

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

6-2025
TABIIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

S.Sh.Do'saliyeva, R.B.Karabayeva <i>Allium suworowii</i> o'simligi tarkibidagi saponinlarning sifat tahlili	7
J.E.Shamshiyev, O.M.Nazarov, T.Sh.Amirova Mahalliy vinolarning flavonoidlar va suvda eruvchan vitaminlar tarkibi tahlili	10
F.X.Bo'riyev, S.S.Abduraxmanova, O.E.Ziyadullayev, F.Qo'shbaqov Ayrim atsetilen spirtlar asosida α -yod, α,β -to'yinmagan ketonlar sintezi	15
M.Z.Nomozova, L.S.Kamolov, I.Nakhatov, N.N.Umirov, D.O.Ahmadova Secondary metabolites of the fungus <i>Trichoderma asperellum</i> and their biological importance	22
Q.M.Sherg'oziyev, Sh.X.Karimov <i>Anabasis aphylla</i> L. o'simligining flavonoid tarkibi tahlili	28
G.A.Abdullaeva, Sh.Sh.Damionova, Sh.Sh.Turgunbaev Синтез и исследование комплексного соединения Zn (II) с дифенилтиокарбазоном	32
M.M.Mamanazarov, E.Y.Yalgashev, L.A.Azimov, D.I.Abduvokhidov, J.I.Razzokov Gliding-arc plasma regeneration of industrial ca-zeolite adsorbents	39
G.D.Axmadjonova, O.M.Nazarov, X.N.Saminov <i>Mirabilis jalapa</i> L. o'simligining aminokislota va fenol birikmalari tarkibini o'rganish	46
I.R.Asqarov, Sh.M.Qirg'izov, S.T.Jalilova Evaluation of the antiradical properties of bay leaf	52
Sh.M.Kirgizov, M.M.Muminov, D.S.Turgunova Antioxidant activity of a mixture of gleditsia and ailanthus flowers	57
D.A.Ga'furova, X.G.Kurbanov, M.K.Rustamov, H.M.Yusupova, D.N.Shaxidova Получение анионитов на основе поливинил хлорида для сорбции ионов молибдена (VI)	64
S.Y.Xushvaqov, K.A.Qodirova, D.J.Bekchanov Tarkibida amino va sulfoguruh tutgan funksional ion almashinuvchi polimer materiallarga brom ionlarining sorbsiyasi	73
T.Sh.Amirova Matolarning kimyoviy tarkibiga ko'ra sertifikatlash va tasniflashning dolzarb muammolari	80
T.Sh.Amirova Ipak matolarining iq spektri tahlili va kimyoviy xossalari	84
F.M.Turaqulov, X.E.Yunusov, S.S.Yarmatov, X.I.Burxonova, A.A.Sarimsaqov Karboksimetilsellyuloza va seritsin asosida biokompozit gidrogelning olinishi va xossalari	89
N.T.Qaxxorov, R.S.Jo'rayev, O'M.Mardonov "Dautosh" koni meniralini lazerli difraksiya usulida tekshirish va tarkibini o'rganish	98

BIOLOGIYA

M.P.Yuldashova, M.A.Djo'rabaeva Baliqchilik ho'jaligi suvlarini sifat ko'rsatgichlarini aniqlashda indikator - saprob suvo'tlaridan foydalanish	105
M.P.Yuldashova Farg'ona vodiysi ayrim kanallari suvini sifat ko'rsatgichini aniqlashda indikator - saprob suvo'tlaridan foydalanish	109
A.Q.Buronov O'zbekistondagi qadimiy mahalliy bug'doy navlarida oqsil tarkibiga ma'sul nam-1 genlarini molekulyar markerlar yordamida o'rganish	113
M.X.Akbarova Farg'ona vodiysida tarqalgan <i>Scutellaria</i> L. turkumi turlarining petrofil florosenotiplarda tarqalishi	119
B.A.Abdualiyev Uy parrandalarining gelmintlar bilan zararlanishida yovvoyi qushlarning roli	127



UO'K: 547.962.9; 661.728.892

KARBOKSIMETILSELLYULOZA VA SERITSIN ASOSIDA BIOKOMPOZIT GIDROGELNING OLINISHI VA XOSSALARI**ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОКОМПОЗИТНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И СЕРИЦИНА****SYNTHESIS AND PROPERTIES OF A BIOCOMPOSITE HYDROGEL BASED ON CARBOXYMETHYL CELLULOSE AND SERICIN****Turaqulov Foziljon Mamarayim o'g'li¹** ¹O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, PhD**Yunusov Xaydar Ergashovich²** ²O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim.**Yarmatov Sardor Sobirjonovich³** ³O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, PhD, katta ilmiy xodim.**Burxonova Xurshidabonu Isroil qizi⁴** ⁴O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, stajyor-tadqiqotchi,**Sarimsaqov Abdushkur Abduxalilovich⁵** ⁵O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, texnika fanlari doktori, professor.**Annotatsiya**

Mazkur maqolada, almashinish darajasi (AD) 0.88 va polimerlanish darajasi (PD) 850 bo'lgan tozalangan natriy-karboximetilsellyuloza (Na-KMS) va tabiiy ipakdan olingan seritsin asosida biokompozit gidrogel olingan va uning fizik-kimyoviy xossalari tahlil qilingan. Olingan gidrogel tarkibida Na-KMS va seritsin makromolekularidagi karboksil –COO⁻ guruhlari bilan amid-I va amid-II guruhlari orasida hosil bo'lgan elektrostatik ta'sirlar IQ-Furье spektrlarning 1600-1700 sm⁻¹ sohalarida aniqlandi. Na-KMS va seritsin makromolekularining funksional guruhlari hisobiga molekulararo tikilishlar natijasida gidrogelning qovushqoqligi teng miqdorda ortganligi reologik tadqiqotlar orqali isbotlandi. Na-KMS/Seritsin gidrogelining liofilizatorida quritilgan kukun namunalarining poralar o'lchamlari skaner elektron mikroskopiya (SEM) tadqiqotlar orqali tadqiq etilganda poralar o'lchamlari 20-110 μm ekanligi aniqlandi.

Аннотация

В данной статье синтезирован биокomпозитный гидрогель на основе очищенной натрий-карboxиметилцеллюлозы (Na-KMLЦ) со степенью замещения (СЗ) 0.88 и степенью полимеризации (СП) 850, а также серицина, выделенного из натурального шелка. Проведен анализ физико-химических свойств полученного гидрогеля. Электростатические взаимодействия между карboxильными группами (–COO⁻) Na-KMLЦ, амид-I и амид-II группами серицина были выявлены в ИК-Фурье спектрах в области 1600–1700 см⁻¹. Реологические исследования подтвердили, что благодаря межмолекулярным сшивкам между функциональными группами Na-KMLЦ и серицина вязкость гидрогеля увеличивается пропорционально. После лioфильной сушки гидрогеля Na-KMLЦ/серицина методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) установлено, что размеры пор составляют 20-110 мкм.

Abstract

In this article, a biocomposite hydrogel was synthesized based on purified sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC) with a degree of substitution (DS) 0.88 and a degree of polymerization (DP) 850, together with sericin obtained from natural silk. The physicochemical properties of the resulting hydrogel were analyzed. Electrostatic interactions

between the carboxyl ($-\text{COO}^-$) groups of Na-CMC and the amide-I and amide-II groups of sericin macromolecules were identified in the IR-Fure spectrogram within the range of $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$. Rheological studies confirmed that intermolecular cross-linking between the functional groups of Na-CMC and sericin led to a proportional increase in the viscosity of the hydrogel. After lyophilization of the Na-CMC/sericin hydrogel, scanning electron microscopy (SEM) revealed a porous structure with pore sizes in the range of $20\text{--}110\text{ }\mu\text{m}$.

Kalit so'zlar: Natriy-karboksimetilselluloza, seritsin, gidrogel, biokompozit, poralar, qovushqoqlik.

Ключевые слова: Натрий-карбоксиметилцеллюлоза, серицин, гидрогель, биокomпозит, поры, вязкость.

Key words: Sodium carboxymethyl cellulose, sericin, hydrogel, biocomposite, pores, viscosity.

KIRISH

Na-KMS sellulozaning oddiy efiri bo'lib, angidro-glyukozaning 1,4-uglerod atomlarining molekulalararo glikozid bog'lari orqali bog'langan chiziqli polisaxariddir [1]. Na-KMS makromolekulalari chiziqli polimer bo'lib, uning suvda eruvchanligi AD qiymatlariga bog'liq va uning qovushqoqligi PD qiymatlariga bog'liq, PD ortishi bilan qovushqoqligi ortadi [2]. Na-KMS gidrofilligi, adgezivligi, reologik xossalari, zararli ta'sir etuvchi funksional guruhlarning mavjud emasligi, hamda ishlab chiqarish texnologiyasining arzonligi, xomashyo bazasining etariligi tufayli biotibbiyot, farmatsevtika, to'qimachilik, qurilish, oziq-ovqat, kosmetika, qog'oz ishlab chiqarish va neft burg'ulash sanoatlarida keng qo'llaniladi [3]. Ayniqsa, tibbiyot sohasida Na-KMS va uning organik, noorganik kompozitsiyalari to'qima va organlar muhandisligida, yaralarni bog'lash, biomaslashuvchan implantlar, sun'iy organlar yaratishda polimer matritsa sifatida, antioksidant sifatida va bakteriyalarga qarshi biomateriallar olishda, tabletkalar ishlab chiqarishda to'ldiruvchi sifatida keng foydalaniladi [4]. Na-KMS asosidagi gidrogellar yuqori biomaslashuvchanligi, barqarorligi, pH-sezgirliigi hamda dori va fermentlar kabi faol moddalarni bog'lash qobiliyati tufayli dori yetkazib berish tizimlarida keng qo'llanilmoqda [5]. Molekulasidagi anion tabiatli karboksil ($-\text{COO}^-$) va gidroksil ($-\text{OH}$) guruhlari gidrofillikni ta'minlab, tana to'qimalari bilan yaxshi moslashuvchanlikni taminlaydi [6]. Shu sababli Na-KMS asosidagi gidrogellar klinik oldi va klinik sinovlarda jarohatlarni davolash va dori moddalarini nazoratli yetkazib berishda samarali ekanligi isbotlangan. Bundan tashqari, Na-KMSning boshqa suvda eruvchan polimerlar bilan kombinatsiyasi orqali 3D gidrogellar, plyonka, mikroigna va nanotolali biomateriallar tibbiyot amaliyotida muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda [7].

Na-KMS tarkibiga qo'shimcha kimyoviy reagentlar qo'shilishi bilan yaxshi mexanik xususiyatlarga ega barqaror gidrogel hosil qilishi mumkin [8]. Na-KMS gidrogeliga polietilenglikol, epixlorogidrin, diepoksi, dikarboksilik kislota va seritsin birikmalari qo'shilganda olingan gidrogelning fizik-kimyoviy xossalari o'zgarganligi aniqlangan [9].

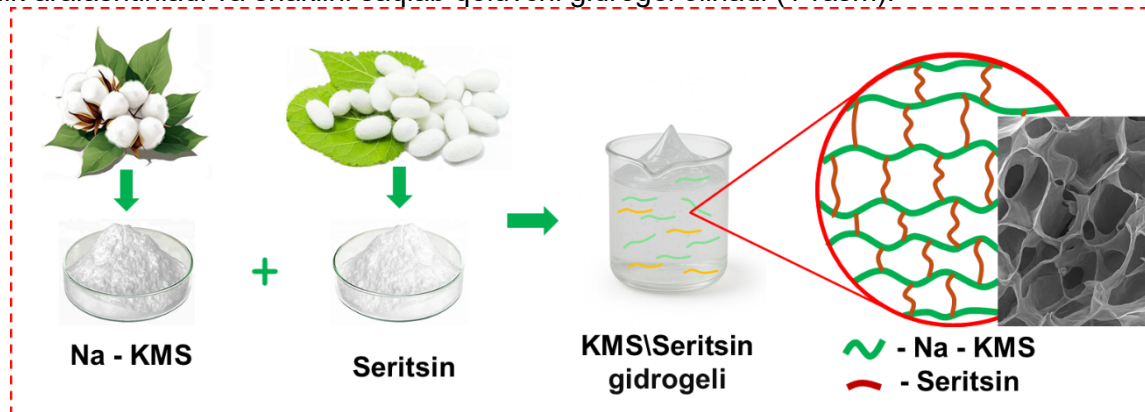
Seritsin ipak tolalarida fibroin tolalarini o'rab turuvchi yopishqoq oqsil bo'lib farmatsevtika va biotibbiyot sohalarida tabiiy biomaterial sifatida keng qo'llanilmoqda [10]. Seritsin ultrabinafsha nurlardan himoyalashi, antioksidant, antibakterial va o'smaga qarshi faolligi kabi turli biologik faolliklarga ega ekanligi aniqlangan [11]. Bunday noyob xususiyatlarga ega seritsin va Na-KMS asosidagi boshqariladigan ajralish imkonini beruvchi gidrogellarini yaratish va ularni tibbiyot amaliyotida samarali qo'llash istiqbolli yo'nalishlardan hisoblanadi [12]. Seritsinning gidrofil tabiati tufayli jarohatni quruq tutishi ajralayotgan yiringlarni shimib olishi, adgezion xossasi, yallig'lanishga qarshi va antibakterial xossasi muhim amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur ishning maqsadi, oshqozon-ichak va o'nikki barmoqli ichak jarohatlarini jarrohlik amaliyotisiz davolashga mo'ljallangan Na-KMS/Seritsin biokompozitlarining olinishi tuzilishi va xossalari aniqlashdan iborat.

MATERIALLAR VA USULLAR

Mazkur ishda polimer matritsa sifatida $\text{AD}=0.88$ va $\text{PD}=850$ bo'lgan "Promxim Impex" MChJ (O'zbekiston) korxonasida ishlab chiqarilgan organik va noorganik qo'shimchalardan tozalangan Na-KMSning sanoat namunalari foydalanilgan [13]. Ipakning tolali chiqindisini (O'zDSt 5618-80) organik erituvchilar uglerod tetraxlorid (Sigma-Aldrich CAS №32488-50-9) va xloroform (Sigma-Aldrich CAS №67-66-3) ishtirokida $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ haroratda uch marta etanol/suv (70:30, hajm %) aralashmasi bilan ishlov berish orqali qo'shimcha organik va minerallardan tozalanadi, hamda filtratda Cl^- ionlari mavjudligi AgNO_3 (Sigma-Aldrich CAS №7761-88-8) bilan sifat reaksiyasi orqali

nazorat qilinadi va tozalik darajasi GOST 5556-2022 bo'yicha baholanadi. So'ngra pillalar suvda 1:10 massa nisbatida avtoklavda 110°C da 1–24 soat qaynatilib, seritsin eritmaga o'tkaziladi. So'ngra hosil bo'lgan seritsin eritmasi –80°C haroratda 6-7 soat liofilizatorida quritiladi [14]. Tozalangan Na-KMS namunalarining 2% konsentratsiyali suvli eritmaları tayyorlandi va 8000 ayl/daqqa tezlikda 20 daqiqa davomida sentrifuga (*CenLee 20K, Xitoy*) qilish orqali erigan va gel fraksiyalar ajratib olindi. Ajratib olingan 2%-li Na-KMS eritmalarining erigan fraksiyalariga tabiiy ipak tolasidan gidroliz usulida ajratib olingan molekulyar massasi 25-150 kDa bo'lgan seritsinning 2%-li suvli eritmasidan tajriba nisbatlarida qo'shib 6 soat vaqt davomida 120 ayl/minut tezlikda mexanik aralashtiriladi va shaklini saqlab qoluvchi gidrogel olinadi (1-rasm).



1-rasm. Na-KMS/seritsin gidrogelining olish usuli.

Tayyor bo'lgan gidrogelning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash uchun gidrogel petri idishiga o'tkaziladi va -20°C haroratda 24 soat davomida muzlatiladi, so'ngra 72 soat davomida *BK-FD12P liofilizatori, Biobase (Xitoy)* liofilizatorida quritiladi va kukun holatga keltirildi.

Fizik-kimyoviy tadqiqot usullari

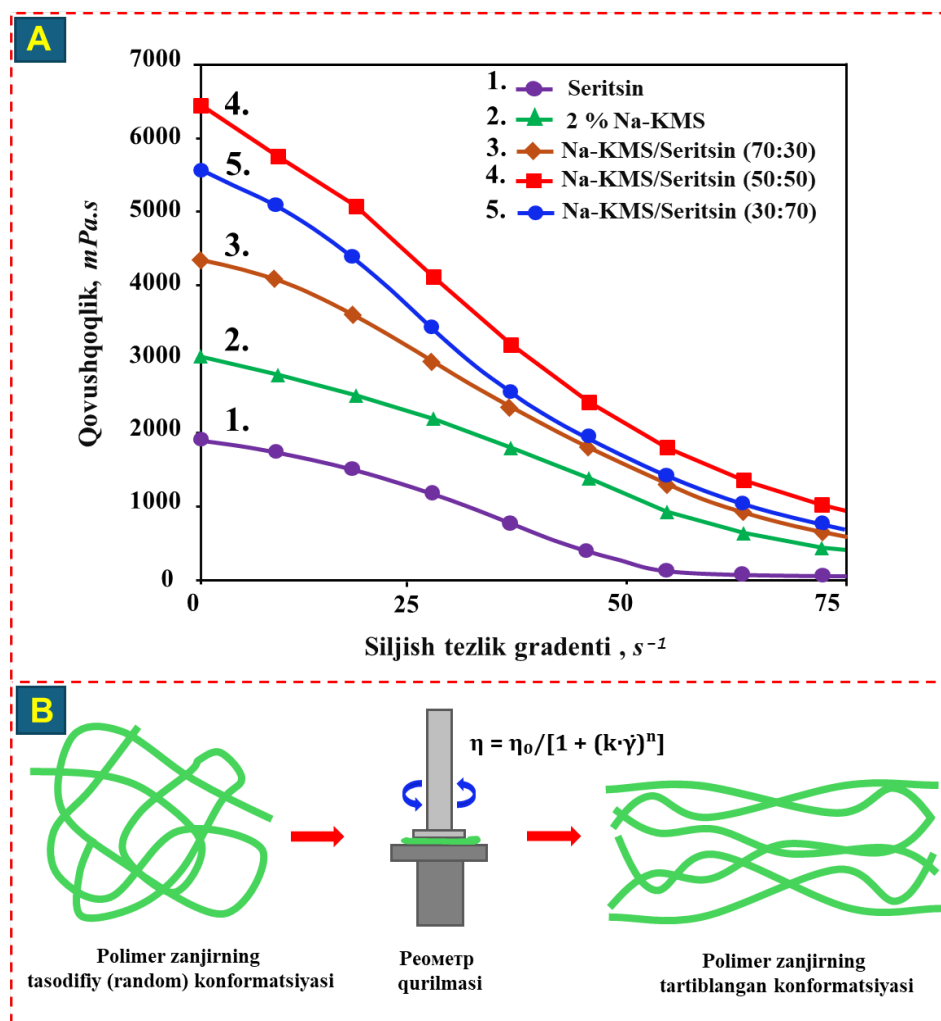
IQ-Furye spektroskopik usuli. Namunalarning funksional guruhlaridagi o'zgarishlar *Inventio-S* rusumli (*Germaniya*) IQ-Furye spektrometrida, to'lqin uzunligi 500-4000 sm^{-1} oraliqdagi sohalarida tadqiq etildi.

Reologik tadqiqotlar. Na-KMS va Na-KMS/Seritsin gidrogellarining reologik xossalari *Anton Paar MCR 92 (Austria.)* qurilmasida siljish tezlik gradienti 1-7000 s^{-1} oraliqda quyidagi usul orqali aniqlandi [15].

Skanerlash elektron mikroskopik (SEM) usuli. Liofilizatorida quritilgan namunalarning poralar o'lchamlarini aniqlash *JCM-6000PLUS Jeol (Yaponiya)* rusumli SEM qurilmasida tadqiq etildi. Tadqiqotlar $\times 15.000$ dan $\times 35.000$ gacha bo'lgan turli kattalashtirishlar va 20-30 kV kuchlanishlar ostida quyidagi usul orqali amalga oshirildi [16].

NATIJALAR VA MUHOKAMASI

Turli nisbatlarda olingan 2%-li Na-KMS va 2%-li seritsin eritmaları asosida olingan barqaror biokompozit gidrogel namunalarining hosil bo'lishi reologik tadqiqotlar orqali tadqiq etildi, Na-KMS va seritsin eritmalarining optimal nisbatlari tanlab olindi, olingan natijalar 2-rasmda keltirildi.



1. Seritsin, 2. Na-KMS, 3. Na-KMS/Seritsin (70:30), 4. Na-KMS/Seritsin (50:50), 5. Na-KMS/Seritsin (30:70).

2-rasm. Reologik tadqiqotlar bo'yicha olingan natijalar (A), Polimer zanjirning siljish tezlik gradientiga bog'liq bo'lgan konformatsion holatlari (B).

Olingan natijalardan ko'rinadiki, seritsin, Na-KMS eritmaları va turli nisbatlardagi Na-KMS/Seritsin gidrogellarida siljish tezlik gradienti ortishi bilan namunalarning qovushqoqligi kamaygan (2A-rasm), qovushqoqlikning siljish tezlik gradientiga bog'liq o'zgarishi namunalarning nonyuton eritma ekanligini anglatadi, hamda bu namunalar psevdoplastiklik xossaga ega bo'lib siljish tezlik gradienti kamayishi bilan qovushqoqlikning dastlabki qiymatga qaytishi kuzatiladi. Psevdoplastiklik xossani Na-KMS makromolekulalari orqali izohlaydigan bo'lsak siljish tezlik gradienti ortishi bilan makromolekula oqish yo'nalishi bo'ylab joylashadi. Shu bilan birga, glukozid halqa tarkibidagi –OH guruhlar hisobiga hosil bo'lgan vodorod bog'lanishlar va molekulalararo elektrostatik ta'sirlar miqdori kamayib makromolekula tartiblangan konformatsiyaga o'tadi (2B-rasm) [17]. Siljish tezlik gradienti kamayishi bilan makromolekulalar orasida vodorod bog'lanishlar va elektrostatik ta'sirlar qayta tiklanadi, natijada polimer zanjirning orentatsiyalangan holati kamayib dastlabki tasodifiy konformatsiyani tiklay boshlaydi. Adabiyotlardan malumki, polimer eritmaların bunday reologik xossalari Williamson modeliga mos keladi:

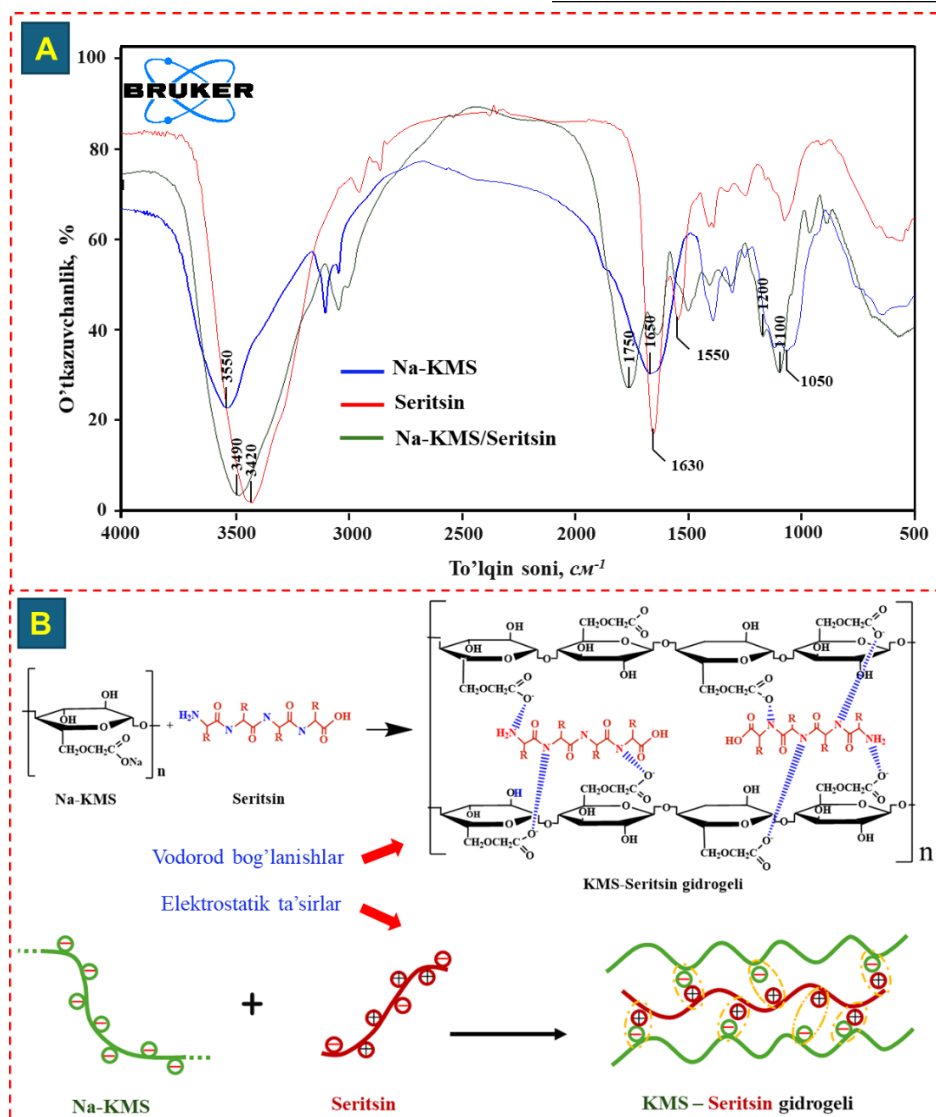
$$\eta = \eta_0 / [1 + (k \cdot \dot{\gamma})^n]$$

Bu yerda: η - joriy qovushqoqlik, η_0 - nol qiymatdagi siljish tezlik gradientidagi qovushqoqlik, k - empirik vaqt parametri (s), $\dot{\gamma}$ - siljish tezlik gradienti (s^{-1}), n - tajribaviy indeks [18].

Siljish tezlik gradientining nol qiymatida Na-KMS eritmasiga nisbatan 2%-li seritsin eritmasi eng past qovushqoqlikni namoyon qilganligi seritsinning molekulyar massasiga bog'liq bo'lishi mumkin (2A-rasm. 1,2-chiziqlar). Na-KMS va seritsin eritmaların 70:30 va 50:50 % nisbatlarida olingan gidrogellar tarkibida seritsin miqdori ortishi bilan gidrogel qovushqoqligi dastlabki 2%-li Na-KMS eritmasiga nisbatan mos ravshda 4200 mPa.s va 6500 mPa.s qiymatlargacha ortgan (2A-

[rasm. 3,4-chiziqlar](#)). Bundan ko'rinadiki, 2%-li Na-KMS va seritsin eritmalaridan olingan gidrogellarning qovushqoqligi dastlabki eritmalar qovushqoqliklariga nisbatan ortganligi ehtimol 2b-rasmda keltirilgandek Na-KMS va seritsin makromolekulalarining funksional guruhlar orasida elektrostatik ta'sirlar va vodorod boglanishlar natijasida hosil bo'lgan molekulalararo tikilishlar bilan izohlanadi. Ammo, Na-KMS va seritsin eritmalarining 30:70 % nisbatlarda olingan gidrogelning qovushqoqligi 5500 mPa.s qiymatgacha kamaydi ([2A.5-rasm](#)). Bu esa Na-KMS makromolekulalari orasida seritsin quyimolekulalarining miqdori ortishi bilan polimer zanjirlar orasidagi masofalar ortganligi va namuna tarkibida yuqori molekulyar massali Na-KMS miqdori kamayishi natijasida olingan gidrogelning qovushqoqligi kamayganligi bilan izohlash mumkin [19].

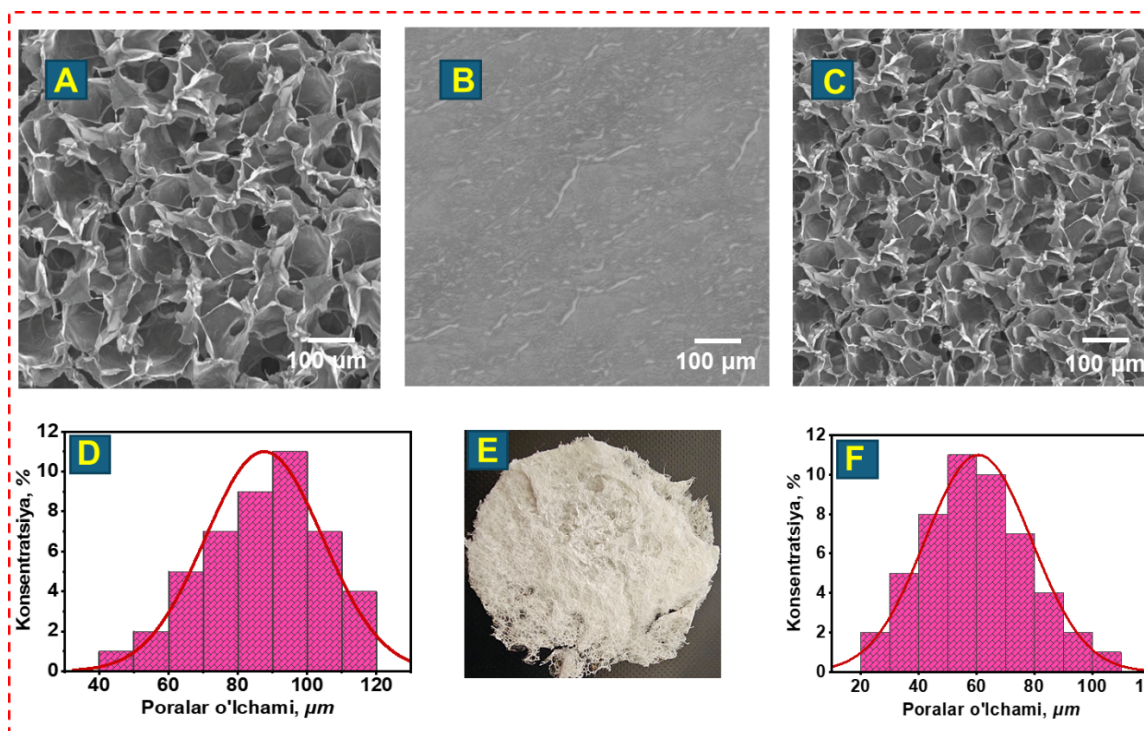
Na-KMS/Seritsin tarkibli gidrogel makromolekulalaridagi modifikatsiyalangan funksional guruhlarni aniqlash, Na-KMS va seritsin o'rtasidagi kimyoviy bog'lanishlarni baholash uchun Na-KMS, seritsin va Na-KMS/Seritsin namunalarida IQ-Furye spektroskopiya tadqiqotlari o'tkazildi va olingan natijalar 2- rasmda keltirilgan. IQ-Furye spektroskopiya tadqiqot natijalariga ko'ra Na-KMS gidrogellarining spektrlari 600 va 1200 sm^{-1} sohalarda glikozid halqasining tegishli -C-O, C-CH va C-O-C guruhlariga mos cho'qqilar kuzatildi. Spektrlarning 1422 sm^{-1} sohadan 1419 sm^{-1} sohagacha bo'lgan o'zgarishlar C-H bog'larining uzunligining ortishi bilan bog'liq [20]. Seritsin namunalarining spektrlarida 1700–1600 sm^{-1} sohalarda amid-I va 1600–1500 sm^{-1} sohalarda amid-II guruhlariga xos spektrlar kuzatildi. Amid-I va amid-II guruhlariga xos bo'lgan bu sohalardagi spektrlar ko'plab aminokislotalarni aniqlash imkonini beradi. Xususan, 1630 sm^{-1} sohalarda hosil bo'lgan spektrlar C=O guruhlarini va 1550 sm^{-1} sohalarda esa N-H guruhlarining valent tebranishlarini xarakterlaydi [21]. Bundan tashqari spektrlardagi 1050 sm^{-1} sohalarda hosil bo'lgan tebranishlar C–C bog'ning cho'zilish tebranishiga bog'liq bo'lishi mumkin ([3A-rasm](#)). Na-KMS/Seritsin namunaning spektrlarida Na-KMSning COO^- guruhlariga xos bo'lgan spektrlar dastlabkiga Na-KMSga nisbatan 1650 sm^{-1} sohadan 1750 sm^{-1} sohalargacha siljiganligi ehtimol manfiy zaryadli COO^- guruhlar bilan seritsin molekulasining musbat qutubli amid-I va amid-II guruhlar o'rtasida hosil bo'lgan kuchli elektrostatik ta'sirlar natijasida hosil bo'lgan bo'lishi mumkin [22,23]. Dastlabki Na-KMS namunasiga nisbatan Na-KMS/Seritsin namunalarida vodorod bog'lar uchun xos bo'lgan spektrlarning intensivliklari ortishi va 3550 sm^{-1} sohadan 3420 sm^{-1} sohaga o'zgarganligi N-H guruhlar va glukozid halqasining COO^- , -OH guruhlar o'rtasida yangi vodorod bog'lanishlar hosil bo'lganligini izohlaydi ([3B-rasm](#)). Na-KMS makromolekulasining oddiy efir (C-O-C), karbonil (C=O) guruhlar va uglerod-kislorod (C-O) bog'lariga xos bo'lgan spektrlarini mos ravishda 1200 sm^{-1} , 1100 sm^{-1} va 1050 sm^{-1} sohalarda xarakterlovchi piklarda o'zgarishlar kuzatilmadi.



3-rasm. Na-KMS, seritsin va Na-KMS/seritsin namunalariining IQ-Furye spektroskopiya tahlillari (A), Na-KMS va seritsin o'rtasidagi spektroskopiya analiz usuli orqali taklif etilgan ehtimollik ta'sir mexanizmi (B).

IQ-Furye spektroskopiya tahlillari natijasida aniqlangan $-\text{COO}^-$, $-\text{OH}$ guruhlari va amid guruhlari orasida hosil bo'lgan vodorod bog'lanishlar, hamda Na-KMSning manfiy qutblari bilan seritsin molekulasiining musbat qutblari orasida hosil bo'lgan elektrostatik ta'sirlar va ular asosida olingan barqaror gidrogelning taklif etilgan tuzilish mexanizmi 3B-rasmda keltirilgan.

SEM tahlillar Na-KMS, Seritsin va Na-KMS/Seritsin gidrogellaridan olingan kukun namunalariida olib borildi va Na-KMS/Seritsin namunalariida hosil bo'lgan poralar o'lchamlari hisoblab topildi, olingan natijalar 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. SEM analiz natijalari. Na-KMS (A), Seritsin (B), Na-KMS/Seritsin (C), Liofilizatorida quritilgan Na-KMS namunalarining poralar o'lchami gistogrammalari (D), Liofilizatorida quritilgan Na-KMS/Seritsin namunasining umumiy ko'rinishi (E), Liofilizatorida quritilgan Na-KMS/Seritsin namunalarining poralar o'lchami gistogrammalari (F).

Olingan SEM tasvirlaridan ko'rinadiki, 2%-li Na-KMS eritmalaridan olingan kukunlarda poralar hosil bo'lgan bo'lib, gistogrammalardan ko'rish mumkinki, poralarning o'lchamlari 40-120 µm o'lchamlar oralig'ida ekanligi aniqlandi. (4A,D-rasm). Seritsin namunasida esa bunday mikro poralar kuzatilmagan va (4B-rasm), Na-KMS/Seritsin gidrogeli asosida olingan kukunlarning morfologiyasi o'rganilganda ularning strukturalarida Na-KMSga nisbatan kichikroq mikroporalar bo'lganligi kuzatildi (4C,E-rasm). Gistogrammalardan ko'rish mumkinki, mikrostrukturadagi poralar o'lchamlari 20-110 µm ekanligi aniqlandi (4F-rasm). Na-KMS/seritsin gidrogellari asosida olingan kukunlarda poralar o'lchamlari Na-KMS eritmasidan olingan kukun poralari o'lchamlaridan biroz kichikroq bo'lganligi, ehtimol bu Na-KMS matritsasiga seritsin molekularining tikilishi natijasida Na-KMS/seritsin gidrogellarining g'ovakliklar o'lchamlari kamayib yuqori zichlikka va mustahkamlikka ega bo'lishi bilan bog'liq [24].

XULOSA

Olib borilgan tadqiqotlar asosida tozalangan Na-KMSning $AD=0.88$ va $PD=850$ bo'lgan namunasining 2%-li eritmasi va molekulyar massasi 25–150 kDa bo'lgan seritsinning 2%-li suvli eritmalaridan barqaror gidrogel olindi. Olingan gidrogel tarkibidagi Na-KMS makromolekularidagi $-COO^-$ guruhlari bilan seritsin makromolekularidagi amid-I va amid-II guruhlari o'rtasida ion-kordinatsion elektrostatik ta'sirlar hamda N-H guruhlari va $-COO^-$, OH guruhlari o'rtasida hosil bo'lgan vodorod bog'lanishlar IQ-Furye spektroskopiyasi orqali isbotlandi. Reologik tahlillar orqali Na-KMS/Seritsin gidrogelining qovushqoqligi dastlabki 2%-li Na-KMS eritmasiga nisbatan ortganligi molekulararo tikilishlar va tarmoqlanishlar hosil bo'lishiga bo'g'liqligi aniqlandi. SEM analiz tahlillari natijasida liofilizatorida quritilgan Na-KMS va Na-KMS/Seritsin namunalarining poralardan iborat morfologik tuzilishga ega ekanligi va bu poralarning o'lchamlari mos 40-120 µm va 20-110 µm diapozonda ekanligi aniqlandi.

Na-KMS/Seritsin gidrogellarining yuqori qovushqoqligi, tarmoq strukturasi va gidrofil tabiati ularni jarohatlarni davolash, yara bog'lamlari, implant materiallari va dori yetkazib berish tizimlarida qo'llash imkoniyatini beradi. Ushbu barqaror biokompozit gidrogel biologik faolligi, antibakterial, antioksidant va yallig'lanishga qarshi xususiyatlari tufayli mukoadgeziv va gemostatik

xossali istiqbolli biomateriallar sifatida oshqozon-ichak va o'nikkibarmoqli ichak jarohatlarini jarrohlik amaliyotisiz davolash uchun keng qo'llanilishi mumkin.

Mazkur ish O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Innovatsion rivojlanish agentligi tomonidan moliyalashtirilgan AL-9224093921 "Nanostrukturlangan biopolimerlar asosida oshqozon va o'nikki barmoqli ichak yaralarini jarrohlik amaliyotisiz davolovchi gemostatik va mukoadgeziv xossali yangi original dori vositasini yaratish" mavzusidagi bajarilishi 2025-2026 yillarga mo'ljallangan amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Yuldoshov Sh.A., Yunusov Kh.E., Sarymsakov A.A., Goyibnazarov I.Sh. Synthesis and characterization of sodium carboxymethylcellulose from cotton, powder, microcrystalline and nanocellulose. *Polymer Engineering and Science*. 2022, V.62, Pp.-677–686.
2. Ali M., Khan N.R., Basit H.M., Mahmood S. Physico-chemical based mechanistic insight into surfactant modulated sodium Carboxymethylcellulose film for skin tissue regeneration applications. *Journal of Polymer Research*. 2020, 27, Pp.-1–11.
3. Roy S., Rhim J.W. Carboxymethyl cellulose-based antioxidant and antimicrobial active packaging film incorporated with curcumin and zinc oxide. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. 148. Pp.-666–676.
4. Rakhmanberdiev G.R., Sidikov A.S., Cellulose Supramolecular Structure Changes During Activation by Organophosphorus Compounds. *Chemistry of Natural Compounds*. 2020, 3, Pp.-620–622.
5. Javanbakht S., Nazeri M.T., Shaabani A., Ghorbani M. Green one-pot synthesis of multicomponent-crosslinked carboxymethyl cellulose as a safe carrier for the gentamicin oral delivery. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020, 164, Pp.-2873–2880.
6. Alsaaed F.A., El-Lateef H.M.A., Khalaf M.M., Mohamed I.M., Al-Omair M.A., Gouda M. Drug delivery system based on carboxymethyl cellulose containing metal-organic framework and its evaluation for antibacterial activity. *Polymers*. 2022, 14(18), Pp.-3815.
7. Goyibnazarov I.Sh., Yuldoshov, Sh. A., Yarmatov, S. S., Yunusov, K. E., Sarymsakov, A. A., Shukurov, A. I., Sharibov I.I. Physico-chemical characteristics of dialdehyde carboxymethylcellulose/sericin graft copolymer. *Journal of Polymer Research*. 2025,32, Pp.-205.
8. Sarymsakov A.A., Yarmatov S.S., Kh. E. Yunusov. "Extraction of Sericin from Cocoons of the Silkworm Bombyx Mori, Its Characteristics, and a Dietary Supplement on Its Basis to Prevent Diabetes Mellitus." *Polymer Science, Series B*. 2024, 66, Pp.-89–96.
9. Nerurkar N.L., Elliott D.M., Mauck R.L. Mechanical design criteria for intervertebral disc tissue engineering. *J Biomech*. 2010, 43(6), Pp.-1017-30.
10. Kono H. Characterization and properties of carboxymethyl cellulose hydrogels crosslinked by polyethylene glycol. *Carbohydr Polymers*. 2014, 106, Pp.-84-93.
11. Sarymsakov A.A., Yarmatov S.S., Yunusov K.E. Preparation and Physicochemical Properties of a Hemosorbent Derived from Bombyx mori Cocoon Fibroin. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2022, 95(7), Pp.-988-995.
12. Silva A.S., Costa E.C., Reis S., Spencer C., Calhelha R.C., Miguel S.P., Ribeiro M.P., Barros L., Vaz J.A., Coutinho P. Silk Sericin: A Promising Sustainable Biomaterial for Biomedical and Pharmaceutical Applications. *Polymers (Basel)*. 2022, 15;14(22), Pp.-4931.
13. Sarymsakov A.A., Yarmatov S.S., Yunusov Kh.E. Physicochemical, Sorption, and Morphological Characteristics of Bombyx Mori Silkworm Cocoon Fibroin and a Multifunctional Hemosorbent Obtained on Its Basis. *Polymer Science, Series A*. 2023, 65(3), Pp.-256-263.
14. Azizova M.A., Karabaeva B.S., Yarmatov S.S., Sarimsakov A.A. Development of a Technology for Producing an Original Polyfunctional Hemosorbent Based on Silk Fibroin. *Universum: chemistry and biology*. 2025, 3, Pp.-129.
15. Wagner P., Sylwia R., Ewelina W., Adrianna F., Jacek R. "Rheological Properties of Sodium Carboxymethylcellulose Solutions in Dihydroxy Alcohol/Water Mixtures". *Materials*. 2023, 16(1), Pp.-1-13.
16. Yunusov Kh.E., Turakulov F.M., Sarymsakov A.A., Yuldoshov Sh. A., Rashidova S.Sh., Guohua J. Physicochemical characteristics of a nanocomposite film based on purified sodium carboxymethylcellulose and selenium nanoparticles, *The Bulletin of the Korean Chemical Society*, 2023, 44, 1. Pp.-12.
17. Yang, X.H., Zhu W.L. Viscosity properties of sodium carboxymethylcellulose solutions. *Cellulose*, 2007, 14, Pp.- 409–417.
18. Ghannam M.T., Nabil M.E. "Rheological properties of carboxymethyl cellulose." *Journal of applied polymer science*. 1997, 64.2, Pp.-289-301.
19. Vulpe R., Le Cerf D., Dulong V., Popa M., Peptu C., Verestiuc L., Picton L. Rheological study of in-situ crosslinkable hydrogels based on hyaluronan acid, collagen and sericin. *Materials Science and Engineering*. 2016, 69, Pp.-388-397.
20. Turakulov F.M., Yunusov Kh.E., Sarymsakov A.A., Atakhanov A.A., Guohua J., Rui W., Yi W., Somia Y.H.A., Xakimov Z.Z., Raxmanov A.X., Turakulov M., Ignatovich Zh.V., Rogachev A.A. Synthesis, Characterization, and Cytotoxic Activity of Stable Selenium Nanoparticles incorporated Carboxymethylcellulose Solution. *Polymer for Advanced Technologies*. 2025, 36(6), e70232.

KIMYO

21. Jaramillo-Quiceno N., Callone E., Dire S. Boosting sericin extraction through alternative silk sources. *Polymer Journal*. 2021, 53, Pp.-1425–1437.
22. Lamia M.E., Mohamed A.H., Amal A.B., Saeed E., Eman H.R., Karoline K.A., Tamer M.T., Maria A., Abeer E.W., Carboxymethyl cellulose/sericin-based hydrogels with intrinsic antibacterial, antioxidant, and anti-inflammatory properties promote re-epithelization of diabetic wounds in rats, *International Journal of Pharmaceutics*. 2022, 629. Pp.-12232.
23. Jaramillo-Quiceno N., Rueda-Mira S., Marín J.F.S. Development of a novel silk sericin-based hydrogel film by mixture design. *Journal of Polymer Research*. 2023, 30, Pp.-120.
24. Siritientong T., Aramwit P. Characteristics of carboxymethyl cellulose/sericin hydrogels and the influence of molecular weight of carboxymethyl cellulose. *Macromolecular Research*. 2015, 23, Pp.-861–866.