

EDITORIAL LEADERSHIP**Editor-in-Chief:**

Temir Yusupov – DSc (Technology), Professor

Deputy Editor:

Djamila Isamatova – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Editorial Board:

Farkhod Chorshanbiyev – DSc (Agriculture), Associate Professor
Tashkent State Agrarian University

Firuz Rustambekova – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Institute of Chemical Technology

Gulmira Irgasheva – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Institute of Chemical Technology

Javlon Jurayev – PhD (Agriculture), Associate Professor
Tashkent State Agrarian University

Khusan Niyozov – PhD (Technology), Senior Lecturer
Tashkent Institute of Chemical Technology

Makhbuba Sharipova – PhD (Philology), Associate Professor
Bukhara State University

Mokhigul Otamirzaeva – PhD (Geography)
University of Business and Science

Muyassar Navruzova – PhD (Philology), Associate Professor
Bukhara State University

Oybek Ismailov – DSc (Technology), Professor, *Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

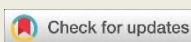
Shukhrat Tukhtaev – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Institute of Chemical Technology

Umid Mukhitdinov – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Institute of Chemical Technology

Vasila Umarova – PhD (Technology), Associate Professor
Tashkent Institute of Chemical Technology

Yakubjon Yuldashev – PhD (Agriculture), Associate Professor
Tashkent State Agrarian University


Sherzamin Abdurasulov – PhD (Technology), Senior Researcher
Tashkent State Transport University



DEGREE OF CRYSTALLINITY OF RICE-DERIVED CELLULOSE WITH VARIOUS STRUCTURAL FORMS

Vasila Umarova¹, Makhmut Primkulov¹, Mirtura Mirobitov¹.

¹ Tashkent Institute of Chemical Technology.

 <https://doi.org/10.5281/zenodo.19892742>

Key words: rice straw cellulose, microcrystalline cellulose, cellulose aerogel, infrared spectroscopy, crystallinity index, X-ray diffraction, structural analysis.

ABSTRACT

The aim of this study is to isolate cellulose from rice straw, synthesize microcrystalline cellulose and cellulose aerogel, and investigate their structural properties. Infrared (IR) spectroscopy and X-ray diffraction methods were employed for analysis. The IR spectra confirmed the preservation of characteristic functional groups of cellulose in all samples. The degree of crystallinity was calculated using the Segal method and was found to be 0.84 for rice cellulose, 1.048 for microcrystalline cellulose, and 1.714 for the aerogel. The results indicate an increase in crystallinity during cellulose processing, reflecting enhanced structural ordering of the material. These findings demonstrate the potential of rice straw as a promising raw material for producing advanced cellulose-based materials and support their application in paper production and composite material industries.

TURLI STRUKTURAVIY SHAKLLARGA EGA GURUCHDAN OLINGAN SELLYULOZANING KRISTALLIK DARAJASI

Kalit soʻzlar: rice straw cellulose, microcrystalline cellulose, cellulose aerogel, infrared spectroscopy, crystallinity index, X-ray diffraction, structural analysis.

ANNOTATSIYA

Ushbu tadqiqotning maqsadi sholi poyasidan selluloza ajratib olish, undan mikrokristall selluloza va sellulozali aerogel sintez qilish hamda ularning strukturaviy xususiyatlarini oʻrganishdan iborat. Tadqiqotda infraqizil (IQ) spektroskopiya va rentgenostrukturaviy tahlil usullaridan foydalanildi. IQ-spektrlarda barcha namunalarda sellulozaga xos funksional guruhlar saqlanib qolganligi aniqlandi. Kristallik darajasi Segal usuli asosida hisoblandi va sholi sellulozasi uchun 0,84, mikrokristall selluloza uchun 1,048 hamda aerogel uchun 1,714 ni tashkil etdi. Natijalar sellulozani qayta ishlash jarayonida uning kristallik darajasi ortishini koʻrsatdi. Bu esa materialning strukturaviy tartiblanishi kuchayishini bildiradi. Olingan natijalar sholi poyasidan yuqori samarali sellulozali materiallar ishlab chiqish va ularni qogʻoz hamda kompozitsion materiallar sanoatida qoʻllash imkoniyatini asoslaydi.

Sholi dunyoda keng tarqalgan qishloq xoʻjaligi ekinlaridan biri hisoblanadi. Uning hosili yuqori kaloriyali oziq-ovqat manbai sifatida muhim ahamiyatga ega. Oʻzbekistonda ham sholi minglab tonna miqdorida yetishtiriladi. Sholi biomassasining taxminan 80 foizini poya qismi tashkil etadi. Hozirgi vaqtda respublikamizda ushbu xomashyo sanoat maqsadlarida yetarli darajada foydalanilmayapti. Xitoy va boshqa sanoati rivojlangan mamlakatlarda esa sholi poyasidan selluloza ajratib olinib, qogʻoz ishlab chiqarish texnologiyalari keng joriy etilgan. Respublikamizda ham ushbu yoʻnalishda, hali tizimli tus olmagan boʻlsa-da, ilmiy-texnik tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, sholi poyasidan ajratib olingan sellulozani qogʻoz, press-materiallar hamda boshqa sohalarda toʻldiruvchi sifatida qoʻllash boʻyicha izlanishlar mavjud.

Biroq, bunday texnologik jarayonlarni joriy etishdan avval sholi poyasidan ajratib olingan sellulozaning fizik-kimyoviy xossalari va strukturaviy xususiyatlarini chuqur oʻrganish zarur. Ushbu tadqiqotning maqsadi – sholi poyasidan selluloza ajratib olish, undan kristallik fraksiyani sintez qilish hamda uning strukturaviy xususiyatlarini infraqizil (IQ) va rentgenostrukturaviy usullar yordamida tahlil qilishdan iborat. Sellulozani ajratib olish, mikrokristall selluloza sintezi va aerogel olish usullari [1, B.202] manbada batafsil bayon etilgan.

TADQIQOT OBYEKT LARI VA USULLARI

Tadqiqot obyektlari sifatida sholi poyasi, mikrokristall sellyuloza hamda sellyulozali aerogel namunalari tanlandi. Namunalardagi kimyoviy o'zgarishlar infraqizil spektroskopiya (IQ-spektroskopiya) yordamida aniqlangan. Spektrlar Yaponiyada ishlab chiqarilgan **SHIMADZU** rusumli IQ-Furye spektrometrida qayd etildi. O'lchash diapazoni $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ bo'lib, aniqlik darajasi 4 cm^{-1} ni tashkil etdi.

Spektrlar KBr matritsasi (2 g KBr va 9 mg namuna) presslash yo'li bilan tayyorlandi. O'lchovlarning o'rtacha xatoligi $\pm 5\%$ atrofida bo'ldi.

Namunalarning kristallik darajasi **D2 PHASER (Bruker)** rusumli rentgen difraktometr yordamida aniqlandi. Dastlab namunalarga presslash orqali tabletka shakli berildi va rentgenogrammlar olindi. Shundan so'ng tegishli hisoblash usullari asosida kristallik darajasi aniqlangan. Sellyulozali aerogel namunalarning kristallik darajasini aniqlash uchun o'lchamlari $35\text{ mm} \times 35\text{ mm}$ va balandligi $1,0\text{--}1,2\text{ mm}$ bo'lgan namunalari tayyorlandi. O'lchash ishlari **Empyrean PANalytical** rentgen difraktometrida, filtrlangan mis anodidan foydalanilgan holda amalga oshirildi.

Namunalarning kristallik darajasi rentgenostrukturaviy tahlil asosida Segal formulasi orqali hisoblandi [2, B.786]:

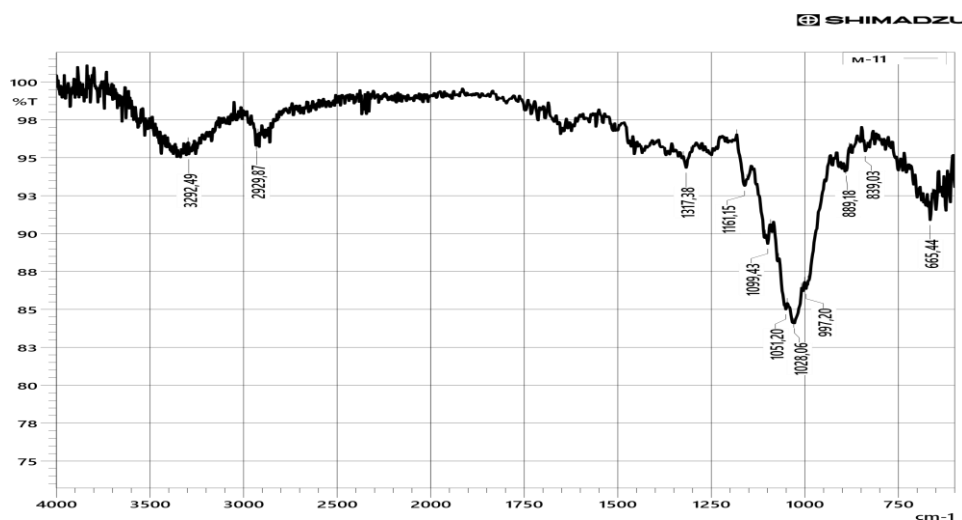
$$X_{cr} = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100$$

bu yerda:

- $I_{002} - 2\theta = 22,6^\circ$ burchak ostidagi difraksiya intensivligi;
- $I_{am} - 2\theta \approx 19^\circ$ burchak ostidagi amorf fazaga mos intensivlik.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Olingan infraqizil spektrogrammlar 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Sholi sellyulozasi

Ma'lumki [3,4, B.456], infraqizil (IQ) spektr shartli ravishda quyidagi sohalarga ajratiladi: yakka bog'lar sohasi ($3500\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$), uch bog'lar sohasi ($2300\text{--}2100\text{ cm}^{-1}$), qo'sh bog'lar sohasi ($1800\text{--}1540\text{ cm}^{-1}$) hamda "barmoq izlari" sohasi ($1100\text{--}400\text{ cm}^{-1}$). "Barmoq izlari" atamasi ushbu spektr qismi har bir modda uchun o'ziga xos bo'lganligi bilan izohlanadi. IQ-spektrlarda aniqlangan funksional guruhlarining xarakteristik tebranish chastotalari 1-jadvalda keltirilgan.

Sholi poyasidan olingan sellyuloza, undan sintez qilingan mikrokristall sellyuloza hamda sellyulozali aerogellarning IQ-spektrlari tahlili (1-rasm) shuni ko'rsatadiki, sellyulozaga xos barcha asosiy piklar mavjud. Spektr quyidagi chastotalar bilan tavsiflanadi: $3313\text{--}3292\text{ cm}^{-1}$ diapazonda --OH guruhining valent tebranishlari (molekulararo va molekula ichidagi vodorod bog'lari hisobiga keng va intensiv namoyon bo'ladi); $2929\text{--}2902\text{ cm}^{-1}$ diapazonda --CH_2 guruhining asimmetrik valent tebranishlari; 1371 va 833 cm^{-1} chastotalarda ayrim ionik guruhlariga xos tebranishlar; 1161 cm^{-1} hamda C--O--C bog'lariga mos sohalarda $\beta\text{-1,4-glikozid}$ bog' tebranishlari kuzatiladi.

Shuningdek, 2316, 1246, 1103 va 1033 cm^{-1} diapazonlarda valent tebranishlarning intensiv piklari aniqlanadi; 1099 cm^{-1} da C–O valent tebranishlari; 1051, 1055 va 1058 cm^{-1} da C–O–C simmetrik valent tebranishlari; 1028 va 1033 cm^{-1} da P–O–C bog‘lariga xos tebranishlar kuzatiladi. 997 va 1002 cm^{-1} diapazonlarda halqali strukturalarga xos tebranishlar, 889 hamda 663–665 cm^{-1} da esa qo‘sh bog‘larga oid deformatsion tebranishlar aniqlangan.

Sholi sellyulozasida 3292,49 cm^{-1} chastotadagi yutilish intensivligi nisbatan past bo‘lib, bu –C–H guruhining valent tebranishlari past darajada namoyon bo‘lishi bilan izohlanadi.

Sellyulozaning kristallik indeksi

Sellyuloza strukturasini tavsiflovchi muhim ko‘rsatkichlardan biri uning kristallik indeksidir. Ushbu tadqiqotda sholi sellyulozasi, undan sintez qilingan mikrokrystall sellyuloza (MKC) hamda sellyulozali aerogellarning kristallik indeksi aniqlandi. Bunda Nelson va O’Connor tomonidan 1964-yilda taklif etilgan usuldan foydalanildi [5, B.1311].

Sellyuloza destruksiya uchraganda uning polimerlanish darajasi va kristallik indeksi kamayadi. Bu jarayon quyidagicha izohlanadi:

1. O‘rtacha zanjir uzunligi qisqaradi, natijada oxirgi funksional guruhlar (masalan, aldegid yoki karboksil guruhlar) va strukturaviy tartiblanish o‘zgaradi, polimerlanish darajasi pasayadi.
2. Zanjirlarning tartiblanish darajasi buziladi, natijada kristallik darajasi kamayadi va nadmolekulyar struktura o‘zgaradi.

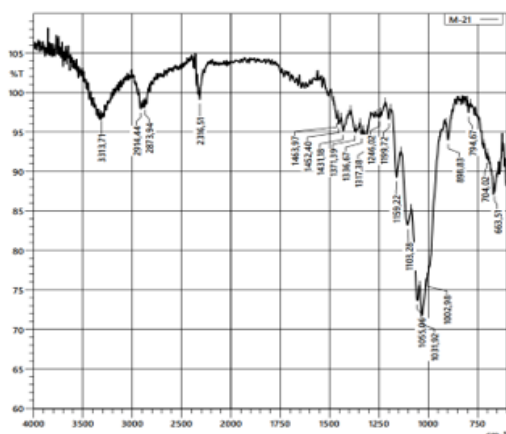
Sellyulozaning kristallik indeksini aniqlashdan oldin uning optik zichligi aniqlanadi [4,5, B.1311]. IQ-spektroskopiya orqali optik zichlikni aniqlash sifat va miqdoriy tahlil usuli bo‘lib, sellyuloza makromolekulasidagi funksional guruhlarining infraqizil nurlarni yutish xususiyatiga asoslanadi. Ushbu usul sellyulozani identifikatsiya qilish, uning kimyoviy tuzilishini, oksidlanish darajasini, kristallik indeksini, shuningdek, gemitsellyuloza va lignin mavjudligini aniqlashda samarali hisoblanadi. Kristallik indeksi (KI) ikki yutilish polosalari nisbatiga asosan hisoblanadi:

$$KI = \frac{A(1430)}{A(897)} \quad \text{yoki} \quad KI = \frac{A(1370)}{A(2900)}$$

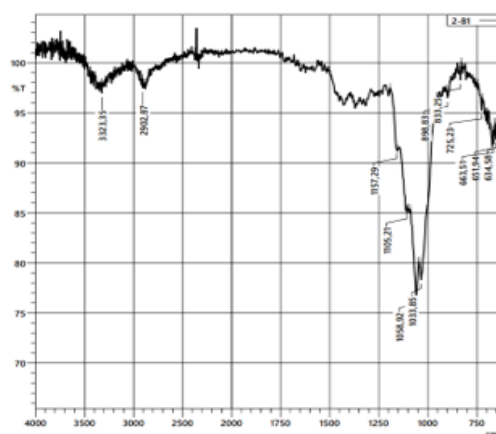
1430 cm^{-1} polosasi (CH_2 deformatsion tebranishi) kristallik sohalarga xos bo‘lsa, 897 cm^{-1} polosasi (C–O–C glikozid bog‘ tebranishi) amorf sohani ifodalaydi. 1370 cm^{-1} (C–H deformatsion tebranish) va 2900 cm^{-1} polosalari spektrlarni normallashtirish uchun qo‘llaniladi. Buning sababi shundaki, C–H valent tebranishlari nisbatan barqaror bo‘lib, elementar bo‘g‘in tarkibidagi C–H bog‘lar soni deyarli o‘zgarmaydi. Amaliy jihatdan, formulada keltirilgan 1430, 897, 1370 va 2900 cm^{-1} chastotalar ideal qiymatlar hisoblanadi. Biroq real spektrlarda piklar siljishi kuzatilishi mumkin. Masalan, C–H tebranishi 2894 cm^{-1} ($T \approx 95,3\%$), “kristallik” pik esa 1317,38 cm^{-1} ($T \approx 94,5\%$) atrofida aniqlanishi mumkin. Shu sababli hisoblashlarda aynan eksperimental spektrdagi mos pik qiymatlaridan foydalanish lozim.

NATIJARLAR VIZUALIZATSIYASI

2–3-raslarda sholi asosida olingan mikrokrystall sellyuloza hamda undan sintez qilingan aerogel namunalari keltirilgan.



2-rasm. Sholi mikrokrystall sellyulozasi



3-rasm. Aerogel

Kristallik indeksini hisoblash natijalari

Quyida sholi sellyulozasi, sholi mikrokrystall sellyulozasi hamda sholi asosidagi aerogellarning kristallik indeksleri keltirilgan.

1. Sholi sellyulozasi

$$A_{(2894)} = 2 - \log(95,3) = 2 - 1,979 = 0,021$$

$$A_{(1317,38)} = 2 - \log(94,5) = 2 - 1,975 = 0,025$$

$$IK_{shc} = 0,021 / 0,025 = \mathbf{0,84}$$

2. Sholi mikrokrystall sellyulozasi

$$A_{(2954,44)} = 2 - \log(95,4) = 2 - 1,979 = 0,021$$

$$A_{(1327,3)} = 2 - \log(95) = 2 - 1,978 = 0,022$$

$$IK_{mkc} = 0,022 / 0,021 = \mathbf{1,048}$$

3. Sholi aerogeli

$$A_{(2902)} = 2 - \log(95,3) = 2 - 1,979 = 0,021$$

$$A_{(1157,29)} = 2 - \log(92) = 2 - 1,9634 = 0,036$$

$$IK_{ag} = 0,036 / 0,021 = \mathbf{1,714}$$

Umumiy xulosa

Shunday qilib, kristallik indeksi tegishli chastotalardagi piklarning optik zichliklari nisbatlari asosida quyidagi qiymatlarni tashkil etdi:

- sholi sellyulozasi (2894 sm^{-1} va $1317,38 \text{ sm}^{-1}$) – 0,84;
- sholi mikrokrystall sellyulozasi ($2954,44 \text{ sm}^{-1}$ va $1327,3 \text{ sm}^{-1}$) – 1,048;
- sholi asosidagi aerogel (2902 sm^{-1} va $1157,29 \text{ sm}^{-1}$) – 1,714.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, mikrokrystall sellyuloza va ayniqsa aerogel shakliga o'tganda materialning kristallik darajasi ortadi, bu esa strukturaviy qayta tashkil topish jarayonlari bilan izohlanadi.

Polimerlanish darajasi va kristallik indeksi o'rtasidagi bog'liqlik

Sellyulozaning kristallik indeksi uning polimerlanish darajasi bilan to'g'ri proporsional bog'liqlikka ega. Biroq kristallik indeksi asosida polimerlanish darajasini bevosita aniqlash mumkin emas. Ushbu parametрни aniqlash uchun kalibrlash grafigini tuzish talab etiladi.

Buning uchun dastlab sellyuloza namunalarining polimerlanish darajasi viskozimetrik usul yordamida aniqlanadi. So'ngra 5–10 ta sellyuloza namunasi uchun yutilish polosalari nisbatlari (masalan, $A(1430 \text{ sm}^{-1}) / A(897 \text{ sm}^{-1})$) hisoblanadi. Olingan ma'lumotlar asosida **polimerlanish darajasi (PD)** va **yutilish polosalari nisbati** koordinatalarida chiziqli yoki darajali (nolinear) kalibrlash grafigi quriladi. Mazkur grafik yordamida aniqlangan kristallik indeksi qiymati grafiga mos tushuvchi nuqta orqali tegishli polimerlanish darajasi aniqlanadi. Sholi poyasidan ajratib olingan sellyuloza va uning hosilalari – mikrokrystall sellyuloza hamda sellyulozali aerogel namunalari strukturaviy jihatdan infraqizil spektroskopiya usuli yordamida o'rganildi. IQ-spektroskopik tahlil natijalari barcha namunalar tarkibida sellyulozaga xos asosiy funksional guruhlar saqlanib qolganligini ko'rsatdi. Hisoblash natijalariga ko'ra, kristallik indeksi sholi sellyulozasi uchun 0,84, mikrokrystall sellyuloza uchun 1,048 va aerogel uchun 1,714 ni tashkil etdi. Ushbu natijalar sellyulozani qayta ishlash jarayonida uning kristallik darajasi ortishini tasdiqlaydi. Olingan natijalar sholi poyasi chiqindilaridan istiqbolli sellyulozali materiallar ishlab chiqish imkoniyatini ko'rsatadi hamda ularni qog'oz sanoati, kompozitsion materiallar ishlab chiqarish va boshqa sanoat tarmoqlarida qo'llash uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mazkur tadqiqotda sholi poyasidan ajratib olingan sellyuloza va uning hosilalari – mikrokrystall sellyuloza hamda sellyulozali aerogellarning fizik-kimyoviy va strukturaviy xususiyatlari kompleks tarzda o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sholi poyasi yuqori sellyuloza saqlovchi istiqbolli ikkilamchi xomashyo bo'lib, uni qayta ishlash orqali yuqori qo'shimcha qiymatga ega materiallar olish mumkin. Infraqizil spektroskopiya tahlili barcha namunalarda sellyulozaga xos bo'lgan asosiy funksional guruhlar saqlanib qolganligini tasdiqladi, bu esa kimyoviy tuzilmaning barqarorligini ko'rsatadi.

IQ-spektrlarda aniqlangan xarakterli yutilish polosalari, xususan $-OH$, $-CH_2$ va glikozid bog'lariga mos tebranishlar, sellyuloza strukturasi asosiy elementlari qayta ishlash jarayonida sezilarli darajada buzilmaganligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ayrim polosalar intensivligi va joylashuvdagi siljishlar strukturaviy qayta tashkil topish jarayonlari sodir bo'lganligini bildiradi. Bu o'zgarishlar, ayniqsa, mikrokristall sellyuloza va aerogel hosil qilish bosqichlarida yaqqol namoyon bo'ladi. Rentgenostrukturaviy tahlil va optik zichlikka asoslangan hisoblashlar natijasida aniqlangan kristallik indeksleri mos ravishda sholi sellyulozasi uchun 0,84, mikrokristall sellyuloza uchun 1,048 va aerogel uchun 1,714 ni tashkil etdi. Ushbu ko'rsatkichlarning ortib borishi sellyuloza tuzilmasining yanada tartiblanishi va kristall fazaning ulushi oshishini anglatadi.

Bu holat sellyulozani qayta ishlash jarayonida amorf qismlarning qisqarishi va kristall sohalarning nisbatan ko'payishi bilan izohlanadi. Natijada, materialning fizik-mexanik xususiyatlari yaxshilanishi uchun zarur bo'lgan strukturaviy asos shakllanadi. Shuningdek, kristallik indeksi va polimerlanish darajasi o'rtasidagi bog'liqlik nazariy jihatdan asoslab berildi. Bevosita aniqlash imkoni mavjud bo'lmagan polimerlanish darajasini baholash uchun kalibrlash grafigidan foydalanish zarurligi ko'rsatildi. Bu yondashuv sellyuloza asosidagi materiallarning sifat ko'rsatkichlarini aniqlashda muhim metodik ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, sholi poyasidan ajratib olingan sellyulozani sanoat miqyosida samarali qo'llash uchun, avvalo, uning fizik-kimyoviy va strukturaviy xususiyatlarini chuqur o'rganishga qaratilgan tizimli tadqiqotlarni kengaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Xususan, kristallik indeksi va polimerlanish darajasi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun eksperimental kalibrlash grafiglarini yaratish va ularni amaliyotga joriy etish zarur. Shu bilan birga, sholi poyasidan olingan sellyulozani mikrokristall sellyuloza va aerogel shakllariga aylantirish texnologiyalarini optimallashtirish orqali materiallarning strukturaviy tartiblanganligini oshirish va ularning funksional xususiyatlarini yaxshilash imkoniyati mavjud.

Olingan natijalarni inobatga olgan holda, mazkur materiallarni qog'oz sanoati, kompozitsion materiallar ishlab chiqarish hamda boshqa texnologik yo'nalishlarda qo'llash bo'yicha ilmiy asoslangan yondashuvlarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Primkulov M.T., Umarova V.K., Xamdamova D.Sh., Mirobitov M.I. Sholi poyasidan selluloza, mikrokrystall selluloza va sellulozali aerogel olish hamda ularning xossalarini o'rganish. *Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali*. Toshkent, 2025, 29-jild, №1.
2. Segal L., Creely J.J., Martin A.E., Conrad C.M. Empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using X-ray diffractometry. *Textile Research Journal*. 1959, Vol. 29, No. 10, pp. 786–794.
3. Zhibankov R.G. *Infrared spectra and structure of carbohydrates*. Minsk, 1972, 456 p.
4. Eshimbetov A.G. *Infraqizil (IQ) spektroskopiya usulidan amaliy qo'llanma*. O'zFA, "Tadqiqotlarning fizik uslublari laboratoriyasi", Toshkent, 2014.
5. Nelson M.L., O'Connor R.T. Relation of certain infrared bands to cellulose crystallinity and crystal lattice type. *Journal of Applied Polymer Science*. 1964, Vol. 8, pp. 1311–1324.
6. Xamdamova D.Sh., Umarova V.K., Primkulov M.T. *Mikrokrystall selluloza texnologiyasi*. "Tafakkur tomchilari", Toshkent, 2020, 208 b.
7. Xamdamova D., Umarova V., Primkulov M., Khusenov A. Study on microcrystalline cellulose from medicinal plants. *E3S Web of Conferences*. 2023, Vol. 434, 03038. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403038>
8. Xamdamova D.Sh., Umarova V.K., Primkulov M.T. Obtaining microcrystalline cellulose from medicinal plants (*Amaranthus* and *Silybum marianum*). *Universum: Chemistry and Biology*. Moscow, 2022, No. 6 (96), Part 3, pp. 43–49.
9. Xamdamova D.Sh., Umarova V.K., Tadjieva A.J., Primkulov M.T. MKC asosida tabletka ishlab chiqarish texnologiyasi. *Scholar Scientific Journal*. 2023, August, pp. 44–51.

ILMIY TAQRIZ

Mazkur maqola sholi poyasidan selluloza ajratib olish, undan mikrokristall selluloza hamda sellulozali aerogel sintez qilish va ularning strukturaviy xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqot mavzusi zamonaviy materialshunoslik va polimer kimyosi nuqtayi nazaridan dolzarb hisoblanadi, chunki qishloq xo'jaligi chiqindilaridan yuqori qo'shimcha qiymatli materiallar olish masalasi global ilmiy va sanoat miqyosida muhim yo'nalishlardan biridir. Ilmiy yangilik jihatidan maqolada sholi poyasidan olingan selluloza asosida mikrokristall selluloza va aerogel olish hamda ularning kristallik darajasini kompleks tahlil qilishga alohida e'tibor qaratilgan.

Xususan, infraqizil spektroskopiya va rentgenostrukturaviy tahlil asosida olingan natijalar sellulozaning qayta ishlash jarayonida strukturaviy tartiblanish darajasi ortishini ko'rsatadi. Bu esa tadqiqotning ilmiy qiymatini oshiradi. Dolzarblik maqolada to'liq asoslangan. Sholi poyasi kabi keng tarqalgan biomassa resursidan samarali foydalanish imkoniyatlari ochib berilgan. Bu, ayniqsa, resurs tejamkor texnologiyalarni rivojlantirish va ekologik muammolarni kamaytirish nuqtayi nazaridan muhimdir.

Amaliy ahamiyat shundaki, olingan natijalar selluloza asosidagi materiallarni qog'oz sanoati, kompozitsion materiallar ishlab chiqarish va boshqa texnologik yo'nalishlarda qo'llash uchun ilmiy asos yaratadi. Mikrokristall selluloza va aerogelning yuqori kristallik darajasi ularning fizik-mexanik xossalarini yaxshilash imkonini beradi. Tadqiqot metodologiyasi zamonaviy va ilmiy asoslangan. IQ-spektroskopiya hamda rentgen difraktometriya kabi ishonchli usullardan foydalanilgan. Segal formulasi asosida kristallik indeksini hisoblash ilmiy jihatdan asosli tanlov hisoblanadi. Shu bilan birga, optik zichlikka asoslangan yondashuv natijalarni qo'shimcha ravishda mustahkamlaydi.

Natijalar o'zaro mos va mantiqan izchil bo'lib, ularning ishonchliligi yuqori darajada baholanadi. Kuchli tomonlari sifatida tadqiqotning kompleks yondashuvi, eksperimental natijalarning aniq berilishi va ularning ilmiy asoslangan tahlili ko'rsatish mumkin. Shuningdek, maqolada nazariy va amaliy jihatlar uyg'unlashtirilgan. Zaif tomonlari sifatida ayrim joylarda terminologik aniqlikni yanada takomillashtirish zarurligi hamda natijalarni xalqaro adabiyotlar bilan kengroq solishtirish mumkinligi qayd etiladi. Bundan tashqari, ayrim eksperimental sharoitlar yanada batafsil yoritilishi maqolaning ilmiy darajasini oshirgan bo'lar edi.

Xulosa qilib aytganda, maqola dolzarb mavzuga bag'ishlangan, ilmiy yangilikka ega va amaliy ahamiyati yuqori bo'lgan tadqiqot hisoblanadi. Keltirilgan kamchiliklar umumiy ilmiy qiymatga jiddiy ta'sir ko'rsatmaydi. Shu bois mazkur maqolani ilmiy jurnalda nashr etish uchun tavsiya etish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi.

Disclaimer ©

This editorial review has been prepared by the Editorial Board of the *Journal of Research & Innovations* for the purposes of internal editorial assessment and quality assurance within the journal's publication process. This review is intended to provide an analytical overview of the scientific content, methodological approach, and thematic relevance of the submitted work. It does not constitute peer review, does not replace independent expert evaluation, and should not be interpreted as reflecting the personal views of the author(s) or as representing the official position of the journal. The Editorial Board assumes no responsibility for the implementation, interpretation, or consequences of any observations, comments, or analytical conclusions contained in this review. The review may include content generated with the assistance of artificial intelligence tools used for editorial support purposes.

This editorial review is provided solely to enhance transparency in the editorial process and to support the maintenance of academic and publication standards.