovaklari kattaroq bo‘lgani uchun bo‘yoq yanada mustahkamroq o‘rnashdi va rang mustahkamligi yaxshilandi.

5-jadval

Fermentativ ishlov berilgan va bo‘yalgan paxta matoning ter, sovun va yorug‘likka chidamliligi

Tayyorlash usullari	Ter ta‘siriga qarshi rang chidamliligi	Sovun ta‘siriga qarshi rang chidamliligi	Yorug‘lik ta‘siriga rang chidamliligi
An’anaviy ishlov berilgan	5/4,5/4	4/5/4,5	4,5
α -amilaza	5/5/5	5/5/5	5
Lipaza	4/4/4,5	4/4/5	5
α -amilaza/lipaza	4/4,5/5	5/4	5
α -amilaza/lipaza/NaOH	5/5/5	5/5	5

5-jadvalga ko‘ra, α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan matoning ter, sovun va ta‘siriga nisbatan rang mustahkamligi boshqa matolarnikidan yuqoriroq bo‘ldi. Ushbu natijalar shuni ko‘rsatadiki, paxta matoni α -amilaza/lipaza/NaOH tizimi yordamida ishlov berish nafaqat mato yuzasidagi qo‘shimchalarni samarali olib tashlaydi, balki bo‘yovchi moddaning mustahkamligini oshirib, paxta matosining chidamliligini ta‘minlaydi.

Fermentlar bilan ishlov berilgan matoning fizik-mexanik xossalari 6-jadvalda ko‘rsatilgan. Xom mato yoki ishqorli reagentlar bilan ishlov berilgan matoga nisbatan, turli fermentlar bilan ishlov berilgan paxta matoning yuza zichligi va havo o‘tkazuvchanligi yaxshilangan. Bundan tashqari, α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan matoning ishqalanishga chidamliligi, shuningdek, tanda va arqoq yo‘nalishlarida uzilish kuchi sezilarli darajada oshgan.

6-jadval

Fermentativ ishlov berilgan va bo‘yalgan paxta matoning fizik va mexanik xususiyatlari

Reagentlar	Yuza zichligi (g/m ²)	Havo o‘tkazuvchanlik (cm ³ /cm ² ·s)	Ishqalanishga chidamlilik (ming sikl)	Uzilish kuchi, (N)		Uzilishdagi cho‘zilishi (mm)	
				Tanda	Arqoq	Tanda	Arqoq
Xom mato	150,3±2,1	45,4±3,2	9±0,4	225±3	232±9	17±0,7	16±0,6
An’anaviy usul	154,2±3,4	46,7±2,1	10±0,3	235±5	242±6	32±1,5	25±1,0
α -amilaza	161,7±6,9	55,5±1,6	10±0,4	247±3	268±7	33±1,7	34±1,5
Lipaza	164,5±6,2	54,8±1,2	10±0,5	257±4	267±6	32±1,4	32±1,3
α -amilaza/lipaza	165,2±5,5	56,7±0,9	10±0,5	258±5	280±8	35±1,5	33±1,0
α -amilaza/lipaza/NaOH	168,6±6,3	58,9±5,1	11±0,5	262±6	300±8	38±1,8	34±1,1

Tolalar yuzasidagi qo‘shimchalar mato makrotuzilmasining defekti sifatida destruksiya aktiv markaziga aylanadi, mexanik ta‘sirlar natijasida matoning uzilishi va parchalanishiga sababchi bo‘ladi. Biokimyoviy modifikatsiya natijasida qo‘shimchalardan tozalangan materialning mexanik mustahkamligi ishlov berilmagan yoki an’anaviy usulda ishlov berilgan namunalarnikidan yuqori bo‘ladi.

XULOSA

1. To‘qimachilik materiali sellyulozani fermentlar yordamida biokimyoviy modifikatsiya qilish mato ishlab chiqarishda yangi texnik, ekologik va iqtisodiy imkoniyatlarni ochadi. Kimyoviy ishlov berishdan oldin paxta matosini ohorsizlantirish uchun α -amilaza fermentidan foydalanish quyidagi afzalliklarga ega: minimal reagent sarfi bilan yuqori darajadagi ishlov berishga erishish; jarayonni neytral muhitda amalga oshirish; ishlov berishni nisbatan past temperaturada va kichik aktivlanish energiyasi bilan energetik afzal sharoitda amalga oshirilishi.

2. Paxta matosi sellyulozasiga biokimyoviy ishlov berilganda α -amilaza fermenti kraxmal gidrolizi reaksiyasining, lipaza fermenti esa yog‘ va mumsimon moddalar gidrolizi reaksiyasining biokatalizatori vazifasini bajaradi, substrat bilan faol oraliq kompleks birikmani hosil qiladi, parchalanish reaksiyasining aktivlanish energiyasini kamaytiradi. Kraxmalning parchalanishi natijasida avval dekstrinlar, so‘ngra maltoza va keyin glyukozaga hosil bo‘ladi. Tarkibida har biri 1,5-2,0 g/l dan α -amilaza, lipaza va natriy gidroksidi saqlagan fermentativ kompleks bilan reaksiya muhit $\text{pH}=6,0-7,0$, temperatura $50-55^{\circ}\text{C}$ bo‘lganda 1,5-2,0 soat davomida ishlov berish paxta sellyulozasini pardozlashga tayyorlash samaradorligi yuqori bo‘lishligini ta’minlaydi.

3. Fermentlar va reagentlarni alohida va birgalikda ta’siri samaradorligini baholashning tezkor va qulay usuli – ishlov beruvchi eritmaga ajralib chiqqan qand miqdori va matoning kapillyarligini aniqlash ekanligi ko‘rsatildi. α -amilaza/lipaza/NaOH kompleksidagi tiklangan qand miqdori eng yuqori, ya’ni 139 ± 2 mg/l bo‘lib, bu ko‘rsatkich an’anaviy usul bilan ishlov berilgan matoga nisbatan 1,2 marta katta; kapillyarligi esa 155 ± 5 mm bo‘lib, bu ko‘rsatkich an’anaviy usul bilan ishlov berilgan matoga nisbatan 2,0 marta ortiq ekanligi aniqlandi.

4. Biokimyoviy usulda ishlov berilgan paxta sellyulozasining strukturasi, morfologiyasi an’anaviy usulda ishlov berilganga nisbatan yaxshilangan, sellyuloza matritsada amorf soha maydoni, shunga mos ravishda matoning g‘ovakliligi ortgan. Ishlov berilgan matolarning termik barqarorligi oshgan, qo‘shimcha moddalar miqdorining kamayganligi hisobiga parchalanish reaksiyalarining issiqlik effektlari kamaygan. Biokimyoviy modifikatsiya qilingan materiallarning mexanik mustahkamligi 2–13% ga ortgan.

5. Paxta sellyulozasiga biologik fermentlar bilan ishlov berish matoning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolgan holda, uning bo‘yalish ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi. An’anaviy sovun-soda bilan ishlov berilgan paxta matosiga nisbatan, α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berilgan matoda rang intensivligi yuqori bo‘lib, ishqalanishga, ter ta’siriga, sovun eritmasiga va yorug‘lik ta’siriga nisbatan rang barqarorligi ancha yuqori bo‘ldi. α -amilaza/lipaza/NaOH bilan ishlov berish jarayoni paxta matosiga yumshoq va ekologik xavfsiz biomodifikatsiya usuli bo‘lib, keng qo‘llanilish salohiyatiga ega istiqbolli texnologiya hisoblanadi.

**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**

ФАЙЗУЛЛАЕВА КАМОЛА СУННАТИЛЛО КИЗИ

**БИОХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ
ПОЛОТЕН**

02.00.06 – Высокмолекулярные соединения

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

Чирчик – 2026

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.PhD/K930

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.cspi.uz.ilmiy-kengash) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNET» (www.ziyo.net.uz).

Научный руководитель:

Рафиков Адхам Салимович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Махкамов Музаффар Абдуганпорович
доктор химических наук, профессор
Жураев Мурод Махмаржаб угли
доктор философии по химическим наукам
(PhD)

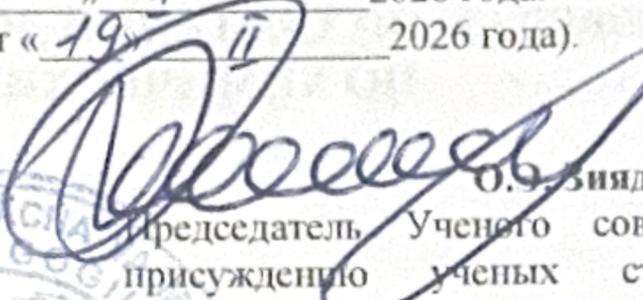
Ведущая организация:

Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии

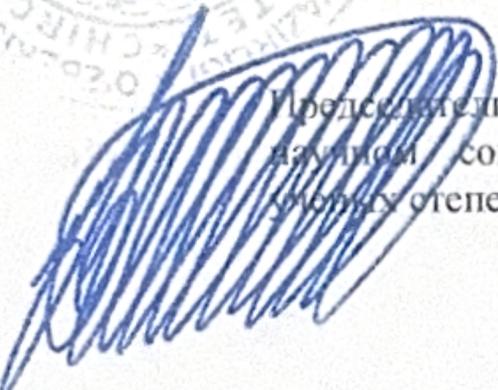
Защита диссертации состоится « 5 » III 2026 года в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.01/2025.27.12.K.04.04 при Чирчикском государственном педагогическом университете (Адрес: 111720, Ташкентская область, г.Чирчик, ул. Амир Темура, 104. Тел.: (0371) 716-68-05, факс: (0371) 716-68-11; e-mail: tvchdpi_k.kengash@umail.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 № 440)).

Автореферат диссертации разослан « 19 » II 2026 года.
(реестр протокола рассылки № 31 от « 19 » II 2026 года).


О.С. Зиядуллаев
Председатель Ученого совета по
присуждению ученых степеней,
д.х.н., профессор


Г.К. Отамухамедова
Ученый секретарь Ученого совета по
присуждению ученых степеней,
д.х.н.


Д.Ж. Бекчанов
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению
ученым степеней, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Химические процессы, широко применяемые в текстильной промышленности во всем мире, приводят к образованию большого количества промышленных отходов, связанных с использованием химических реагентов для подготовки, обогащения и отделки материалов, что существенно загрязняет окружающую среду. В связи с этим возрастает интерес к реализации возможностей безопасной биологической модификации полимеров текстильных материалов, в том числе хлопковой целлюлозы. Перспективы перехода от химических к биохимическим процессам в отделке текстильных материалов определяются существенно меньшей токсичностью и экологической безопасностью ферментных препаратов, используемых для подготовки, крашения и отделки текстильных материалов.

В мире ведутся интенсивные исследования технологий ферментативной модификации природных полимеров и волокнистого сырья, биохимического обогащения текстильных материалов. Благодаря этим технологиям обеспечивается производство экологически чистой, гигиеничной и востребованной текстильной продукции с высокой эффективностью, минимальным ущербом для окружающей среды. Особое внимание уделяется процессам селективной, энергосберегающей биохимической модификации целлюлозных текстильных материалов с использованием минимального количества ферментов и реагентов.

В настоящее время текстильная и швейно-трикотажная промышленность Республики Узбекистан превратилась в мощную и устойчивую отрасль, во многом определяющую размер валового внутреннего продукта страны и благосостояние ее населения. Для дальнейшего развития отрасли необходимо внедрение нетрадиционных, альтернативных подходов, инновационных, безотходных, экономичных и экологически чистых технологий. Задачи по обеспечению опережающего развития текстильной промышленности республики, расширению производства высококачественной и конкурентоспособной готовой продукции, а также возрастанию доли экспортной продукции изложены в Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы¹. В решении этих задач особое значение имеет проведение широких исследований и внедрение в производство биохимической модификации традиционного и стратегического волокнистого сырья – целлюлозы.

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 Узбекистана на 2022-2026 годы», УП-155 от 2 сентября 2023 года «О дополнительных мерах по финансовой поддержке текстильной

¹ Указ Президента Республики Узбекистан, от 28.01.2022 г. № УП-60 “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы”

промышленности», Постановления 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. Исследования процессов ферментативной модификации, морфологии и свойств целлюлозы текстильных материалов за рубежом проводили J. Cao, C. Meng C и H. Zhao, R. Vandopadhyay, U. Nimkar, J. Song, A. Hasanbeigi, L. Price и другие учёные. В Республике Узбекистан исследования по ферментативной модификации хлопковой целлюлозы проводили М.З.Абдукаримова, И.А.Набиева, Д.Б. Худойбердиева и другие.

В процессах химической отделки показана возможность повышения интенсивности подготовки тканей к отделке за счёт обработки их различными ферментами, снижения расхода реагентов и других биологических процессов. Однако процессы с использованием ферментных комплексов, содержащих несколько ферментов различной природы, изучены недостаточно. Вопросы применения химической модификации в сочетании с биологической обработкой не рассматривались.

Связь диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского института текстильной и легкой промышленности в рамках Узбекско-Белорусского международного проекта IL-4821091581 по теме «Биохимическая модификация целлюлозных текстильных материалов» (2022-2024 годы) и фундаментального проекта FL-9024093557 по теме «Научные и практические основы комплексной переработки полимерных отходов по экологическим принципам» (2025-2029 гг.).

Целью исследования является определение условий и эффективности биохимической модификации целлюлозы текстильного материала с использованием комплекса ферментов.

Задачи исследования:

определение возможности удаления шлихты и побочных веществ из целлюлозы хлопчатобумажных тканей с использованием различных ферментов;

определение условий и схем взаимодействий, происходящих в процессе биохимической модификации;

оценка эффективности ферментов и реагентов по капиллярности ткани и по количеству сахара, выделяемых в обрабатывающий раствор;

определение влияния традиционной и биохимической модификации на структуру, пористость, степень кристаллизации, гигроскопичность и физико-химические свойства целлюлозы;

оценка эффективности процесса биохимической модификации при отделке целлюлозных тканей по степени впитывания красителя в волокно, интенсивности окраски, ее устойчивости и долговечности.

Объектом исследования является хлопковая целлюлоза и ткань, ферменты α -амилаза и липаза, активный краситель, поверхностно-активное вещество, химические реагенты ($NaOH$, H_2O_2 , Na_2SiO_3 , Na_2CO_3).

Предметом исследования являются условия и параметры модификации целлюлозы текстильных материалов путем биологической, традиционной и биохимической обработки, процессы взаимодействия ферментов с целлюлозой и ее примесями, состав, микро- и макроструктура, морфология, физико-химические, термические, гигиенические и колористические свойства модифицированных полимерных материалов.

Методы исследования. В диссертации использованы физико-химические методы исследования, методы контроля физико-механических свойств текстильных материалов, Фурье-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), элементный анализ, дифференциально-термический анализ (ДТА), рентгенофазовый анализ, технологические методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказано, что при использовании биферментного комплекса и щелочного раствора низкой концентрации для биохимической модификации хлопковой целлюлозы интенсифицируется процесс подготовки тканей к отделке;

определена эффективность биохимической модификации целлюлозы по капиллярности ткани, а также по общему количеству выделившихся сахаров;

установлены схемы и оптимальные условия реакций взаимодействия каждого фермента и реагента в составе комплекса с крахмалом и другими примесями, содержащимися в целлюлозе;

определена взаимосвязь между методом модификации и составом, структурой, морфологией, физико-механическими, термическими, а также красящими свойствами модифицированной целлюлозы.

Практические результаты исследований заключается в следующем:

разработаны режимы проведения ферментативной обработки хлопковой целлюлозы путем введения в щелочной раствор и обработки ферментами;

доказано, что биохимическая модификация положительно влияет на прочностные показатели тканей по основе и утку, их относительную растяжимость, капиллярно-пористую структуру, устойчивость к истиранию и воздухопроницаемость;

установлено, что при обработке целлюлозных тканей раствором, содержащим α -амилазу, липазу и гидроксид натрия, достигается высокая сорбция активных красителей в волокна;

определены основные эксплуатационные свойства окрашенных образцов тканей, интенсивность и координаты окраски, устойчивость к воздействию различных внешних факторов в процессе эксплуатации.

Достоверность результатов исследования обосновано соответствием полученных результатов современной теории биомодификации и требованиям

нормативных документов, проведением экспериментальных исследований с применением физико-химических методов - ИК-Фурье, СЭМ, ДТА, элементного и рентгенофазового анализов.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в высокой эффективности модификации при обработке хлопковой целлюлозы биферментным комплексом и щелочным раствором, селективности действия каждого реагента на шлихтующие вещества и примеси в целлюлозе, а также оптимизацией капиллярно-пористой структуры ткани путем биохимической модификации.

Практическая значимость результатов исследования определяется тем, что биохимическая модификация хлопковой целлюлозы биферментами обеспечивает использование сравнительно небольшого количества экологически безопасных реагентов и ускорение подготовки тканей к отделке при более низких температурах, чем при традиционном методе, а также высокой сорбцией, фиксацией и устойчивостью красящих веществ.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по биохимической модификации целлюлозы текстильных материалов:

способ обработки хлопковой целлюлозы ферментативным и щелочным раствором внедрен в отделочное производство предприятия ООО «TURON TEX» (справка Ассоциации «Узтекстильпром» №2/25-2229 от 19.09.2025 г.). Результаты позволили ускорить процесс подготовки тканей к крашению и улучшить их физико-механические свойства, в том числе повысить разрывную прочность на 13-16% и капиллярность на 13-17%;

способ биохимического ускорения процесса подготовки хлопчатобумажной ткани к крашению внедрен на предприятии ООО «CLASS TEX PRODUCTION» (справка № 2/25-2229 ассоциации «Узтекстильпром» от 19.09.2025 г.). В результате удалось повысить прочность на разрыв ткани на 11–24% и воздухопроницаемость на 20–26% по сравнению с тканью, обработанной традиционным способом.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований докладывались и обсуждались на 13 научно-практических конференциях, в том числе на 4 международных и 9 республиканских.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 4 научных статьи, в том числе 2 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страницы.

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 **«Ферменты и методы биологической модификации целлюлозы»** приведена оценка научных исследований и результаты, анализов по источникам опубликованных работ, связанных с темой диссертации. Анализируются основы биохимической модификации текстильных материалов, некоторые ферменты, используемые в текстильной промышленности, и их свойства, а также современное состояние проблем интенсификации процессов подготовки текстильных полотен к заключительной отделке с участием ферментов.

Во второй главе диссертации **«Методика биохимической модификации и исследования свойств хлопковой целлюлозы»** приведены характеристики объектов исследований, методов биохимической модификации целлюлозы текстильных полотен, метода крашения модифицированной хлопковой целлюлозы, методов изучения свойств материалов. Биохимическую модификацию целлюлозы проводили в водной среде в растворе ферментов α -амилазы, протеазы, целлюлазы и липазы, а также в растворе, содержащем эти ферменты одновременно с NaOH. Образцы целлюлозной ткани помещали в раствор в соотношении 1:10 и обрабатывали при температуре 30-60°C, pH=3-10 в течение 0,5-2,5 часов. Составы растворов и режимы обработки для изучения свойств материалов приведены в таблице 1.

После обработки все образцы тканей были окрашены по непрерывной технологии с использованием активных красителей. Непрерывное крашение проводили в два этапа, модуль ванны 1:30. Активный краситель брали в количестве 2% от массы ткани. На первом этапе образец обрабатывали раствором красителя при температуре 45°C, на втором этапе в качестве электролита добавляли раствор хлорида натрия, общее время обработки составило 30 минут.

В третьей главе **«Анализ результатов биохимической модификации целлюлозы хлопчатобумажных полотен»**, обсуждены результаты исследования. Волокнистая масса обладает электрокинетическим зарядом и большой удельной поверхностью, поэтому велика роль поверхностных явлений в свойствах всей системы. Влияние этих явлений усиливается при разбавлении волокнистой массы.

Таблица 1

Состав ванны и условия обработки для модификации целлюлозы ткани

№	Реагенты	Концентрация, г/л	Температура, °С	Время, мин	Модуль ванны
Традиционный метод					
1	Силикат натрия/Гидроксид натрия/ПАВ	5/5/1	90-95	60	1:30
Биологический метод					
2	α -амилаза	5	60	120	1:10
3	Липаза	5	60	120	1:10
4	α -амилаза / Липаза	3/3	60	120	1:10
5	Протеаза	5	60	120	1:10
6	Целлюлаза	5	60	120	1:10
7	Целлюлаза/Протеаза	3/3	60	120	1:10
8	α -амилаза / Протеаза / Липаза	3/3/3	60	120	1:10
Биохимический метод					
9	α -амилаза / Липаза /NaOH	2/2/2	60	120	1:10

При биохимической обработке целлюлозы из хлопчатобумажной ткани могут протекать совершенно разные процессы, в зависимости от природы фермента. Некоторые ферменты взаимодействуют непосредственно с целлюлозой, другие с примесями, содержащимися в материале. В отличие от химических реагентов, для ферментативных реагентов рекомендуется селективность, то есть направленное взаимодействие с субстратом по определённой схеме. Фермент действует как биокатализатор, образуя с субстратом активный промежуточный комплекс, снижая энергию активации реакции разложения.

Реакция крахмала с α -амилазой приводит к гидролизу крахмала. При этом он расщепляется на более мелкие молекулы, в основном на молекулы мальтозы и декстрина. α -амилаза расщепляет α -1,4-гликозидные связи в крахмале, но не затрагивает β -гликозидные связи. Липаза расщепляет восковые вещества, содержащиеся в целлюлозных волокнах (рис. 1).

Для определения схемы протекающих реакций и микроструктуры целлюлозы проведены ИК-Фурье-спектроскопические исследования исследуемых образцов ткани. На рисунке 2 представлены ИК-Фурье-спектры исходных и модифицированных образцов целлюлозы. В ИК-Фурье исходного образца наблюдаются характеристические полосы поглощений целлюлозы. Широкая полоса поглощения при 3333 и 3278 см^{-1} , соответствующая валентным колебаниям (ν) связи гидроксильной группы ν_{O-H} . Полосы в области 2901–2895 см^{-1} , соответствующие ν_{C-H} ; полоса при 1606 см^{-1} , что может быть связано с наличием карбонильных примесей (остаточный лигнин, белки); полосы в области 1425-1315 см^{-1} , которые соответствуют деформационным колебаниям (δ) водорода с углеродом и кислородом δ_{C-H} , δ_{O-H} ; выраженные полосы в области 1200–1000 см^{-1} , соответствующим колебаниям ν_{C-O} , δ_{C-O} в полисахаридной матрице; характерный пик при $\sim 897 \text{ см}^{-1}$, соответствующий β -гликозидным связям (β -1,4) целлюлозы.

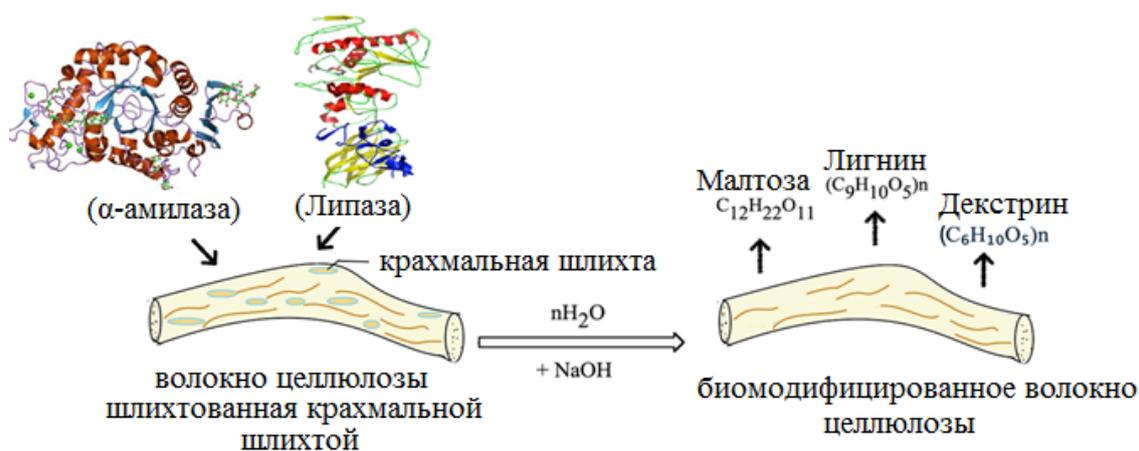


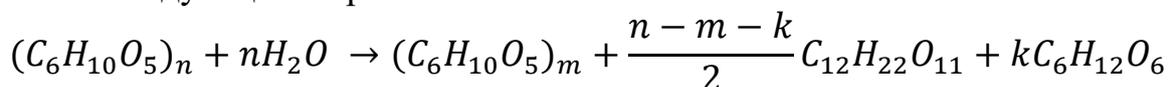
Рисунок 1. Процесс биохимической модификации хлопковой целлюлозы

ИК-Фурье образца после традиционной обработки характеризуется сохранением полосы ν_{O-H} при 3333 и 3289 см^{-1} – водородные связи менее разрушены; наличием полосы при 1636 см^{-1} , что может свидетельствовать о присутствии остаточных примесей (лигнина); более выраженными и резкими пиками в области $1200-1000$ см^{-1} , указывающими на частичную кристалличность структуры; сохранением β -гликозидного пика при 896 см^{-1} .

ИК-Фурье образца после ферментативной обработки демонстрирует следующие изменения: уменьшение интенсивности полосы ν_{O-H} (3333 см^{-1}), что указывает на разрушение водородных связей; исчезновение полосы при 1631 см^{-1} , свидетельствующее об удалении карбонильных примесей; снижение интенсивности и уплотнение полос в области $1200-1000$ см^{-1} , что указывает на разрушение или модификацию гликозидных связей; сохранение пика при 896 см^{-1} , что говорит о частичном сохранении структуры β -1,4-целлюлозы.

Наблюдаемые изменения свидетельствуют о более полном удалении из целлюлозы примесей и других загрязнений, а также об определенном изменении фазового состояния в процессе биологической обработки, что создает благоприятные условия для процесса крашения материала.

Согласно результатам ИК-Фурье-спектроскопии, при воздействии α -амилазы на образец целлюлозы фермент оказывает каталитическое действие на реакцию гидролиза крахмала, используемого в качестве деграданта, разрушающего гликозидные связи. Реакция гидролиза крахмала может быть выражена следующим образом:



Здесь: $(C_6H_{10}O_5)_n$ – крахмал, n – количество звеньев глюкозы в цепи крахмала; $(C_6H_{10}O_5)_m$ – декстрин, m – количество глюкозных единиц в цепочке декстрина; $C_{12}H_{22}O_{11}$ – мальтоза, $C_6H_{12}O_6$ – глюкоза, k – количество молекул глюкозы.

Крахмал содержит 70-80% (в некоторых кукурузных крахмалах до 95%) амилопектина и 20-30% амилозы. Традиционная обработка хлопчатобумажных тканей осуществляется в щелочной среде в присутствии $NaOH$, Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 . При этом жировые и восковые примеси, содержащиеся в целлюлозе, гидролизуются, разлагаются, растворяются в воде и удаляются.

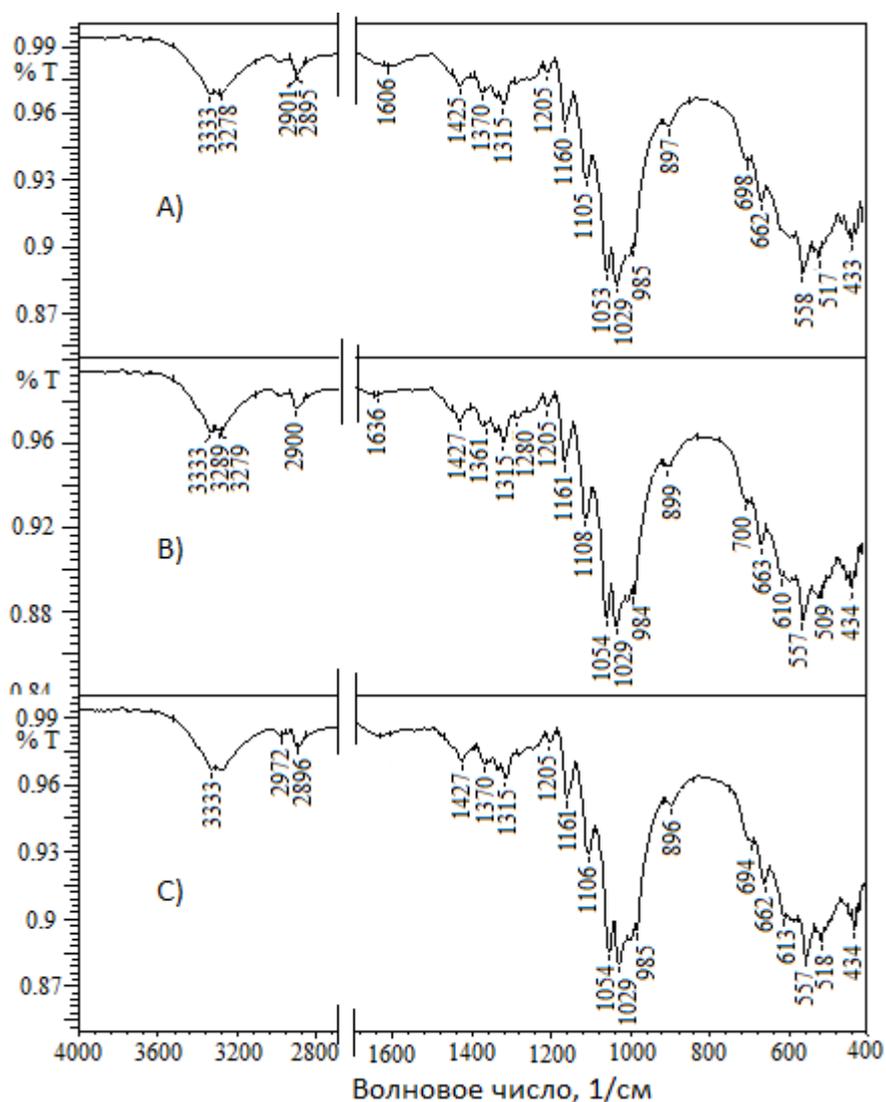


Рисунок 2. ИК- Фурье хлопчатобумажной ткани: А) исходная ткань, В) после традиционной обработки, С) после ферментативной обработки

Известно, что полисахариды гидролизуются в кислой, а не в щелочной среде. Однако кислая среда не может быть использована, поскольку в этом случае целлюлоза также гидролизуеться и разлагается вместе с крахмалом. Поэтому при переработке хлопковой целлюлозы традиционным методом остается некоторая часть крахмала,

используемого для шлихтования пряжи перед ткачеством. Это препятствует нормальному протеканию последующих отделочных процессов.

α -Амилаза не действует на целлюлозу, а катализирует ступенчатый гидролиз крахмала. Сначала она расщепляет α -1,6-гликозидные связи в амилопектине крахмала, образуя линейные декстрины, растворимые в воде. Затем она расщепляет α -1,4-гликозидные связи, что приводит к полному гидролизу крахмала с образованием молекул мальтозы и глюкозы. Декстрины – продукт частичного гидролиза крахмала, имеющий более крупные молекулы, чем мальтоза и глюкоза, но значительно меньшие, чем крахмал, т.е. $m \ll n$. Под действием α -амилазы декстрины расщепляются до мальтозы, а мальтоза – до глюкозы.

Эффективность ферментативной обработки определялась по количеству сахаров, выделившихся в раствор в процессе обработки, и капиллярности обработанных образцов ткани. В исследовании фермент α -амилаза наносился на хлопчатобумажную ткань в различных концентрациях при различных условиях температуры, pH раствора и времени обработки, а также проводились процессы обработки. Была определена зависимость капиллярности ткани и количества сахара, образовавшегося в растворе после биологической

обработки, от концентрации α -амилазы (рисунки 3-5). Из этих зависимостей установлено, что ферментативная обработка в течение 1,5-2,0 часов достигает высокой эффективности при концентрации фермента 2,5-3,0 г/л, рН среды 6,0-7,0 и температуре 55-60 °С.

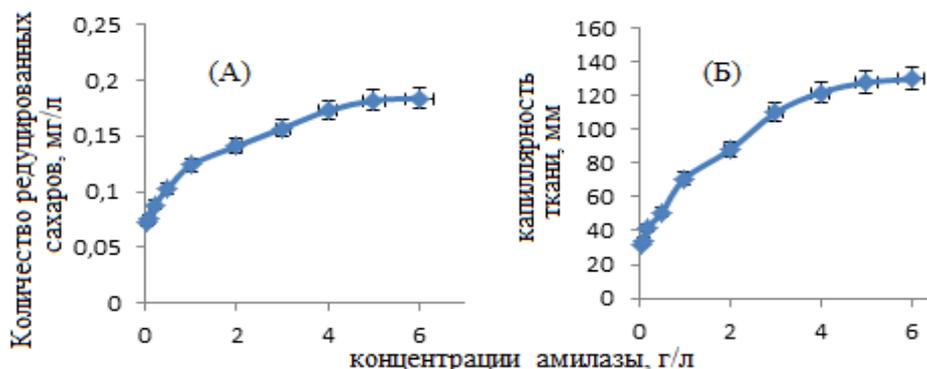


Рисунок 3. Зависимость количества сахара, выделившегося в раствор (А), и капиллярности ткани (Б) от концентрации амилазы. Температура: $T=32^{\circ}\text{C}$, среда: $\text{pH}=6$, время обработки: $\tau=4$ часа.

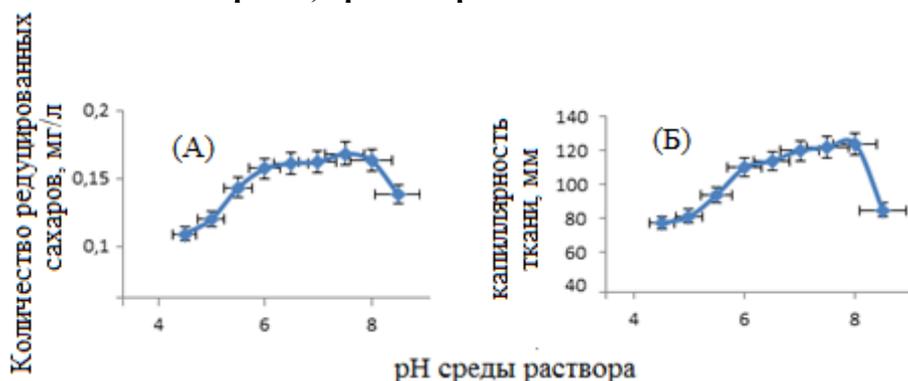


Рисунок 4. Зависимость количества растворенного в растворе сахара (А) и капиллярности ткани (Б) от рН среды. $T=32^{\circ}\text{C}$, концентрация амилазы: $C=3,0$ г/л, $\tau=4$ часа.

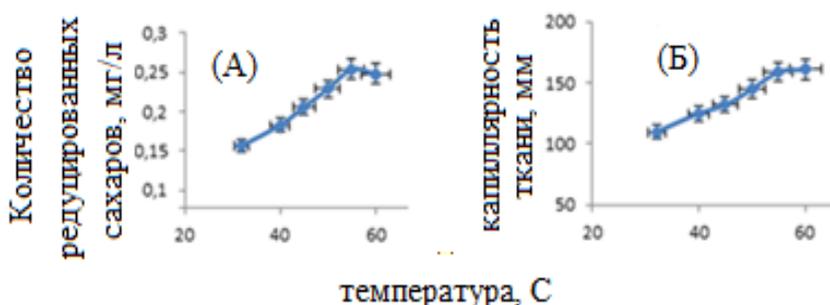


Рисунок 5. Зависимость количества растворенного в растворе сахара (А) и капиллярности ткани (Б) от температуры. $\text{pH}=6,0$; концентрация α -амилазы: $C=3,0$ г/л, $\tau=4$ часа

Энергию активации реакции модификации хлопковой целлюлозы, посредством α -амилазы, рассчитывали на основании изменения скорости образования сахара в диапазоне температур 40-55°С (рисунок 6). Скорость нарастания скорости процесса с повышением температуры невелика. В начале

процесса скорость выделения сахара линейно увеличивается в течение 40–60 минут, затем процесс закономерно замедляется. По данным прямолинейного участка построена зависимость логарифма скорости реакции от величины, обратной температуре. Энергия активации реакции рассчитана по тангенсу угла отклонения полученной прямой, которая составила $E=17\pm 2$ кДж/моль.

Небольшая энергия активации свидетельствует о том, что процесс ферментативного расщепления происходит в энергетически выгодных условиях при относительно низких температурах.

Процессы, основанные на ферментных комплексах, содержащих несколько ферментов различной природы, изучены недостаточно. Поэтому целью следующего исследования было совершенствование процесса подготовки целлюлозы хлопчатобумажных тканей к крашению с использованием смеси двух видов ферментов и повышение красящих свойств ткани.

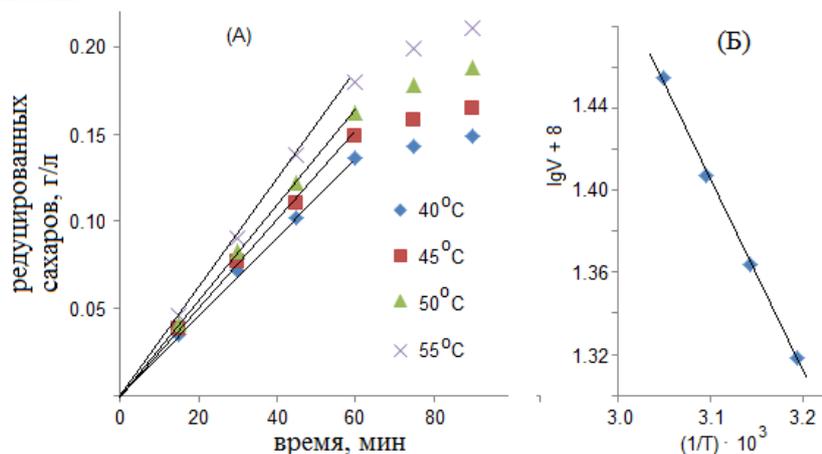


Рисунок 6. Зависимость количества выделяющегося сахара со временем (А) и скорости реакции (Б) от температуры. рН=6,0, С (α -амилаза)=3,0 г/л

Ткани контрольной группы обрабатывали традиционным натрийно-мыльным методом, отдельно α -амилазой, липазой и комбинацией α -амилазы и липазы. Обработанные растворы анализировали на содержание сахара (таблица 2) и определяли показатели капиллярности тканей (рисунок 7).

Таблица 2

Количество сахаров, выделившихся в раствор при модификации хлопковой целлюлозы различными реагентами

Реагенты, метод обработки	Традиционный	Липаза	α -амилаза	α -амилаза/ липаза	α -амилаза/ липаза/ NaOH
Количество редуцированных сахаров, мг/л	113 \pm 1	119 \pm 1	132 \pm 2	131 \pm 4	139 \pm 2

Как видно из таблицы, наибольшее количество сахаров извлекается в присутствии комплекса α -амилаза/липаза/NaOH, где α -амилаза расщепляет крахмал с помощью NaOH с высвобождением большого количества сахара. Удаление побочных продуктов с поверхности целлюлозной ткани может быть обусловлено гидролизом полисахаридов, белков и жирно-восковых веществ под каталитическим действием ферментов.

Высота капилляров ткани, обработанной ферментом, значительно увеличилась, что объясняется удалением расшлихтовки и связанных с ним целлюлозных веществ. При обработке ткани одним или двумя ферментами высота капилляров была выше, чем у ткани, обработанной традиционным методом, что свидетельствует о превосходстве ферментной обработки над традиционными щелочными реагентами в удалении крахмальной шлихтовки.

После обработки комплексным реагентом α -амилаза/липаза/NaOH высота капилляров хлопчатобумажной ткани достигла максимума. Этот состав привел к разложению основных добавок в хлопковой ткани, таких как крахмал, воскообразные и белковые вещества.

Высота капилляров ткани, обработанной только липазой, была значительно ниже, чем у ткани, обработанной реагентом, содержащим α -амилазу, поскольку липаза в основном удаляла воскообразные вещества с поверхности ткани, но не оказывала существенного влияния на удаление крахмала.

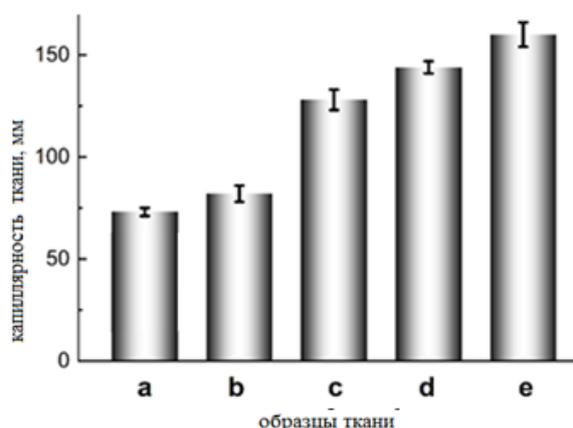


Рисунок 7. Зависимость капиллярности образцов хлопчатобумажной ткани от способа обработки: а) традиционный метод; б) липаза; в) α -амилаза; д) α -амилаза/липаза; е) α -амилаза/липаза/NaOH

Биомодифицированную целлюлозу окрашивали активным красителем, и для определения характеристик взаимодействия с красителем были проведены исследования методом ИК-Фурье-спектроскопии (рисунок 8).

В ИК-Фурье спектре красителя наблюдаются следующие полосы поглощения: ν_{O-H} и ν_{N-H} при 3406 см^{-1} ; 1756 см^{-1} и 1607 см^{-1} , соответствующие колебаниям хромофорных групп связей $\nu_{C=O}$ и $\nu_{C=N}$; поглощение в области $1540-1330 \text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным колебаниям δ_{C-H} , δ_{O-H} , δ_{N-H} ν_{C-O} , ν_{C-N} , δ_{C-O} δ_{C-N} ; в области $1250-900 \text{ см}^{-1}$; ν_{C-Cl} проявляется в области $752, 797 \text{ см}^{-1}$.

В спектре окрашенного образца после биомодификации интенсивность и ширина полос поглощения в области 3334 и 3287 см^{-1} увеличились за счёт образования новых межмолекулярных связей; полосы поглощения хромофорных групп в области $1756, 1607, 752, 797 \text{ см}^{-1}$ (ν_{C-Cl}) исчезли. Таким образом, краситель связан с целлюлозой новой ковалентной связью $C-O$ за счёт реакции дегидрохлорирования. Полное удаление шлихты и добавок с поверхности целлюлозы в процессе биомодификации создаёт благоприятные условия для сорбции, диффузии и химического связывания молекул красителя.

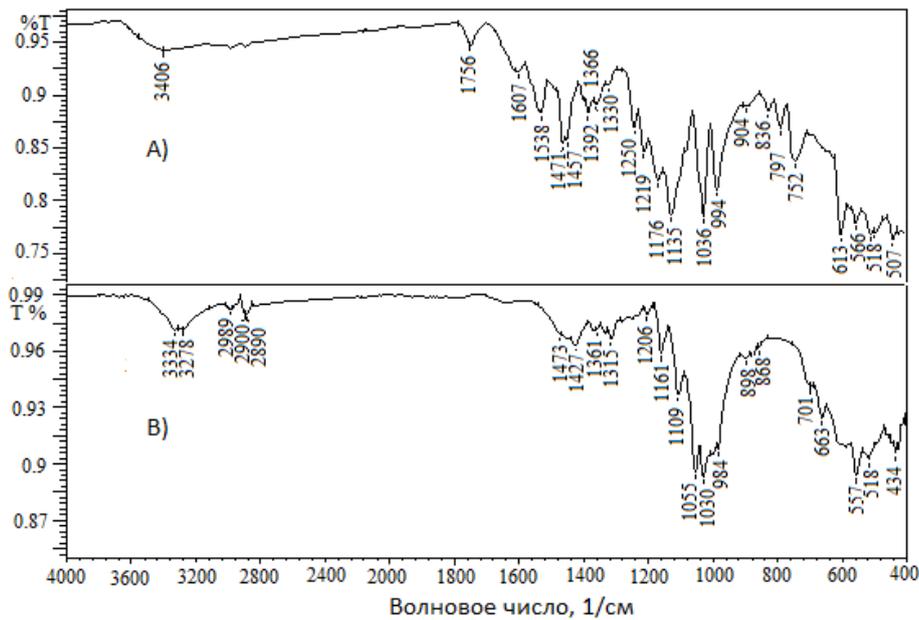


Рисунок 8.
ИК-Фурье-
спектры
красителя (А) и
окрашенной
хлопковой
целлюлозы после
ферментативной
обработки (Б)

Морфология хлопковой целлюлозы (рисунок 9) показывает, что поверхность исходных волокон покрыта преимущественно дегуммирующим агентом, состоящим из крахмала.

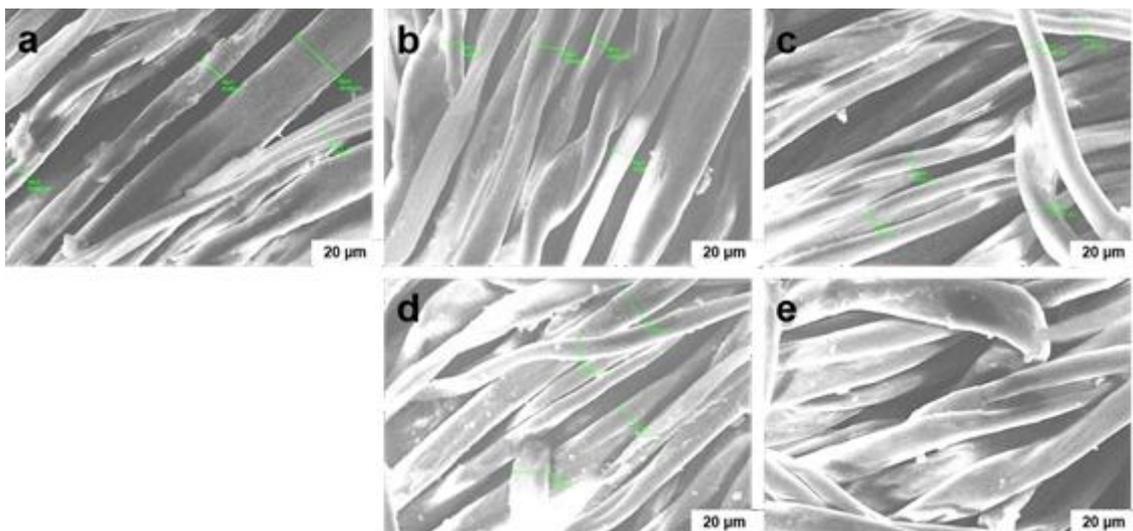


Рисунок 9. Снимки хлопчатобумажной ткани, обработанной ферментами, полученные с помощью СЭМ: а) исходная хлопчатобумажная ткань из необработанного сырья; б) ткань, обработанная традиционным способом; в) α-амилаза/липаза/NaOH; д) окрашенная хлопчатобумажная ткань после традиционной обработки; е) хлопчатобумажная ткань после обработки комплексом α-амилаза/липаза/NaOH

После обработки щелочными реагентами традиционным способом часть добавок с поверхности волокон была удалена. Волокна, обработанные α-амилазой/липазой/NaOH, были гладкими и без добавок, что свидетельствует о том, что система α-амилазы/липазы/NaOH способна эффективно удалять добавки с поверхности волокон, что обеспечивает равномерное окрашивание. Следовательно, частицы красителя на поверхности волокон после окрашивания распределены равномерно.

Эффективность окрашивания хлопковых волокон снижается с повышением степени кристалличности целлюлозной матрицы. Аморфная область целлюлозы играет важную роль в обеспечении поглощения и диффузии

красителей. Поскольку процесс модификации может привести к изменению кристаллической структуры текстильных материалов на основе целлюлозы, была исследована кривая рентгеновской дифракции (РФА) хлопковой ткани, обработанной и окрашенной α -амилазой/липазой/NaOH (рисунок 10). На кривой дифракции рентгеновских лучей хлопчатобумажной ткани преобладают углы $22,89^\circ$, $43,67^\circ$ и $64,04^\circ$, что отражает кристаллическую структуру целлюлозы типа I. Существенных изменений углов дифракции рентгеновских лучей хлопчатобумажной ткани, обработанной α -амилазой/липазой/NaOH, и ткани после крашения не наблюдалось.

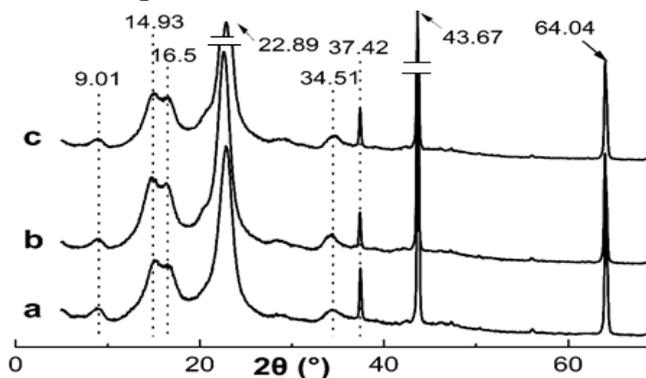


Рисунок 10. Рентгенофазовый анализ: а) исходная ткань; б) хлопчатобумажная ткань, обработанная комплексом α -амилаза/липаза/NaOH; в) хлопчатобумажная ткань, окрашенная после обработки комплексом

На основании рентгеновской дифракционной кривой была рассчитана кристалличность ткани (рисунок 11). Видно, что кристалличность целлюлозных волокон несколько снизилась после обработки α -амилазой/липазой/NaOH. Это свидетельствует о небольшом увеличении аморфной области в волокнах, что способствует повышению эффективности окрашивания ткани. В дальнейшем, после окрашивания, степень кристалличности ткани приближалась к кристалличности исходной ткани. Вероятно, это объясняется тем, что краситель, имеющий кристаллическую структуру, проник в аморфную область целлюлозы.

Значение K/S, являющееся основным показателем интенсивности окраски образца, количественно определяется на основе оптических методов. Согласно таблице 3, значение K/S хлопчатобумажной ткани, обработанной α -амилазой/липазой/NaOH, является самым высоким, что указывает на наибольшую глубину окрашивания ткани и наиболее выраженный эффект окрашивания.

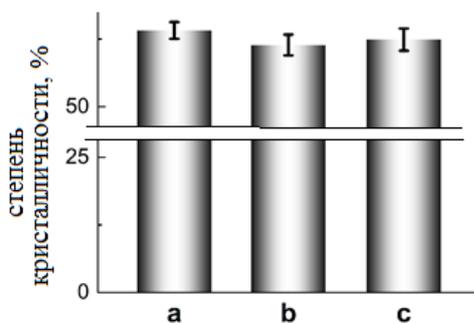


Рисунок 11. Рентгеноструктурное исследование целлюлозы. а) исходная хлопчатобумажная ткань; б) α -амилаза/липаза/NaOH; в) окрашенная после обработки комплексом α -амилаза/липаза/NaOH

В таблице 3 представлены цветовые координаты окрашенных образцов в системе CIE L*a*b*: L^{*} - яркость цвета; a^{*} - красно-зелёные и b^{*} - жёлто-

синие цветовые координаты; S^{*} - насыщенность цвета; h° - глубина чёрного; K/S - интенсивность цвета. Хлопковая ткань, обработанная α -амилазой/липазой/NaOH, показала значительно более высокую яркость, глубину цвета и насыщенность, чем ткань, обработанная традиционными реагентами.

Таблица 3

Цветовые характеристики ферментативно обработанной и окрашенной хлопчатобумажной ткани

Реагенты	K/S	L*	a*	b*	C	h
Традиционно обработанные	1.3±0.5	71.7±0.5	40.3±0.9	14.0±1.0	47.1±1.3	15.6±0.9
α -амилаза	2.0±0.5	76.8±2.0	42.3±1.7	46.2±1.2	62.0±1.5	16.5±1.5
Липаза	2.9±0.3	75.9±2.5	42.0±1.0	50.4±1.5	66.1±0.3	47.7±0.6
α -амилаза/липаза	3.9±0.1	79.0±3.0	43.4±1.0	50.6±2.0	69.0±1.5	48.2±1.6
α -амилаза/липаза/NaOH	3.9±0.4	80.0±1.0	45.2±2.0	53.0±3.0	69.7±3.0	51.0±3.0

Изменение координат цвета (ΔE) обработанной ткани было рассчитано после пяти стирок. Как видно из рисунка 12, значение ΔE окрашенной хлопчатобумажной ткани после биохимической обработки ниже, что свидетельствует о меньшей потере цвета после стирки в воде и более прочной связи между красителем и тканью.

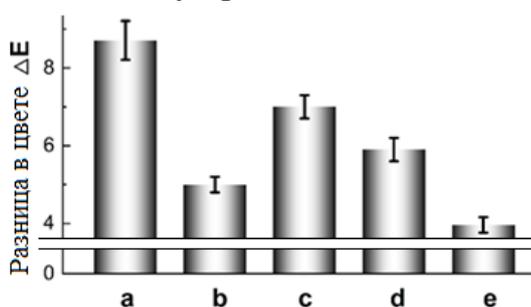


Рисунок 12. Разница в цвете (ΔE) окрашенной хлопчатобумажной ткани после различных обработок: а) традиционная обработка; б) α -амилаза; в) липаза; г) α -амилаза/липаза; д) обработка α -амилазой/липазой/NaOH

Стойкость окраски ткани-ключевой показатель, определяющий качество её окрашивания. Это способность ткани сохранять свой первоначальный цвет и противостоять выцветанию и образованию пятен под воздействием различных факторов окружающей среды, таких как стирка, солнечный свет, трение и пятна от пота (таблицы 4 и 5).

Таблица 4

Устойчивость к истиранию ферментативно обработанной и окрашенной хлопчатобумажной ткани

Методы приготовления	Устойчивость цвета к сухому истиранию	Устойчивость цвета к влажному истиранию
Традиционная обработка	4.5/4	4/4.5
α -амилаза	5/5	5/4.5
Липаза	5/4	4/5
α -амилаза/липаза	5/4.5	5/4.5
α -амилаза/липаза/NaOH	5/5	5/5

Согласно таблице 4, устойчивость окраски к сухому трению ткани, обработанной α -амилазой/липазой/NaOH, была равна таковой в контрольной группе. В то же время устойчивость окраски к мокрому трению была выше, чем у ткани, обработанной щелочными реагентами. Устойчивость окраски к трению отражает степень фиксации красителя в порах целлюлозных волокон.

Поскольку поры волокон в ткани, обработанной ферментом, были больше, фиксация красителя была сильнее, и устойчивость окраски улучшилась.

Таблица 5

Устойчивость к поту, мылу и свету обработанной ферментами и окрашенной хлопчатобумажной ткани

Методы приготовления	Устойчивость цвета к поту	Устойчивость цвета к мылу	Устойчивость цвета к свету
Традиционная обработка	5/4.5/4	4/5/4.5	4.5
α -амилаза	5/5/5	5/5/5	5
Липаза	4/4/4.5	4/4/5	5
α -амилаза/липаза	4/4.5/5	5/4	5
α -амилаза/липаза/NaOH	5/5/5	5/5	5

Согласно таблице 5, устойчивость окраски ткани, обработанной системой α -амилазы/липазы/NaOH, к поту, мылу и воздействию окружающей среды была выше, чем у других тканей. Эти результаты свидетельствуют о том, что обработка хлопчатобумажной ткани системой α -амилазы/липазы/NaOH не только эффективно удаляет добавки с поверхности ткани, но и повышает стойкость красителя и обеспечивает долговечность хлопчатобумажной ткани.

Физико-механические свойства обработанной ферментами ткани представлены в таблице 6. По сравнению с необработанной тканью или тканью, обработанной щелочными реагентами, поверхностная плотность и воздухопроницаемость хлопчатобумажной ткани, обработанной различными ферментами, улучшились. Кроме того, значительно увеличились износостойкость ткани, обработанной α -амилазой/липазой/NaOH, а также прочность на разрыв по основе и утку.

Таблица 6

Физико-механические свойства ферментативно обработанной и окрашенной хлопчатобумажной ткани

Реагенты	Поверхностная плотность (г/м ²)	Воздухопроницаемость (см ³ / (см ² •с))	Стойкость к истиранию (тыс. циклов)	Разрывное усилие, (Н)		Удлинение при разрыве (мм)	
				Основа	Уток	Основа	Уток
Сырье	150.3±2.1	45.4±3.2	9±0.4	225±3	232±9	17±0.7	16±0.6
Традиционный метод	154.2±3.4	46.7±2.1	10±0.3	235±5	242±6	32±1.5	25±1.0
α -амилаза	161.7±6.9	55.5±1.6	10±0.4	247±3	268±7	33±1.7	34±1.5
Липаза	164.5±6.2	54.8±1.2	10±0.5	257±4	267±6	32±1.4	32±1.3
α -амилаза/липаза	165.2±5.5	56.7±0.9	10±0.5	258±5	280±8	35±1.5	33±1.0
α -амилаза/липаза/NaOH	168.6±6.3	58.9±5.1	11±0.5	262±6	300±8	38±1.8	34±1.1

Примеси на поверхности волокон, являясь дефектами макроструктуры ткани, становятся активными центрами деструкции, вызывая её разрывы и разрушения под действием механических нагрузок. В результате биохимической модификации механическая прочность материала, полностью очищенного от примесей, выше, чем у необработанных или обработанных традиционным способом образцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Биохимическая модификация целлюлозы с использованием ферментов открывает новые технические, экологические и экономические возможности в производстве тканей. Использование фермента α -амилазы для расшлихтовки хлопчатобумажных тканей перед химической обработкой имеет следующие преимущества: достижение высокой степени переработки при минимальном расходе реагентов; проведение процесса в нейтральной среде; проведение переработки в энергетически выгодных условиях при относительно низких температурах и малой энергии активации.

2. При биохимической обработке хлопковой целлюлозы фермент α -амилаза выступает биокатализатором реакции гидролиза крахмала, а фермент липаза – биокатализатором реакции гидролиза жира и восковых веществ, образуя с субстратом активный промежуточный комплекс, снижающий энергию активации реакции разложения. В результате разложения крахмала сначала образуются декстрины, затем мальтоза, а затем глюкоза. Реакционная среда с ферментативным комплексом, содержащим 1,5–2,0 г/л α -амилазы, липазы и гидроксида натрия в течение 1,5–2,0 часов при pH 6,0–7,0 и температуре 50–55 °С обеспечивает высокую эффективность подготовки хлопковой целлюлозы к отделке.

3. Показано, что быстрым и удобным методом оценки эффективности индивидуального и комбинированного действия ферментов и реагентов является определение количества сахара, выделившегося в обрабатывающий раствор, и капиллярности ткани. Наибольшее количество сахара, извлеченного в комплексе α -амилаза/липаза/NaOH, составило 139 ± 2 мг/л, что в 1,2 раза выше, чем в ткани, обработанной традиционным способом; капиллярность составила 155 ± 5 мм, что в 2,0 раза выше, чем в ткани, обработанной традиционным способом.

4. Улучшились структура и морфология биохимически обработанной хлопковой целлюлозы. Увеличилась доля аморфной зоны в целлюлозной матрице и, соответственно, увеличилась пористость ткани. Повысилась термостойкость обработанных тканей, а термические эффекты реакций разложения снизились благодаря уменьшению количества добавок. Механическая прочность биохимически модифицированных материалов увеличилась на 2–13%.

5. Обработка хлопковой целлюлозы биологическими ферментами улучшает окрашиваемость ткани, сохраняя при этом её природные свойства. По сравнению с хлопковой тканью, обработанной традиционным мыльно-содовым раствором, ткань, обработанная α -амилазой/липазой/NaOH, отличается более высокой интенсивностью окраски и значительно более высокой устойчивостью окраски к трению, поту, мыльному раствору и свету. Процесс обработки α -амилазой/липазой/NaOH является щадящим и экологически безопасным методом биомодификации хлопчатобумажных тканей и представляет собой перспективную технологию с широким потенциалом применения.

**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

FAYZULLAYEVA KAMOLA SUNNATILLO KIZI

**BIOCHEMICAL MODIFICATION OF CELLULOSE IN TEXTILE
MATERIALS**

02.00.06 - High molecular weight compounds

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF
PHILOSOPHY (PhD) IN 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 under number № B2025.1.PhD/K930.

The dissertation was completed at 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:

Makhkamov Muzaffar Abdugapporovich
doctor of chemical sciences, professor

Jurayev Murod Maxmarajab ugli
doctor of philosophy (Phd)

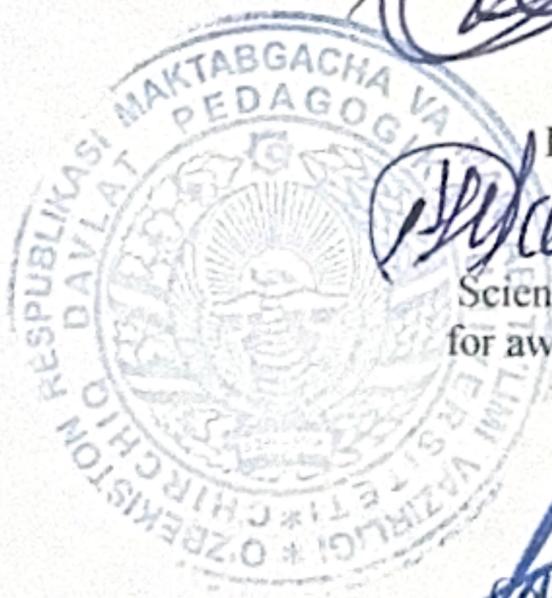
Presenter organization :

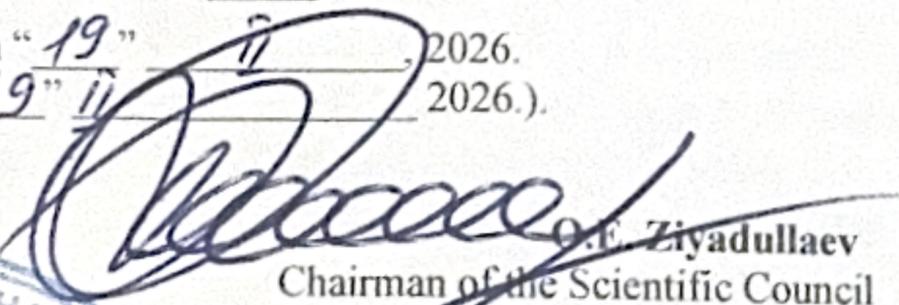
**Tashkent chemical-technology scientific
research institute**

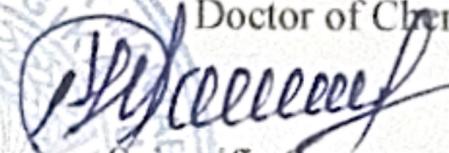
The defense of the dissertation will take place on " 5 " III 2026 at 15⁰⁰ o'clock at a meeting of the Scientific Council DSc .03/30.09. 2020. K . 82.02 for the award of academic degrees at the Chirchik State Pedagogical University, (address: 111720, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Chirchik, Amir Temur street , building 104. Tel.: (+998) 70-716-68-05, fax: (0370) 716-68-11, e – mail: tvchdpi_k.kengash@umail.uz)

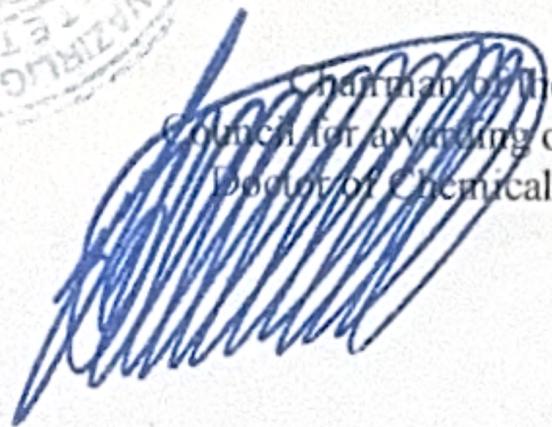
The dissertation is available for review at the Information Resource Center of Chirchik State Pedagogical University. Address: 111720, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Chirchik city, Amir Temur street, house 104. Tel.: (+998) 70-716-68-05, fax: (0370) 716-68-11, e-mail: tvchdpi_k.kengash@umail.uz . (registered under No. 440)

The dissertation abstract was distributed on " 19 " II 2026.
(register of protocol No. 31 dated " 19 " II 2026.).




Ziyadullaev
Chairman of the Scientific Council
for awarding of the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, professor


G.K. Otamuxamedova
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees, Doctor of
Chemical Sciences


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

INTRODUCTION (Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) Thesis)

The aim of the research. The study involves investigating the principles of biochemical modification of cellulose in textile fabrics using enzyme complexes.

The object of the research work are cotton cellulose and fabric, α -amylase and lipase enzymes, active dyeing agent, surfactant, chemical reagents ($NaOH, H_2O_2, Na_2SiO_3, Na_2CO_3$).

Scientific novelty.

It has been proven that the process of preparing cotton cellulose for finishing can be intensified through biochemical modification using a complex of bi-enzymes and a low-concentration alkaline solution;

the effectiveness of the biochemical modification of cellulose has been confirmed by determining the total amount of sugars released into the solution and by measuring the capillarity of the fabric;

the interaction schemes and optimal conditions of each enzyme and reagent in the complex with residual starch and other impurities in the cellulose composition were determined;

correlations between the modification method and the composition, structure, morphology, physico-mechanical and thermal properties, as well as the dyeing characteristics of cellulose, were established.

Implementation of research results

Based on the scientific results obtained from biochemical modification of cellulose in textile fabrics and the evaluation of their physico-chemical and practical properties:

the biochemical treatment method of cotton cellulose using biological enzymes and sodium hydroxide solutions was implemented in the finishing department of TURON TEX LLC production process (Reference No. 2/25-2229). As a result, the fabric preparation process for dyeing was accelerated, and the physico-mechanical properties improved, including an increase in tensile strength by 13–16% and capillarity by 13–17%,

the biochemical acceleration method for preparing cotton fabric for dyeing was introduced into practice at CLASS TEX PRODUCTION LLC (Reference No. 2/25-2229). This method provided an increase in tensile strength by 11–24% and air permeability by 20–26% compared to conventionally prepared fabric.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The total length of the dissertation is 105 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Rafikov A.S., Fayzullayeva K.S., Shonakhunov T.E., D.B. Soyibova. Enzymatic Treatment of Cotton Fabric for Desizing // Journal of Chemical Engineering Research Updates. ISSN (online): 2409-983X. №2409, 2023, p. 31-41. doi:<https://doi.org/10.15377/2409-983X.2023.10.3>

2. Shipan M.Sh., Ahmed M.R., Nahar N., Fayzullayeva K., Q. Heng. Ultrasonic Textile Dyeing and Dyes Decoloration; Environment Friendly Technique // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 8, Issue 12, ISSN 2229-5518. IF-1,4, №12/8, 2017, p.1182-1189.

3. Файзуллаева К., Ўткурова Д.Б., Рафиқов А.С., Микроструктура и капиллярность биомодифицированной хлопковой ткани // Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti ilmiy jurnali, 2025. №3/2, 450-452 б. (02.00.00., № 36)

4. Файзуллаева К., Зубайдуллаева М., Ибодуллоев Б., Рафиқов А. Биохимическое удаление шликты из хлопковой ткани // O'zbekiston to'qimachilik jurnali, 2023. №3, с. 88-94 (02.00.06., №2)

II bo'lim (II часть; part II)

1. Fayzullayeva K., Islamova D., Alimxanova S., Jalilov Sh. Physico-Mechanical Properties of Cotton Fabric Prepared for Dyeing Using the Biochemical Method / Research article *AIP Conf. Proc.* 3304, 040009 Volume 3304, Issue 1, Namangan, Uzbekistan 2025 (Scopus).

2. Файзуллаева К., Рафиқов А.С., Ясинская Н.Н. Крашение целлюлозы после биохимической модификации / 58-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов «Образование и наука в развитии технологий, экономики, общества», Витебск, 2025, с.74

3. Atashikova N.A., Fayzullayeva K.S., D. Abdusamatova A., Rafikov A.S., A. Azimov. Biochemical and waterproof modification of textile materials / Proceeding XI International Conference «Industrial Technologies and Engineering, Shymkent, 2024, p.180-182

4. Файзуллаева К.С., Рафиқов А.С., Ясинская Н.Н. Применение амилазы в процессе подготовки к крашению хлопковой ткани / Пахта тозалаш, тўқимачилик, энгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш соҳасида фан ва таълим интеграциялашувини ривожлантириш тенденциялари мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман, Тошкент, 2023, с. 94-97

5. Файзуллаева К.С., Ясинская Н.Н., Рафиқов А.С. Биохимическая подготовка хлопковой ткани к крашению / Soha korxonalari 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 anjumani, Toshkent, 431-434 б.

6. Зубайдуллаева М. М., Файзуллаева К.С., Рафиков А.С., Ясинская Н.Н. Биохимическая подготовка хлопковой ткани к крашению / Терmoreaktiv oligomerlar, polimerlar saqlovchi chiqindilar polifunksional birikmalar yaratishning istiqbollari mavzusidagi k.f.d.,prof. F.A. Magrupovning 80-yillik xotirasiga bag'ishlangan Respublika ilmiy amaliy anjuman, Toshkent, 2024, 83-84 b.

7. Rafikov A.S., Fayzullayeva K.S., Jo'raeva G.A., Shonaxunov T.E. Sellyulozali to'qimachilik materiallarini biokimyoviy modifikatsiyalash / Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman, Namangan, 2024, 779- 781 b.

8. Fayzullayeva K.S., Rafikov A.S. To'qimachilik sanoatida paxta matosini bifermentlar bilan biokimyoviy ishlov berish orqali yakuniy pardozga tayyorlash / "O'zbekiston yangi iqtisodiy islohotlar sharoitida paxta, to'qimachilik yengil sanoat va matbaa sohalari texnologiyalarini rivojlantirish istiqbollari va muammolari" respublika miqyosidagi ilmi-amaliy anjuman. Toshkent, 2025, 32-33 b.

9. Fayzullayeva K.S., Rafikov A.S. Paxta sellulozasini fermentlar bilan biokimyoviy modifikatsiyalash va morfologiyasini o'rganish / Kimyo va kimyoviy texnologiya sohasining dolzarb muammolari va istiqbollari" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Jizzax, 2025, 258-260 b.

10. Fayzullayeva K.S., Fayzullayev S.S., Xasanova M.M. Definition of waterproof properties of fabric and its quality. Digest of articles, Science research, development №25, Berlin, 2020, p. 192-195

11. Fayzullayeva K.S., Heng. Q. Preparation and its conditions optimization of fluorine free polysiloxane based water repellent / International Scientific and practical seminar, Innovative technologies in finishing textile materials and paper production, Tashkent, 2019, p. 81-82

12. Файзуллаева К.С., Юлдашева О.М., Рафиков А.С. Получение огнестойкого текстильного материала методом привитой сополимеризации / XXI век-Век молодого поколения интеллигенции, Ташкент, 2016, с. 39-40

13. Файзуллаева К.С., Набиев Н.Д., Каримов С.Х. Физико-химические свойства привитых сополимеров коллагена и фиброина с полиакриловой кислотой. Инновационные идеи и развитие одаренной молодежи в условиях модернизации – научно-практическая конференция. Ташкент, 2016, с.190–192

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 № 11.
TTYeSI bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent shahri, Shohjaxon ko‘chasi, 5-uy.

