

Mamatvaliyev Ibrohimjon Tolib o'g'li  
Namangan Texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi  
E-mail: [mamatvaliyevibrohimjon@mail.ru](mailto:mamatvaliyevibrohimjon@mail.ru)  
Abdumajidov Anvar Abdumalikovich  
Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti dotsenti  
E-mail: [anvarshohv@mail.ru](mailto:anvarshohv@mail.ru)  
Nabiyeva Iroda Abdusamatovna  
Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti professori  
Jumamurodova Shaxnoza Faxriddin qizi  
Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti assistenti

**UO'K 633.854.434**

## **CANNABIS SATIVA L O'SIMLIGI TOLASINING LIGNIN MIQDORI VA STRUKTURAVIY XUSUSIYATLARINI ANIQLASH**

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda qayta tiklanadigan tabiiy manbalardan biri bo'lgan *Cannabis Sativa L* o'simligining lignosellyulozali biomassasidan ligninni kimyoviy-ishqoriy usulda ajratib olish imkoniyatlari o'rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — o'simlik tolalarining sifatini belgilovchi asosiy omillardan biri bo'lgan lignin miqdorini aniqlash va uni kamaytirishga qaratilgan optimal sharoitlarni ishlab chiqishdan iborat. FTIR spektroskopiyasi yordamida ligninning mavjudligi va uning strukturaviy guruhlari (–OH, C=O, C–O–C, aromatik halqalar) aniqlanib, guaiacyl va syringyl birliklari ustunligi qayd etildi. Olingan natijalar *Cannabis Sativa L* poyasining bast tolalarida lignin miqdori o'rtacha 5–9%, yog'ochli qatlamlarda esa 14–25% atrofida ekanini ko'rsatdi. Bu esa tolani sanoat sharoitida ajratib olishda ligninning biosintez darajasi va vegetatsiya davrining muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari tolalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash, ularni qurilish, to'qimachilik va boshqa sanoat sohalarida samarali qo'llash uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

**Kalit so'zlar:** *Cannabis Sativa L*, lignin, FTIR spektroskopiya, ishqor, tola.

Маматвалиев Иброхимжон Толиб угли  
Исследователь Наманганского технического университета  
Абдумажидов Анвар Абдумаликович  
Доцент Ташкентского института текстильной и легкой промышленности  
Набиева Ирода Абдусаматовна  
Профессор Ташкентского института текстильной и легкой промышленности  
Джумамуродова Шахноза Фахриддин кизи  
Ассистент Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОН CANNABIS SATIVA L**

**Аннотация.** В данном исследовании изучены возможности выделения лигнина из лигноцеллюлозной биомассы растения *Cannabis Sativa L*, являющегося одним из возобновляемых природных ресурсов, с использованием химико-щелочного метода. Основная цель работы заключалась в определении

содержания лигнина, который является одним из ключевых факторов, определяющих качество растительных волокон, и в разработке оптимальных условий, направленных на его снижение. С помощью метода Фурье-ИК-спектроскопии (FTIR) выявлено наличие лигнина и определены его структурные группы ( $\text{--OH}$ ,  $\text{C=O}$ ,  $\text{C--O--C}$ , ароматические кольца), при этом зафиксировано преобладание гваяциловых и сирингиловых звеньев. Полученные результаты показали, что содержание лигнина в лубяных волокнах стеблей *Cannabis Sativa L* составляет в среднем 5–9%, а в древесинных слоях — около 14–25%. Это подтверждает важность стадии биосинтеза лигнина и периода вегетации при промышленном выделении волокон. Результаты исследования создают значимую научно-практическую основу для улучшения физико-химических свойств волокон и их эффективного применения в строительной, текстильной и других отраслях промышленности.

**Ключевые слова:** *Cannabis Sativa L*, лигнин, ИК-Фурье-спектроскопия, щелочь, клетчатка

Mamatvaliyev Ibrohimjon Tolib o'g'li

Independent researcher at Namangan Technical University

Abdumajidov Anvar Abdumalikovich

Associate Professor of Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Nabiyeva Iroda Abdusamatovna

Professor of Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Jumamurodova Shakhnoza Fakhridin qizi

Assistant of Tashkent Institute of Textile and Light Industry

## DETERMINATION OF LIGNIN CONTENT AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CANNABIS SATIVA L FIBERS

**Abstract.** This study investigated the possibilities of extracting lignin from the lignocellulosic biomass of *Cannabis Sativa L*, one of the renewable natural resources, using an alkali-based chemical method. The main objective of the research was to determine the lignin content—one of the key factors defining the quality of plant fibers—and to develop optimal conditions aimed at its reduction. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy was applied to confirm the presence of lignin and to identify its structural groups ( $\text{--OH}$ ,  $\text{C=O}$ ,  $\text{C--O--C}$ , aromatic rings), with the predominance of guaiacyl and syringyl units being established. The results showed that the lignin content in the bast fibers of *Cannabis Sativa L* stems averaged 5–9%, while in the woody tissues it ranged from 14% to 25%. This confirms the importance of lignin biosynthesis level and the vegetation stage in the industrial separation of fibers. The findings provide a significant scientific and practical basis for improving the physicochemical properties of the fibers and for their effective application in construction, textiles, and other industries.

**Keywords** *Cannabis Sativa L*, lignin, FTIR spectroscopy, alkali, fiber

**Kirish.** Qayta tiklanadigan tabiiy manbalardan, asosan o'simlik moylari (masalan, soya, zig'ir, kungaboqar, *Cannabis Sativa L*) yoki sellyuloza va boshqa biomassa tarkibidagi moddalardan olinadigan poliollarni (ya'ni ko'p gidroksil guruhiga

ega alkogollar) ishlab chiqish tadqiqotchilar uchun katta qiziqish uygʻotmoqda, ayniqsa, hozirgi kunda koʻplab qonunlar atrof-muhit ifloslanishini kamaytirish maqsadida "yashil" kimyoviy moddalardan foydalanishni talab qilmoqda [1]. Ushbu talabga erishish uchun atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan, barqaror xomashyolar zarur boʻlib, ular iqtisodiyot va oziq-ovqat xavfsizligiga deyarli yoki umuman salbiy taʼsir koʻrsatmasligi kerak. Bu talabga toʻliq javob bera oladigan xomashyo-bu lignosellyulozali materiallar hisoblanadi [2].

Cannabis Sativa L oʻsimligi qadim zamonlardan beri insoniyat tomonidan turli maqsadlarda, jumladan tola, dorivor va texnik maqsadlarda foydalanilgan muhim resurs hisoblanadi. Uning tolalari yuqori mustahkamlik, yengillik va barqarorlik xususiyatlari tufayli qurilish, toʻqimachilik va boshqa sanoat sohalarida keng qoʻllanadi. Tolalarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, ayniqsa, lignin miqdori, ularning sifatini va qoʻllanish doirasini belgilovchi asosiy omillardan biridir [3].

Lignin – bu oʻsimlik hujayra devorining muhim strukturaviy komponenti boʻlib, tolalarning mexanik mustahkamligini taʼminlaydi va ularni chirish va mikroorganizmlar taʼsiridan himoya qiladi. Lignin miqdorini aniqlash tolalarning qayta ishlash jarayonlarini optimallashtirish, ularning sifatini oshirish va yangi texnologiyalarni ishlab chiqish uchun zarurdir.

Sellyulozaning morfologik tuzilmasi kristall va amorf fazalardan iborat. Sellyulozaning asosiy qismini kristall faza tashkil etadi, uning kichik bir qismini esa tartibsiz joylashgan amorf selluloza tashkil etadi. Boshqa glyukan (bu uglevodlardan tashkil topgan polimer boʻlib, uning asosini glyukoza tashkil etadi) polimerlaridagi glyukozadan farqli oʻlaroq, selluloza zanjirida takrorlanuvchi birlik sifatida disaxarid sellobioza ishtirok etadi.

Sellyuloza molekulalarida ichki va tashqi vodorod bogʻlari mavjud boʻlib, ular glyukoza boʻgʻinlarini bir-biriga mustahkam birlashtirib turadi. Kimyoviy jihatdan u 1,4-glyukozid bogʻlari orqali bogʻlangan D-glyukopiranoza birliklaridan tashkil topgan toʻgʻri zanjirli gomopolimer hisoblanadi.

Sellyulozaning tarkibi asosan uglerod (44%), kislorod (49%) va vodorod (7%) dan iborat boʻlib, u  $(C_6H_{10}O_5)_n$  umumiy formulasi bilan ifodalanadi. Bu yerda n-polimerlanish darajasi boʻlib, u selluloza zanjiridagi glyukoza birliklarining sonini bildiradi va u yuzlabdan minglabgacha boʻlishi mumkin. Masalan, yogʻoch tarkibidagi sellulozada polimerlanish darajasi 10000 gacha, tabiiy paxtada esa 15000 gacha yetishi mumkin.

Biomassaning asosiy tarkibiy qismi bu-lignin boʻlib, u fenilpropan birikmalaridan tashkil topgan murakkab, tartibsiz va noaniq tarmoqlangan polimerdir. Lignin oʻsimlikda "hujayraviy yelim" vazifasini bajaradi: u hujayra devorini siqilish kuchlariga chidamli qiladi, tolalarga mustahkamlik va qattiqlik beradi, shuningdek, oʻsimlikni hasharotlar, patogenlar va oksidlovchilat taʼsiriga qarshi himoyalaydi [4].

Ligninning asosiy monomerlari-kumaril spirt (coumaryl alcohol), koniferil spirt (coniferyl alcohol) va sinapil spirt (sinapyl alcohol) hisoblanadi. Bu monomerlar mos ravishda quyidagi strukturaviy birliklarni hosil qiladi: p-gidroksifenil (H), gualatsil (G) va siringil (S) birliklari [5].

Ligninning tarkibi ham o'simlikning turlariga bog'liq holda farq qiladi:

- Ignasimon o'simliklarda odatda polimerlashgan G-lignin (gualatsil) ga ega,
- Ko'p urug'li turlarda G-S lignin (gualatsil-siringil) uchraydi,
- Bir urug'li o'simliklarda esa G-S-H lignin (gualatsil-siringil-hidroksifenil) ko'rinishida bo'ladi [6].

Sellyuloza, gemitsellyuloza va lignin orasida turli xil kimyoviy va vodorod bog'lanishlar mavjud. Sellyuloza tolalari lignin va gemitsellyuloza bilan o'ralgan bo'lib, ular o'zaro asosan vodorod bog'lari orqali tutashgan. Shuningdek, gemitsellyuloza va lignin o'rtasida kimyoviy bog'lanishlar ham mavjud bo'lib, bu bog'lar ko'pincha galaktoza va arabinoza molekulalari orqali hosil bo'ladi [7], [8].

Olimlarning [9] ta'kidlashlaricha, lignin har xil o'simlik manbalariga bog'liq holda tarkibi o'zgarib turadigan, ko'p tarmoqlangan va tuzilish jihatidan murakkab biopolimerdir.

U lignosellyulozali biomassada eng ko'p uchraydigan tabiiy polimerlardan biri hisoblanadi. Uning tuzilishi murakkab, amorf (noaniq shaklli) va tartibsiz bo'lib, fenilpropanoid monomerlaridan tashkil topgan. Ushbu monomerlar uch o'lchamli tarmoq tuzilmasida bir-biri bilan asimmetrik tarzda C–C (uglerod–uglerod) va C–O (uglerod–kislorod) bog'lari orqali bog'langan bo'ladi. U boshqa o'simlik biopolimerlaridan o'zining aromatik tabiati, tarkibiy xilma-xilligi va murakkab molekulyar arxitekturasini bilan ajralib turadi. Lignin uch asosiy fenilpropan birikmalaridan, ya'ni p-kumaril spirti, sinapil spirti va koniferil spirtidan tashkil topgan bo'lib ular “monolignollar” deb ataladi.

Har xil o'simlik turlarida uning tarkibidagi ligninning monomer tarkibi farqlanadi, shuningdek, ularning o'zaro bog'lanish uslublari ham xilma-xildir. Bu esa lignin molekulasining umumiy strukturasi yanada murakkablashtiradi.

**USLUBIY QISM.** Ligninga boy biomassa xomashyolaridan ligninni ajratib olishda selluloza sanoati tomonidan qo'llaniladigan texnologiyalar, odatda, an'anaviy ishlab chiqarish jarayonlariga o'xshash bo'ladi [10]. Ushbu texnologiyalar qo'llanish maqsadiga qarab kimyoviy yoki mexanik usullar sifatida tasniflanadi. Bunda sellulozadan nafaqat lignin, balki qo'shimcha mahsulotlar-pektin va gemitsellyuloza ham ajratib olinadi.

Kimyoviy-ishqoriy usul ligninni o'simlik biomassasidan ajratib olishda oddiy va iqtisodiy jihatdan tejamkor hisoblangan metodlardan biridir. Ushbu jarayonda lignin gidrolizlash uchun faqat ishqoriy moddalardan, jumladan natriy gidroksid (NaOH),

kaliy gidroksid (KOH) yoki ammoniy gidroksid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ishlatiladi. Reaksiya sharoitida gemitsellyuloza ham lignin bilan birga qisman ajralib chiqishi mumkin.

Bu usul yengil reaksiya sharoitlarida – ya'ni 70 dan 140 °C gacha bo'lgan haroratda, pH 10–13 oralig'ida va 1 dan 4 soatgacha bo'lgan vaqt davomida olib boriladi. Jarayon odatda kichik miqyosdagi tadqiqotlarda, xususan laboratoriya sharoitlarida keng qo'llaniladi, chunki ishqorlar narxi jihatdan arzon va reaksiyani boshqarish osondir.

Ushbu usulning asosiy afzalliklari shundan iboratki, u oddiy va iqtisodiy jihatdan qulay, hamda lignin eritma ichida erkin ajraladigan shaklda bo'ladi. Shuning uchun, kichik hajmdagi ilmiy ishlanmalar, tajriba-sinovlar va dastlabki texnologik tekshiruvlar uchun bu metod juda mos keladi [11].

O'rganilayotgan Cannabis Sativa L o'simligi tolasi kimyoviy tarkibining sifat tahlili va molekulyar birikmalarning struktura xususiyatlarini aniqlash IQ-Furye spektrometri "Nicolet iS50" (Thermo Fisher Scientific, AQSh) jihozida bajarildi. Furye-spektrometri – avtomatlashtirilgan statsionar stol qurilmasi bo'lib, ikki nurlanishli va dinamik sozlanuvchan Maykelson interferometri, nurlanish manbai va qabul qiluvchisi, optik sistema va elektronika blokidan tuzilgan. O'lchashlar 4000–400  $\text{sm}^{-1}$  spektral diapazonda, 0,1  $\text{sm}^{-1}$  dan ko'p bo'lmagan to'lqin sonlari absolut xatoligida amalga oshirildi. O'lchashdan oldin namuna hovonchada maydalandi. Keyin namuna buzilgan to'liq ichki qaytarish rejimida (NPVO) iS50 yaqin, o'rta va uzoq IQ diapazonni o'lchash uchun tirqishli va olmos kristalli yuzaga zond bilan siqildi.

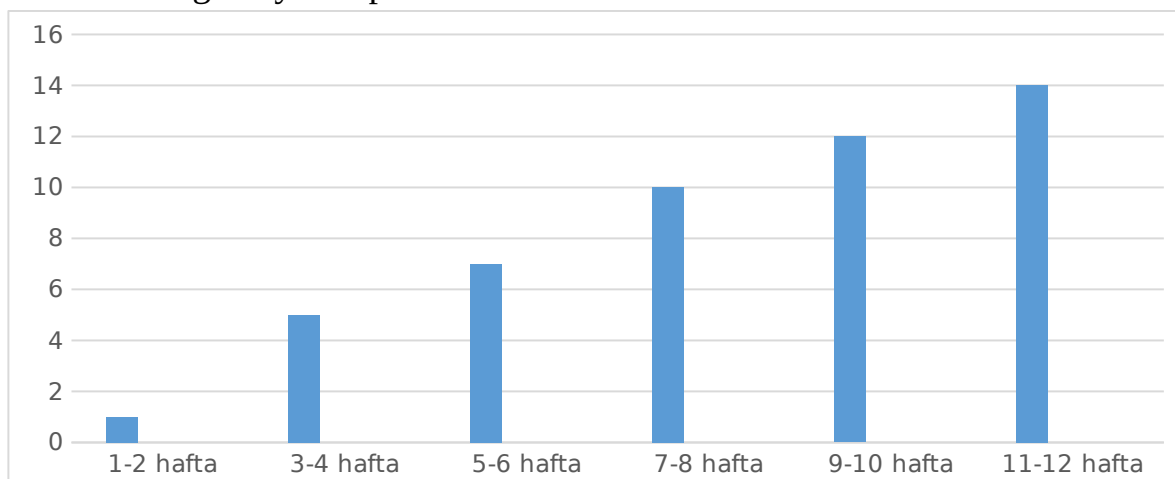
### **TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI.**

Cannabis Sativa L o'simligi va uning tolalari haqidagi tadqiqotlar ko'p asrlar davomida olib borilgan bo'lsada, zamonaviy ilmiy yondashuvlar va texnologiyalar tufayli bu sohada yangi bilimlar va kashfiyotlar paydo bo'lib kelmoqda. Cannabis Sativa L o'simligi tolali o'simlik sifatida keng tadqiq qilinmoqda va uning tarkibiy qismlaridagi lignin miqdorini aniqlash tola sifatini baholashda muhim hisoblanadi. O'simlikning turli anatomik qismlari-bargi, poyasi va ildizi-lignosellyuloz tarkibi bo'yicha sezilarli farqlarga ega.

Poyalarda ligninning nisbiy miqdori yuqori bo'lib, bu ayniqsa ichki yog'ochli (ksilema) qatlamlarda namoyon bo'ladi. Ilmiy adabiyotlarda butun poya massasida lignin miqdori o'rtacha 14% ni tashkil etishi ko'rsatilgan [12]. Biroq, poyaning tashqi qismini tashkil qiluvchi bast tolalarda (o'simlik poyasining uchlamchi hujayra qavatida joylashgan tolalar) lignin miqdori ancha past bo'lib, odatda 5-9% atrofida bo'ladi. Bu bast tolalar yuqori selluloza ( $\approx 85\%$ ) tarkibiga ega bo'lgani uchun sanoatda tola olish uchun eng maqbul komponent hisoblanadi [13].

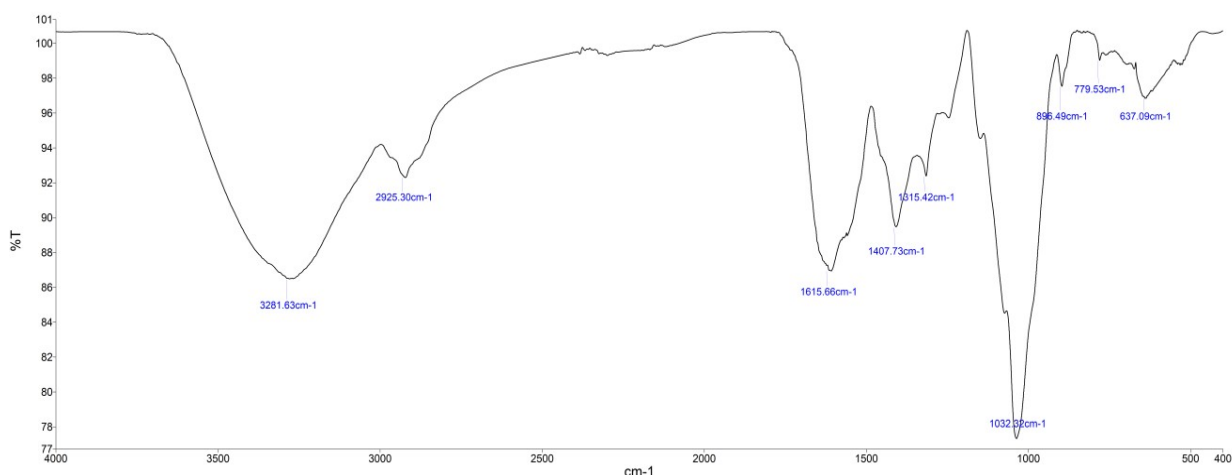
Barg qismlarida esa lignin miqdori nisbatan kam bo'lib, ko'pchilik o'simliklarda bu ko'rsatkich 2–5% oralig'ida bo'ladi. Garchi Cannabis sativa barglari uchun to'g'ridan-to'g'ri lignin miqdori kam hollarda keltirilgan bo'lsada, ularning tarkibida

ligninga qarindosh fenolik birikmalar-xususan lignanamidlar-mavjudligi qayd etilgan. Bu esa barglarning lignosellüloz xususiyatga ega ekanligini bildiradi. Ildizlarda lignin mavjudligi undagi fenolik strukturalarning borligi, xususan lignanamidlar shaklida, ildiz to‘qimalarida lignin birikmalari borligidan dalolat beradi. Ushbu holat ildizlarni ham fenolik moddalarga boy komponent sifatida ko‘rsatadi.



**1-rasm. Cannabis Sativa L o‘simligi yetilish davriga qarab uning poyasi tarkibidagi lignin miqdorining o‘zgarishi**

Cannabis Sativa L o‘simligining vegetatsiya davrida lignin biosintezi bosqichma-bosqich faollashib boradi (1-rasm). Dastlabki haftalarda, ayniqsa 2–3 haftalik yosh to‘qimalarda, lignin miqdori juda past bo‘lib, 3–5% atrofida bo‘ladi va bu davrda asosan selluloza va pektin moddalari ustunlik qiladi. O‘sinh faollashgan bosqichda (4–6 haftalarda) lignifikatsiya jarayoni boshlangan bo‘lib, lignin to‘planishi keskin ortadi va 10–15% gacha yetadi. Ayniqsa, gullashga yaqin davrda lignin biosintezi eng yuqori darajaga chiqib, o‘simlik poyasida ikkilamchi to‘qimalarning shakllanishi natijasida lignin miqdori 20–25% gacha ortadi. Bu o‘zgarishlar Cannabis Sativa L o‘simligining mexanik mustahkamligi va fiziologik yetilishga tayyorlanishini ta‘minlaydi. Shuningdek, vegetatsiya davomida lignin miqdorining ortib borishi uning tolaviy ajratish texnologiyasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatadi. Erta yig‘im davrida lignin miqdori past bo‘lgani sababli tola ajratib olish osonlashadi, kech yig‘imda esa aksincha, kuchli lignifikatsiya tufayli tola ajratib olish uchun kimyoviy yoki fermentativ ishlov zarur bo‘ladi.



## 2-rasm. Cannabis Sativa L o'simligi poyasidan olingan tolaning infraqizil spektri

Tadqiqotlarimizda Cannabis Sativa L o'simligi tarkibidan olingan namunada lignin moddasining mavjudligini aniqlash va uning funksional guruhlarini baholash maqsadida FTIR (Fourier transformatsiyalangan infraqizil spektroskopiya) usuli qo'llanildi (2-rasm). Spektr tahlili  $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$  oralig'ida olib borilib, ligninga xos bo'lgan bir qator tebranishlar qayd etildi.

Spektrda  $3418.52\text{ cm}^{-1}$  da kuzatilgan keng va kuchli cho'qqi lignin molekulasidagi fenolik va alifatik gidroksil ( $\text{--OH}$ ) guruhlarining mavjudligini ko'rsatadi. Bu cho'qqining mavjudligi ligninning gidrofil xossalriga hamda vodorod bog'larining shakllanishiga asos bo'ladi.  $2941.89\text{ cm}^{-1}$  atrofida cho'qqi esa alifatik zanjirlardagi  $\text{C--H}$  guruhlarining tebranishlariga mos keladi va ligninning yon zanjirlarida metil va metilen guruhlar borligidan dalolat beradi.

$1688.64\text{ cm}^{-1}$  da aniqlangan cho'qqi aromatik halqalarga birikkan karbonil ( $\text{C=O}$ ) guruhlarining tebranishlariga mos kelib, ligninning oksidlangan formalari, xususan sinapaldehyd yoki koniferaldehyd turlarining mavjudligiga ishora qiladi.  $1605.79\text{ cm}^{-1}$  va  $1516.75\text{ cm}^{-1}$  da kuzatilgan cho'qqilar aromatik halqalarning  $\text{C=C}$  tebranishlarini ifodalaydi va ligninning asosiy strukturasi tashkil etuvchi fenilpropanoid birliklarning mavjudligini tasdiqlaydi.

Bundan tashqari,  $1462.33\text{ cm}^{-1}$ ,  $1420.36\text{ cm}^{-1}$  va  $1387.66\text{ cm}^{-1}$  sohalarida kuzatilgan tebranishlar ligninning alifatik  $\text{CH}_2$  deformatsiyasi hamda syringyl birliklarga xos  $\text{C--H}$  deformation tebranishlariga to'g'ri keladi. Ayniqsa,  $1267.96\text{ cm}^{-1}$  da kuzatilgan cho'qqi guaiacyl birliklaridagi fenolik efir guruhlariga tegishli bo'lib, lignin molekulasi tarkibida guaiacyl va syringyl strukturalarining mavjudligiga ishora qiladi.  $1184.42\text{ cm}^{-1}$  va  $1033.65\text{ cm}^{-1}$  dagi cho'qqilar esa  $\text{C--O--C}$  guruhlar tebranishlariga mos bo'lib, ligninning murakkab tarmoqlangan tuzilmasini ifodalaydi.

Shuningdek,  $756.04\text{ cm}^{-1}$  va  $543.13\text{ cm}^{-1}$  to'lqin sonlarida kuzatilgan egilish tebranishlari fenolik halqaviy strukturalar uchun xos bo'lib, ligninning aromatik tabiatini yanada mustahkam tasdiqlaydi.

Yuqoridagi tahlillarga asoslanib aytish mumkinki, Cannabis Sativa L o'simligi tarkibidagi lignin moddasining FTIR spektri uning fenilpropanoid asosli tuzilmasi, gidroksil, karbonil va efir guruhlari bilan boyligidan dalolat beradi. Ushbu tahlil ligninning G/S (guaiacyl/syringyl) tipidagi aralash birikmalardan tashkil topganini ko'rsatadi.

Cannabis sativa L o'simligidan lignin moddasini kimyoviy-ishqoriy usulda ajratib olish uchun jarayon konsentratsiyasi, jarayon davomiyligi va harorati o'rganildi.

**XULOSA.** Olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

- Cannabis Sativa L o'simligi lignosellyulozali biomassa sifatida yuqori ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, uning tolalaridagi lignin miqdori o'simlikning anatomik qismi va vegetatsiya bosqichiga qarab sezilarli darajada farq qilishi aniqlandi. Bast tolalarda lignin miqdori 5–9% oralig'ida bo'lsa, yog'ochli qatlamlarda bu ko'rsatkich 14–25% gacha yetadi.

- Kimyoviy-ishqoriy usul ligninni ajratib olishda samarali hisoblanib, uning oddiyligi, arzonligi va boshqarish imkoniyatlari tufayli laboratoriya miqyosidagi tadqiqotlarda qo'llash uchun juda qulay ekanligi tasdiqlandi.

- FTIR spektroskopiyasi natijalari Cannabis Sativa L. ligninining fenilpropanoid asosli murakkab tuzilishga ega ekanligini tasdiqladi. Spektrlarda –OH, C=O, C–O–C guruhlari hamda aromatik halqalarga xos tebranishlar qayd etildi. Tahlil natijalari guaiacyl va syringyl birliklari ustunligini ko'rsatib, ligninning G/S tipidagi aralash tuzilishga ega ekanini aniqladi.

- O'simlikning vegetatsiya davrida lignin biosintezi bosqichma-bosqich ortib borishi isbotlandi. Erta yig'im davrida lignin miqdori past bo'lgani uchun tolani ajratib olish oson kechadi, kech yig'imda esa kuchli lignifikatsiya tufayli qo'shimcha kimyoviy yoki fermentativ ishlov talab etiladi.

- Olingan natijalar Cannabis Sativa L tolalarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash, qayta ishlash texnologiyalarini optimallashtirish va qurilish, to'qimachilik hamda boshqa sanoat sohalarida samarali qo'llash uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

### **Adabiyotlar ro'yxati:**

1. Varila. T; Romar H; Luukkonen. T; Hilli .T; and Lassi .U, Characterization of lignin enforced tannin/furanic foams Heliyon 6(2020) e03228.
2. Mauriello, F.; Paone, E.; Pietropaolo, R.; Balu, A.M.; Luque, R. Catalytic transfer hydrogenolysis of lignin-derived aromatic ethers promoted by bimetallic Pd/Ni systems. ACS Sustain. Chem. Eng., 6(2018) 9269–9276.
3. Abdumajidov A.A., Mamatvaliyev I.T., Nabiyeva I.A. Obtaining fiber from Cannabis Sativa L. American journal of multidisciplinary bulletin. Volume-3. Issue-2. 2025 Published: 30-02-2025.
4. F.H. Isikgor, C. Remzi Becer. Lignocellulosic Biomass: a sustainable platform

- for production of bio-based chemicals and polymers. *Polym. Chem.*, 6 (2015), pp. 4497-4559.
5. A.M. Abdel-Hamid, J.O. Solbiati, I.K.O. Cann. Insights into lignin degradation and its potential industrial applications. *Adv. Appl. Microbiol.*, Elsevier (2013), pp. 1-28
  6. H. Chen. *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*. (2014)
  7. Oasmaa, D.G.B. Boocock. The catalytic hydrotreatment of peat pyrolysate oils. *Can. J. Chem. Eng.*, 70 (1992), pp. 294-300.
  8. Y. Tamaki, G. Mazza. Measurement of structural carbohydrates, lignins, and micro-components of straw and shives: effects of extractives, particle size and crop species. *Ind. Crops Prod.*, 31 (2010), pp. 534-541
  9. Bertella S, Luterbacher JS (2020) Lignin functionalization for the production of Bi7O9I3 nanosheets with enhanced photocatalytic performance: synergism of electron transfer acceleration and molecular oxygen activation. *Appl Surf Sci* 608:155273. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.155273>
  10. Li. M; Yunqiao. P; Fang. C; Ragauskas A.J, Synthesis and Characterization of Lignin-grafted-poly( $\epsilon$ -caprolactone) from different Biomass Sources, *NEW BIOTECHNOLOGY* 60(2021) 189–199
  11. Abdumajidov A.A., Mamatvaliyev I.T., Nabiyeva I.A. Cannabis Sativa L ўсимлигидан тола олиш имкониятлари. Наманган Давлат Университети Илмий Ахборотномаси. 3-сон, 2025-йил.
  12. Latif, N. H. A., Brosse, N., Ziegler-Devin, I., Chrusiel, L., Hashim, R., & Hussin, M. H. (2021). A comparison of alkaline and organosolv lignin extraction methods from coconut husks as an alternative material for green applications. *BioResources*, 17(1),469–491. <https://doi.org/10.15376/biores.17.1.469-491>
  13. Soo-Jeong Shin, Bon-Wook Koo, Jae-Won Lee and In-Gyu Choi. (2006). Chemical characterization of the fast-growing industrial hemp (*Cannabis sativa*) woody core and bast fiber. *Journal of Applied Polymer Science*, 100(2),482–484