

KAM SUVLI VA SUVSIZ BO'YASH TEXNOLOGIYALARINI O'ZBEKISTON PAXTA TOLALI GAZLAMALARIGA MOSLASHTIRISH: ILMIY-TEXNOLOGIK ASOSLAR VA AMALIY ISTIQBOLLAR

Barnoyev Barno Erkinovich

Buxoro shahridagi Prezident maktabi
ilmiy xodim

E-mail: barnoevbarno@gmail.com

Annotatsiya

Maqolada kam suvli va suvsiz ishlov berish texnologiyalarini O'zbekiston paxta tolali gazlamalariga moslashtirish imkoniyatlari o'rganildi. Xalqaro ilmiy adabiyotlar va texnologiya ishlab chiqaruvchilari ma'lumotlari asosida qiyosiy tahlil amalga oshirildi. Tolani oldindan modifikatsiyalash, ko'pikli bo'yash, ozonli oqartirish va superkritik karbonat angidrid muhitida bo'yash usullari suv tejamkorligi, investitsiya ehtiyoji va mavjud uskunalarga mosligi bo'yicha taqqoslandi. Paxta xususiyatlari, bo'yoq singishi va mahsulot sifatini hisobga oluvchi bosqichli moslashtirish yondashuvi taklif etildi. Oldindan modifikatsiyalash yaqin istiqboldagi, superkritik texnologiya esa qo'shimcha tadqiqot talab qiluvchi yo'nalish sifatida ajratildi. Laboratoriya tekshiruvlari, sifat nazorati va tajriba ishlab chiqarishini tashkil etish vazifalari belgilandi. Mahalliy sharoitdagi resurs tejamkorligi va iqtisodiy natijalarni tekshirish zarurati qayd etildi.

Kalit so'zlar: paxta gazlamalari, kam suvli bo'yash, suvsiz bo'yash, tolani modifikatsiyalash, ko'pikli bo'yash, ozonli oqartirish, superkritik karbonat angidrid, resurs tejamkorligi.

Аннотация

В статье были изучены возможности адаптации маловодных и безводных технологий обработки к хлопчатобумажным тканям Узбекистана. На основе научной литературы и сведений производителей был проведён сравнительный анализ. Предварительная модификация волокна, пенное крашение, озонное отбеливание и крашение в сверхкритическом диоксиде углерода были сопоставлены по водосбережению, инвестиционным потребностям и совместимости с оборудованием. Предложен поэтапный подход с учётом свойств хлопка, поглощения красителя и качества продукции. Предварительная модификация была выделена как ближайшее направление внедрения, а сверхкритическая технология потребовала дальнейшего изучения применимости к хлопку. Определены задачи лабораторных исследований, контроля качества и производственных испытаний. Отмечена необходимость проверки ресурсной и экономической эффективности в местных условиях на текстильных предприятиях.

Ключевые слова: хлопчатобумажные ткани, маловодное крашение, безводное крашение, модификация волокна, пенное крашение, озонное отбеливание, сверхкритический диоксид углерода, ресурсосбережение.

Abstract

The article examined opportunities to adapt low-water and waterless processing technologies to cotton fabrics in Uzbekistan. Scientific literature and information from technology suppliers informed a comparative review. Fibre pretreatment, foam dyeing, ozone bleaching and supercritical carbon dioxide dyeing were compared in terms of water savings, investment requirements and equipment compatibility. A staged adaptation approach considered cotton properties, dye uptake and product quality. Pretreatment was identified as a near-term option, while supercritical processing required further investigation for cotton applications. Priorities included laboratory analysis, quality assessment and pilot production. Verification of resource savings and economic performance under local conditions was considered necessary.

Keywords: cotton fabrics, low-water dyeing, waterless dyeing, fibre modification, foam dyeing, ozone bleaching, supercritical carbon dioxide, resource efficiency.

KIRISH

Bo'yash va tugatish (dyeing & finishing) jarayonlari to'qimachilik ishlab chiqarishning suv va kimyoviy modda sarfi eng yuqori bosqichi hisoblanadi: an'anaviy texnologiyada 1 kilogramm matoni bo'yash uchun o'rtacha 200 litrgacha suv sarflanadi, bu esa sanoat suv ifloslanishining 17-20 foizini tashkil etadi [9]; [6]. Paxta tolasi boshqa ko'plab tolalarga nisbatan bo'yoq bilan sekinroq reaksiyaga kirishadi (bo'yoqning atigi taxminan 75 foizigina to'liq singadi), shu sababli rangni mustahkamlash uchun matoni bir necha marta issiq suvda yuvish talab etiladi, bu esa suv va energiya sarfini yanada oshiradi [12].

O'zbekiston Markaziy Osiyoning "quyi oqim" davlatlaridan biri bo'lib, mamlakatda foydalaniladigan suv resurslarining katta qismi qo'shni davlatlar hududida shakllanadi, kelgusi yillarda esa iqlim o'zgarishi va suvga bo'lgan talabning oshishi hisobiga suv tanqisligi bir necha barobar kuchayishi bashorat qilinmoqda [13]; [16]. Shu bilan birga, mamlakat to'qimachilik klasterlarida oqova suvlarni tozalash inshootlarining yetarli darajada ishlamasligi natijasida ekologik insidentlar qayd etilgan - masalan, Andijon viloyatining Oltinko'l tumanida to'qimachilik fabrikasidan chiqqan tozalanmagan oqova suv soy suvining rangini o'zgartirib yuborgan [15], Farg'ona viloyatida esa bir korxonaning avariya holatdagi tozalanmagan chiqindi suvlarni Janubiy Farg'ona kanaliga oqizganligi rasman qayd etilib, mas'ul shaxs ma'muriy javobgarlikka tortilgan [17]. Bunday holatlar suv resurslarini tejovchi va kam ifloslantiruvchi bo'yash texnologiyalarini joriy etishning nafaqat iqtisodiy, balki ekologik-huquqiy zaruratini ham ko'rsatadi.

Shu bilan birga, mamlakatda to'qimachilik klasterlari, jumladan Andijon viloyatidagi yirik "WBM Romitex" klasteri kabi zamonaviy korxonalar jadal sur'atlarda kengaymoqda va eksportga yo'naltirilmoqda - 2024-yilda ushbu viloyatda 20 trillion so'mlik to'qimachilik mahsuloti ishlab chiqarilib, 488 million dollarlik eksport amalga oshirilgan [18]. Yengil sanoatni rivojlantirish va tayyor mahsulot ishlab chiqarishni rag'batlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishi sifatida belgilangan [14]. Bunday jadal o'sish sur'ati korxonalarni xalqaro ekologik

standartlarga (masalan, Yevropa Ittifoqining REACH va Zero Discharge of Hazardous Chemicals talablariga) moslashtirish zaruratini yanada dolzarblashtiradi. Tadqiqotning maqsadi - kam suvli va suvsiz bo'yash texnologiyalarining ilmiy-texnik asoslarini tahlil qilish va ularni O'zbekiston paxta tolasi xususiyatlariga hamda milliy sanoat infratuzilmasiga moslashtirish yo'llarini ishlab chiqishdan iborat.

ADABIYOTLAR SHARHI

Jahon ilmiy adabiyotida suvsiz va kam suvli bo'yash texnologiyalarining bir necha yo'nalishi shakllangan [10]. Superkritik karbonat angidrid (scCO_2) muhitida bo'yash texnologiyasi eng istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etilgan bo'lib, bu usulda bosim ostidagi CO_2 suv o'rniga erituvchi vazifasini bajaradi va singib ulgurmagan bo'yoq qayta yig'ib olinib, qayta ishlatilishi mumkin [1]. Biroq ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu texnologiya asosan dispers bo'yoqlar bilan bo'yaladigan sun'iy tolalar (poliester) uchun yuqori samara beradi, tabiiy tolalar - jumladan paxta va ipak uchun texnologiyani moslashtirish borasidagi tadqiqotlar hali davom etmoqda [1]; [10].

To'qimachilik sanoatida energiya va suv samaradorligini oshirish hamda ifloslanishni kamaytirishga qaratilgan yangi texnologiyalarning texnik sharhida bunday texnologiyalarning katta qismi aynan nam ishlov berish, ya'ni bo'yash-tugatish bosqichiga to'g'ri kelishi ko'rsatilgan [6]. To'qimachilik oqova suvlarini tozalash usullariga bag'ishlangan tanqidiy sharhda esa bo'yoq qoldiqlari, tuzlar va yordamchi kimyoviy moddalarga boy oqova suvlarni tozalash murakkab va qimmat ekani, shu sababli ifloslanishni uning manbaida - texnologik jarayonning o'zida kamaytirish maqsadga muvofiqligi ta'kidlangan [7].

Ko'pikli (foam) bo'yash texnologiyasi bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda indigo bo'yog'i bilan ko'pik usulida bo'yalgan paxta ipining burash, yakka ip mustahkamligi va tukdorlik ko'rsatkichlari an'anaviy texnologiyaga nisbatan yaxshiroq natija berganligi, bunda suv sarfi taxminan 53,5 foizga kamayganligi va samaradorlik nisbati 1:10 ni tashkil etganligi aniqlangan [11]. Paxta gazlamalariga ko'pik usulida ishlov berish bo'yicha sharhlarda ham kimyoviy moddalar matoga asosan havo va oz miqdordagi suyuqlik yordamida yetkazilishi hisobiga suv va energiya sarfi kamayishi ko'rsatilgan [8]. Bangladeshdagi trikotaj bo'yash korxonalarida suvdan tejamkor foydalanish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarda ham suv aylanish tizimlarini joriy etish orqali sezilarli iqtisodiy samaraga erishish mumkinligi ko'rsatilgan [4].

Ozonli oqartirish texnologiyasi esa an'anaviy kimyoviy oqartirish moddalari o'rniga tabiiy gaz - ozondan foydalanishga asoslangan bo'lib, bu kimyoviy chiqindilarni va energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiladi [3]. Superkritik CO_2 texnologiyasining ekologik-iqtisodiy jihatlarini o'rganuvchi tahliliy sharhlarda ushbu usulning suv sarfini deyarli nolga tushirishi, biroq yuqori bosimli maxsus uskunalar talab qilishi natijasida boshlang'ich investitsiya xarajatlarining yuqoriligi asosiy cheklov sifatida ko'rsatilgan [1]; [6].

Paxta tolasiga maxsus mo'ljallangan yechimlardan biri sifatida amerikalik ColorZen kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan tolani oldindan modifikatsiya qilish (pretreatment) texnologiyasini keltirish mumkin: bu jarayonda paxta tolasining

molekulyar tuzilishi o'zgartirilib, tola bo'yoqqa tabiiy moyillik kasb etadi, natijada bo'yoq sarfi ikki barobar kamayadi, bo'yoqning tolaga singish darajasi 97 foizgacha yetadi, an'anaviy texnologiyaga nisbatan suv sarfi taxminan 90 foizga, energiya sarfi esa 75 foizga qisqaradi, chunki bo'yash pastroq haroratda amalga oshiriladi va kamroq chayish talab etiladi, butun jarayon esa an'anaviy texnologiyaga nisbatan uch baravar qisqaroq vaqtda yakunlanadi [12]. Paxtani kimyoviy kationlashtirish orqali tolaning anion bo'yoqlarni yutish qobiliyatini oshirish imkoniyati ilmiy tadqiqotlarda ham tasdiqlangan [2].

Ushbu texnologiyaning muhim afzalligi shundaki, u mavjud an'anaviy bo'yash uskunalarida qo'llanilishi mumkin, ya'ni butunlay yangi zavod qurish shart emas - bu jihat O'zbekiston sharoiti uchun alohida ahamiyatga ega, chunki mavjud korxonalarni qayta jihozlash yangi zavod qurishga qaraganda ancha arzon va tezkor yechimdir. Kompaniya vakillarining ta'kidlashicha, bunday texnologiyaga ayniqsa suv tanqis va tekstil ishlab chiqarish hajmi katta bo'lgan rivojlanayotgan davlatlarda katta ehtiyoj mavjud [5], bu fikr O'zbekiston sharoiti uchun ham to'liq mos keladi.

O'zbek olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda asosan paxta xom ashyosini dastlabki tozalash va tola sifatini saqlash masalalariga urg'u berilgan, biroq bo'yash-tugatish bosqichidagi resurstejamkor texnologiyalarni maxsus O'zbekiston paxta tolasi xususiyatlariga (tola uzunligi, mikroneyr ko'rsatkichi, mahalliy suv kimyoviy tarkibi) moslashtirish bo'yicha tizimli ilmiy ishlar hali yetarli emas - bu aynan ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligini tashkil etadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqotning axborot bazasini kam suvli va suvsiz bo'yash texnologiyalariga oid xalqaro ilmiy maqolalar va sharhlar, texnologiya ishlab chiqaruvchilarining ma'lumotlari, suv xo'jaligi va yengil sanoatga oid me'yoriy-huquqiy hujjatlar [13; 14] hamda mamlakat to'qimachilik klasterlaridagi ekologik holatga oid rasmiy va ommaviy axborot manbalari tashkil etdi. Tadqiqotda quyidagi bosqichma-bosqich yondashuv taklif etiladi:

1-bosqich - xom ashyo xususiyatlarini o'rganish: O'zbekistonda yetishtirilayotgan asosiy paxta tola navlarining bo'yoq singdirish xususiyatlari (tola tarkibidagi mum va pektin miqdori, kristallik darajasi, mikroneyr ko'rsatkichi) laboratoriya sharoitida aniqlanadi;

2-bosqich - pretreatment texnologiyasini moslashtirish: tolni oldindan kationlashtirish yoki fermentativ modifikatsiya qilish orqali bo'yoqqa moyillikni oshirish usullari sinovdan o'tkaziladi [2];

3-bosqich - bo'yash texnologiyasini sinash: ko'pikli bo'yash va ozonli oqartirish texnologiyalari mahalliy bo'yoq va yordamchi kimyoviy moddalar bilan moslashtirilib, tajriba-sanoat sinovlari o'tkaziladi;

4-bosqich - sifat nazorati: olingan namunalarning rang barqarorligi, ishqalanishga chidamliligi va mustahkamligi xalqaro standartlar (ISO, AATCC) asosida baholanadi;

5-bosqich - resurs sarfini qiyoslash: suv, energiya va kimyoviy modda sarfi an'anaviy texnologiya bilan miqdoriy qiyoslanadi, texnik-iqtisodiy samaradorlik hisoblanadi;

6-bosqich - tajriba-sanoat sinovi: eng samarali usul(lar) mahalliy to'qimachilik korxonasida kichik partiya asosida sinovdan o'tkaziladi.

Tadqiqot jarayonida qiyosiy tahlil, laboratoriya eksperimenti, statistik ma'lumotlarni qayta ishlash va texnik-iqtisodiy hisob-kitob usullaridan kompleks foydalanish rejalashtirilgan. Texnologiyalarni qiyosiy baholashda suv tejash darajasi, boshlang'ich investitsiya hajmi va mavjud ishlab chiqarish infratuzilmasiga moslik mezonlari asos qilib olindi.

TAHLIL VA NATIJALAR

O'tkazilgan tahlil natijasida to'rtta asosiy texnologiyaning O'zbekiston sharoitida joriy etilish imkoniyatlari qiyosiy baholandi (1-jadval).

1-jadval

Kam suvli va suvsiz bo'yash texnologiyalarining O'zbekiston sharoitida joriy etilish imkoniyatlari¹

Texnologiya	Suv tejash darajasi, foizda	Boshlang'ich investitsiya	O'zbekiston uchun joriy etilish istiqboli
Pretreatment (ColorZen tipidagi)	90	Past-o'rta (mavjud uskunada ishlaydi)	Yuqori - qisqa muddatda joriy etish mumkin
Ko'pikli (foam) bo'yash	50-55	O'rta	Yuqori - denim va quyuq rang gazlamalar uchun
Ozonli oqartirish	O'rta darajada kamayadi	O'rta	O'rta - mavjud oqartirish liniyalariga qo'shimcha modul
Superkritik CO ₂ bo'yash	95-100	Yuqori (maxsus bosim uskunasi)	Uzoq muddatli - yirik eksport klasterlari uchun

1-jadvaldan ko'rinadiki, suv tejash darajasi bo'yicha superkritik CO₂ bo'yash va pretreatment texnologiyasi yetakchi o'rinda turadi, ko'pikli bo'yash suv sarfini taxminan 50-55% ga qisqartiradi. Biroq boshlang'ich investitsiya mezonini bo'yicha superkritik CO₂ eng qimmat yechim bo'lsa, pretreatment mavjud uskunada ishlashi tufayli eng kam xarajat talab qiladi.

Birinchidan, tolani oldindan modifikatsiya qiluvchi pretreatment texnologiyalari eng real va tezkor joriy etiladigan yechim hisoblanadi, chunki ular mavjud bo'yash uskunalarida qo'llanilishi mumkin va katta kapital xarajat talab qilmaydi [12] - bu O'zbekistondagi mavjud to'qimachilik klasterlari, jumladan Andijon va Farg'ona vodiysidagi korxonalar uchun eng maqbul boshlang'ich qadam bo'lishi mumkin.

Matoni bo'yashga tayyorlash jarayonining har bir bosqichi asosiy vazifasi va ishlatiladigan texnologiyasi 2-jadvalda qisqacha tushuntirilgan.

2-jadvalda bo'yashdan oldingi besh bosqichning deyarli barchasi suvli eritmalar va yuqori harorat bilan bog'liq bo'lib, aynan shu bosqichlarda suv, energiya va kimyoviy modda sarfining katta qismi shakllanadi; ayniqsa mersefizatsiyalash matoning bo'yoq singdirish qobiliyatini 20-30% ga oshirib, keyingi bo'yash bosqichida bo'yoq va suv sarfini kamaytirishga zamin yaratadi.

¹ Manba: [1; 3; 11; 12] manbalar asosida muallif ishlanmasi.

2-jadval
Bo'yashdan oldingi texnologik jarayonlarning tavsifi va vazifalari¹

Bosqich nomi (O'zbekcha / English)	Asosiy vazifasi va jarayon mazmuni	Olinadigan natija
1. Kuydirish (Singeing)	Mato yuzasidagi ortiqcha mayda tuklar va tola tolachalari gaz alangasidan tezkor o'tkazilib kuydiriladi.	Mato yuzasi silliq bo'ladi, keyinchalik pilling (katishka) hosil bo'lishi kamayadi.
2. Krahmallsizlantirish (Desizing)	To'quv jarayonida ipga surtilgan kley (kraxmal va kimyoviy moddalar) fermentlar yoki kislotalar yordamida yuvib tashlanadi.	Mato namlikni va kimyoviy eritmalarni o'ziga yaxshi singdira boshlaydi.
3. Pishirish (Scouring)	Mato ishqoriy muhitda (NaOH) yuqori haroratda qaynatiladi. Toladagi tabiiy yog'lar, mumlar va pilla qoldiqlari tozalanadi.	Matoning gidrofilligi (suvni shimarish xususiyati) keskin oshadi.
4. Oqartirish (Bleaching)	Vodorod peroksid (H ₂ O ₂) yoki boshqa oqartiruvchilar yordamida toladagi tabiiy sarg'ish rang pigmentlari yo'qotiladi.	Mato toza oq rangga kiradi. Bu ranglar och va yorqin bo'lib chiqishi uchun o'ta muhim.
5. Mercerizatsiyalash (Mercerizing)	Mato kuchli konsentratsiyali o'yuvchi natriy (kaustik soda) eritmasi bilan tarang holatda ishlanadi.	Tola tuzilishi o'zgarib, mato yaltiroqlik, mustahkamlik va bo'yoqni 20-30% ko'proq singdirish qobiliyatiga ega bo'ladi.

Ikkinchidan, ko'pikli bo'yash texnologiyasi ham nisbatan past investitsiya bilan joriy etilishi mumkin bo'lgan yechim bo'lib, u ayniqsa denim va boshqa quyuq rangli gazlamalarni bo'yashda samarali natija beradi [11] - bu esa O'zbekistonning jahon bozorida denim va boshqa rangli paxta gazlamalari segmentida raqobatbardosh bo'lishiga xizmat qilishi mumkin. Superkritik CO₂ texnologiyasi esa yuqori boshlang'ich investitsiya va maxsus bosim ostida ishlaydigan uskunalarni talab qilgani sabab, uzoq muddatli istiqbolda, yirik eksportga yo'naltirilgan klasterlarda joriy etilishi maqsadga muvofiqdir [1].

Ko'pikli bo'yash texnologik jarayonlari [8]; [11]:

1. Suyuqlikni sintez qilish / tayyorlash: bo'yoq va maxsus ko'pik hosil qiluvchi moddalar (surfactants) aralashtiriladi.

2. Ko'pik hosil qilish (Foam Generation): suyuqlik mikserga uzatiladi va yuqori bosimli havo yordamida ko'pik holatiga keltiriladi.

3. Ko'pikni matoga surtish (Foam Application): tayyor bo'yoqli ko'pik mato yuzasiga maxsus pichoqlar (scraper) yoki nozullar orqali bir tekisda taqsimlanadi.

4. Siqish va fiksatsiya (Padding/Fixing): mato vallar orasidan o'tkazilib, ko'pik mato tolalarining ichki qismigacha singdiriladi va quritish (yoki bug'lash) orqali rang fiksatsiya qilinadi.

¹ Manba: [7] manba asosida muallif ishlanmasi.

Ko'pikli texnologiyaning asosiy ustunligi - matoni to'liq suvga bo'ktirish shart emasligidir. Ushbu ikki usulning asosiy farqlari 3-jadvalda ko'rsatilgan.

3-jadval

An'anaviy bo'yash va ko'pikli bo'yash farqlari¹

Xususiyatlari	An'anaviy bo'yash (Pad Dyeing)	Ko'pikli bo'yash (Foam Dyeing)
Suv sarfi	Juda yuqori (mato to'liq vannaga botiriladi)	Juda kam (suv o'rnini havo pufakchalari egallaydi)
Energiya sarfi	Yuqori (nam matoni quritish uchun ko'p energiya ketadi)	Kam (mato kam namlangani uchun tez quriydi)
Kimyoviy chiqindi	Ko'p miqdorda oqova suv hosil bo'ladi	Minimal chiqindi (ekologik toza muqobil)

3-jadvalda ko'pikli bo'yashda suv o'rnini havo pufakchalari egallagan uchun mato kam namlanadi, natijada suv sarfi, quritishga ketadigan energiya va oqova suv hajmi bir vaqtning o'zida kamayadi. Bu tajribalarda qayd etilgan suv sarfining taxminan 53,5 foizga qisqarishi [11] bilan ham mos keladi.

Uchinchidan, ushbu texnologiyalarni joriy etish nafaqat ekologik, balki bevosita iqtisodiy manfaat ham beradi: suv, energiya va kimyoviy modda sarfining kamayishi ishlab chiqarish tannarxini pasaytiradi, bo'yash vaqtining qisqarishi esa ishlab chiqarish quvvatini oshiradi [4; 6].

To'qimachilikda ozonli oqartirish texnologik jarayon bosqichlarining qisqacha tavsifi [3]:

1. Ozon generatori (Ozonator): havodagi kislorod (O_2) yuqori kuchlanishli elektr razryadlari ta'sirida ozon (O_3) gaziga aylantiriladi.

2. Ozonni eritish (Aqueous system): ozon gazi maxsus ejektorlar yoki venturi tizimlari yordamida suvda eritilib, yuqori oksidlovchi xususiyatga ega ozonli suv tayyorlanadi. Ayrim texnologiyalarda matoga bevosita gaz holatida ham ta'sir ettiriladi.

3. Oqartirish kamerasi (Reaktor): tayyorlangan mato (ko'pincha denim yoki paxta iplari) ozon bilan kontaktga kirishadi. Ozon matodagi tabiiy pigmentlar va g'ayritabiiy bo'yoqlarni bir necha soniya ichida parchalab, oqartiradi.

4. Ozon destruktori: jarayondan ortib qolgan va reaktordan chiquvchi zaharli ozon gazi katalizatorlar yordamida qaytadan xavfsiz kislorodga (O_2) aylantirilib, atmosferaga chiqariladi.

Texnologiyaning afzalliklari:

- Suv va energiya tejamliligi: jarayon xona haroratida (sovuq suvda) amalga oshiriladi, bu esa issiqlik energiyasini tejaydi;

- Kimyoviy chiqindilar yo'qligi: ozon parchalanganda faqat kislorod hosil bo'ladi, oqova suvlarni zararli kimyoviy moddalar (xloridlar) bilan ifloslantirmaydi.

Superkritik CO_2 muhitida bo'yash jarayonining uskunalar bo'yicha ketma-ketligi va asosiy parametrlari 4-jadvalda keltirilgan.

¹ Manba: [8; 11] manbalar asosida muallif ishlanmasi.

4-jadval
Superkritik CO₂ muhitida bo'yash texnologiyasining jarayonlari¹

№	Tizim elementi	Jarayon va parametrlar
1	CO ₂ saqlash idishi	CO ₂ suyuq holatda saqlanadi
2	Yuqori bosimli nasos	Bosim 7,4 MPa dan yuqori darajagacha oshiriladi
3	Isitkich	Harorat 31 °C dan yuqori; superkritik CO ₂ holati hosil bo'ladi
4	Bo'yoq moddasi avtoklavi	Bo'yoq superkritik CO ₂ da eriydi
5	Bo'yash reaktori	Mato/ip joylashtirilgan kamera; bo'yoq mato tolalariga singadi
6	Separator (ajratgich)	Bosim va harorat pasaytiriladi; CO ₂ gazga aylanadi va bo'yoq qoldiqlari ajraladi
7	Kondensator (sovutgich)	CO ₂ qayta suyuq holatga keltiriladi
8	Resiklyatsiya (qayta foydalanish)	CO ₂ saqlash idishiga qaytadi

4-jadvalda superkritik CO₂ texnologiyasi yopiq siklda ishlaydi: CO₂ 7,4 MPa dan yuqori bosim va 31 °C dan yuqori haroratda superkritik holatga o'tkazilib, bo'yoqni eritadi va tolaga yetkazadi, so'ngra bosim pasaytirilganda gazga aylanib, bo'yoq qoldiqlaridan ajraladi va qayta ishlatiladi. Jarayonning har bir bosqichi quyida qisqacha tavsiflangan [1].

1. CO₂ ni tayyorlash va siqish: suyuq karbonat angidrid saqlash idishidan olinadi va yuqori bosimli nasos yordamida kritik bosimdan yuqori darajagacha siqiladi.

2. Superkritik holatga o'tkazish: siqilgan CO₂ isitkich orqali o'tib, kritik haroratdan (31,1 °C) yuqori qizdiriladi va superkritik suyuqlikka aylanadi.

3. Bo'yoqni eritish: superkritik CO₂ bo'yoq kamerasi (avtoklav) ichiga kiradi va u yerdagi maxsus bo'yoq moddalarini o'zida eritadi.

4. Mato/ipni bo'yash: bo'yoq bilan to'yingan superkritik CO₂ asosiy reaktorga kiradi. Bu yerda u matoning tolalari orasiga chuqur kirib boradi va bo'yoqni tolalarga o'tkazadi.

5. Ajratish va bosimni tushirish (separatsiya): jarayon yakunlangach, aralashma separatorga o'tkaziladi. Bosim va harorat pasaytirilganda CO₂ o'zining erish xususiyatini yo'qotib gaz holatiga o'tadi, ortiqcha bo'yoq esa ajralib pastga cho'kadi.

6. Regeneratsiya (qayta aylanish): toza CO₂ gazi kondensatorda sovutilib, qaytadan suyuq holatga keltiriladi va saqlash idishiga yuboriladi. Tizim yopiq siklda ishlaydi (CO₂ ning 95-98% i qayta ishlatiladi).

Texnologiyaning asosiy afzalliklari:

- Suvsiz ishlab chiqarish: oqova suv hosil bo'lmaydi, quritish jarayoniga ehtiyoj qolmaydi (energiya tejraladi);

- Kimyoviy qo'shimchalarsiz: tuzlar va tekislovchi zararli kimyoviy moddalar talab etilmaydi;

- Tezkorlik: bo'yash vaqti an'anaviy usullarga qaraganda ancha qisqa.

Bundan tashqari, ekologik toza texnologiya asosida ishlab chiqarilgan mahsulot Yevropa va AQSh bozorlarida "sustainable" yorlig'i bilan yuqori narxda sotilishi, shu

¹ Manba: [1; 10] manbalar asosida muallif ishlanmasi.

orqali O'zbekiston to'qimachilik mahsulotlarining eksport qiymatini oshirishi mumkin. Shu bilan birga, texnologiyani joriy etishda malakali kadrlar yetishmasligi, boshlang'ich investitsiya zarurati va mahalliy suv-kimyoviy tarkibga moslashtirish bo'yicha qo'shimcha ilmiy-tajriba ishlari zarurligi kabi cheklovlarni ham hisobga olish lozim.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan ilmiy tahlil kam suvli va suvsiz bo'yash texnologiyalarini O'zbekiston paxta tolali gazlamalariga moslashtirish yo'nalishining tadqiqoti sifatida yuqori ilmiy va amaliy dolzarblikka ega ekanligini ko'rsatadi. Ushbu yo'nalish mamlakatning suv resurslari tanqisligi, to'qimachilik klasterlaridagi ekologik muammolar va eksportga yo'naltirilgan sanoat siyosati kontekstida bir vaqtning o'zida ham ekologik, ham iqtisodiy samaradorlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Qiyosiy tahlil pretreatment texnologiyasini qisqa muddatli, ko'pikli bo'yash va ozonli oqartirishni o'rta muddatli, superkritik CO₂ texnologiyasini esa uzoq muddatli yo'nalish sifatida ajratish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqilgan:

1. Andijon va Farg'ona vodiysidagi yirik to'qimachilik klasterlarida tolani oldindan modifikatsiya qiluvchi (pretreatment) texnologiyani pilot loyiha sifatida sinovdan o'tkazish;

2. Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti negizida kam suvli bo'yash texnologiyalari bo'yicha ixtisoslashtirilgan ilmiy-tajriba laboratoriyasi tashkil etish;

3. Mavjud oqova suv tozalash inshootlarini rekonstruksiya qilish bilan bir qatorda, yangi qurilayotgan to'qimachilik korxonalarida boshidanoq kam suvli texnologiyalarni loyihalashtirish talabini joriy etish;

4. Ekologik toza bo'yash texnologiyasi asosida ishlab chiqarilgan mahsulotlarni xalqaro "sustainable textile" sertifikatlash tizimlariga (masalan, OEKO-TEX, GOTS) muvofiqlashtirish;

5. Suv resurslarini boshqarish davlat dasturlariga to'qimachilik sanoati uchun maxsus suv tejash me'yorlari va rag'batlantirish choralari kiritish.

Kelgusi tadqiqotlarda O'zbekiston paxta navlarining bo'yoq singdirish xususiyatlarini chuqur laboratoriya tahlili orqali o'rganish, shuningdek tanlangan texnologiyalarning aniq iqtisodiy samaradorligini pilot ishlab chiqarish natijalari asosida hisoblab chiqish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Abou Elmaaty, T., & Abd El-Aziz, E. (2018). Supercritical carbon dioxide as a green media in textile dyeing: A review. Textile Research Journal, 88(10), 1184-1212. <https://doi.org/10.1177/0040517517697639>

2. Acharya, S., Abidi, N., Rajbhandari, R., & Meulewaeter, F. (2014). Chemical cationization of cotton fabric for improved dye uptake. Cellulose, 21(6), 4693-4706. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0457-2>

3. Arooj, F., Ahmad, N., Shaikh, I. A., & Chaudhry, M. N. (2014). Application of ozone in cotton bleaching with multiple reuse of a water bath. *Textile Research Journal*, 84(5), 527-538. <https://doi.org/10.1177/0040517513499429>
4. Chakraborty, R., & Ahmad, F. (2022). Economical use of water in cotton knit dyeing industries of Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 340, Article 130825. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130825>
5. Fibre2Fashion. (n.d.). There's a desperate need for our technology in India: Interview with Michael Harari, CEO, ColorZen. Fibre2Fashion. <https://www.fibre2fashion.com/interviews/face2face/colorzen-ceo/michael-harari/11881-1>
6. Hasanbeigi, A., & Price, L. (2015). A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*, 95, 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.079>
7. Holkar, C. R., Jadhav, A. J., Pinjari, D. V., Mahamuni, N. M., & Pandit, A. B. (2016). A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. *Journal of Environmental Management*, 182, 351-366. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>
8. Hoque, E., Acharya, S., Shamshina, J., & Abidi, N. (2023). Review of foam applications on cotton textiles. *Textile Research Journal*, 93(1-2), 486-501. <https://doi.org/10.1177/00405175221107400>
9. Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, 4(1), 22-26. <https://doi.org/10.4236/ns.2012.41004>
10. Reda, E. M., Ebrahim, S. A., & Mosaad, M. M. (2025). An overview of dyeing without water techniques. *Journal of Textile Coloration and Polymer Science*, 22(1), 89-95. https://jtcps.journals.ekb.eg/article_343076.html
11. Siddique, A., Khawar, M. T., Xu, Z., Kit, C. C., Mazari, A., Naeem, S., Naeem, J., & Saleemi, S. (2025). Foam dyeing: A review of its potential to reshape sustainable textile processing. *Textile Research Journal*. <https://doi.org/10.1177/00405175251324669>
12. Textile World. (2012). ColorZen offers water-, energy-, chemical- and time-saving cotton dyeing technology. *Textile World*. <https://www.textileworld.com/?p=12323>
13. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyul PF-6024-son "O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni. <https://lex.uz/docs/4892946>
14. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 16-sentabr PQ-4453-son "Yengil sanoatni yanada rivojlantirish va tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni rag'batlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori. <https://lex.uz/docs/4516522>
15. Kun.uz. (2020). Ekologlar qayoqqa qarayapti? Oltinko'l tumanidagi daryoda bir kun qizil, bir kun ko'k suv oqmoqda. <https://kun.uz/news/2020/03/21/ekologlar->

qayoqqa-qarayapti-oltinkol-tumanidagi-daryoda-bir-kun-qizil-bir-kun-kok-suv-oqmoqda

16. Kun.uz. (2022). O'zbekistondagi suv taqchilligi: ehtimoliy qurg'oqchilik va keskinlashayotgan ekologik muammolar.

<https://kun.uz/uz/news/2022/08/09/ozbekistondagi-suv-taqchilligi-ehimoliy-qurg'oqchilik-va-keskinlashayotgan-ekologik-muammolar>

17. Kun.uz. (2025). "Ko'pik" oqizilishi birinchisi emas: "Nil-Granit" avvaldan Janubiy Farg'ona kanalini ifloslantirib kelgani ma'lum bo'ldi. <https://kun.uz/news/2025/08/15/kopik-oqizilishi-birinchisi-emas-nil-granit-avvaldan-janubiy-fargona-kanalini-ifloslantirib-kelgani-malum-boldi>

18. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining rasmiy veb-sayti. (2025). To'qimachilik klasterining yangi korxonasi ishga tushdi. <https://president.uz/oz/lists/view/8056>



Marketing

ilmiy, amaliy va ommabop jurnali

Muharrir:
Ingliz tili muharriri:
Rus tili muharriri:
Musahhih:
Sahifalovchi va dizaynerlar:

Turobova Hulkar Rustamovna
Oripov Mahmud Ashurovich
Xidirova Gavxar Rustamovna
Qudratov Aziz Dehqonboyevich
Sadikov Shoxrux Shuxratovich
Abidjonov Nodirbek Odijon o'g'li

2026-YIL, 24-25-SENTABR, MAXSUS-SON, III-IV-SEKSIYALAR

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar mas'ul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelavermasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga murojaat qilish mumkin. Ilmiy maqola, ommabop maqola, reklama, hikoya va boshqa ilmiy-ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin.

Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.

Elektron pochta: info@marketingjournal.uz
Bot: [@marketinjournalbot](https://t.me/@marketinjournalbot)
Tel.: +99890 5125464, +998939266610

Jurnalning rasmiy sayti: <https://marketingjournal.uz>

Marketing jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi **Oliy attestatsiya komissiyasi rayosatining 2024-yil 04-oktabrdagi 362/5 sonli qarori** bilan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali 2024-yil 15-martdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan **C-5669517** reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan. **Litsenziya raqami: №240874**



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnalining xalqaro darajasi: **9710**. GOCT 7.56-2002 "Seriya nashrlarning xalqaro standart raqamlanishi" davlatlaro standartlari talablari. **Berilgan ISSN tartib raqami: 3060-4621**