

**O‘SIMLIK MODDALARI KIMYOSI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 02/30.01.2020.K/T.104.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘SIMLIK MODDALARI KIMYOSI INSTITUTI

SIDDIQOVA AZIZAXON ABDUG‘AFFOROVNA

**IKKI TUR *SCUTELLARIA* VA *STACHYS HISSARICA* O‘SIMLIKLARINING
POLISAXARIDLARI**

02.00.10 – Bioorganik kimyo

Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi

AVTOREFERATI

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferatining mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)

Siddiqova Azizaxon Abdug‘afforovna

Ikki tur *Scutellaria* va *Stachys hissarica* o‘simliklarining polisaxaridlari 3

Сиддикова Азизахон Абдугаффоровна

Полисахариды двух видов растений *Scutellaria* и *Stachys hissarica*... 23

Siddikova Azizakhon Abdugafforovna

Polysaccharides of two plant species of *Scutellaria* and *Stachys hissarica*..... 43

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 47

**O‘SIMLIK MODDALARI KIMYOSI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 02/30.01.2020.K/T.104.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘SIMLIK MODDALARI KIMYOSI INSTITUTI

SIDDIQOVA AZIZAXON ABDUG‘AFFOROVNA

**IKKI TUR *SCUTELLARIA* VA *STACHYS HISSARICA* O‘SIMLIKLARINING
POLISAXARIDLARI**

02.00.10 – Bioorganik kimyo

Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi

AVTOREFERATI

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida V2019.2PhD/K206 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi O'zR FA O'simlik moddalari kimyosi institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uchta tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.uzicps.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta'lim tarmog'ida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan..

Ilmiy rahbar:

Raxmanberdiyeva Rano Karimovna
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Normaxamatov Nodirali Saxobataliyevich
kimyo fanlari doktori
Shomurotov Shavkat Abduganiyevich
kimyo fanlari diktori

Yetakchi tashkilot:

O'zbekiston Milliy Universiteti

Dissertatsiya himoyasi O'simlik moddalari kimyosi instituti huzuridagi DSc.02/30.01.2020.K/T.104.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «9» *dehabr* soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100170, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek ko'ch., 77. Tel. (+99871) 262-59-13, faks (+99871) 262-73-48, e-mail: plant_inst@icps.org.uz, ixrv@mail.ru).

Dissertatsiya bilan O'simlik moddalari kimyosi instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (*57* raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100170, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77. Tel. (+99871) 262-59-13, faks (+99871) 262-73-48, e-mail: khidirova.nazira@mail.ru.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «27» *noyabr* kuni tarqatildi.

(2025 yil *27.11.* dagi *11* raqamli reyestr bayonnomasi).



[Signature]
Sh.Sh. Sagdullayev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, akademik

[Signature]
N.K. Xidirova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi,
kimyo fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim

[Signature]
E.X. Botirov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi,
kimyo fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda o‘simliklardan olingan moddalar kimyoviy tuzilishi va biologik faolligi xilma-xil bo‘lgan tabiiy birikmalarga bo‘lgan ehtiyoj yanada oshib bormoqda. O‘simlik moddalarining tarkibi, kimyoviy tuzilishi va biologik faolligini o‘rganish, bir tomondan, bioorganik kimyoni rivojlantiradi va unda yangi yo‘nalishlar paydo bo‘lishiga olib kelsa, ikkinchi tomondan, zamonaviy va samarali dori vositalarini yaratish va ularni tibbiyot amaliyotiga, shuningdek, sanoatning boshqa tarmoqlariga joriy etish uchun asos bo‘ladi.

Hozirgi kunda respublikamizda samarali dorivor xususiyatga ega bo‘lgan bir qancha o‘simliklar mavjud. Ular orasida *Scutellaria* va *Stachys* turlari (Lamiaceae oilasi) biologik faol moddalarning boy manbalari hisoblanib, bu birinchi navbatda ushbu o‘simliklarga xos bo‘gan va tarkibidagi flavonoidlar, iridoidlar, di- va triterpen birikmalaridan iborat ikkilamchi metabolitlariga bog‘liq. Biroq, quyi molekularli birikmalar ajratilgandan so‘ng, o‘simlikda oqsillar, uglevodlar kabi biologik faol yuqori molekularli birikmalar qoladi, ular hozirgacha to‘liq o‘rganilmagan. Shu bois mahalliy o‘simliklar *Scutellaria* va *Stachys* va ularning ikkilamchi resurslarini har tomonlama o‘rganish o‘simliklarning kimyoviy tarkibini to‘liq aniqlash imkonini bersa, boshqa tomondan esa o‘simlik resurslaridan chiqindisiz foydalanish muammosini hal qiladi.

Hozirgi vaqtda adabiyotlarda antioksidant, o‘smalarga qarshi faollikka ega bo‘lgan *Scutellaria baicalensis* Georgi. va *S. barbata* D.Don. polisaxaridlarini o‘rganish haqida ma‘lumotlar mavjud, ammo O‘zbekiston Respublikasida o‘sadigan *Scutellaria* va *Stachys* o‘simliklari uglevodlarining kimyoviy tarkibi va foydali xususiyatlari to‘g‘risida to‘liq ma‘lumotlar yo‘q. Shu sababli mahalliy hududning *Scutellaria* va *Stachys* turkumi o‘simliklari polisaxaridlarini tadqiq etish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 21 yanvardagi «2022-2026 yillarda respublika farmatsevtika tarmog‘ini yanada jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»¹ gi PF-55-son va 2022 yil 28 yanvardagi «2022-2026 yillarda yangi O‘zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida»² gi PF-60-son Farmonlarida, shuningdek boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarni bajarishga xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlantirishining ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi. Dissertatsiya ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining V. Kimyo fanlari, kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiya, VI. “Tibbiyot va farmakologiya” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq amalga oshirilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Xorijiy olimlar tomonidan Lamiaceae oilasiga mansub o‘simliklardan polisaxaridlarni ajratib olish, ularning tuzilishini tadqiq qilish va biologik faolligini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan.

Bu yo‘nalishning rivojlantirishga Pengda Sun, Hanqing Li, Juan Su, Li Li,

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 21-yanvardagi PF-55-son farmoni

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son farmoni

Xiaoyi Xu, Xiao-Kun Yang, Yanwei Wang, Song Gaochen, Li Cui, Xiangyang Wu, Chun-Lin Ye kabi xorijlik olimlar, shuningdek, L.M. Zaxarova, D.N. Olennikov, V.B. Xobrakovlar salmoqli hissa qo‘shganlar. D.N. Olennikov hammualliflari bilan *Scutellaria barbata* va *S. baicalensis* o‘simliklarining yer ustki qismidan polisaxaridlar ajratib olgan. Arabinogalaktanlarning tuzilishini isbotlagan va biologik faolliklarini o‘rgangan. Song Gaochen va boshqalar *Scutellaria barbata* dan o‘simtaga qarshi faollikka ega bo‘lgan polisaxarid ajratib olgan. D.N. Olennikov *S. baicalensis* o‘simligining yer ustki qismidan atsetillangan glyukoarabinogalaktan, ildizlaridan esa glyukan ajratib olgan.

Respublikamiz olimlari – A.O. Arifhojayev, A. Qurbanova, D.A. Rahimov, D.Z. Azizov, R.K. Rahmanberdiyeva, V.N. Sirov, Z.A. Xushbaktova, D.K. Ogay va N.A. Elovalar galaktan saqlovchi polisaxaridlarning tuzilishi va ularning biologik faolliklarini o‘rganganlar.

Adabiyot ma’lumotlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, erishilgan yutuqlarga qaramay mahalliy hududning *Scutellaria* va *Stachys hissarica* o‘simliklarining polisaxaridlari o‘rganilmagan.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi O‘simlik moddalari kimyosi institutining FA-F6-007-sonli “Dorivor o‘simliklar polisaxaridlari va ularning modifikatsiyalangan shakllarini o‘rganish” mavzusidagi ilmiy-tadqiqot fundamental loyihasi (2017-2020) doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* va *Stachys hissarica* o‘simliklarining polisaxaridlarini tadqiq qilish. Glyukoarabinogalaktanlarning tuzilishi, xossalari va ularning o‘ziga xos biologik faolliklarini aniqlash.

Tadqiqotning vazifalari:

-*Stachys hissarica*, *Scutellaria adenostegia* va *S. somosa* ildizlari va yer ustki qismlaridan polisaxaridlarning turli guruhlarini (suvda eriydigan polisaxaridlar, pektin moddalari, gemitsellyulozalar) ajratib olish, ularning fizik-kimyoviy parametrlari va monomer tarkibini tahlil qilish;

- *Stachys hissarica* yer ustki qismi va ildizidagi uglevodlar kompleksini turli vegetatsiya davrlariga ko‘ra o‘rganish;

- *Stachys hissarica* ning suvda eruvchan polisaxaridining tuzilishini aniqlash;

- *Scutellaria adenostegia* va *S. comosa* dan gomogen glukoarabinogalaktan fraksiyalarini ajratish va ularning tuzilishini kimyoviy (periyodat va xromli oksidlash, metillash) va spektral (GX/MS, ^{13}C va ^1H YaMR spektroskopiya) usullari yordamida tahlil qilish;

- ajratib olingan polisaxaridlarning biologik faolligini aniqlash va biologik faollikning polisaxarid tuzilishiga bog‘liqligini o‘rganish;

- polisaxaridlar va *Allium cepa* (piyoz po‘stlog‘i) ekstrakti asosida antibakterial vosita olish tadqiqotlarini amalga oshirish.

Tadqiqotning obykti sifatida *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* o‘simliklari yer ustki qismi va ularning ikkilamchi resurslari, hamda *Stachys hissarica* o‘simligi yer ustki qismi va ildizi tanlangan.

Tadqiqotning predmeti suvda eruvchan polisaxaridlar, pektin moddalari, gemitsellyulozalar, glukoarabinogalaktanlarni ajratish, ularning tuzilishini kimyoviy va spectral usullarda tavsiflash, biologik faolliklarini aniqlash.

Tadqiqot usullari. Tadqiqotlar jarayonida kimyoviy: to'liq kislotali gidroliz, periyodat va xromli oksidlash, polisaxaridlarni metillash, analitik: polisaxaridlarning monosaxarid tarkibini sifat va miqdoriy tahlil qilish, pektin moddalarining eterifikatsiya darajasini titrimetrik usulda aniqlash, fizik-tadqiqot: YSSX, IQ, GX, GX/MS, ^{13}C va ^1H YaMR-spektroskopiya, shuningdek, ikki o'lchamli (^1H , COSY, HSQC, HSQC-TOCSY, HMBC) va spektral usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ilk bor *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* va *Stachys hissarica* ning yer ustki qismlaridan, quyi molekulari birikmalar ajratib olingandan so'ng, suvda eruvchan polisaxaridlar (SEPS), pektin moddalari (PM) va gemitsellyulozalar (GMS) olingan, ularning fizik-kimyoviy xossalari, monosaxarid tarkiblari o'rganilgan;

Stachys hissarica ning yer ustki qismidan Mm 43.8 va 29.5 kDa, monosaxarid tarkibi arabinoza qoldiqlariga boy bo'lgan (50.54 va 60.41%) suvda eruvchan polisaxarid fraksiyalari PS-St-2 va PS-St-3 ajratib olingan;

kimyoviy va YaMR spektroskopiya ma'lumotlari SEPS makromolekulasi α -3)- α -Araf-(1 \rightarrow), 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow , \rightarrow 3- α -Glc p-(1 \rightarrow va 3,6- β -Gal p fragmentlaridan, hamda qaytarilmaydigan uchida T- α -Araf va T- α -Glc p qoldiqlaridan iborat ekanligini ko'rsatgan. Olingan natijalarga asoslanib, *St. hissarica* SEPS glyuko- va/yoki galaktoksiloarabanlardan tashkil topganligi isbotlangan;

birinchi marta *S. adenostegia* va *S. comosa* SEPS laridan GAG-Sa va GAG-Sc glyukoarabinogalaktanlar mos ravishda ajratib olingan va ularning tuzilishi kimyoviy va spektral usullar bilan isbotlangan. Glyukoarabinogalaktanlar GAG-Sa va GAG-Sc tarmoqlangan polisaxaridlar bo'lib, makromolekulaning asosiy zanjiri β -1,6 glikozid bog'i bilan bog'langan galaktopiranoza qoldiqlaridan iborat, bir-biridan yon zanjirlari bilan farq qilishi aniqlangan. GAG-Sa yon zanjiri β -D-galaktopiranoza, α -D-glyukopiranoza, α -L-arabinofuranoza qoldiqlari va uning 1,3-bog'i bilan bog'langan disaxarid fragmenti, shuningdek asosiy zanjirga C-3 bilan bog'langan 6-OMe- α -glyukuron kislotasining mavjudligi bilan ifodalangan;

GAG-Sc esa C-2 holatda terminal arabinofuranoza va glyukoza, shuningdek α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf oligosaxarid fragmenti mavjudligi qayd etilgan;

Stachys hissarica va *S. comosa* SEPS ning *Lactobacillus casei* K7 probiotik shtamining o'sishi bo'yicha prebiotik faolligi, MRS buloniga *St. hissarica* SEPS qo'shilishi *Lactobacillus casei* K7 shtamining o'sishini yanada oshishiga va SEPS *S. comosa* va nazorat bilan solishtirganda (9×10^9 KOE/ml) sog'lom hujayralarning titrini (2×10^{10} KOE/ml) yuqori bo'lishiga olib kelgan;

ilk bor *S. adenostegia* va *S. comosa* ning suvda eruvchan polisaxaridlari va pektin moddalarining fagotsitoz jarayoniga, ya'ni neytrofillarning fagotsitar indeksiga ta'siri ko'rsatilgan;

S. comosa PM ning yaraga qarshi faolligi ularning fizik-kimyoviy ko'rsatgichlariga: molekulyar og'irligi, qovushqoqligi, eterifikatsiya darajasiga va ayniqsa gel xosil qilish xususiyatlariga bog'liqligi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat: suvda eruvchan polisaxaridlar va *Stachys hissarica* pektin moddalarining *Lactobacillus casei* K7 shtammiga nisbatan yuqori prebiotik faolligi ko'rsatilgan. *S. comosa* pektin moddalarining gastroprotektor xususiyatlari aniqlangan.

Birinchi marta *S. comosa* polisaxaridlari va *Allium cepa* L. po'stlog'ining quruq suvli ekstrakti asosida mikroblarga qarshi faollikka ega bo'lgan fitovosita olingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi olingan polisaxaridlarning tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari va biologik faolligini aniqlash uchun zamonaviy fizik, spektral va biologik tahlil usullaridan foydalanilgan holda erishilgan. Natijalar xalqaro va respublika ilmiy konferensiyalarida muhokama qilingan, xorijiy ilmiy jurnallarda chop etilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, *St. hissarica*, *S. adenostegia* va *S. comosa* polisaxaridlarining xossalari, tuzilishi va biologik faolligi borasida yangi ma'lumotlar olingan. *S. adenostegia* va *S. comosa* glyukoarabinogalaktanlarining tuzilishi va ularning biologik faolligi qiyosiy tahlil qilingan. Natijada, ularning tuzilishi va fagotsitar hamda mikroblarga qarshi faolligi bilan bog'liqligi haqida qiyosiy ma'lumotlar olingan. Biologik faollikka birinchi navbatda makromolekula zanjirining tarmoqlanganligi va yon zanjirdagi oligosaxarid fragmentlari, monosaxarid qoldiqlari va glikozid bog'larining turlari muhim hissa qo'shishi ko'rsatilgan.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, polisaxaridlarning immunologik faollikka (fagotsitar faollik va fagotsitar indeks) ta'siri o'rganilgan. *S. comosa* SEPS prednizolonga nisbatan o'ldirilgan stafilokokk zarrachalar sonini 35% ga, *S. adenostegia* PM -30% ga oshirishi ko'rsatilgan. Bu ularni birlamchi va ikkilamchi immunitet tanqisligi holatlarida tashxis qo'yishda qo'llash imkonini bergan.

O'zR FA Immunologiya va odam genomikasi institutidan ikki turdagi *Scutellaria* polisaxaridlarining fagotsitar faolligi bo'yicha (2025-yil 25-iyul), Mikrobiologiya instituti AllWellLab MChJ *Stachys hissarica* va *Scutellaria* polisaxaridlarining prebiotik faolligi (2023-yil 14-avgust) va O'zR FA O'simlik moddalari kimyosi institutining *Scutellaria comosa* pektin moddalarining yallig'lanishga qarshi va oshqozonni himoya qiluvchi faolligi (12.05.2022) to'g'risida xulosalar olingan.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

Ikki tur *Scutellaria* va *Stachys hissarica* o'simliklarining polisaxaridlarini tadqiq qilish bo'yicha olingan natijalar asosida:

birinchi marta *S. comosa* polisaxaridlari va *Allium cepa* L. (piyoz po'stlog'i) ning quruq suvli ekstrakti asosida antimikrob fitovosita olingan. Fitovosita *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114, *Proteus mirabilis* 9, *Staphylococcus aureus* va *Bacillus subtilis* BKM bakteriyalarining o'sishini samarali tarzda ingibirlagan.

Ilmiy tadqiqot natijalari asosida mikroblarga qarshi vositani ishlab chiqish usuliga O'zbekiston Respublikasining IAP 7778 patenti olingan (reestrda 2024-yil 30-iyulda ro'yxatga olingan). Natijada, fitovosita prebiotik va antibakterial ta'sirga ega, shu jumladan mikroorganizmlarning antibiotiklarga chidamli shakllariga qarshi dori turlarini kengaytirish imkonini beradi.

Polisaxaridlarning biologik faolligini o'rganish bo'yicha olingan ilmiy natijalar O'zR FA O'MKI ning yuqori molekular o'simlik moddalari kimyosi laboratoriyasida bazaviy moliyalashtirish doirasida 2021-2025-yillarda amalga oshirilgan tadqiqotlarni bajarishda foydalanilgan (Ma'lumotnoma №4/1255-497 27 fevral 2025 y.). Natijada, o'rganilgan polisaxaridlarning prebiotik, fagotsitik va mikroblarga qarshi faolligi ular asosida yangi dorivor vositalar yaratish imkonini beradi.

Polisaxaridlarning kimyoviy tuzilishi bo'yicha olingan ilmiy natijalar O'zR FA O'MKI ning Yuqori molekular o'simlik moddalari kimyosi laboratoriyasida bazaviy moliyalashtirish doirasida 2021-2025-yillarda amalga oshirilgan tadqiqotlarni bajarishda foydalanilgan (ma'lumotnoma №4/1255-2476 17 oktabr 2025 y.). Natijada, polisaxaridlarning biologik faolligining kimyoviy tuzilishiga bog'liqligini o'rganish ularning ta'sir mexanizmlarini ochishga imkon beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya tadqiqoti natijalari 9 ta ilmiy-amaliy konferensiya va simpoziumlarda, jumladan, 3 ta xalqaro va 6 ta respublika konferensiyalarida muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 8 ta ilmiy maqola, jumladan, Scopus jurnallarida 4 ta, MDH jurnalida 1 ta, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan jurnallarida 3 ta ilmiy maqola chop etilgan, 1 ta patent olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 107 betdan iborat.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiyaning mavzusining dolzarbligi va zarurati, maqsadi va vazifalari asoslab berilgan, tadqiqotning ob'ekti va predmeti ifodalangan, O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlanish yo'nalishlariga muvofiqligi keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchligi asoslangan, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etish asoslari keltirilgan va nashr qilingan ilmiy ishlar, dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar berilgan.

Dissertatsiyaning "Lamiaceae oilasiga mansub o'simliklar polisaxaridlari" deb nomlangan birinchi bobida Lamiaceae oilasiga mansub o'simliklar polisaxaridlarining xossalari, tuzilishi va biologik faolligi to'g'risidagi adabiyot ma'lumotlari keltirilgan.

Dissertatsiyaning "Stachys hissarica polisaxaridlari va ikki tur Scutellaria" nomli ikkinchi bobida o'simlikning yer ustki qismi va ildizidagi polisaxaridlarni o'rganish natijasida olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan.

Dissertatsiyaning uchinchi bobi "Tajriba qism" deb nomlanib, unda polisaxaridlarni ajratish, strukturasi kimyoviy va spektral tadqiq qilish usullari keltirilgan.

***Stachys hissarica* o'simligi polisaxaridlari**

Stachys hissarica o'simligining yer ustki qismidan, quyi molekular moddalarning ekstraksiyasidan so'ng, suvda eruvchan polisaxaridlar (SEPS), pektin

moddalari (PM) va gemitsellyulozalar (GMS) ajratib olindi hamda ularning unumi va monosaxarid tarkibi aniqlandi (1-jadval). 1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, o‘simlikning yer ustki qismida pektin moddalari (3.1%) va gemitsellyulozalar (5.78%) mos ravishda ustunlik qiladi, suvda eruvchan polisaxaridlar miqdori esa, 3.2% ni tashkil etadi. Ajratilgan polisaxaridlarning monosaxarid tarkibi neytral monosaxaridlar va uron kislotalardan iborat.

1-Jadval. *Stachys hissarica* o‘simligining yer ustki qismi uglevodlarining unumi va monosaxarid tarkibi

Polisaxaridlar	Ekstaktsiya sharoiti	Unumi, %	Monosaxarid tarkibi, YSSX, %					UA, %
			<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Rha</i>	
SEPS-s	H ₂ O, T=20°C	1.8	7.87	27.17	64.9	–	–	25.4
SEPS-q	H ₂ O, T=80-90°C	1.4	–	35.1	64.89	-	–	28.1
PM	C ₂ H ₂ O ₄ : (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ (1:1)	3.1	3.76	12.86	27.45	27.92	28.01	81.2
GMS-A	5% NaOH	1.3	3.24	–	24.91	–	71.85	+
GMS-B		5.4	11.02	–	40.35	–	48.63	+

Suvda eruvchan polisaxaridlar (SEPS) ajratib olingandan so‘ng, xomashyo qoldig‘idan ketma-ket tarzda unumi 3.1%, eterifikatsiya darajasi (ED) 78.4% bo‘lgan yuqori eterifikatsiyalangan pektin moddalari, hamda unumi mos ravishda 2.79% va 3.27% ni tashkil etgan gemitsellyulozalar GMS-A va GMS-B ajratib olindi.

Pektin moddalari (PM) krem rangli kukun bo‘lib, 0.1 n NaOH eritmasida to‘liq eriydi va nisbiy qovushqoqligi ($\eta_{\text{nisb.}}$) = 3.22 (c = 1.0; 0.1 n NaOH), $[\alpha]_{\text{D}} +148^{\circ}$ (c = 1.0; 0.1% NH₄OH) bo‘lgan qovushqoq eritma hosil qiladi. Qisman kislotali gidroliz va oksidlash natijalari *Stachys hissarica* pektin moddalarining asosiy zanjiri α -1,4-galakturonandan iborat ekanligi va neytral qandlar yon zanjirda joylashganligini ko‘rsatdi.

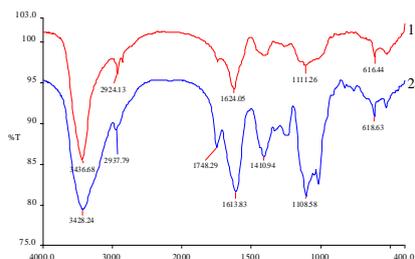
GMS-A va GMS-B qoramtir jigarrang amorf kukunlar bo‘lib, o‘zaro eruvchanligi bilan farqlanadi: GMS-A suyultirilgan ishqor eritmalarida to‘liq eriydi, GMS-B esa suvda eriydi. Gemitsellyulozalarda dominant monosaxarid ksiloza bo‘lib, bu biopolimerlarga xosdir.

Stachys hissarica ning yer ustki va ildiz qismlarida uglevodlar to‘planishining vegetatsiya davrlari bo‘yicha dinamikasi o‘rganildi. SEPS ning yuqori unumi yer ustki qismida vegetatsiya boshida (4.3%), PM va GMS - gullash davrida (mos ravishda 3.3 va 6.1%) ko‘proq to‘planishi kuzatildi. Ajratilgan barcha polisaxaridlar neytral monosaxaridlar va uron kislotalardan tashkil topgan bo‘lib, monosaxaridlarning miqdoriy tarkibi bilan farqlanadi.

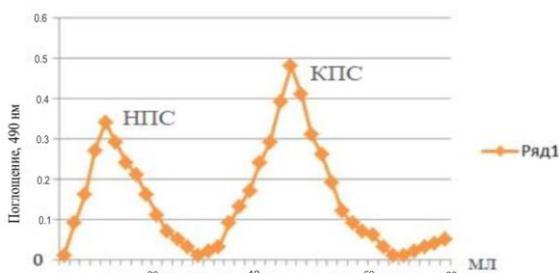
Stachys hissarica ning dastlabki xomashyosi va ikkilamchi resurslaridan ajratilgan polisaxaridlarni taqqoslash natijasi, ularning unumi va monosaxarid tarkibida keskin farq yo‘qligini ko‘rsatdi. Har ikki holatda asosiy monosaxaridlar galaktoza, glyukoza va arabinoza hisoblanadi. Biroq, o‘simlikning yer ustki qismidan olingan polisaxaridlar uron kislotalarning yuqoriligi (30.8–78.3%) bilan farq qiladi.

***Stachys hissarica* ning suvda eruvchan polisaxaridi**

SEPS-s - to‘q jigarrang rang kukun bo‘lib, molekulyar massasi 30–70 kDa ni tashkil etadi. Uning tarkibi galaktoza, glyukoza va arabinozadan iborat bo‘lib, ular orasidagi nisbati 1:3.5:8.3 ni tashkil etadi. Shuningdek, 25.4% uron kislotalar mavjudligi karbazol usuli yordamida aniqlangan. SEPS ning IQ-spektrida polisaxaridlarga xos quyidagi yutilish sohalari aniqlangan: 3436 cm^{-1} (OH-guruhi), 1742 cm^{-1} karbonil (C=O) guruhi, 1088 cm^{-1} piranoz halqasi, 1624 cm^{-1} karboksil (COOH) guruhi, 830 cm^{-1} α -glikozid bog‘i, 760 cm^{-1} β -glikozid bog‘i (1-rasm).



1-rasm. IQ-spektrlari 1-SEPS-s, 2-SEPS-q



2-rasm. SEPS DEAE-sellyuloza ustunida ajratish

SEPS namunasi DEAE-tsellyuloza ion-almashinish ustuni orqali o‘tkazildi va suv bilan yuvish natijasida neytral polisaxarid (NPS) 29% umum bilan olindi (2-rasm). NPS fraksiyalash jarayoni spirt yordamida amalga oshirilib, 4.7% dan 32.5% gacha unumga ega beshta fraksiya ajratib olindi (2-jadval). Birinchi uchta fraksiya o‘zaro monosaxarid tarkibi bo‘yicha miqdoriy farqlarga ega bo‘lsa, 4- va 5-fraksiyalarda ksilozaning yo‘qligi kuzatildi. Barcha fraksiyalarda arabinozaning ustunligi qayd etildi (2-jadval).

2-Jadval. *Stachys hissarica* NPS fraksiyasining unumi va monosaxarid tarkibi

Fraksiyalar	Unum, %	Monosaxarid tarkibi, % (YSSX)				
		<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Ara/Xyl</i>
Fr.1	6.5	20.9	7.1	37.2	34.8	–
Fr.2 (PS-St-2)	32.5	13.9	6.9	60.4	18.8	3.2:1
Fr. 3 (PS-St-3)	18.9	13.4	16.7	50.5	19.4	2.6:1
Fr.4	4.7	8.9	16.9	74.2	–	–
Fr.5	18.0	4.6	15.5	79.9	–	–

Arabinozaning yuqori miqdori 4- va 5-fraksiyalarda aniqlanib, ularning miqdori mos ravishda 74.23 va 79.87% ni tashkil etdi. Ushbu fraksiyalar monosaxarid tarkibiga ko‘ra galaktoglyukoarabanlarga mansubdir. 2- va 3-fraksiyalar esa nisbatan yuqori unumga ega bo‘lib, mos ravishda 32.5 va 18.9% ni tashkil etdi. Fraksiyalarning gomogenligini aniqlash maqsadida ular sefadeks G-100 ustuni orqali gel-xromatografiya usulida tahlil qilindi. Suv bilan yuvish natijasida PS-St-2 va PS-St-3 fraksiyalari olindi, ularning molekulyar massasi 43.8 va 29.5 kDa ni tashkil etdi. Fraksiyalarning asosiy monosaxaridlari arabinoza va ksilozadan iborat bo‘lib, ularning nisbati mos ravishda 3.2:1 va 2.6:1 ni tashkil etdi. Tuzilish tahlili ^{13}C va ^1H YaMR spektroskopiyasi usullari yordamida o‘rganildi.

PS-St-3 ning ^{13}C YaMR spektrida 66.32 m.u. da signal C-6 almashingan glyukopiranozaga tegishli. PS-St-3 ning ^1H YaMR spektrida 4.31 (H-1), 3.39 (H-2), 4.07 (H-4), 3.65 (H-5) va 3.88 m.u. (H-6) galaktopiranoza qoldiqlarining kimyoviy siljishi aniqlandi. 68.69 m.u. va 69.1 m.u. kimyoviy siljishlar $\rightarrow 6)$ - β -Galp-(1 \rightarrow) qoldiqlar mavjudligini ko'rsatdi, HSQC spektrida 76.64/3.64 m.u. da korrelyatsiya cho'qqilari C5/H5 galaktozaga tegishli.

3-Jadval. PS-St-2 va PS-St-3 fraksiyalarining ^1H va ^{13}C YaMR spektrlaridagi kimyoviy siljishlari

Monosaxarid qoldiqlari	Kimyoviy siljishlar (δ , m.u.)					
	C1/H1	C2/H2	C3/H3	C4/H4	C5/H5	C6/H6
PS-St-2						
$\rightarrow 6)$ - β -Galp-(1 \rightarrow)	103.48 4.31	73.77 3.39	-	68.69 4.07	76.77 3.65	69.91 3.88
$\rightarrow 3)$ - α -GlcP-(1 \rightarrow)	-	71.58 3.651	83.91 3.80	69.1 3.39	76.77 3.39	66.91 4.07
3)- α -Araf-(1 \rightarrow)	107.49 4.95	76.64 4.08	83.90 3.90	81.39 4.08	57.49 3.51(3.64)	-
$\rightarrow 4)$ - β -Xylp-1 \rightarrow	-	75.18 3.40	76,64 3.51	79,15 3.78	- 4.08;3.40	-
PS-St-3						
$\rightarrow 3,6)$ - β -Galp-(1 \rightarrow)	104.19 -	72.80 3.78	83.90 3.78	71.51 4.08	76.64 3.90	71.51 4.08 (3.90)
T- α -GlcP	-	72.28	-	3.40	-	61.33 3.64; 3.90
$\rightarrow 3)$ - α -GlcP-(1 \rightarrow)	103.48 -	72.28 3.51	83.90 3.78	-	76.64 3.40	66.32 4.04; 3.90
3)- α -Araf-(1 \rightarrow)	107.49 4.95	76.64 4.08	83.90 3.90	81.39 4.08	57.49 3.51 (3.64)	-
T- α -Araf-(1 \rightarrow)	109.32 5.12	79.15 4.08	81.39 3.78	83.90 -	61.33 3.64	-
$\rightarrow 4)$ - β -Xylp-1 \rightarrow	-	75.18 3.40	76.64 3.51	79.15 3.78	- 4.08;3.40	-

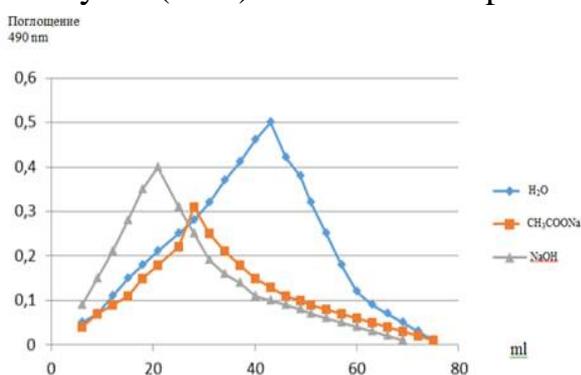
PS-St-2 va PS-St-3 ^{13}C YaMR spektrida signalarning katta qismi arabinoza qoldiqlariga tegishli ekanligi aniqlandi. $^{13}\text{C}/^1\text{H}$ anomer sohasida yuqori intensivlikdagi α -Araf qoldiqlarining signallari 109.32/5.12 m.u. da, shuningdek 3)- α -Araf-(1 \rightarrow) qoldiqlari - 107.49/4.95 m.u. da qayd etildi. Bu natijalar makromolekula tarkibida α -Araf-(1 \rightarrow 3)- α -Araf-(1 \rightarrow 3) fragmentining mavjudligini taxmin qilish imkonini berdi. 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow) qoldiqlarining C-1 va C-4 atomlariga mos keluvchi anomer proton va uglerod signallari mos ravishda 103.48–103.78 m.u. va 76.64–76.77 m.u. diapazonida joylashgan. YaMR spektroskopiya ma'lumotlari SEPS makromolekulasi α - 3)- α -Araf-(1 \rightarrow), 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow), $\rightarrow 3)$ - α -GlcP-(1 \rightarrow) va 3,6- β -Galp fragmentlaridan va qaytarilmaydigan uchida T- α -Araf va T- α -GlcP qoldiqlaridan iborat ekanligini ko'rsatdi. Olingan natijalarga asosanib, *St. hissarica* SEPS glyuko-va/yoki galaktoksiloarabanlardan tashkil topganligi isbotlandi.

Scutellaria polisaxaridlari

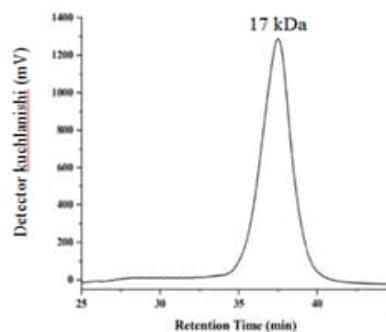
Scutellaria adenostegia glyukoarabinogalaktanlari

Scutellaria adenostegia ning yer ustki qismidan issiq suvda ekstraksiya qilish natijasida unumi 13% va Mm 37.5 kDa, monosaxarid tarkibi galaktoza (14%), glyukoza (5.6%), arabinoza (31%), ksiloza (4.4%) va uron kislotasidan (43.6%) tashkil topgan suvda eruvchan polisaxarid olindi.

SEPS oq rangli amorf kukun bo‘lib, suvda eriydi va yod bilan sifat reaksiyasini bermaydi, bu esa glukan turidagi polisaxaridlarning mavjud emasligini ko‘rsatadi. IQ-spektrida 1598 cm^{-1} da yutilish chizig‘ining mavjudligi oqsil komponentlarning borligini bildiradi. Ushbu oqsillar Sevaga usuli bilan olib tashlanib, tozalangan SEPS olindi. Tozalangan SEPS DEAE-tsellyuloza (CH_3COO^- shakli) ustunida suv, 0.1 N CH_3COONa va 0.5 N NaOH eritmalari yordamida yuvish yo‘li bilan ajratildi va natijada neytral (NPS) hamda nordon polisaxaridlari (NPS) olindi (4-jadval).



3-rasm. *S. comosa* III fraksiyasini DEAE-tsellyuloza ustini orqali fraksiyalash



4-rasm. GAG-Sa ning Sephadex G-75 da gel-xromatografiyasi

4-Jadval. *Scutellaria adenostegia* o‘simligining SEPS fraksiyalarining unumi va monosaxarid tarkibi

Fraksiyalar	Unum, %	Monosaxaridlar nisbati, %					GalA, %
		Gal	Glc	Ara	Xyl	Rha	
NPS	20.0	8.2	1.3	4.5	4.41	-	-
KPS, (CH_3COONa)	23.0	3.5	-	4.0	2.5	-	85
KPS, (NaOH)	47.0	1.1	12.7	-	1.2	-	90

Neytral polisaxarid (NPS) suvda to‘liq erib, tiniq eritma hosil qiladi. NPS ni fraksiyalash natijasida unumi 21%, monosaxarid tarkibi glyukoza (2.6%), galaktoza (28.5%), arabinoza (19.8%) dan tashkil topgan gomogen glyukoarabinogalaktan fraksiyasi olindi va GAG-Sa deb nomlandi.

Glyukoarabinogalaktan (GAG-Sa) – oq rangli amorf kukun, suvda yaxshi eriydi. Sefadeks G-75 gel-xromatografiyasi ma‘lumotlariga ko‘ra, gomogen bo‘lib, molekulyar massasi 17 kDa ga teng (rasm 4). GAG-Sa ning tuzilishi periyodat va xromli oksidlash, hamda metillash usullari bilan aniqlandi. Smit parchalanish reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan mahsulotlarda glitserin, galaktoza va arabinoza aniqlandi. Glitserin mavjudligi GAG-Sa makromolekulasida 1→2, 1→3 yoki 1→6 turdagi glikozid bog‘larining borligini ko‘rsatdi. Permetilat gidrolizati mahsuloti

tarkibida YQX usuli orqali ma'lum standart namunalarga taqqoslash asosida quyidagi metil hosilalari aniqlandi: 2,3,4,6-tetra-*OMe*-Galp, 2,3,4,6-tetra-*OMe*-GlcP, 3,4-di-*OMe*-Galp, 2,4-di-*OMe*-Galp, 2,3,4-tri-*OMe*-Galp, 2,3,4-tri-*OMe*-Araf va 2,5-di-*OMe*-Araf. Asosiy mahsulot sifatida 2,3,4-tri-*OMe*-Galp ning aniqlanishi polimer tarkibidagi monosaxarid qoldiqlari o'rtasida 1→6 turdagi glikozid bog'lanishlar mavjudligini ko'rsatadi. 2,4-di-*OMe*-Galp ning identifikatsiyasi asosiy zanjirda C-3 atomida yon tarmoqlanishlar mavjudligidan dalolat beradi. 2,3,4-tri-*OMe*-Araf va 2,4-di-*OMe*-Araf ning aniqlanishi esa arabinoza yon zanjirida qisqa Araf-(1→3)-Araf tipidagi fragmentlar borligini bildiradi. 2,3,4,6-tetra-*OMe*-Galp hamda 2,3,4,6-tetra-*OMe*-GlcP ning mavjudligi D-galaktoza va D-glyukoza qoldiqlari polisaxaridning qaytarilmaydigan uchlarida joylashganligini belgilaydi.

GAG-Sa peratsetatining xromli oksidlanishi natijalari, hosil bo'lgan yakuniy mahsulotning gidrolizi va QX tahlili glyukozaning α -konfiguratsiyaga ega ekanligini ko'rsatdi.

¹³C YaMR spektrida polisaxaridlarning asosiy komponentlari sifatida β -Galp, α -Araf qoldiqlari ekanligi aniqlandi (5-jadval). ¹H va ¹³C YaMR spektrlari tahlili natijasida eng kuchli signallar 1,6 va 1,3 bog'i bilan bog'langan β -D-galaktopiranoza hamda α -L-arabinofuranoza qoldiqlariga tegishli ekanligi taxlil qilindi. GAG-Sa ning ¹³C YaMR spektridagi δ_C 103.24, 110.19 m.u. anomer signallari galaktoza va arabinozaning C-1 atomlariga mos keladi.

5-Jadval. Glyukoarabinogalaktan GAG-Sa ning asosiy fragmentlarining ¹H va ¹³C YaMR spektrlaridagi kimyoviy siljishlari

Monosaxarid qoldiqlari	Kimyoviy siljishlar (δ , m.d.)					
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
→6- β -Galp-(1→	106.23 4.42	70.79 3.58	73.57 3.67	70.79 3.98	74.73 3.91	64.05 4.05
→3-Galp- β -1→	103.24 4.42	71.49 3.50	81.91 3.67	70.79 -	74.73 3.98	62.5 3.91 (3.67)
→3,6-Galp- β -1→	106.23 4.53	72.95 3.74	84.17 3.84	71.49 4.02	76.33 3.91	70.79 4.02
α -L-Araf-(1→	112.07	84.03	76.78	79.57	64.05	-
→3)- α -L-Araf-(1→	110.19 5.26	84.03 4.42	85.54 3.94	84.69 4.23	64.05 3.74	-
→3)- α -GlcP-1)→	-	72.95 3.58	81.9 3.78	74.53 3.91	70.79 3.35	66.10 3.85

Galaktoza va arabinoza qoldiqlaridagi almashingan uglerod atomlarining kimyoviy siljishlariga mos keluvchi almashinmagan monosaxaridlar bilan solishtirish orqali aniqlandi. 173.53 m.u. (C-6) va 3.67 / 55.73 m.u. (*OMe*) signallari 6-*OMe*- α -glyukuron kislotaga (α -GlcPA6-*OMe*) tegishli. GAG-Sa ning ¹³C YaMR spektrida 110.19 m.u. va 85.54 m.u. da qayd etilgan anomer va C-3 atomlariga tegishli signallar α -1,3 glikozid bog'i bilan bog'langan arabinofuranoza qoldiqlari mavjudligidan dalolat beradi.

Olingan natijalar majmui GAG-Sa ning strukturaviy fragmentini quyidagicha tasvirlash imkonini berdi:

Scutellaria comosa ning GAG-*Sco* glyukoarabinogalaktanining tuzilishi

Glyukoarabinogalaktan GAG-*Sco* amorf oq kukun bo‘lib, krem rangga ega, suvda to‘liq eriydi, $[\alpha]_D^{20} +25^\circ$ (c 0.1, H₂O) va YSSX bo‘yicha Mm 15 kDa ga ega. GAG-*Sco* permetilatining gidroliz mahsulotlari standart namunalar bilan YQX usuli orqali taqqoslanganda quyidagi komponentlar aniqlangan: 2,3,4,6-tetra-*OMe*-Galp, 2,3,4-tri-*OMe*-Galp, 3,4-di-*OMe*-Galp, 2,3,5-tri-*OMe*-Araf, 2,3-di-*OMe*-Araf, kam miqdorda 2,4,6-tri-*OMe*-Glc p. 2,3,4-tri-*OMe*-Galp ning aniqlanishi monosaxarid qoldiqlari orasida 1→6 turdagi glikozid bog‘lar mavjudligini ko‘rsatadi, 3,4-di-*OMe*-Galp ning aniqlanishi esa zanjirning C-2 atomi orqali tarmoqlanganligini bildiradi. 2,3,5-tri-*OMe*-Araf va 2,3-di-*OMe*-Araf ning aniqlanishi arabinozaning yon zanjir tarkibida oligosaxarid fragmentlari ko‘rinishida mavjudligini ko‘rsatadi.

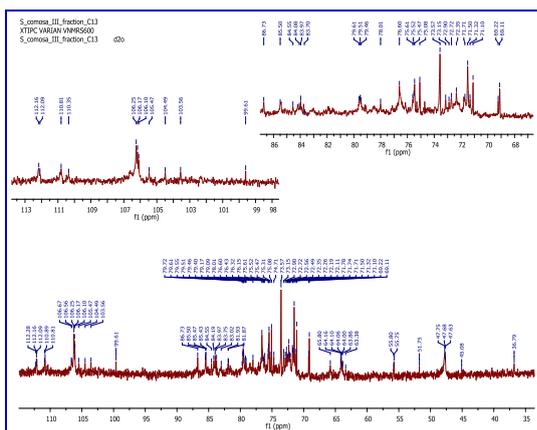
GAG-*Sco* ning tuzilishi spektral tahlillar 1D (¹H, ¹³C) va 2D (HSQC, HMBC, HSQC-TOCSY, NOESY) YaMR spektrlari tahliliga asoslanib isbotlandi. ¹H YaMR spektrida δ_H 4.49–5.26 m.u. oralig‘ida anomer atomlarining signallari kuzatildi. Spektrlarda polisaxaridlarning asosiy komponentlari sifatida β -galaktopiranoza va α -arabinofuranoza qoldiqlari aniqlangan, shuningdek β -D-Glc p-1→ ga tegishli 106.26/4.49 m.u. (C-1/H-1) sohasida kuchsiz signallar kuzatilgan. GAG-*Sco* ning asosiy zanjiri (1→6)-bog‘langan β -D-galaktopiranoza qoldiqlaridan tashkil topgan bo‘lib, ularning ayrimlari C-2 holatida yon tarmoqlar hosil qiladi. Yon zanjirlarning aksariyati arabinoza, glyukoza hamda oligosaxarid arabinofuranozil fragmentlaridan iborat.

7-jadval. GAG-*Sco* fragmentining ¹³C va ¹H YaMR spektrlarini kimyoviy siljishi

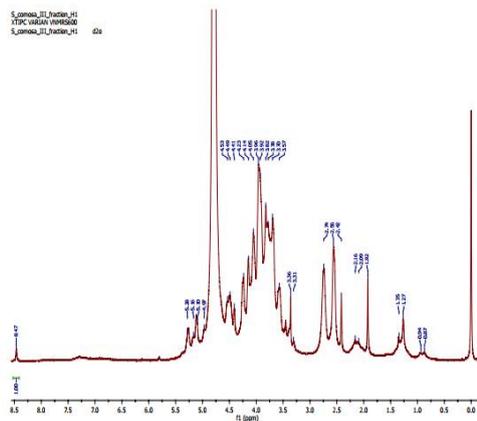
Monosaxarid qoldiqlar	Kimyoviy siljishlar (δ , m.d.)					
	C1/H1	C2/H2	C3/H3	C4/H4	C5/H5	C6/H6
→6)- β -Galp-(1→ (A)	103.57 4.76	73.58 3.57	75.09 3.69	71.12 3.96	76.59 3.91	69.13 3.67, 3.95
→2,6)- β -Galp-(1→ (B)	106.12 4.49	86.74 4.24	75.09 3.57	71.55 4.04	76.60 3.71	70.29 3.80, 3.90
β -D-Glc p-1→ (C)	106.26 4.49	73.58 3.57	75.48 3.69	71.52 3.98	76.59 3.93	64.11 3.73, 3.84
α -L-Araf-(1→ (D)	110.82 5.12	83.99 4.24	79.55 4.05	85.47 4.21	63.90 3.78, 3.93	-
→5)- α -L-Araf(1→ (E)	112.17 5.26	81.79 4.15	79.44 4.04	85.47 4.21	70.12 3.80, 3.91	-

Spektrda 103.57 va 69.13 m.u. sohalarida kuzatilgan kimyoviy siljishlar β -(1→6)-bog‘langan galaktopiranoza qoldiqlarining C-1 va C-6 atomlariga mos keladi. Anomer atomlarining kimyoviy siljish qiymatlari galaktopiranoza qoldiqlarining β -konfiguratsiyasiga ega ekanligini ko‘rsatadi. 106.26 m.u. dagi kimyoviy siljish terminal glyukopiranoza qoldig‘iga xos (7-jadval). Arabinoza makromolekula tarkibida furanoza shaklida mavjud (110.82/5.12 m.u.). δ 110.82 m.u. dagi kuchli

signal $T-\alpha\text{-Araf}$ ning C-1 atomiga, 112.17 va 110.37 m.u. dagi kimyoviy siljishlari esa $1,5-\alpha\text{-Araf}$ ning C-1 atomlariga tegishli. 103–106 m.u. oralig'idagi signallar turli bog'lanish turlariga ega galaktoza qoldiqlarining anomer uglerod atomlariga mos keladi (5-rasm). 86.74 m.u. va 70.29 m.u. dagi signallar $\rightarrow 2,6)\text{-}\beta\text{-Galp}$ -(1 \rightarrow qoldiqlarini, 103.57 m.u. dagi signal esa $T-\beta\text{-Galp}$ ning C-1 atomini ifodalaydi. Shuningdek, 19.33 (C-6)/1.26 (H-6), 71.95 (C-5)/1.26 (H-5) hamda 74.77 (C-4)/1.26 m.u. (H-4) dagi kuchsiz kimyoviy siljishlar ramnopiranoza qoldiqlari mavjudligini ko'rsatadi. Biroq, ramnozaning qaysi monosaxarid qoldig'iga birikkanligini aniqlashning imkoni bo'lmadi (4,5-rasm).

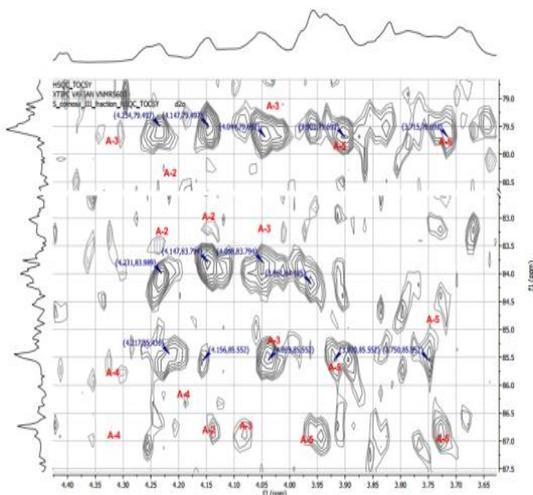


5-rasm. ^{13}C YaMR spektr GAG-ScO

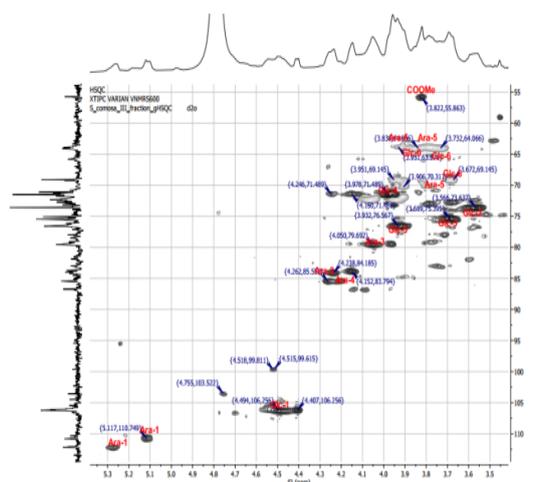


6-rasm. ^1H YaMR spektr GAG-ScO

Ikki o'lovli HSQC spektri va ^1H YaMR spektrining anomer sohalarida 5.12 va 5.26 m.u. dagi signallar mos ravishda $T-\alpha\text{-Araf}$ va $1,5-\alpha\text{-Araf}$ ning H-1 ga tegishli deb belgilandi. 4.76 m.u. va 4.41 m.u. dagi signallar esa mos ravishda $1,6-\beta\text{-Galp}$ va $T-\beta\text{-Galp}$ ning H-1 ga tegishli. $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ HSQC spektrining anomer atomlari rezonans sohasida 104.49/4.49 va 105.47/4.41 m.u. da joylashgan signallar guruhi kuzatildi; ular $\beta\text{-D}$ -galaktopiranoza qoldiqlarining anomer uglerod atomlariga mos keladi. COSY, HSQC-TOCSY va HSQC spektrlari tahlili natijasida 1,6-bog'i bilan bog'langan va terminal $\beta\text{-D}$ -galaktopiranoza qoldiqlari mavjudligi aniqlandi.



7-rasm. HSQC-TOCSY GAG-ScO spektri



8-rasm. HSQC GAG-ScO spektri

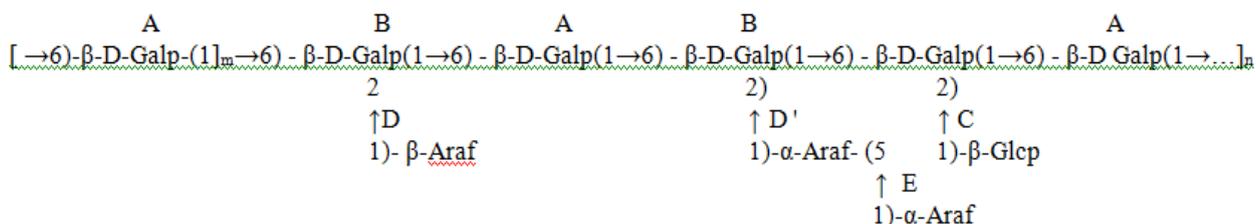
NOESY spektrida quyidagi o'zaro qoldiq kross-pik mavjudligi kuzatildi: H-1(A)/H-6(B), H-1(D')/H-5(E) va H-2(B)/H-1(D, E). HMBC spektrida esa 4.49/70.29

m.u. da joylashgan kesishuvchi cho‘qqi 1,6- β -Galp qoldig‘ining H-1 va C-6 atomlari orasidagi o‘zaro bog‘lanishni ifodalaydi.

Shuningdek, α -Araf ning H-1 (5.12 m.u.) va β -Galp ning C-2 (86.74 m.u.) atomlari orasida kross-pik kuzatildi, bu esa α -Araf qoldig‘ining 1,6- β -Galp ning C-2 holatida bog‘langanligini tasdiqlaydi. $\rightarrow 1-\alpha-L-Araf-(5\rightarrow 1)-\alpha-L-Araf$ oligosaxarid fragmentining mavjudligi esa 5.12 (5.26)/70.12 m.u. da qayd etilgan o‘zaro ta’sir signallari orqali aniqlangan (7 va 8-rasmlar). Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarga asoslanib, quyidagi o‘zaro qoldiq kross-piklar($\delta H/\delta C$) qayd etildi: 6A/1B, 1B/6A, 1D/2B, 1D’/2B, 5D’/1E, 1C/2B. Uglerod va proton atomlarining qolgan kimyoviy siljish qiymatlari 7-jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, GAG-Sco glukoarabinogalaktani tarmoqlangan polisaxarid bo‘lib, uning makromolekulasining asosiy zanjiri β -1,6 bog‘ bilan bog‘langan galaktopiranoza qoldiqlaridan tashkil topgan. Yon tarmoqlarida C-2 holatida terminal arabinofuranoza va glyukoza, shuningdek α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf oligosaxarid fragmenti joylashgan. GAG-Sco ning tuzilishi *S. adenostegia* glukoarabinogalaktani tuzilishidan yon zanjirining tarmoqlanishi bilan, *S. baicalensis* glukoarabinogalaktani tuzilishidan esa polimer tarkibida atsetil guruhlari yo‘qligi bilan farq qiladi.

Olingan natijalarga asoslanib, GAG-Sco asosiy fragmentlarining tuzilishi quyidagicha ifodalandi:



Scutellaria adenostegia va *S. comosa* ning pektin moddalari

S. adenostegia (PM-1, 14.3%) va *S. comosa* (PM-2, 3.5%) yer ustki qismlaridan pektin moddalari ajratib olinib o‘rganildi, fizik-kimyoviy xossalari va biologik faolligi aniqlandi.

PM-1 va PM-2 krem rangli oq kukunlar bo‘lib, ular suvda eriydi va nisbiy qovushqoqlik darajasi 3.2 va 5.2 (c 1.0; H₂O), Mm 187 va 288 kDa bo‘lgan qovushqoq eritmalar hosil qiladi. IQ spektrlarida pektin moddalariga xos bo‘lgan yutilish chiziqlari aniqlangan. 1370 va 1365 sm⁻¹ sohalarida yutilishlar mavjudligi eterifikatsiyalangan PM ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu ma’lumotlar titrimetrik tahlil natijalariga mos keladi. Titrimetrik tahlil natijalari ko‘ra, *S. adenostegia* o‘simligining pektin moddalari o‘rta darajadagi eterifikatsiyalangan (54%), *S. comosa* ning PM esa quyi eterifikatsiyalangan (44.4%) pektinlardir (8-jadval).

8-Jadval. *Scutellaria adenostegia* va *S. comosa* PM unumi, monosaxarid tarkibi

PM	Unum, %	Monosaxarid tarkibi, %					UA, %	Ker, %	Ket, %	ED, %
		Gal	Glc	Ara	Xyl	Rha				
PM-1 (<i>S. adenostegia</i>)	4.3	14.4	5.6	31.0	4.4	1.0	90.0	9.0	10.6	54.0
PM-2 (<i>S. comosa</i>)	3.5	5.6	1.0	11.6	–	5.5	85.0	2.7	2.16	44.4

K_{er} -erkin karboksillar guruhi, K_{et} -eterifikatsiyalangan karboksillar guruhi, ED-eterifikatsiya darajasi PM larning sifat jihatdan monosaxarid tarkibi bir xil, farq faqat miqdoriy nisbatlarida kuzatildi. Pektin moddalarida galaktoza va arabinozaning ustunligi qayd etilgan. PM-2 tarkibida galaktoza va arabinoza miqdori PM-1 dagiga nisbatan yuqoriroq. Bundan tashqari, PM-2 ramnoza miqdorining yuqoriligi bilan ajralib turadi. PM-1 va PM-2 uron kislotalari miqdori mos ravishda yuqori 90 va 85% bo'lib, bu pektin moddalarga xos xususiyat hisoblanadi (8-jadval).

Pektin moddalarning asosiy uglevod zanjiri tuzilishini o'rganish maqsadida ularni qisman kislotali gidrolizga uchratildi va natijada kislotada eruvchan hamda kislotada erimaydigan fraksiyalar olindi, ularning unumi mos ravishda 66% va 70% ni tashkil etdi. Kislotada erimaydigan qism galakturonan bo'lib, u 78% va 80% galakturon kislotasidan tashkil topgan. Barcha hollarda yuqori burish burchagi ($[\alpha]_D^{20} +258^\circ$ va $+243.8^\circ$, c 0.1%; NaOH) galaktopiranozil uron kislotasi qoldiqlari α -konfiguratsiyasiga ishora qiladi.

Galakturonanlar – oq amorf kukunlar bo'lib, kam ishqoriy muhitda eriydi. Ularning IQ-spektrlarida 1370 va 1365 sm^{-1} dagi yutilish sohalarining yo'qligi, O-CH₃ guruhlarining gidrolizga uchraganini ko'rsatadi.

Eritmaning yuqori qismi (kislotada eruvchan fraksiyalar) BaCO₃ bilan neytrallandi, so'ngra KU-2 (H⁺-forma) kationiti orqali deionizatsiya qilindi, keyin bug'latilib, spirt bilan cho'ktirildi. Hosil bo'lgan cho'kmalar odatdagidek ajratib olindi va natijada depolimerizatsiyalangan pektin moddalari - DPM-1 va DPM-2 (9-jadval) olindi. Eruvchanlik xususiyatlarini o'rganish jarayonida, DPM-2 fraksiyasi DPM-1 ga nisbatan suvda to'liq erishi aniqlandi. Ularning monosaxarid tarkibi 9-jadvalda keltirilgan. DPM-1 va DPM-2 dagi uron kislotalari miqdori mos ravishda 68 va 78% ni tashkil qiladi.

9-Jadval. DPM-1 va DPM-2 unumi va monosaxarid tarkibi

Depolimerizatsiyalangan pektin moddalari	Unum, %	Mm, kDa	Monosaxaridlar nisbati, GSX					GalA,%
			<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Rha</i>	
DPM-1	34	115	3.2	2.4	5.1	1.8	1.0	68.0
DPM-2	28	84	4.1	3.3	6.3	2.8	1.0	78.0

Shuni ta'kidlash kerakki, DPM-2 ni gidrolizi davomida Mm ning kamayishi va neytral qandlarning ajralib chiqishi kuzatildi. DPM larda dominant monosaxaridlar arabinoza va galaktozadir.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, *S. adenostegia* va *S. comosa* pektin moddalari makromolekulasining asosiy zanjiri α -1,4 bog' bilan bog'langan galakturon kislotasi qoldiqlaridan tashkil topgan.

POLISAXARIDLARNING BIOLOGIK FAOLLIGI

Stachys hissarica va *Scutellaria* polisaxaridlarining prebiotik faolligi

O'zR FA Mikrobiologiya institutida (k.f.n. Elova N.A.) *Stachys hissarica* va *Scutellaria* suvda eriydigan polisaxaridlari hamda pektin moddalarining prebiotik faolligi *Lactobacillus casei* K7 probiotik shtamining o'sishiga ta'siri bo'yicha o'rganildi. Polisaxaridlarning prebiotik faolligi *in vitro* sharoitida MRS (Hi-Media, Hindiston) ozuqa muhitida shtamning o'sish va rivojlanish dinamikasiga ta'sirini

tahlil qilish asosida baholandi. Ozuqa muhitiga polisaxaridlarning qo‘shilishi ularning o‘zlashtirilish jarayoniga turlicha ta‘sir ko‘rsatib, natijada tirik hujayralar sonining ortishi kuzatildi.

Olingan ma‘lumotlarning tahlili shuni ko‘rsatdiki, MRS bulyoniga *St. hissarica* SEPS kiritilishi *Lactobacillus casei* K7 o‘shini kuchli rag‘batlantirdi va tirik hujayralar sonining yuqori ko‘rsatkichini ta‘minladi (2×10^{10} KOE e/ml). Taqqoslash jarayonida *S. adenostegia* va *S. comosa* polisaxaridlari uchun bu ko‘rsatkich 4×10^9 va 9×10^8 , pektin moddalari (PM) uchun esa 2×10^9 , nazorat uchun 9×10^9 KOE e/ml ni tashkil qilgan. Bu natijalar *St. hissarica* SEPS ning *Scutellaria* polisaxaridlariga nisbatan yuqori prebiotik faollikka ega ekanini ko‘rsatadi.

***S. comosa* va *S. adenostegia* ning suvda eruvchan polisaxaridlari va pektin moddalarining immunologik faolligi**

O‘zR FA Immunologiya va odam genomikasi instituti bilan birgalikda *S. comosa* va *S. adenostegia* ning suvda eruvchan polisaxaridlari va pektin moddalarining immunologik faolligi (fagotsitar faolligi va fagotsitar ko‘rsatkichi) o‘rganilgan. Tadqiqotlar uchta guruhga bo‘linib, amalda 22 ta sog‘lom odamdan olingan venoz qondan foydalanilgan (10-jadval).

10-Jadval. Neytrofillarning fagotsitar faolligiga polisaxaridlarning ta‘siri

1 - guruh	2 - guruh	3 - guruh	
Neytrofillarning fagotsitar soni			
Venoz qon	Venoz qon + prednizolon	Venoz qon + prednizolon + polisaxarid namunalari	
10.2	6.3	SEPS <i>S.adenostegia</i>	4.5
		PM <i>S.adenostegia</i>	8.2
		SEPS <i>S. comosa</i>	8.5
		PM <i>S. comosa</i>	4.9

1-guruh - sog‘lom odamlarning vena qonidagi neytrofillar tomonidan yutilgan stafilokokk zarrachalarining o‘rtacha miqdori.

2-guruh - sog‘lom odamlarning vena qonidagi neytrofillar tomonidan yutilgan stafilokokk zarrachalarining o‘rtacha miqdori, namunada oldindan prednizolon bilan inkubatsiya qilingan.

3-guruh - sog‘lom odamlarning vena qonidagi neytrofillar tomonidan yutilgan stafilokokk zarrachalarining o‘rtacha miqdori, namunada oldindan prednizolon bilan va keyinchalik modda bilan inkubatsiya qilingan

Tadqiqotning dastlabki bosqichida fagotsitoz darajasi kamida 98% bo‘lgan, amalda sog‘lom odamlar tanlab olindi, bu esa keyingi bosqichlarda venoz qon namunalari tadqiqotlar o‘tkazish imkonini berdi. O‘rganilayotgan moddalarining qonga qo‘shilishi shuni ko‘rsatdiki, *S. adenostegia* SEPS va *S. comosa* PM neytrofillar tomonidan o‘ldirilgan stafilokokk zarralari sonining 28.6% ga qisqarishiga olib keldi. *S. adenostegia* PM so‘rilgan zarrachalar sonini 30% ga, *S. comosa* SEPS - prednizolon bilan dastlabki darajadan 35% ga ko‘paydi. Demak, neyrofillarning so‘rilish qobiliyati pasaygan holatda eng yuqori darajadagi rag‘batlantiruvchi xususiyatlar *S. comosa* ning SEPS va *S. adenostegia* ning PM ga tegishli ekanligi aniqlandi.

Shunday qilib, tadqiq qilinayotgan moddalar fagotsitoz jarayoniga, xususan, neyrofillarning fagotsitar indeksiga turlicha ta'sir ko'rsatdi.

***Scutellaria comosa* pektin moddalarining gastroprotektor faolligi**

S. comosa pektin moddalarining me'da yarasiga qarshi faolligi «atsetilsalitsil kislotali», «etanolli» va «stress» me'da yara modellarida o'rganildi (t.f.d. prof. V.N. Syrov). Natijalar shuni ko'rsatdiki, «atsetilsalitsil kislotali» yara modeli sharoitida PM ishonchli darajada gastroprotektor ta'sir namoyon etib, destruktiv o'zgarishlar sonini 84.8 % ga kamaytirdi, «etanolli» yara modelida esa bu ko'rsatkich 73.9 % ni tashkil etdi. «Stress-yara» modelida ham aniq gastroprotektor ta'sir kuzatilib, samaradorlik 61.78 % ni tashkil etdi. Aniqlanishicha, Mm 288 kDa va ED 44.4 % bo'lgan PM yaraga qarshi faolligi ularning me'da-ichak trakti devori sohasiga kirib borishi va antiyulserogen ta'sir ko'rsatish qobiliyati bilan bog'liqdir. O'tkazilgan barcha tajribalarda PMning ta'siri, plantaglyutsid (katta bargli *Plantago* o'simligidan olingan polisaxaridlar aralashmasi) dori vositasining ta'siriga nisbatan yanada yuqori ekanligi aniqlandi.

***S. adenostegia* va *S. comosa* polisaxaridlarining antimikrob faolligi**

S. adenostegia va *S. comosa* o'simliklaridan olingan polisaxaridlar hamda pektin moddalarining shartli-patogen mikroorganizmlarga qarshi antimikrob faolligi o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, *S. comosa* SEPS *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (15 mm), *Proteus mirabilis* 9 (15 mm) va *Bacillus subtilis* BKM (18 mm) shtamlarining o'sishini samarali tarzda ingibirlagan, holbuki *S. adenostegia* ning SEPS faqat *Bacillus subtilis* BKM (18 mm) shtamining o'sishiga ingibirlovchi ta'sir ko'rsatgan. Ikkala o'simlikdan olingan pektin moddalari *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (15 mm), *Proteus mirabilis* 9 (16 mm), *Bacillus subtilis* BKM (14 mm) o'sishini samarali darajada ingibirlagan.

Antibakterial faollikka ega fitovosita ishlab chiqish

Tabiiy vositalar manbalari imkoniyatini kengaytirish maqsadida *Scutellaria* polisaxaridlari va piyoz po'stlog'ining quruq suvli ekstrakti (PPQSE), *Allium cepa* asosida antibakterial faollikka ega fitovosita olindi. *S. adenostegia* va *S. comosa* ning suvda eruvchan polisaxaridlariga turli nisbatlarda PPQSE qo'shilishi ularning faolligini sefazolin bilan solishtirganda sezilarli darajada oshirganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, *S. comosa* SEPS va PPQSE 1:0.5 nisbatda qo'shilganda eng samarali natija kuzatilgan – bu holatda *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (18 mm), *Proteus mirabilis* 9 (20 mm), *Staphylococcus aureus* (18 mm) va *Bacillus subtilis* BKM (19 mm) bakteriyalarining o'sishini samarali ravishda to'xtatgan.

Piyoz po'stlog'i ekstraktiga SEPS qo'shilishi fitovositaning antimikrob faolligini oshirishga yordam berdi. Ehtimol, buning sababi, piyoz ekstrakti mikroblarni bevosita bostiradi, biroq undagi fenol birikmalari tezda parchalanishi barqarorlikning pasayishiga olib keladi. Shu sababli, SEPS qo'shilishi faol birikmalarning barqarorligini oshiradi. Bundan tashqari, SEPS faol moddalarning

yuzaga teng taqsimlanishini ta'minlab, ularning mikroblarga kirishini osonlashtiradi. Bularning barchasi fitovositaning antimikrob faolligini oshirishga xizmat qiladi, ya'ni SEPS tashuvchi vazifasini bajaradi.

XULOSALAR

1. Ikki tur *Scutellaria* va *Stachys hissarica* o'simliklaridan uglevod kompleksi ajratib olingan, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda monosaxarid tarkibi aniqlangan. *Stachys hissarica* o'simligining turli organlarida polisaxaridlarning to'planish dinamikasi o'rganilib, unda suvda eruvchan polisaxaridlarning eng yuqori miqdori o'sish davrining boshlanish bosqichida, pektin moddalarning esa gullash davrida kuzatilgan.

2. Birinchi marta *Stachys hissarica* yer ustki qismlaridan ajratib olingan suvda eruvchan polisaxaridlari arabinozaga boy ikki asosiy polisaxarid: gluko- va/yoki galaktoksiloarabanlardan tashkil topganligi aniqlangan.

3. Birinchi marta *Scutellaria adenostegia* va *Scutellaria comosa* ning suvda eruvchan polisaxaridlaridan gomogen GAG-Sa va GAG-Sco glukoarabinogalaktanlari olingan.

4. GAG-Sa va GAG-Sco glukoarabinogalaktanlarining asosiy zanjiri β -1,6 glikozid bog'i bilan bog'langan galaktopiranoza qoldiqlaridan tashkil topgan bo'lib, ular yon tarmoqlarga ega ekani aniqlandi. Shuningdek, GAG-Sa polisaxaridining C-3 holatidagi yon zanjiri β -D-Galp, α -D-Glcp, α -L-Araf qoldiqlari va ularning 1,3-bog'langan oligomeri hamda β -D-Galp-(6 \rightarrow 1)- β -D-GlcA6OMe tipidagi disaxarid fragmenti bilan ifodalanganligi ko'rsatilgan.

5. GAG-Sco glyukoarabinogalaktanning yon zanjirida C-2 holatda terminal arabinofuranoza, glyukopiranoza, hamda α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf oligosaxarid fragmenti mavjudligi isbotlangan.

6. *Scutellaria adenostegia* va *Scutellaria comosa* o'simliklarining yer ustki qismlaridan ajratilgan polisaxaridlarning gastroprotektor, fagotsitar va antimikrob faolliklari aniqlangan va biologik faollikka birinchi navbatda makromolekula zanjirining tarmoqlanganligi va yon zanjirdagi oligosaxarid fragmentlari, monosaxarid qoldiqlari va glikozid bog'larining turlari muhim hissa qo'shishi ko'rsatilgan.

7. Birinchi marta *Scutellaria comosa* suvda eruvchan polisaxaridi va piyoz po'stlog'ining quruq suvli ekstrakti (*Allium cepa* L.) asosida antimikrob ta'sirga ega fitovosita olingan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 02/30.01.2020.К/Т.104.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

СИДДИКОВА АЗИЗАХОН АБДУГАФФОРОВНА

**ПОЛИСАХАРИДЫ ДВУХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ *SCUTELLARIA* И
*STACHYS HISSARICA***

02.00.10 – Биоорганическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам**

Ташкент-2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2019.2.PhD/K206.

Диссертация выполнена в Институте химии растительных веществ.
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.uzicps.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Рахманбердыева Рано Каримовна
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Нормахаматов Подирали Сахобаталиевич
доктор химических наук

Шомуратов Шавкат Абдуганиевич
доктор химических наук

Ведущая организация:

Национальный Университет Узбекистана

Защита диссертации состоится « 9 » декабрь 2025 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.01.2020.K/T.104.01 при Институте химии растительных веществ (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77. Тел.: 71 262-59-13, факс: (99871) 262-73-48), e-mail plant_inst@icps.org.uz, ixrv@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии растительных веществ (регистрационный номер № 34). (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77. Тел.: 262-59-13, факс: (99871) 262-73-48, e-mail: khidirova.nazira@mail.ru)

Автореферат диссертации разослан « 27 » ноябрь 2025 года.
(реестр протокола рассылки 27 от 27.11. 2025 года).



Ш.Ш. Сагдуллаев

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, академик

Н.К. Хидирова

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, кандидат химических наук, старший научный сотрудник

Э.Х. Ботиров

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, доктор химических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (Автореферат диссертации доктора философских наук)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время растения являются неисчерпаемым источником природных соединений с разнообразной химической структурой и широким спектром биологической активности. Изучение состава, химического строения и биологической активности растительных веществ, с одной стороны, развивает биоорганическую химию и приводит к появлению в ней новых направлений, а с другой - становится основой для создания современных эффективных лекарственных средств и внедрения их в медицинскую практику, а также в другие отрасли промышленности.

На сегодняшний день в нашей республике имеется ряд растений, обладающих эффективными лекарственными свойствами. Среди них растения родов *Scutellaria* и *Stachys* (сем. Lamiaceae) являются богатыми источниками биологически активных веществ, в первую очередь, это связано с вторичными метаболитами растений, состоящими из флавоноидов, иридоидов, ди-, тритерпеновых соединений, которые являются характерными для данных родов растений и обладают широким спектром биологической активности. Однако, после выделения низкомолекулярных соединений в остатке растения остаются биологически активные высокомолекулярные соединения: белки, углеводы, которые до настоящего времени полностью не изучены. Поэтому всестороннее изучение местных растений *Scutellaria* и *Stachys* и их вторичных ресурсов дает возможность полного установления химического состава растений, а с другой стороны, решает проблему безотходного использования растительных ресурсов.

В настоящее время в литературе имеются сообщения об изучении полисахаридов *Scutellaria baicalensis* и *S. barbata*, обладающих антиоксидантной, противоопухолевой активностью, но полная информация о химическом составе и полезных свойствах углеводов растений *Scutellaria* и *Stachys*, произрастающих в республике Узбекистан отсутствует. В этой связи исследование полисахаридов растений родов *Scutellaria* и *Stachys* местного региона является актуальной задачей.

Данное диссертационное исследование служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-55 от 21 января 2022 года «О мерах по дальнейшему ускоренному развитию фармацевтической отрасли республики в 2022-2026 годах»¹ и № УП -60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»² а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики: V. «Химические науки, химические технологии и нанотехнологии» и VI. «Медицина и фармакология».

¹«О мерах по дальнейшему ускоренному развитию фармацевтической отрасли республики в 2022-2026 годах» Указ Президента Республики Узбекистан УП-55 от 21 января 2022 года»

²«О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» Указ Президента РУз УП-60 от 28 января 2022 года»

Степень изученности проблемы. Зарубежными учеными проведены исследования по выделению, установлению строения и биологической активности полисахаридов растений сем. Lamiaceae. В развитие этого направления значительный вклад внесли такие зарубежные ученые, как Pengda Sun, Hanqing Li, Juan Su, Li Li, Xiaoyi Xu, Xiao-Kun Yang, Yanwei Wang, Song Gaochen, Li Cui, Xiangyang Wu, Chun-Lin Ye, Л. М. Захарова, Д.Н. Оленников, В.Б. Хобраков. Д.Н. Оленниковым и др. были изучены полисахариды надземных частей *Scutellaria barbata* и *S. baicalensis*. Установлено строение арабиногалактанов и выявлена их биологическая активность. Из надземной части *S. baicalensis* получен ацетилованный глюкоарабиногалактан, а из корней - глюкан. Song Gaochen с соавторами из *Scutellaria barbata* выделили полисахарид с противоопухолевой активностью.

Ученые нашей республики А.О. Арифходжаев, А. Курбанова, Д.А. Рахимов, Д.З. Азизов, Р.К. Рахманбердыева, В.Н. Сыров, З.А. Хушбактова, Д.К. Огай, Н.А. Элова изучали структуру галактансодержащих полисахаридов и выявили их биологическую активность.

Анализ литературных данных показал, что наряду с достигнутыми успехами, практически не изучены полисахариды растений родов *Scutellaria* и *Stachys hissarica* местного региона.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательского фундаментального проекта Института химии растительных веществ АН РУз: № ФА-Ф6-007 «Исследование полисахаридов лекарственных растений и их модифицированных форм» (2017-2020 гг.)

Цель диссертационной работы - исследование полисахаридов растений *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* и *Stachys hissarica*. Установление структуры, свойств глюкоарабиногалактанов и выявление их специфической биологической активности.

Задачами исследования являются:

- выделение различных групп полисахаридов (водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы) из корней и надземных частей *Stachys hissarica*, *Scutellaria adenostegia* и *S. comosa*. Проведение анализа их физико-химических параметров и мономерного состава.

- изучение содержания углеводного комплекса надземных органов и корней *Stachys hissarica* по периодам вегетации;

- установление строения водорастворимого полисахарида *St. hissarica*;

- выделение индивидуальных фракций - глюкоарабиногалактанов из *Scutellaria adenostegia* и *S. comosa*, установление их строения химическими (перйодатное и хромовое окисление, метилирование) и спектральными (ГХ/МС, ¹³С и ¹Н ЯМР спектроскопия) методами;

- выявление биологической активности исследуемых полисахаридов и изучение влияния структуры полисахаридов на их биологическую активность;

- разработка антибактериального средства на основе полисахаридов и сухого водного экстракта шелухи лука (*Allium cepa*).

Объектом исследования являются надземные части *S. adenostegia*, *S. comosa* и их вторичные отходы, а также надземные органы и корни *St. hissarica*.

Предметом исследования являются выделение водорастворимых полисахаридов, пектиновых веществ, гемицеллюлоз и глюкоарабиногалактанов, установление структуры химическими и спектральными методами, выявление их биологической активности.

Методы исследования. В работе использованы химические методы исследования: полный кислотный гидролиз, перйодатное и хромовое окисление, метилирование полисахаридов. Аналитические методы: качественный и количественный анализ моносахаридного состава полисахаридов, титриметрические методы определения степени этерификации пектиновых веществ. Физико-химические методы: ВЭЖХ, ИК-, ГХ, ГХ/МС, ^{13}C и ^1H ЯМР-спектроскопии, двумерные (^1H , COSY, HSQC, HSQC-TOCSY, HMBSC) спектральные методы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

впервые из надземных частей *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* и *Stachys hissarica*, после выделения низкомолекулярных соединений, экстрагированы водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГМЦ), определены их физико-химические характеристики и мономерный состав;

из *Stachys hissarica* выделены фракции водорастворимых полисахаридов PS-St-2 и PS-St-3 с Мм 43.8 и 29.5 кДа, в составе моносахаридов которых преобладают остатки арабинозы (50.54 и 60.41%);

данные химического анализа и ЯМР-спектроскопии показали, что макромолекулу ВРПС составляют α -3)- α -Araf-(1 \rightarrow), 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow и \rightarrow 3)- α -GlcP-(1 \rightarrow , 3,6- β -GalP участки, а на невозстанавливаемом конце находятся остатки T- α -Araf и T- α -GlcP. На основании полученных результатов показано, что ВРПС *St. hissarica* состоит из глюко- и/или галактоксилаарабанов;

впервые из ВРПС *Scutellaria adenostegia* и *S. comosa* выделены глюкоарабиногалактаны GAG-Sa и GAG-Sco. Химическими и спектральными методами установлено, что глюкоарабиногалактаны GAG-Sa и GAG-Sco являются разветвленными полисахаридами, основная цепь макромолекулы состоит из β -1,6 связанных галактопиранозных остатков и отличаются между собой боковыми цепями. Боковая цепь в GAG-Sa представлена единичными остатками β -D-галактопиранозы, α -D-глюкопиранозы, α -L-арабинофуранозы и ее 1,3 связанными дисахаридными фрагментами, а также присутствием 6-ОМе- α -глюкуроновой кислоты, присоединенной к основной цепи по С-3. В случае GAG-Sco в положении С-2 находятся терминальные арабинофураноза и глюкоза, а также α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf олигосахаридные фрагменты.

выявлена пребиотическая активность ВРПС *Stachys hissarica* и *S. comosa* на рост пробиотического штамма *Lactobacillus casei* К7. Анализ полученных данных показал, что внесение ВРПС *St. hissarica* в МРС-бульон вызывает более выраженную стимуляцию роста *Lactobacillus casei* К7 и обеспечивает высокий титр жизнеспособных клеток (2×10^{10} КОЕ/мл), по сравнению с ВРПС *Scutellaria comosa* и контролем (9×10^9 КОЕ/мл);

впервые показано влияние водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *S. adenostegia* и *S. comosa* на процесс фагоцитоза, а именно на фагоцитарный индекс нейтрофилов;

показано, что противоязвенная активность ПВ *S. comosa* связана с такими физико-химическими параметрами, как молекулярная масса, вязкость, степень этерификации, особенно гелеобразующее свойство.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: показана высокая пребиотическая активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *Stachys hissarica* против штамма *Lactobacillus casei* K7.

Выявлено гастропротекторное свойство пектиновых веществ *S. comosa*.

Впервые разработано фитосредство с антимикробной активностью на основе полисахаридов *S. comosa* и сухого водного экстракта шелухи *Allium cepa*

Достоверность результатов исследований достигнута применением современных методов физического, спектрального и биологического анализа для определения структуры, физико-химических свойств и биологической активности выделенных полисахаридов. Полученные результаты обсуждались на международных и республиканских научных конференциях, опубликованы в рецензируемых зарубежных научных изданиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что получены новые сведения о свойствах, структуре и биологической активности полисахаридов *Stachys hissarica*, *Scutellaria adenostegia* и *S. comosa*. Проведен сравнительный анализ структуры глюкоарабиногалактанов *S. adenostegia* и *S. comosa* и их биологической активности. В результате получены сравнительные сведения об их строении и взаимосвязи с фагоцитарной и антимикробной активностью. Показано, что важный вклад в биологическую активность, в первую очередь, вносит разветвленность основной цепи, в том числе, различия олигосахаридных фрагментов, моносахаридных остатков и типов гликозидных связей боковых цепей макромолекулы.

Практическая значимость работы заключается в том, что исследовано влияние полисахаридов на иммунологическую активность (фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс). Показано, что введение ВРПС *Scutellaria comosa* приводит к увеличению количества захваченных нейтрофилами частиц убитого стафилококка на 35%, а ПВ *Scutellaria adenostegia* – 30% от исходного уровня с преднизалоном. Это дает возможность применять их для диагностики первичных и вторичных иммунодефицитных состояний.

Получены заключения от Института Иммунологии и геномики человека АН РУз (25.07.2025 год) о фагоцитарной активности полисахаридов двух видов *Scutellaria* и ООО AllWellLab Института Микробиологии о пребиотической активности полисахаридов *Stachys hissarica* и *Scutellaria* (14.08.2023 год) и заключение Института химии растительных веществ АН РУз о противовоспалительной и гастропротекторной активности пектиновых веществ *Scutellaria comosa* (12.05.2022 год). Полученные данные позволят создать средства с антимикробной, фагоцитарной и противоязвенной активностью.

Внедрение результатов исследования.

Впервые на основе полисахаридов *Scutellaria comosa* и сухого водного экстракта шелухи *Allium cepa* L. разработано антимикробное фитосредство, которое способствовало подавлению роста *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114, *Proteus mirabilis* 9, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis* ВКМ. В результате фитосредство позволит расширить ассортимент препаратов с пребиотическим и антибактериальным действием, в том числе, в отношении антибиотикорезистентных форм микроорганизмов.

На основе результатов научных исследований получен патент РУз IAP 7778 (регистрирован в реестре 30.07.2024) на способ получения антимикробного средства.

Результаты по исследованию биологической активности полисахаридов были использованы при выполнении задач базового финансирования (2021-2025 г.г), выполняемых в лаборатории химии высокомолекулярных растительных веществ ИХРВ АН РУз (Справка №4/1255-497 27 февраль 2025 г.). Результаты исследований пребиотической, фагоцитарной и антимикробной активности полисахаридов позволяют создавать на их основе новые лекарственные средства.

Научные результаты по химической структуре полисахаридов были использованы в исследованиях, выполняемых в 2021-2025 годах в рамках базового финансирования в лаборатории химии высокомолекулярных растительных веществ ИХРВ АН РУз (Справка 4/1255-2476 от 17 октября 2025 г.). Результаты установления зависимости биологической активности полисахаридов от их химической структуры позволяют раскрыть их механизмы действия.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования были представлены и обсуждены на 9 научно-практических конференциях и симпозиумах, в том числе, на 3 международных и 6 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, из них 4 научные статьи, индексируемые в журналах Scopus, 1 – в журнале СНГ, 3- рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве Высшего образования, науки и Инноваций Республики Узбекистан. Получен 1 патент.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность, востребованность, цель и задачи исследования, характеризуются объекты и предметы, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Полисахариды растений семейства *Lamiaceae*» приводится обзор литературных данных по свойствам, структуре и биологической активности полисахаридов растений сем. *Lamiaceae*.

Во второй главе диссертации «Полисахариды *Stachys hissarica* и двух видов *Scutellaria*» приводятся данные собственных исследований, полученные при изучении полисахаридов надземных и подземных органов растений.

Третья глава диссертации называется «Экспериментальная часть» и представляет методы выделения полисахаридов и изучения их структуры химическими и спектральными методами.

Полисахариды *Stachys hissarica*

Из надземной части *Stachys hissarica*, после экстракции низкомолекулярных веществ, выделяли водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГМЦ), установили их количественное содержание и моносахаридный состав (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что в надземной части наблюдается преобладание пектиновых веществ (3.1%) и гемицеллюлоз (5.78%) соответственно, а содержание ВРПС составляет 3.2%. Моносахаридный состав, выделенных полисахаридов, представлен нейтральными моносахаридами и уроновыми кислотами.

Таблица 1. Выход и моносахаридный состав углеводов надземной части *Stachys hissarica*

Полисахариды	Условия экстракции	Выход, %	Содержание моносахаридов, ВЭЖХ, %					UA, %
			<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Rha</i>	
ВРПС-х	H ₂ O, T=20°C	1.8	7.87	27.17	64.90	–	–	25.4
ВРПС-г	H ₂ O, T=80-90°C	1.4	–	35.10	64.89	–	–	28.1
ПВ	C ₂ H ₂ O ₄ :(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ (1:1)	3.1	3.76	12.86	27.45	27.92	28.01	81.2
ГМЦ-А	5% NaOH	1.3	3.24	–	24.91	–	71.85	+
ГМЦ-Б		5.4	11.02	–	40.35	–	48.63	+

После выделения ВРПС из остатка сырья последовательно выделили высокоэтерифицированные пектиновые вещества с выходом 3.1% и СЭ=78.4% и гемицеллюлозы ГМЦ-А и ГМЦ-Б с выходами: 2.79% и 3.27% соответственно.

Пектиновые вещества (ПВ) - порошок кремового цвета, полностью растворяются в 0.1 н. NaOH и образуют вязкий раствор ($\eta_{\text{отн}}$) 3.22 (с 1.0; 0.1 н. NaOH), $[\alpha]_D^{+148}$ (с 1.0; 0.1% NH₄OH). Результаты частичного кислотного гидролиза с последующим окислением показали, что ПВ *St. hissarica* представляют собой полимер, основную цепь которого составляет α -1,4 - галактуронан, а нейтральные сахара занимают периферическое место относительно основной цепи.

ГМЦ-А и ГМЦ-Б - темно-коричневые аморфные порошки, отличаются растворимостью. ГМЦ-А полностью растворяется в разбавленных растворах щелочи, ГМЦ-Б - в воде. Доминирующим моносахаридом в гемицеллюлозах является ксилоза, что характерно для этих биополимеров.

Изучена динамика накопления углеводов в подземных и надземных органах *St. hissarica* по периодам вегетации. Показано, что высокое содержание

ВРПС наблюдалось в начале вегетации (4.3%), а ПВ и ГМЦ больше накапливаются в надземной части в периодах цветения (3.3 и 6.1% соответственно). Все выделенные полисахариды состоят из нейтральных моносахаридов и уроновых кислот, отличались количественным содержанием моносахаридов. Сравнительное изучение полисахаридов исходного сырья *St. hissarica* и его вторичных ресурсов показало, что полисахариды по выходу и моносахаридному составу резко не различаются. В обоих случаях доминирующими моносахаридами являются галактоза, глюкоза, арабиноза. Но полисахариды, выделенные из надземной части *St. hissarica* отличаются повышенным содержанием уроновых кислот от 30.8 до 78.3%.

Совокупность полученных результатов позволила установить, что все выделенные полисахариды отличаются по моносахаридному составу и являются гетерополисахаридами.

Водорастворимый полисахарид *Stachys hissarica*

ВРПС-х порошок темно-коричневого цвета с Мм 30-70 кДа, состоит из галактозы, глюкозы, арабинозы в соотношении 1:3.5:8.3 и уроновых кислот (25.4%), определенных карбазольным методом. В ИК-спектрах ВРПС выявлены полосы поглощения 3436 см^{-1} (ОН-группы), 1742 см^{-1} (C=O), 1088 см^{-1} (пиранозное кольцо), 1624 см^{-1} (COOH), 830 см^{-1} (α -гликозидная связь) и 760 см^{-1} (β -гликозидная связь), относящиеся к полисахаридам (рис. 1).

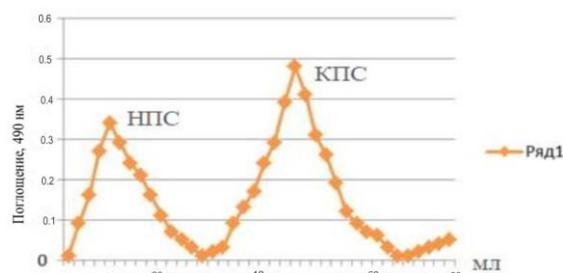
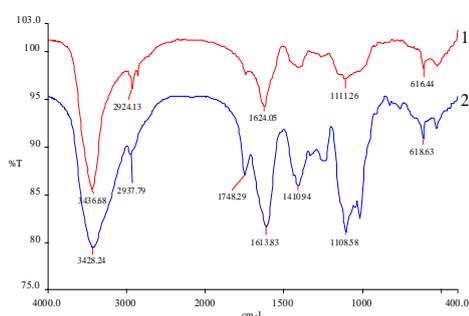


Рис. 1. ИК-спектры: 1-ВРПС-х 2- ВРПС-г; Рис. 2. Разделение ВРПС на ДЭАЭ-целлюлозе

ВРПС пропускали через ионообменную колонку с ДЭАЭ-целлюлозой, элюируя водой получили нейтральный полисахарид (НПС) с выходом 29% (рис. 2). Фракционированием НПС спиртом получили пять фракции с выходами от 4.7 до 32.5% (табл. 2). Первые три фракции количественно отличались по моносахаридному составу, фракции 4 и 5 - отсутствием ксилозы. Во всех фракциях наблюдалось преобладание арабинозы (табл. 2).

Таблица 2. Содержание и моносахаридный состав фракций НПС *S.hissarica*

Фракции	Выход, %	Моносахаридный состав, % (ВЭЖХ)				
		<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Ara/ Xyl</i>
Фр.1	6.5	20.9	7.1	37.2	34.8	–
Фр. 2 (PS-St-2)	32.5	13.9	6.9	60.4	18.8	3.2:1
Фр. 3 (PS-St-3)	18.9	13.4	16.7	50.5	19.4	2.6:1
Фр.4	4.7	8.9	16.9	74.2	–	–
Фр.5	18.0	4.6	15.5	79.9	–	–

Высокое содержание арабинозы наблюдалось во фракциях 4 и 5, где оно составляло 74.23 и 79.87% соответственно, эти фракции по моносахаридному составу относятся к галактоглокоарабанам. Фракции 2 и 3 имели высокие выходы 32.5 и 18.9% соответственно. Для установления гомогенности обе фракции гель-хроматографировали через колонки с сефадексом G-100. Элюируя водой получили фракции PS-St-2 и PS-St-3 с молекулярной массой 43.8 и 29.5 кДа. Основными моносахаридами фракции являются арабиноза и ксилоза в соотношении 3.2:1 и 2.6:1 соответственно. Структуры изучали методами ЯМР ^{13}C и ^1H спектроскопии. В спектре ЯМР ^{13}C PS-St-3 сигнал 66.32 м.д. относится к С-6 замещенной глюкопиранозы. В спектре ЯМР ^1H PS-St-3 обнаружены химические сдвиги галактопиранозных остатков 4.31 (H-1), 3.39 (H-2), 4.07 (H-4), 3.65 (H-5) и 3.88 м.д. (H-6). Химические сдвиги при 68.69 м.д. и 69.1 м.д. свидетельствовали о присутствии $\rightarrow 6$)- β -Galp-(1 \rightarrow остатков, корреляционные пики при 76.64/3.64 м.д. в спектре HSQC относятся к C5/H5 галактозы.

Таблица 3. Химические сдвиги ЯМР ^1H и ^{13}C спектров фракций PS-St-2 и PS-St-3

Остатки сахаров	Химические сдвиги δ (^{13}C), м.д.					
	C1/H1	C2/H2	C3/H3	C4/H4	C5/H5	C6/H6
PS-St-2						
$\rightarrow 6$)- β -Galp-(1 \rightarrow	103.48 4.31	73.77 3.39	-	68.69 4.07	76.77 3.65	69.91 3.88
$\rightarrow 3$ - α -GlcP-(1 \rightarrow	-	71.58 3.65	83.91 3.80	69.1 3.39	76.77 3.39	66.91 4.07
3)- α -Araf-(1 \rightarrow	107.49 4.95	76.64 4.08	83.90 3.90	81.39 4.08	57.49 3.51(3.64)	-
$\rightarrow 4$)- β -Xylp-1 \rightarrow	-	75.18 3.40	76.64 3.51	79.15 3.78	- 4.08;3.40	-
PS-St-3						
$\rightarrow 3,6$)- β -Galp-(1 \rightarrow	104.19 -	72.80 3.78	83.90 3.78	71.51 4.08	76.64 3.90	71.51 4.08 (3.90)
T- α -GlcP	-	72.28	-	3.40	-	61.33 3.64;3.90
$\rightarrow 3$ - α -GlcP-(1 \rightarrow	103.48 -	72.28 3.51	83.90 3.78	-	76.64 3.40	66.32 4.04;3.90
3)- α -Araf-(1 \rightarrow	107.49 4.95	76.64 4.08	83.90 3.90	81.39 4.08	57.49 3.51(3.64)	-
T- α -Araf-(1 \rightarrow	109.32 5.12	79.15 4.08	81.39 3.78	83.90 -	61.33 3.64	-
$\rightarrow 4$)- β -Xylp-1 \rightarrow	-	75.18 3.40	76.64 3.51	79.15 3.78	- 4.08;3.40	-

В спектре ЯМР ^{13}C PS-St-2 и PS-St-3 значительно больше сигналов принадлежат арабинозным остаткам. В аномерной области $^{13}\text{C}/^1\text{H}$ отмечаются сигналы остатков α -Araf с высокой интенсивностью при 109.32. /5.12 м.д. и 3)- α -Araf-(1 \rightarrow при 107.49/4.95 м.д., что позволяет предположить присутствие α -Araf-(1 \rightarrow 3)- α -Araf-(1 \rightarrow 3) фрагмента в макромолекулах. Аномерные протонные и углеродные сигналы C1 и C4 остатков 4) - β -Xylp-(1 \rightarrow находятся в диапазоне 103.48-103.78 м.д. и 76.64 - 76.77 м.д. соответственно.

Данные ЯМР спектроскопии позволили предположить, что ВРПС *Stachys hissarica* содержит α -3)- α -Araf-(1 \rightarrow), 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow и \rightarrow 3- α -Glc-(1 \rightarrow , 3,6- β -Galp участки. Также показано присутствие на невосстанавливающем конце T- α -Araf и T- α -Glc. Исходя из полученных результатов, следует, что ВРПС *St. hissarica* является гетерогенным полисахаридом и состоит из двух основных полисахаридов: глюко- и/или галактоксилоарабанов.

Полисахариды *Scutellaria* Глюкоарабиногалактаны *Scutellaria adenostegia*

Из надземной части *S. adenostegia* экстракцией горячей водой получили водорастворимый полисахарид с выходом 13% и Мм 37.5 кДа и моносахаридным составом: галактоза (14.0%), глюкоза (5.6%), арабиноза (31%), ксилоза (4.4%), и уроновые кислоты (43.6%).

ВРПС белый аморфный порошок, растворимый в воде, окрашивания с йодом не дает, что свидетельствует об отсутствии полисахаридов типа глюкана. Присутствие в ИК-спектре ВРПС полосы поглощения в области 1598 см⁻¹ свидетельствует о наличие белковых компонентов, которые удаляли по методу Севага и получили очищенный ВРПС, который разделяли на колонке с ДЭАЭ-целлюлозой (CH₃COO⁻ форма), элюированием водой, 0.1 н CH₃COONa и 0.5 н NaOH получили нейтральные (НПС) и кислые полисахариды (КПС) (рис.3, табл. 4).

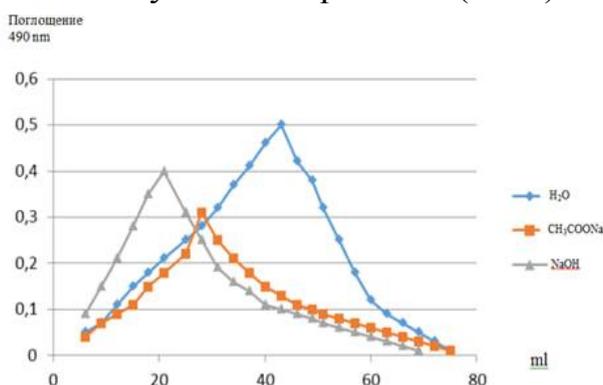


Рис. 3. Фракционирование ВРПС *S. adenostegia* на колонки с ДЭАЭ-целлюлозой

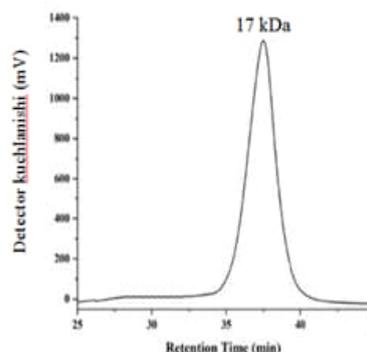


Рис. 4. Гель-хроматография GAG-Sa на сефадексе G-75

НПС полностью растворяется в воде, образует прозрачные растворы и фракционированием НПС получена гомогенная фракция с выходом 21%, моносахаридный состав: глюкоза (2.6%), галактоза (28.5%) и арабиноза (19.8%). Следовательно, она является глюकोарабиногалактаном и обозначена GAG-Sa.

Таблица 4. Характеристика фракций ВРПС *Scutellaria adenostegia*

Фракции	Выход, %	Моносахаридный состав, %					GalA, %
		Gal	Glc	Ara	Xyl	Rha	
НПС	20.0	8.2	1.3	4.5	4.41	-	-
КПС, (CH ₃ COONa)	23.0	3.5	-	4.0	2.5	-	85
КПС, (NaOH)	47.0	1.1	12.7	-	1.2	-	90

Глюкоарабиногалактан - GAG-Sa представляет собой порошок белого цвета, растворяется в воде. По данным гель-хроматографии на сефадексе G-75 был гомогенным и его молекулярная масса равна 17 кДа (рис.4).

Строение GAG-Sa устанавливали методами периодатного, хромового окисления и метилирования. В конечном продукте распада GAG-Sa по Смитту обнаружили глицерин, галактозу и арабинозу. Наличие глицерина позволила предполагать о присутствии в макромолекуле GAG-Sa 1→2, 1→3 или 1→6 типов связи между моносахаридными остатками. В продукте гидролизата перметилата ТСХ с заведомыми образцами идентифицировали 2,3,4,6-тетра-ОМе-Galp, 2,3,4,6-тетра-ОМе-Glcp, 3,4-ди-ОМе-Galp, 2,4-ди-ОМе-Galp, 2,3,4-три-ОМе-Galp, 2,3,4-три-ОМе-Araf и 2,5-ди-ОМе-Araf. Обнаружение 2,3,4-три-ОМе-Galp, как основного продукта, указывает на наличие 1,6 типов гликозидной связи между моносахаридными остатками полимера. Идентификация 2,4-ди-ОМе-Galp свидетельствует о том, что основная цепь имеет боковые ответвления при С-3. Выявление 2,3,4-три-ОМе-Araf и 2,4-ди-ОМе-Araf говорит о том, что арабиноза в боковой цепи образует короткие цепочки Araf-(1→3)-Araf. Присутствие 2,3,4,6-тетра-ОМе-Galp и 2,3,4,6-тетра-ОМе-Glcp указывает на то, что D-галактоза и D-глюкоза находятся на невозстанавливающих концах полисахарида.

Результаты хромового окисления перацетата GAG-Sa с последующим гидролизом конечного продукта и анализом БХ свидетельствовали о α-конфигурации глюкозы. ¹³C ЯМР спектры выявили наличие остатков β-Galp, α-Araf в качестве главных компонентов полисахарида (табл.5). Анализ ¹H и ¹³C ЯМР спектров показал, что наиболее интенсивные сигналы принадлежат 1,6 и 1,3 связанным остаткам β-D-галактопиранозы и α-L-арабинофуранозы. В ¹³C ЯМР спектре GAG-Sa присутствуют сигналы аномерных атомов при δ_C 103.24, 110.19 м.д., которые соответствуют С1 галактозы и арабинозы.

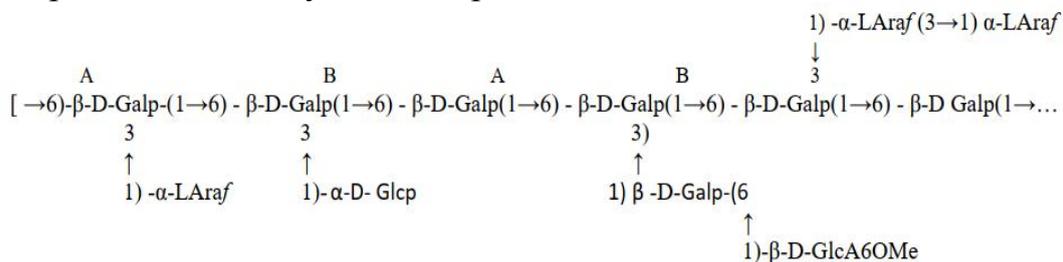
Таблица 5. Химические сдвиги ¹H и ¹³C ЯМР основных фрагментов глюкоарабиногалактана GAG-Sa

Моносахаридный остаток	Химические сдвиги δ (¹³ C), м.д					
	C1/H1	C2/H2	C3/H3	C4/H4	C5/H5	C6/H6
→6-β-Galp-(1→	106.23 4.42	70.79 3.58	73.57 3.67	70.79 3.98	74.73 3.91	64.05 4.05
→3-Galp-β-1→	103.24 4.42	71.49 3.50	81.91 3.67	70.79 -	74.73 3.98	62.5 3.91 (3.67)
→3,6-Galp-β-1→	106.23 4.53	72.95 3.74	84.17 3.84	71.49 4.02	76.33 3.91	70.79 4.02
α-L-Araf-(1→	112.07	84.03	76.78	79.57	64.05	
→3)- α-L-Araf-(1→	110.19 5.26	84.03 4.42	85.54 3.94	84.69 4.23	64.05 3.74	-
→3)- α- Glcp-1)→	-	72.95 3.58	81.9 3.78	74.53 3.91	70.79 3.35	66.10 3.85

Тип замещения в галактозных и арабинозных остатках был определен при сравнении химических сдвигов атомов углерода в остатках с таковыми в соответствующих незамещенных сахарах. Сигналы 173.53 м.д. (С-6) и 3.67/55.73 м.д. (ОМе) соответствуют α-GlcpA6-ОМе. На присутствие α-1,3 связанных

остатков арабинофуранозы указывают химические сдвиги сигналов аномерного и С-3 атомов *Araf* при 110.19 м.д. и 85.54 м.д. в спектре ^{13}C ЯМР GAG-Sa.

Совокупность полученных результатов позволила структурный фрагмент GAG-Sa представить следующим образом:



Таким образом, химическими и спектральными методами установлено, что основная цепь макромолекулы GAG-Sa *S. adenostegia* состоит из β -1,6 связанных остатков галактопиранозы с боковыми 1,3 связанными остатками α -арабинофуранозы, β -галактопиранозы, 1)- α -D-Glcp(6 \rightarrow 1)- α -D-GlcpA(OMe) фрагмента и относится к арабино-3,6-галактанам. Отличается от известных в литературе глюкоарабиногалактанов молекулярной массой, соотношением моносахаридных остатков и боковыми ответвлениями.

Водорастворимый полисахарид *Scutellaria comosa*

Надземная часть *Scutellaria comosa* содержит 11% ВРПС. В ИК-спектре ВРПС присутствовали широкие полосы поглощения в области 3429, 2922 cm^{-1} характерные для ОН –группы. Полосы поглощения при 1737 и 1255 cm^{-1} показывает наличие карбонила (C=O) карбоксильных групп, 1632 cm^{-1} - белковых компонентов, 1409 и 1097 cm^{-1} соответствуют - C-O- и C-O-C группам. Полосы поглощения в области 907, 879, 841 cm^{-1} характеризуют тип гликозидных связей. Выход очищенного полисахарида от белковых примесей (ВРПС-1) составляет 8%, который представляет собой белый аморфный, растворимый в воде порошок, с моносахаридным составом: галактоза (15%), глюкоза (3.9%), арабиноза (38%), рамноза (6.9%) и уроновые кислоты (36.2%). Водный раствор ВРПС-1 фракционно осаждали этиловым спиртом и получили пять фракций (табл. 6) с Мм от 13 до 40 кДа.

Таблица 6. Выход и моносахаридный состав фракций ВРПС-1

Фракции	Выход, %	Моносахаридный состав, ВЭЖХ, %					UA, %	Мм, кДа
		Gal	Glc	Ara	Xyl	Rha		
I	8.0	15.2	26.3	36.6	–	21.9	40	40
II	16.0	2.8	42.1	7.7	38.6	2.8	34	20
III	32.0	12.1	15.7	65.7	–	6.5	30	18
IV	4.0	15.1	16.8	37.3	6.1	4.7	23	13
V	14.4	29.3	33.1	26.2	4.7	6.8	20	-

Фракция III по моносахаридному составу имела высокое содержание арабинозы (65.7%) и более низкое содержание галактуроновой кислоты (30%), а также была наибольшей по выходу-32%. Для получения нейтрального полисахарида фракцию III пропускали через колонку с ДЭАЭ-целлюлозой (ОН форма) и колонку элюировали водой, далее водный раствор полисахарида

пропускали через колонку с сефадексом G-75 и получили нейтральный полисахарид (НПС) с выходом 29%. В гидролизате НПС основными сахарами являются галактоза (27.7%), глюкоза (25.8%), арабиноза (35.7%). Следовательно, НПС по моносахаридному составу является глюकोарабиногалактаном и обозначен нами GAG-SCO.

Структура глюкоарабиногалактана GAG-SCO

Глюкоарабиногалактан GAG-SCO представляет собой аморфный белый с кремоватым оттенком порошок, полностью растворяется в воде, $[\alpha]_D^{20} +25^\circ$ (с 0.1, H₂O) и по данным высокоэкслюзионной жидкостной хроматографии имеет Мм 15 кДа. В продуктах гидролизата перметилата GAG-SCO со стандартными образцами ТСХ идентифицировали, в основном, 2,3,4,6-тетра-OMe-Galp, 2,3,4-три-OMe-Galp, 3,4-ди-OMe-Galp, 2,3,5-три-OMe-Araf и 2,3-ди-OMe-Araf, а также в незначительных количествах 2,4,6-три-OMe-Glcp. Обнаружение 2,3,4-три-OMe-Galp указывает на наличие 1→6 типа гликозидных связей между моносахаридными остатками, идентификация 3,4-ди-OMe-Galp - на разветвленность цепи по С-2. Выявление 2,3,5-три-OMe-Araf, 2,3-ди-OMe-Araf говорит о том, что арабиноза в боковой цепи находится в виде олигосахаридных фрагментов.

Возможная структура GAG-SCO была доказана на основе анализа 1D (¹H, ¹³C) и 2D (HSQC, HMBC, HSQC-TOCSY, NOSEY) спектров. ¹H ЯМР спектр содержал сигналы аномерных атомов в области δ_H 4.49 – 5.26 м.д. В спектрах выявили наличие остатков β-галактопиранозы, α-арабинофуранозы, в качестве главных компонентов полисахаридов, а также присутствие слабых сигналов β-D-Glcp-1→ в области 106.26/4.49 м.д. (C-1/H-1). Основная цепь GAG-SCO состоит из (1→6)-связанных β-D-галактопиранозных звеньев, некоторые из которых несут заместитель в боковой цепи в положении С-2. Большинство заместителей боковой цепи представляют собой арабинозу, глюкозу и олигосахаридные арабинофуранозильные фрагменты.

Таблица 7. Химические сдвиги основных фрагментов GAG-SCO в спектрах ¹³C и ¹H ЯМР (δ, м.д.)

Моносахаридный остаток	Химические сдвиги δ (¹³ C), м.д.					
	C1/H1	C2/H2	C3/H3	C4/H4	C5/H5	C6/H6
→6)-β-Galp-(1→ (A)	103.57 4.76	73.58 3.57	75.09 3.69	71.12 3.96	76.59 3.91	69.13 3.67, 3.95
→2,6)-β-Galp-(1→ (B)	106.12 4.49	86.74 4.24	75.09 3.57	71.55 4.04	76.60 3.71	70.29 3.80, 3.90
β-D-Glcp-1→ (C)	106.26 4.49	73.58 3.57	75.48 3.69	71.52 3.98	76.59 3.93	64.11 3.73, 3.84
α-L-Araf-(1→ (D)	110.82 5.12	83.99 4.24	79.55 4.05	85.47 4.21	63.90 3.78, 3.93	-
→5)-α-L-Araf-(1→ (E)	112.17 5.26	81.79 4.15	79.44 4.04	85.47 4.21	70.12 3.80, 3.91	

В спектре пики в области 103.57 и 69.13 м.д. обусловлены С-1 и С-6 атомами β -(1 \rightarrow 6) связанных остатков галактопиранозы. Значения химических сдвигов аномерных атомов свидетельствуют о β -конфигурации галактопиранозных остатков. Химический сдвиг при 106.26 м.д. характерен для терминального остатка глюкопиранозы (табл. 7). Арабиноза в макромолекуле присутствует в фуранозной форме (110.82/5.12 м.д.). Сильный сигнал при δ 110.82 м.д. относится к С-1 Т- α -Araf, а химические сдвиги при 112.17 и 110.37 м.д. отнесены к С-1 1,5- α -Araf. Сигналы между 103-106 м.д. были приписаны аномерным углеродам остатков галактозы с различными связями (рис. 5). Сигналы при 86.74 м.д. и 70.29 м.д. принадлежат остаткам \rightarrow 2,6)- β -Galp-(1 \rightarrow . В то же время, сигнал при 103.57 м.д. относится к С-1 Т- β -Galp. Слабые химические сдвиги при 19.33 (С-6), 1.26 (Н-6), 71.95(С-5/1.26 (Н-5), 74.77 (С-4)/1.26 м.д. (Н-4) свидетельствуют о присутствии рамнопиранозных остатков, но не удалось установить к какому моносахаридному остатку присоединена рамноза (рис. 5).

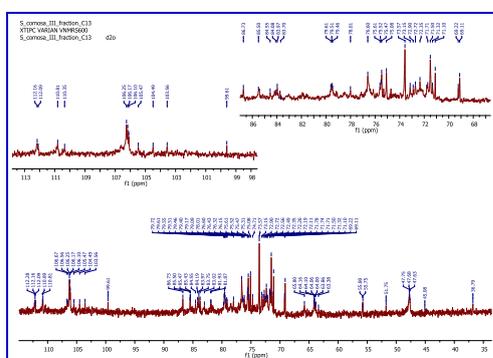


Рис. 5. ^{13}C ЯМР спектр GAG-ScO

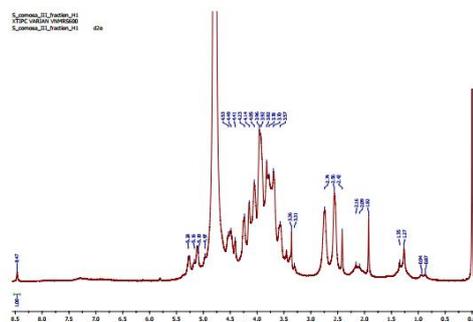


Рис. 6. ^1H ЯМР спектр GAG-ScO

На основании двумерного спектра HSQC и аномерной области спектра ^1H ЯМР сигналы при 5.12 и 5.26 м.д. отнесены к Н-1 Т- α -Araf и 1,5- α -Araf соответственно. Сигналы при 4.76 м.д. и 4.41 м.д. были отнесены к Н-1 1,6- β -Galp и Т- β -Galp соответственно. В области резонанса аномерных атомов спектра $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ HSQC наблюдается группа сигналов (С-1/Н-1 104.49/4.49, 105.47/4.41 м.д.) аномерных атомов остатков β -D-галактопиранозы. Совокупность анализов COSY, HSQC-TOCSY и HSQC позволила выявить наличие 1,6-связанных и терминальных остатков β -D-галактопиранозы.

В спектре NOESY наблюдались следующие межостаточные корреляционные пики: Н-1(A)/Н-6(B), Н-1(D')/Н-5(E), Н-2(B)/Н-1(D, E). В спектре HMBC перекрестный пик при 4.49/70.29 м.д. представляет собой корреляцию между Н-1/С-6 остатка 1,6- β -Galp. Кроме того, наблюдается кросс-пик между Н-1 (5.12 м.д.) α -Araf и (86.74 м.д.) С-2 (β -Galp), что подтверждает место соединения остатка α -Araf при С-2 1,6- β -Galp. Наличие олигосахаридного фрагмента \rightarrow 1- α -L-Araf-(5 \rightarrow 1)- α -L-Araf показывают корреляционные сигналы при δ 5.12 (5.26)/70.12. (рис.7,8). Вышеизложенное позволяет отметить следующие межостаточные корреляционные пики $\delta_{\text{H}}/\delta_{\text{C}}$: 6A/1B, 1B/6A, 1D/2B, 1D'/2B, 5D'/1E, 1C/2B. Химические сдвиги остальных углеродных и протонных атомов приведены в табл.7.

**Таблица 8. Содержание и моносахаридный состав ПВ
Scutellaria adenostegia и *S. comosa***

ПВ	Выход, %	Моносахаридный состав, %					UA, %	Кс, %	Кэ, %	СЭ, %
		<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Rha</i>				
ПВ-1 (<i>S. adenos.</i>)	4.3	14.4	5.6	31.0	4.4	1.0	90.0	9.0	10.6	54.0
ПВ-2 (<i>S. comosa</i>)	3.5	5.6	1.0	11.6	–	5.5	85.0	2.7	2.16	44.4

Примечание: Кс-свободные карбоксильные группы, Кэ-этерифицированные карбоксильные группы, СЭ-степень этерификации

Из результатов титриметрического анализа следует, что ПВ-1 *S. adenostegia* являются среднеэтерифицированными (54%), ПВ-2 *S. comosa* – низкоэтерифицированными (44.4%) (табл. 8). Качественный моносахаридный состав ПВ одинаковый, различия заключаются в их количественном содержании. Следует отметить доминирующее присутствие галактозы и арабинозы в пектиновых веществах. В ПВ-2 содержание галактозы и арабинозы больше по сравнению с таковыми в ПВ-1. Кроме того, ПВ-2 характеризуются высоким содержанием рамнозы. Количество уроновых кислот в ПВ-1 и ПВ-2 достаточно высокое, оно составляет 90 и 85%, что является характерным для пектиновых веществ (табл. 8).

Для изучения строения главной углеводной цепи ПВ подвергали частичному кислотному гидролизу и получили кислоторастворимую и кислотонерастворимую фракции с выходами 66 и 70% соответственно. Кислотонерастворимая часть является галактуронаном, которая состоит из галактуроновой кислоты 78 и 80% соответственно. Высокое положительное удельное вращение во всех случаях: $[\alpha]_{D}^{20} + 258^{\circ}$ и $+243.8^{\circ}$ (с 0.1%; NaOH) соответственно, указывает на α -конфигурацию остатков галактопиранозилуруновой кислоты.

Галактуронаны - белые аморфные порошки растворяются в слабо щелочной среде. В ИК-спектрах галактуронанов отсутствуют полосы поглощения при 1370 и 1365см^{-1} , что говорит о гидролизе O-CH₃-групп.

Надосадочные растворы (кислоторастворимые фракции) нейтрализовали ВаСО₃, деионизировали катионитом КУ-2 (Н⁺), упаривали и осаждали спиртом, выпавшие осадки отделяли как обычно, получили деполимеризованные пектиновые вещества ДПВ-1 и ДПВ-2 (табл. 9). При изучении растворимости было обнаружено, что ДПВ-2 в отличие от ДПВ-1 полностью растворяется в воде и их моносахаридный состав представлен в табл. 9. Содержание уроновых кислот в ДПВ-1 и ДПВ-2, составляет 68 и 78% соответственно.

Таблица 9. Выход и моносахаридный состав ДПВ-1 и ДПВ-2

Деполимеризованные пектиновые вещества	Выход, %	Мм, кДа	Соотношение моносахаридов, ГЖХ					GalA, %
			<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Ara</i>	<i>Xyl</i>	<i>Rha</i>	
ДПВ-1	34	115	3.2	2.4	5.1	1.8	1.0	68.0
ДПВ-2	28	84	4.1	3.3	6.3	2.8	1.0	78.0

Следует отметить, что гидролиз в ДПВ-2 сопровождался с уменьшением Мм и отщеплением нейтральных сахаров. Доминирующими моносахаридами ДПВ являются арабиноза и галактоза.

Совокупность полученных результатов показывает, что основную цепь макромолекулы пектиновых веществ *S. adenostegia* и *S. comosa* составляют α -1,4 связанные остатки галактурановой кислоты.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛИСАХАРИДОВ

Пребиотическая активность полисахаридов *Stachys hissarica* и *Scutellaria*

Пребиотическую активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *St. hissarica* и *Scutellaria* изучали в Институте микробиологии АН РУз (к.б.н. Элова Н.А.) на рост пробиотического штамма *Lactobacillus casei* К7. Оценка пребиотической активности полисахаридов проводилась *in vitro* путём анализа их влияния на динамику роста и развитие указанного штамма при культивировании в питательной среде MRS (Hi-Media, Индия). Добавление исследуемых полисахаридов в питательную среду поразному способствовало их утилизации, сопровождаясь увеличением количества жизнеспособных клеток. Анализ полученных данных показал, что внесение ВРПС *St. hissarica* в МРС-бульон вызывает выраженную стимуляцию роста *Lactobacillus casei* К7 и обеспечивает более высокий титр жизнеспособных клеток (2×10^{10} КОЕ/мл) по сравнению с полисахаридами *S. adenostegia* и *S. comosa* - ВРПС- 4×10^9 и 9×10^8 соответственно, ПВ- 2×10^9 . Эти результаты свидетельствуют о более высокой пребиотической активности ВРПС *St. hissarica* по сравнению с контролем (9×10^9) и полисахаридами *Scutellaria*.

Иммунологическая активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *S. comosa* и *S. adenostegia*

Совместно с институтом Иммунологии и геномики человека АН РУз изучали иммунологическую активность (фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс) водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *S. comosa* и *S. adenostegia*. В проводимых исследованиях была использована венозная кровь, взятая от 22 практически здоровых лиц, разделенных на три группы (табл. 10).

Таблица 10. Влияние полисахаридов на фагоцитарную активность нейтрофилов

1 группа	2 группа	3 группа	
Фагоцитарное число нейтрофила			
Венозная кровь	Венозная кровь + преднизолон	Венозная кровь + преднизолон + образцы полисахаридов	
10.2	6.3	ВРПС <i>S. adenostegia</i>	4.5
		ПВ <i>S. adenostegia</i>	8.2
		ВРПС <i>S. comosa</i>	8.5
		ПВ <i>S. comosa</i>	4.9

1 - группа-среднее содержание поглощенных одним нейтрофилом частиц стафилококка венозной крови практически здоровых лиц.

2 - группа - среднее содержание поглощенных одним нейтрофилом частиц стафилококка венозной крови практически здоровых лиц, предварительно проинкубированных с преднизолоном.

3 - группа - среднее содержание поглощенных одним нейтрофилом частиц стафилококка венозной крови практически здоровых лиц, предварительно проинкубированных с преднизолоном и дальнейшей инкубацией с веществом.

На начальном этапе исследований были отобраны практически здоровые лица с фагоцитозом не менее 98%, что в дальнейшем позволило проводить исследования на венозной крови. Добавление исследуемых веществ в кровь показало, что ВРПС *S. adenostegia* и ПВ *S. comosa* приводят к большему снижению захваченных нейтрофилами частиц убитого стафилококка на 28.6%. ПВ *S. adenostegia* увеличивали количество поглощенных частиц на 30%, а ВРПС *S. comosa* - 35 % от исходного уровня с преднизолоном. Следовательно, наиболее выраженными стимулирующими свойствами обладают ВРПС *S. comosa* и ПВ *S. adenostegia* при наличии сниженной поглотительной способности нейтрофилов.

Таким образом, исследуемые вещества неоднозначно влияют на процесс фагоцитоза, конкретно на фагоцитарный индекс нейтрофилов.

Гастропротекторная активность пектиновых веществ *S. comosa*

Изучено действие пектиновых веществ *S. comosa* на противоязвенную активность на моделях «ацетилсалициловой», «этаноловой» и «стресс» язвы желудка (д.м.н., проф. Сыров В.Н.). Результаты показали, что ПВ в условиях развития «ацетилсалициловой» язвы проявляли достоверное гастропротекторное действие уменьшая число деструктивных образований на 84.8 %, этаноловой - на 73.9%. Четкое гастропротективное действие выявлено и при развитии «стресс-язвы», эффект составлял 61.78%. Показано, что противоязвенная активность ПВ с Мм 288 кДа и СЭ=44.4% связана способностью проникать в область стенки желудочно-кишечного тракта и оказывать антиязвенные действия. Во всех проведенных экспериментах эффект ПВ был более выражен, чем действия референс препарат - плантаглоцида, представляющего собой смесь полисахаридов из подорожника большого.

Антимикробная активность полисахаридов *S. adenostegia* и *S. comosa*

Изучали антимикробную активность полисахаридов и пектиновых веществ *S. adenostegia* и *S. comosa* против условно-патогенных микроорганизмов. Результаты исследования показали, что ВРПС *S. comosa* эффективно подавляли рост *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (15 мм), *Proteus mirabilis* 9 (15) и *Bacillus subtilis* ВКМ (18 мм), а ВРПС *S. adenostegia* – только *Bacillus subtilis* ВКМ (18 мм). ПВ двух растений эффективно подавляли рост *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (15 мм), *Proteus mirabilis* 9 (16 мм) и *Bacillus subtilis* ВКМ (14 мм).

Разработка фитосредства с антибактериальной активностью.

С целью расширения арсенала средств природного происхождения нами разработано фитосредство с антибактериальной активностью на основе полисахаридов шлемника (*Scutellaria*) и сухого водного экстракта шелухи лука (СВЭШЛ) (*Allium cepa* L.). Добавление СВЭШЛ в ВРПС *S. adenostegia* и *S. comosa* в разных соотношениях способствовало увеличению активности этих

полисахаридов по сравнению с цефазолином. Результаты исследования показали, что фитосредство ВРПС *S. comosa* с СВЭШЛ в соотношении 1:0.5 способствовало получению эффективного результата, где подавлялся рост *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114 (18 мм), *Proteus mirabilis* 9 (23 мм), *Staphylococcus aureus* (20 мм) и *Bacillus subtilis* ВКМ (20 мм).

Добавление ВРПС в сухой водный экстракт шелухи лука способствовало увеличению антимикробной эффективности фитосредства. Возможно, это связано с тем, что экстракт лука напрямую подавляет активность микробов, фенольные соединения, содержащиеся в нем могут быстро разрушаться, что приводит к нестабильности. Поэтому добавление ВРПС приводит к увеличению стабильности и защите активных соединений от окисления. Кроме того, ВРПС равномерно распределяет активные вещества по поверхности, облегчая их доступ к микробам. Это все позволит увеличить антимикробную эффективность фитосредства, т.е. ВРПС действует как носитель.

ВЫВОДЫ

1. Из двух видов *Scutellaria* и *Stachys hissarica* выделен углеводный комплекс, установлены физико-химические параметры, моносахаридный состав. Изучена динамика накопления полисахаридов в различных органах *Stachys hissarica*. Показано, что наибольшее содержание ВРПС соответствует периоду начала вегетации, ПВ - периоду цветения.

2. Впервые установлено, что водорастворимые полисахариды из надземной части *Stachys hissarica* состоят из двух основных полисахаридов, обогащенных арабинозой и представляют собой глюко- и/или галактоксилоарабаны.

3. Впервые получены гомогенные глюкоарабиногалактаны GAG-Sa и GAG-Sco из водорастворимых полисахаридов *Scutellaria adenostegia* и *Scutellaria comosa*.

4. Установлено, что главная цепь глюкоарабиногалактанов GAG-Sa и GAG-Sco состоит из β -1,6 связанных остатков галактопиранозы с боковыми ответвлениями. Показано, что боковая цепь GAG-Sa по C-3 представлена единичными остатками β -D-Galp, α -D-Glcp, α -L-Araf и ее 1,3-связанными олигомерами, а также дисахаридным β -D-Galp-(6 \rightarrow 1)- β -D-GlcA6OMe фрагментом.

5. Доказано, что в боковой цепи глюкоарабиногалактана GAG-Sco в положении C-2 находятся терминальные арабинофураноза, глюкопираноза, а также α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf олигосахаридный фрагмент.

6. Выявлена гастропротекторная, фагоцитарная и антимикробная активность полисахаридов надземной части *Scutellaria adenostegia* и *Scutellaria comosa* и показано, что важный вклад в биологическую активность, в первую очередь, вносит разветвленность основной цепи, различия олигосахаридных фрагментов, моносахаридных остатков и типов гликозидных связей боковых цепей макромолекулы.

7. Впервые разработано фитосредство антимикробного действия на основе водорастворимого полисахарида *Scutellaria comosa* и сухого водного экстракта шелухи лука (*Allium cepa*).

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc. 02/30.01.2020.K/T.104.01 AT THE INSTITUTE OF CHEMISTRY OF
PLANT SUBSTANCES**

INSTITUTE OF CHEMISTRY OF PLANT SUBSTANCES

SIDDIKOVA AZIZAKHON ABDUGAFFOROVNA

**POLYSACCHARIDES OF TWO PLANT SPECIES *SCUTELLARIA* AND
*STACHYS HISSARIC***

02.00.10 – Bioorganic chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT
for the doctor of philosophy (PhD) on chemical sciences**

Tashkent – 2025

The title of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2019.2.PhD/K206.

The dissertation has been prepared at the Institute of Chemistry of Plant Substances.

The abstract of the dissertation in three is posted (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council (www.biochem.uz) and on the website of «ZiyoNet» information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: **Rakhmanberdyeva Rano Karimovna**
Doctor of sciences in chemistry, professor

Official opponents: **Normaxamatov Nodirali Saxobataliyevich**
Doctor of sciences in chemistry

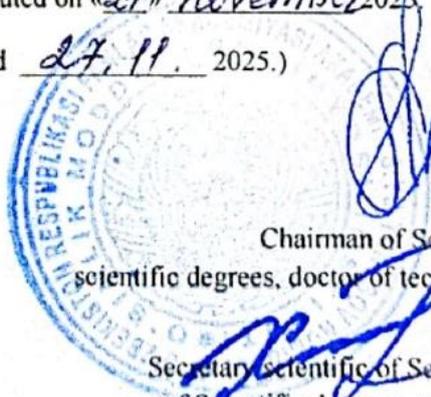
Shomurotov Shavkat Abduganiyevich
Doctor of sciences in chemistry

Leading organization: **National University of Uzbekistan**

Defense will take place on «9» december 2025 year 10⁰⁰ at the meeting of the Scientific council DSc.02/30.01.2020.K/T.104.01 of the Institute of Chemistry of Plant Substances at the following address: 100170, Tashkent, 77 M. Ulugbek street. Phone: 71 262-59-13, Fax: (99871) 262-73-48), e-mail: plant.inst@icps.org.uz, ixrv@mail.ru.

Doctoral dissertation is registered at the Information Resource Centre of Chemistry of Plant Substances (registration number 57). (Address: 100170, Tashkent, 77 M. Ulugbek street. Phone: (+99871) 262-59-13, Fax: (+99871) 262-73-48), e-mail: khidirova.nazira@mail.ru).

Abstract of the dissertation is distributed on «27» november 2025.
(Protocol at the register No 11 dated 27.11. 2025.)



Sh.Sh. Sagdullaev

Chairman of Scientific Council on award of scientific degrees, doctor of technical sciences, academician

N.K. Khidirova

Secretary scientific of Scientific Council on awarding of Scientific degrees, candidate of chemical sciences, senior researcher

E.Kh. Botirov

Chairman of Scientific seminar under the Scientific Council on awarding of scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of research work is to study plant polysaccharides and secondary resources of *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* and *Stachys hissarica*. Establishing the structure and properties of glucoarabinogalactans and their specific biological activity. Studying the influence of the structure of polysaccharides on their biological activity.

The objects of the research work are polysaccharides from the above-ground organs of *S. adenostegia*, *S. comosa*, above-ground organs and roots of *St. hissarica* and the husk of *Allium cepa* L.

Scientific novelty the research work is:

for the first time, from the aerial parts of *Scutellaria adenostegia*, *S. comosa* and *Stachys hissarica*, after the removal of low-molecular-weight compounds, water-soluble polysaccharides (WSPS), pectic substances (PS), and hemicelluloses (HC) were extracted, and their physicochemical properties and monomer composition were determined;

from *Stachys hissarica*, fractions of water-soluble polysaccharides PS-St-2 and PS-St-3 with molecular masses of 43.8 and 29.5 kDa, respectively, were isolated; their monosaccharide composition is dominated by arabinose residues (50.54% and 60.41%);

the data from chemical analysis and NMR spectroscopy showed that the macromolecule of the WSPS contains fragments of α -(1 \rightarrow 3)- α -Araf-(1 \rightarrow), 4)- β -Xylp-(1 \rightarrow , \rightarrow 3- α -Glc p-(1 \rightarrow , and 3,6- β -Galp, with terminal residues of T- α -Araf and T- α -Glc p at the non-reducing end. Based on the obtained results, it was shown that the WSPS from *Stachys hissarica* consists of gluco- and/or galactoxyloarabans;

prebiotic activity of the WSPS from *Stachys hissarica* and *S. comosa* was observed on the growth of the probiotic strain *Lactobacillus casei* K7. Analysis of the obtained data showed that the addition of WSPS from *Stachys hissarica* to MRS broth induced a more pronounced stimulation of *Lactobacillus casei* K7 growth, resulting in a high viable cell titer (2×10^{10} CFU/mL) compared to WSPS from *Scutellaria comosa* and the control (9×10^9 CFU/mL);

for the first time, glucoarabinogalactans GAG-Sa and GAG-Sco were isolated from the WSPS of *Scutellaria adenostegia* and *S. comosa*.

chemical and spectroscopic analyses established that the glucoarabinogalactans GAG-Sa and GAG-Sco are branched polysaccharides, with the main chain of the macromolecule consisting of β -1,6-linked galactopyranosyl residues, and they differ from each other in their side chains;

the side chain in GAG-Sa is composed of single residues of β -D-galactopyranose, α -D-glucopyranose, α -L-arabinofuranose, and its 1,3-linked disaccharide fragments, as well as the presence of 6-OMe- α -glucuronic acid attached to the main chain at C-3. In the case of GAG-Sco, terminal arabinofuranose and glucose residues occupy the C-2 position, along with α -Araf-(5 \rightarrow 1)- α -Araf oligosaccharide fragments.

for the first time, the effect of water-soluble polysaccharides and pectic substances from *S. adenostegia* and *S. comosa* on the phagocytosis process – specifically, on the phagocytic index of neutrophils – has been demonstrated.

For the first time, a phytotherapeutic agent with antimicrobial activity has been developed based on polysaccharides from *S. comosa* and a dry aqueous extract of *Allium cepa* L. husks.

Implementation of the results of the study. For the first time, an antimicrobial phytotherapeutic agent was developed based on polysaccharides from *Scutellaria comosa* and a dry aqueous extract of *Allium cepa* L. husks, which inhibited the growth of *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114, *Proteus mirabilis* 9, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus subtilis* BKM;

the phytotherapeutic agent will make it possible to expand the range of preparations with prebiotic and antibacterial activity, including those effective against antibiotic-resistant forms of microorganisms;

based on the results of the scientific research, Patent of the Republic of Uzbekistan № IAP 7778 (registered in the official register on July 30, 2024) was obtained for the method of producing an antimicrobial agent;

the results of the study on the biological activity of polysaccharides were used in carrying out the tasks of basic funding (2021–2025) conducted in the Laboratory of Chemistry of High-Molecular Plant Compounds, Institute of Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Reference № 4/1255-497, February 27, 2025). The prebiotic, phagocytic, and antimicrobial activities of the studied polysaccharides make it possible to develop new medicinal preparations based on them;

the scientific results on the chemical structure of polysaccharides were used in studies carried out in 2021–2025 within the framework of basic funding at the Laboratory of Chemistry of High-Molecular Plant Compounds, Institute of Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Reference № 4/1255-2476, October 17, 2025). The scientific results obtained regarding the relationship between the biological activity of polysaccharides and their chemical structure make it possible to elucidate the mechanisms of action of these compounds (Reference № 4/1255-2476, October 17, 2025). Studying the relationship between the biological activity of polysaccharides and their chemical structure allows for the elucidation of their mechanisms of action.

Practical significance of the work is that the effect of polysaccharides on immunological activity (phagocytic activity and phagocytic index) was investigated. It is shown that *S. comosa* WSPS increases the number of absorbed particles by 35%, and *S. adenostegia* PS - 30% of the initial level with prednisalone. This makes it possible to use them for the diagnosis of primary and secondary immunodeficiency states.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 107 pages.

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

I бўлим (I часть; part I)

1. Сиддикова А.А., Маликова М.Х., Рахманбердыева Р.К., Зайнутдинов У.Н. Углеводы *Stachys hissarica* // *Фармацевтический журнал*. – Ташкент. – 2015 – №1. – С. 54-56 (02.00.00; №2).
2. Malikova M.Kh., Khidoyatova Sh.K., Ulchenko N.T., Siddikova A.A., Rakhmanberdyeva R.K., Gusakova S.D. Lipids and polysaccharides from seeds of *Stachys hissarica* // *Chemistry of Natural Compounds*. – Springer, USA. – 2016. – V. 52. – No. 1. – P. 38-42 (02.00.00; №1).
3. Saidkhodjaeva D.M., Syrov V.N., Siddikova A.A., Kodiralieva F.A., Rakhmanberdyeva R.K. Experimental evaluation of the anti-inflammatory and anti-ulcer effects pectin of *Scutellaria comosa* and galactomannan of *Crotalaria alata* // *American Journal of Medicine and Medical Sciences*. – 2022. – V. 12. – No. 5. – P. 565-569. (14.00.00; №2).
4. Siddikova A.A., Rakhmanberdyeva R.K., Malikova M.Kh. Polysaccharides from *Scutellaria*. I. Structure of glucoarabinogalactan from *S. adenostegia* // *Chemistry of Natural Compounds*. – Springer, USA. – 2025. – V.61. – No. 1. – P. 1-4 (02.00.00; №1).
5. Siddikova A.A., Rakhmanberdyeva R.K., Malikova M.Kh. Pectinic substances from *Scutellaria adenostegia* and *S. comosa* and their antimicrobial activity. // *Chemistry of Natural Compounds*. – Springer, USA. – 2025. – V.61. – No. 1. – P. 131-133 (02.00.00; №1).
6. Rakhmanberdyeva R.K., Siddikova A.A., Malikova M.Kh. Polysaccharides of *Scutellaria* II. Structure and properties of polysaccharides of *Scutellaria comosa* // *Chemistry of Natural Compounds*. – Springer, USA. – 2025. – V.61. – No 5. – P. 531-533 (02.00.00; №1)
7. Сиддикова А.А., Маликова М.Х., Рахманбердыева Р.К. Сезонная динамика содержания и состава углеводов *Stachys hissarica* (Lamiaceae) // *Растительные ресурсы*. – Россия. – 2016. – Т. 52. – Вып 3. – С. 397-405 (03.00.00; №16).
8. Siddikova A.A., Malikova M.H., Rakhmanberdyeva R.K. Polysaccharides of *Scutellaria adenostegia* // *Узбекский биологический журнал*. – 2017. – №4. –С.78-81 (03.00.00; №5).
9. Рахманбердыева Р.К., Абдуллаев Н.Д., Маликова М.Х., Сиддикова А.А., Сагдуллаев Ш.Ш., Элова Н.А «Средство с антимикробной активностью» // Патент на изобретение № IAP 7778 от 30.07.2024.

II бўлим (II часть, part II)

10. Сиддикова А.А., Маликова М.Х., Зайнутдинов У.Н. Углеводы *Stachys hissarica* // Тезисы докл. Республиканской научно-практической конференции молодых ученых, Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, 18 декабря 2014 г, С. 157-158.

11. Сиддикова А.А., Маликова М.Х., Зайнутдинов У.Н. Полисахариды семян *Stachys hissarica* // Тезисы докл. конф. молодых ученых, посвященной памяти акад. С.Ю. Юнусова 12 марта, Ташкент. – 2015. – С.100.

12. Siddiqova A.A., Rakhmanberdieva R.K. Polysaccharides of *Scutellaria adenostagia* // 12th Inter. Symp. on the Chem. of Natural Compounds, Tashkent, Uzbekistan. September 7-8, – 2017. – P. 269.

13. Сиддикова А.А., Рахманбердыева Р.К. Polysaccharides from the areal parts *Scutellaria comosa* // 14th Inter. Symp on the Chemistry of the Natural Compounds. 7-8 October 2021. Tashkent, Uzbekistan. – P. 75.

14. Сиддикова А.А., Рахманбердыева Р.К. Полисахариды *Scutellaria comosa* // Zamonaviy organik kimyoning dolzarb muammolari. Respublika ilmiy amaliy anjumani materiallari, 1-may 2021 yil. Qarshi-2021.

15. Saidkhodjaeva D.M., Siddiqova A.A., Rakhmanberdyeva R.K., Syrov V.N. Pectin substances of *Scutellaria comosa* and their anti-ulcer activity // Actual problems of the Chemistry of the Natural Compounds. 17- march. 2022. Tashkent, Uzbekistan. – P. 20.

16. Siddiqova A.A., Rakhmanberdieva R.K. Полисахариды надземной части *Scutellaria adenostegia* // Tabiiy polimerlar asosidagi biologik aktiv moddalar kimyosi va texnologiyasining dolzarb muammolari. Respublika ilmiy amaliy anjumani materiallari. Toshkent, O‘zbekiston. 28-29 sentyabr. – 2022. P. 59-60.

17. Siddiqova A.A., Rakhmanberdyeva R.K., Malikova M.H. Pektin substances of *Scutellaria adenostegia* and *Scutellaria comosa* and their antimicrobial activity // Actual Problems of the Chemistry of Natural Compounds. 15-16 March, 2023. Tashkent, Uzbekistan. P. 157.

18. Siddiqova A.A., Rakhmanberdyeva R.K. Water-Soluble polysaccharides of *Scutellaria comosa* // 15th International Symposium on the Chemistry of National Compounds November 2-5, 2023-Antaliya, Turkiye. P. 104.

Avtoreferat «Kimyo va kimyo texnologiyasi jurnali» tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi 28.11.2025 y.

Qog‘oz bichimi 60x84 1/18. Adadi 60 nusxa.

Buyurtma 26/25 .O‘zR FA O‘MKI

matbaa bo‘limida chop etildi.

Toshkent sh., Mirzo Ulug‘bek ko‘chasi, 77 uy.

