

**ЎСИМЛИК МОДДАЛАРИ КИМЁСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

**DSc. 02/30.01.2020.К/Т.104.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ЎСИМЛИК МОДДАЛАРИ КИМЁСИ ИНСТИТУТИ**

**АЗИЗОВ ДОНИЁР ЗОКИРЖАНОВИЧ**

***FERULA KUHISTANICA* ВА**

***F. TENUISECTA* АРАБИНОГАЛАКТАНЛАРИ**

**02.00.10 – Биоорганик кимё**

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2023**

УЎТ 547.917

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси авторефератининг мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)**

**Азизов Дониёр Зокиржанович**

*Ferula kuhistanica* ва *F. tenuisecta* арабиногалактанлари ..... 3

**АЗИЗОВ ДОНИЁР ЗАКИРДЖАНОВИЧ**

Арабиногалактаны *Ferula kuhistanica* и *F. Tenuisecta* ..... 21

**AZIZOV DONIYOR ZAKIRJANOVICH**

Arabinogalactans of *Ferula kuhistanica* and *F. tenuisecta* ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 43

**ЎСИМЛИК МОДДАЛАРИ КИМЁСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc. 02/30.01.2020.К/Т.104.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**  

---

**ЎСИМЛИК МОДДАЛАРИ КИМЁСИ ИНСТИТУТИ**

**АЗИЗОВ ДОНИЁР ЗОКИРЖАНОВИЧ**

***FERULA KUHISTANICA* VA**

***F. TENUISECTA* АРАБИНОГАЛАКТАНЛАРИ**

**02.00.10 – Биоорганик кимё**

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2023**



## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги кунда ўсимлик полисахаридлари биополимерларнинг муҳим синфларидан бири бўлиб, ўзининг юқори техникавий ва озуқавий қиймати туфайли тадқиқотчиларни жалб қилмоқда. Улар заҳарли бўлмагани ҳолда антиоксидант, антидиабетик, яллиғланишга қарши, антикоагулянт, антибактериал ва саратонга қарши фаолликларга эга. Ўсимлик полисахаридларининг биологик фаоллиги уларнинг моносахарид таркибига, молекуляр оғирлигига, кимёвий тузилишига, макромолекула таркибидаги моносахарид қолдиқларининг кетма-кетлигига боғлиқ. Ўзбекистон ҳудудида ўсадиган ўсимликларнинг 80-90% да углеводларнинг кимёвий таркиби ва фойдали хоссалари ҳақида ҳозиргача маълумотлар кам. Ўзбекистоннинг бой флораси ичида *Apiaceae* оиласига мансуб биологик фаоллиги ва етарли хомашё базасига эгаллиги, фармакологик фаоллиги кенг бўлган ва турли гуруҳ биологик фаол бирикмаларни ўз ичига олган *Ferula* туркуми ўсимликлари катта қизиқиш уйғотмоқда. Ушбу ўсимлик турларидан кумаринлар, сесквитерпен лактонлар, фурукумаринлар ва терпеноид спиртларнинг эфирлари ажратиб олинган ва ўрганилган.

Ҳозирги кунда ЎЗР ФА Ўсимлик моддалари кимёси институтида ўсимликларнинг мураккаб эфирлари асосида “Куфэстрол” (*F. kuhistanica*), “Тэфэстрол” ва “Ферулен” (*F. tenuisecta*) каби препаратлар яратилган. Шунини таъкидлаш керакки, *Ferula* турига мансуб ушбу ўсимликларнинг углеводлари етарлича ўрганилмаган, шунинг учун бу турдаги ўсимлик таркибидаги турли гуруҳ полисахаридлар ҳақида маълумотлар олиш, уларнинг хусусиятларини ва макромолекулаларнинг кимёвий тузилишини ва биологик фаолликларини ўрганиш долзарб вазифалардан биридир.

Ушбу диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 21 январдаги “2022-2026 йилларда Республиканинг фармацевтика тармоғини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”<sup>1</sup> ги ПФ-55-сон фармони ва 2022-йил 8 февралдаги “Чорвачиликни янада ривожлантириш ва чорва озуқа базасини мустаҳкамлаш чора-тадбирлари тўғрисида”<sup>2</sup> ги ПҚ-121 сонли қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VI “Тиббиёт ва фармакология” устувор йўналишига мувофиқ олиб борилган.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 21 январдаги ПФ-55-сон фармони

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 8 февралдаги ПҚ-121-сон қарори

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Етакчи хорижий олимлар Caroline G. Mellinger (Universidade Federalde Catalão, Brazil), Thales R. Cipriani ва бошқалар (Departamentode Bioquimicae Biology Molecular, Universidade Federaldo Paraná, Brazil), Kiranmayi Ketha (Department of Biochemistry, CSIR-Central Food Technological Research Institute, India), S.Saeidi ҳаммуаллифлари (Department of Food Science and Technology, Isfahan, Iran), Wei Guo ва бошқалар (China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd), Murr Qiang Peng ҳаммуаллифлари (Dalian Institute of Chemical Physics, CAS), Mariem Hamed ҳаммуаллифлари (Université de Tunis El Manar), Elisabete Coelho (Department of Chemistry, University of Aveiro, Portugal) Россия олимлари В.А. Бабкин, Н.А. Неверова ҳаммуаллифлари (А.Е.Фаворский номидаги Иркутск кимё институти, СБ Россия ФА) томонидан арабиногалактанларнинг тузилиши ва хоссалари ўрганилиб, уларнинг биологик фаолликлари тадқиқ этилган.

Республикамизда к.ф.д.Рахманбердиева Р.К. раҳбарлигида *Cardaria repens* ning ер устки қисмидан антикоагулянт фаолликка эга арабиногалактан ва *Silybum marianum* баргидан ўзида рамногалактуронан сақлаган тармоқланган арабиногалактан ажратиб олинган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация иши ЎзР ФА Ўсимлик моддалари кимёси институтининг ФА-Ф6-007-сонли “Доривор ўсимликларнинг биологик фаол полисахаридларини ва модификация шаклларини ўрганиш” фундаментал лойиҳаси доирасида амалга оширилган (2017-2020 й.й).

**Тадқиқотнинг мақсади** *F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* дан турли хил полисахаридлар ажратиб олиш, физик-кимёвий хоссаларини, моносхарид таркибларини аниқлаш ва арабиногалактанларнинг кимёвий тузилишларини ўрнатиш, полисахаридларнинг ўзига хос тузилиши ва биологик фаоллиги орасидаги боғлиқликни аниқлаш.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

*F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* дан турли гуруҳ полисахаридлар (сувда эрувчи полисахаридлар, пектин, гемицеллюлозалар) ажратиб олиш ва таркибини аниқлаш. *F. kuhistanica* ер устки қисмларининг углевод комплекси таркибини вегетация даври бўйича ўрганиш;

*F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* ўсимликларининг сувда эрийдиган полисахаридларидан арабиногалактанларнинг гомоген фракцияларини олиш; арабиногалактанларнинг тузилишини кимёвий ва спектрал (ГХ, ГХ/МС, <sup>13</sup>С ЯМР спектроскопия) усуллар билан аниқлаш;

сувда эрувчи полисахаридлар ва пектин моддаларининг биологик фаоллигини аниқлаш. Полисахаридлар тузилишининг улар намоён қилган биологик фаолликка таъсирини ўрганиш;

*F. kuhistanica* сувда эрувчи полисахариди асосида озуқа кўшимчаси яратиш ва унинг меёрий-техник ҳужжати ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** *F. kuhistanica* нинг ер устки қисми, *F. tenuisecta* нинг ер устки ва илдиз қисмлари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** сувда эрувчи полисахаридлар, пектин моддалари, гемицеллюлозалар, арабиногалактанлар, уларни ажратиш усуллари, кимёвий ўзгаришлари ва биологик фаолликларини ўрганишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Полисахаридларни ўрганиш учун кимёвий (экстракция, тўлиқ кислотали гидролиз, перйодатли оксидлаш, метиллаш), аналитик (полисахаридларнинг моносахарид таркибини сифат ва миқдорий таҳлил қилиш, пектин моддаларининг этерификацияланиш даражасини титриметрик аниқлаш усули, макро ва микроэлементлар таркибини аниқлаш), физик-кимёвий (ИК, ГХ, ГХ/МС,  $^{13}\text{C}$  ва  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопияси, икки ўлчамли гомо- ( $^1\text{H}$ , COSY, TOCSY, ROESY) ва гетероядроли  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР (HSQC, HMBC) спектрал усуллари, электрон эмиссия ва биологик усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:** илк бор *F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* нинг ер устки қисмидан турли гуруҳ полисахаридлар ажратиб олинган, уларнинг физик-кимёвий хоссалари ва моносахарид таркиблари аниқланган;

*F. kuhistanica* хомашёсини йиғишнинг муқобил муддати аниқланган ва сувда эрийдиган полисахаридлар ва пектин моддалари ўсимликнинг ер устки қисмидаги асосий полисахаридлар эканлиги кўрсатиб берилган;

илк бор *F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* сувда эрувчи полисахаридларидан гомоген AGF ва AG-Ften арабиногалактанлари ажратиб олинди, уларнинг тузилиши кимёвий ва спектрал усулларда исботланган;

*F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* арабиногалактанлари (AGF ва AG-Ften) тармоқланган макромолекулалардан иборат бўлиб, уларнинг асосий занжири (1→6)  $\beta$ -галактопираноза қолдиқларидан ташкил топган полигалактанлар эканлиги, уларнинг ён занжирлари C-3 ҳолатда  $\alpha$ -арабинофураноза ва унинг 1,5 боғланган олигомерлари, шунингдек  $\beta$ -Galp-(6→1)- $\beta$ -GlcA4-OMe фрагментларидан иборат тармоқланган полисахаридлар эканлиги биринчи марта исботланган;

биринчи марта *F. kuhistanica* арабиногалактан макромолекуласи асосий занжирининг кичик қисмида C-2 ҳолатда  $\beta$ -галактопираноза қолдиқлари борлиги аниқланган ва ушбу арабиногалактанлар арабино-3,6-галактанларга тегишли эканлиги исботланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

*F. tenuisecta* илдизидан ажратиб олинган сувда эрувчи полисахаридининг грам-мусбат (*Staphylococcus aureus*) ва грам-манфий (*Escherichia coli*)

002673/477 ва *Klebsiella oxitoca* 1), шунингдек, спора ҳосил қилувчи бактерияларга (*Bacillus subtilis*) қарши антимикроб фаоллиги аниқланган;

*F. kuhistanica* сувда эрувчи полисахариди -“Арбифилян” озуқа кўшимчаси тажриба гуруҳи куёнларининг маҳсулдорлигига, тана оғирлигининг кунлик ортишига, шунингдек, организмнинг иммун тизимини мустаҳкамлашга таъсири аниқланган;

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** полисахаридларнинг тузилиши, физик-кимёвий хусусиятлари ва биологик фаоллигини текширишда замонавий физик, спектрал ва биологик таҳлил усулларини қўллаш билан тасдиқланган. Натижаларнинг ишончилиги уларнинг халқаро ва республика илмий анжуманларда муҳокамадан ўтганлиги, тақриз қилинувчи хорижий илмий нашрларда эълон этилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, арабиногалактанларнинг хоссалари ва тузилиши ҳақида янги маълумотлар келтирилган. Полисахаридлар ўртасидаги “тузилиш-биологик фаоллик” ўзаро боғлиқлик бўйича қиёсий маълумотлар олинган. *F. kuhistanica* арабиногалактанининг ён занжири, биринчи навбатда, узун тармоқланган галактоолигосахарид фрагментлари биологик фаолликка муҳим ҳисса қўшиши кўрсатилган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, сувда эрувчи полисахарид - Арбифилян ҳайвонларда ошқозон-ичак фаолиятини нормаллаштириш учун чорвачиликда озуқа кўшимчаси сифатида фойдаланиш учун тавсия этилган. *F.tenuisecta* илдизларининг сувда эрувчи полисахаридлари ва пектин моддалари микробларга қарши фаоллик кўрсатиши аниқланган.

**Натижаларининг жорий қилиниши.** Илмий тадқиқот натижалари асосида *F. kuhistanica* сувда эрувчи полисахариди “Арбифилян”нинг техник шарти (ташқилот стандарти Ts 03535440-031:2020) ишлаб чиқилган ва тасдиқланган.

*F. kuhistanica* арабиногалактани спектр маълумотлари ва кимёвий тузилишига оид маълумотлар хорижий илмий нашрлар томонидан полисахаридларнинг тузилишини аниқлашда қўлланилган: *J. Biol. Macromol.* 2023, V. 235, 123816 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123816> IF 8,025; *Food Bioscience*, 2022, V. 47, 101780 (<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.1017> IF-5,318; *Polymers* 15(9):1999, 2023 DOI:10.3390/polim15091999, <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/1999#> IF 5,0; *Pharmaceutical sciences*, 2022; 25 (3) DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/08, <https://www.kursk-vestnik.ru/jour/article/view/1069/> 581, IF- 3.784; *Carbohydr. Res.* 2023, v. 529, 108828, <https://ssrn.com/abstract=4406065-2.975>.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация тадқиқоти натижалари 11 та илмий-амалий конференция ва симпозиумларда, жумладан,

8 та халқаро, 3 та республика миқёсида ўтказилган анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, жумладан 4 та хорижий ва 1 та МДХ журналларида нашр этилган, шунингдек сувда эрувчи полисахарид “Арбифилан” учун техник шарт ишлаб чиқилган ва тасдиқланган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, учта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 99 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурияти, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари асосланган, объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларни жорий қилиш, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи бобида "Юксак ўсимликлар арабиногалактанлари. Хусусиятлари ва фойдаланиш истиқболлари" бўйича адабиётлар шарҳи келтирилган. Унда юксак ўсимликлар арабиногалактанларининг хусусиятлари, тузилиши ва биологик фаоллиги тўғрисида маълумотлар берилган.

Диссертациянинг “*Ferula* туркумига мансуб ўсимлик полисахаридлари” деб номланган иккинчи бобида икки тур *Ferula*: *F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* ўсимликларини ўрганиш натижасида олинган тадқиқот натижалари келтирилган.

### ***F. kuhistanica* ўсимлигининг сувда эрувчи полисахаридлари**

*F. kuhistanica* нинг ер устки қисмидан 7,2% сувда эрувчи полисахарид (СЭПС) ва 6% пектин моддаси (ПМ) ажратиқ олинди ва уларнинг моносахарид таркиби, физик-кимёвий параметрлари келтирилди. СЭПС нейтрал ва кислотали қандлардан иборат эканлиги ва доминант моносахаридлар сифатида арабиноза, глюкоза ва галактоза 25:9.5:53 нисбатда ва 14% урон кислотасининг борлиги аниқланди. Сувда эрийдиган полисахаридларнинг ИҚ спектрларида ютилиш соҳалари: 3298-3300, 1740-1750, 1591-1600, 1412-1420, 1107-1100, 878-890, 673-680, 617-630 см<sup>-1</sup> га тўғри келади. СЭПС этил спирти билан фракцияларга ажратилиб, арабиногалактан

фракцияси - AGF олинди. Кейинги босқичда AGF нинг сувли эритмаси ДЭАЭ-целлюлоза, ҳамда Sefadex G-50 колонкаларида ажратилиб, 27.5% унум билан арабиногалактан AGF-1 фракцияси олинди.

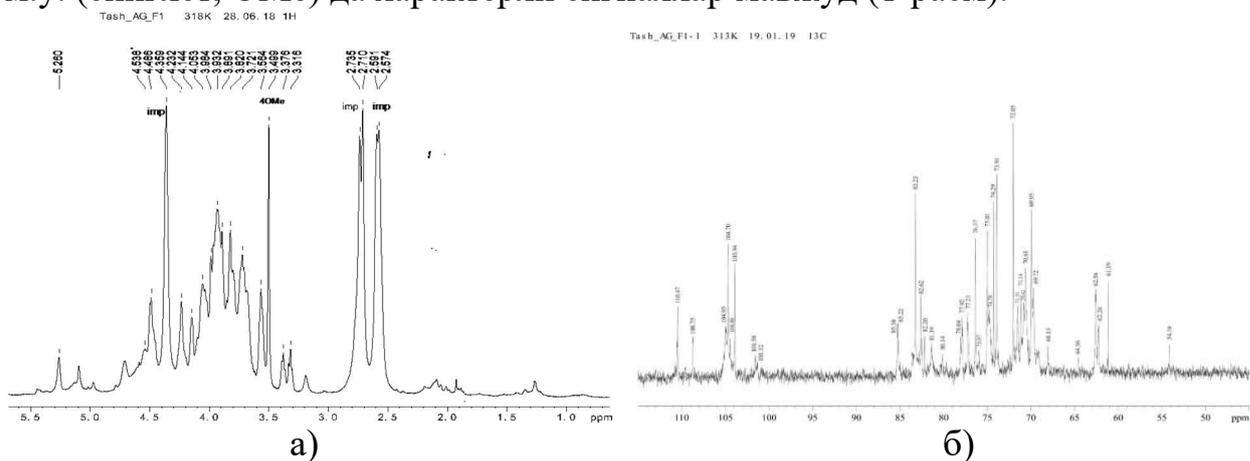
Арабиногалактан AGF-1 оч жигарранг аморф кукун бўлиб, сувда яхши эрийди, юқори самарали суюқлик хроматографияси натижаларига кўра молекуляр массаси (Мм) 36 кДа га тенг. AGF-1 нинг моносахарид таркибида 3.6:1 нисбатда галактоза ва арабиноза, шунингдек, оз миқдорда урон кислотаси мавжуд. AGF-1 таркибидаги моносахаридлар орасидаги гликозид боғларини ва уларни цикл ўлчамларини аниқлашда Смит ва метиллаш усуллари қўлланилди. AGF-1 ни Смит усулида оксидлаш, қайтарилиш ва гидролиз реакцияси давомида глицерин ва галактоза ҳосил бўлди. Глицериннинг ҳосил бўлиши полимернинг тармоқланганлигини ва моносахарид қолдиқлари ўртасида 1,6 турдаги боғларнинг мавжудлигини кўрсатса, галактозанинг мавжудлиги AGF-1 да 1,3 турдаги боғланиш борлигидан далолат беради.

Арабиногалактан AGF-1 ни метиллаш *Ciucanu* усули бўйича амалга оширилиб, метиллаш реакциясининг тўлиқ бориши ИҚ спектроскопия усулида 3400-3200  $\text{cm}^{-1}$  (ОН гуруҳи) соҳада спектр чизиқлари ҳосил бўлмаслиги билан назорат қилиб борилди. Сўнг перметилат метанолизга, ацетиллашга учратилиб, метилланган модданинг триметилсилил (ТМС) ҳосилалари олинди. Перметилат гидролизатида ГХ/МС томонидан асосан *T-Araf* (15,0%), *1,5-Araf* (11%), *T-Galp* (23,2%), *1,6-боғланган Galp* (29,6%), *1,3-боғланган Galp* (16,6%), *1,2-боғланган Galp* (3,1%) ва *1,3,6-боғланган Galp* (16,6%) иборат эканлиги аниқланди. *2,3,6-O-Me<sub>3</sub>-β-Glcsp* аниқланиши AGF-1 таркибида  $\leftarrow 6\right)-\beta\text{-GlcAp-4OMe-(1}\rightarrow$ ) фрагменти олигомер занжир шаклида бўлиши эҳтимол қилинди. Олинган натижалар AGF-1 макромолекуласининг асосий занжири 1,6-гликозид боғи билан боғланган галактопираноза қолдиқларидан ташкил топган полигалактандан иборат эканлигини кўрсатди ва бу билан оксидланиш маълумотларини тасдиқлади. AGF-1 макромолекуласининг углевод занжирлари юқори даражада тармоқланган бўлиб, тармоқланиш нуқтаси *2,6-ди-O-Galp* алмашинган галактопираноза қолдиқлари билан ифодаланади. Арабиногалактаннинг метиллаш ҳосилаларида *2,3,5-три-O-Me-Araf* нинг аниқланиши арабинофураноза қолдиқлари AGF-1 занжирда терминал ҳолатда жойлашганлигини кўрсатди.

Олинган кимёвий тадқиқот натижалари AGF-1 макромолекуласининг асосий занжири 1,6-гликозид боғлари билан боғланган *D-Galp* қолдиқларидан ташкил топган полигалактанлардан иборат бўлиб, макромолекуланинг тармоқланган қисми асосий занжирга O-3, шунингдек O-2 орқали арабиноза ва галактоза бирикканлигини тахмин қилиш мумкин.

## AGF-1 тузилишини <sup>13</sup>C ЯМР спектроскопия усулида аниқлаш

AGF-1 арабиногалактанининг тузилиши 1D ва 2D ЯМР спектроскопияси ёрдамида ўрганилди. Структура 1D (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C) таҳлилига ва HSQC ва HMBC спектрларининг селектив фарқи асосланган. <sup>1</sup>H ЯМР спектрида δ<sub>H</sub> 4.48 - 5,26 м.у. оралиғидаги аномер атомларнинг сигналлари, шунингдек, δ<sub>H</sub> 3,49 м.у. (синглет, OMe) да характерли сигналлар мавжуд (1-расм).



1-Расм. AGF-1 нинг <sup>1</sup>H (а) ва <sup>13</sup>C (б) ЯМР спектрлари

<sup>13</sup>C ЯМР спектрида (1-расм, чапдаги проекция) δ<sub>C</sub> 104,7-110,47 м.у., аномер атомларнинг, ҳамда 61,1 м.у - OCH<sub>3</sub>, -. 176,6 м.у COOH нинг сигналларини кўрсатди. Спектрлар полисахариднинг асосий компоненти сифатида β-галактопираноза (β-Galp), α-арабинофураноза (α-Araf) қолдикларини, шунингдек, 176,6 м.у. соҳада 4-ОМе-β-глюкурон кислотаси (β-GlcpA4-ОМе) мавжудлигини аниқлади. Алмашиш тури, қолдиклардаги углерод атомларининг кимёвий силжишларига мос келадиган алмашинмаган қандлар билан солиштириш орқали аниқланди. HSQC спектри C-6 (β-Galp) қолдик **A**, C-3 ва C-6 (β-Galp) қолдик **B**, C-5 (α-Araf) қолдик **H**, C-4 (β-GlcpA4-ОМе) қолдик **F**, C-4 (α-GalpA) углерод атомлари учун кучсиз силжишларни кўрсатди (1-жадвал). α-Araf **G** и **G'** (алмашинмаган) терминал қолдиклари, ҳамда δ<sub>C</sub>/δ<sub>H</sub> 62.56/3.72 (C-6 и H-6,6') (алмашинмаган галактопираноза) ва 75.01/3.89 (C-5 H-5)- терминал β-Galp қолдикларининг сигналлари аниқланди.

### 1-Жадвал

#### AGF-1 нинг асосий фрагментларининг <sup>1</sup>H ва <sup>13</sup>C ЯМР спектридаги кимёвий силжиши

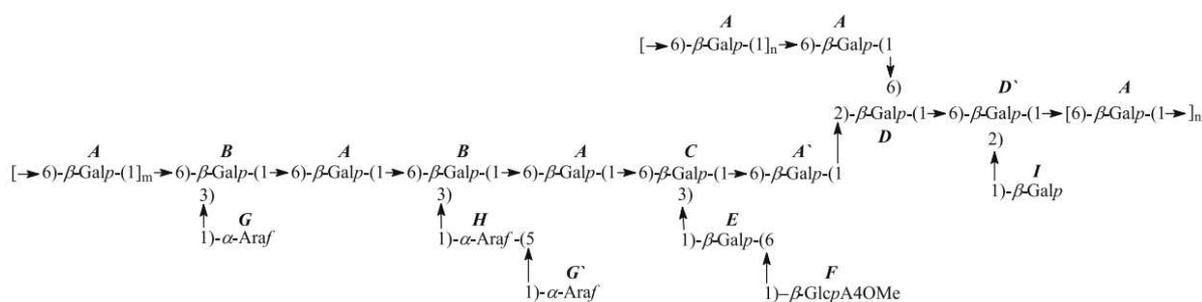
Углевод қолдиклари	C1 <i>H1</i>	C2 <i>H2</i>	C3 <i>H3</i>	C4 <i>H4</i>	C5 <i>H5,5'</i>	C6 <i>H6, H6'</i>
→6)-β-Galp-(1→ <b>A</b>	104.7 4.46	72.1 3.54	74.0 3.65	70.8 3.93	74.8 3.91	70.8 <sup>a</sup> 4.05,3.92
→6)-β-Galp-(1→ 3) <b>B</b>	104.8 4.42	71.2 3.65	81.5 3.71	69.8 <sup>a</sup> 4.12	74.8 3.91	70.8 <sup>a</sup> 4.05,3.92

<b>1-Жадвал давоми</b>							
$\uparrow$ $\alpha$ -Araf-(1	<b>G</b>	110.6 5.24	82.7 4.21	77.9 3.94	85.3 4.13	62.7 3.83, 3.71	
$\rightarrow$ 5)- $\alpha$ -Araf-(1 $\rightarrow$ 3	<b>H</b>	110.6 5.24	82.7 4.21	77.92 3.94	83.6 4.26	68.2 3.88, 3.79	
$\alpha$ -Araf-(1 $\rightarrow$ 5	<b>G'</b>	108.8 5.08	82.2 4.12	78.1 4.00	85.3 4.08	62.7 3.83, 3.71	
$\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Galp-(1 $\rightarrow$ 3)	<b>C</b>	104,5 4.53	71,5 3.78	83,2 3.87	69,8 <sup>a</sup> 4.22	74,8 3.91	70,8 <sup>a</sup> 4.05,3.92
$\uparrow$ 1)- $\beta$ -Galp 6) $\uparrow$	<b>E</b>	105.1 4.69	71.2 3.65	74.0 3.65	69.8 <sup>a</sup> 4.12	75.0 3.88	70.7 <sup>a</sup> 4.04, 3.92
1)- $\beta$ -GlcпA4OMe	<b>F</b>	104.0 4.49	74.3 3.36	76.5 3.53	83.2 <sup>b</sup> 3.31	73.9 3.73	176.6
$\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Galp-(1 $\rightarrow$ 2)	<b>D, D'</b>	101.6 4.96	78.2 4.00	74.0 3.70	69.8 <sup>a</sup> 4.22	74.8 3.91	70.7 <sup>a</sup> 4.02, 3.88
$\uparrow$ 1)- $\beta$ - Galp	<b>I</b>	104.7 4.45	73.1 3.71	74.0 3.65	70.8 3.93	76.0 3.72	62.4 3.78,3.75

Эслатма: устундаги а-қийматини алмаштириш мумкин, b- $\delta_c$  61.1 ва  $\delta_H$  3.49 да GlcpA нинг OMe

Қолган алмашинмаган галактопираноза сигналлари қолдиқ А да мос келган сигналлар билан бир-бирини тўсади. Арабиногалактан занжирида  $\beta$ -GlcпA4OMe борлигини **F** қолдиғидаги 82,62/3.31 м.у. сигнали тасдиқлайди. Арабиногалактандаги моносахаридларнинг кетма-кетлигини НМВС спектрларидаги қолдиқлараро корреляция чўққилари:  $\delta_H/\delta_C$ : 6E/1F, 6A,В/1A,В,1H/3В. 5F/1F, 2ВE/1В,Е, 2D/1D, 3В/1HG, 2A/1A, 2D/1D, 5G/1G', 5F/1F ни таҳлил қилиш йўли билан аниқланди. 1- $\beta$ -D-Galp6 $\rightarrow$ 1GlcпA4OMe фрагменти адабиётлардаги бошқа арабиногалактанларда ҳам мавжуд бўлиб, AGF-1 арабиногалактан улардан ён занжирида  $\beta$ -1,2 гликозид боғлари билан боғланган галактопираноза қолдиқлари борлиги билан фарқ қилади.

Олинган натижалар *F. kuhistanica* AGF-1 арабиногалактан тармоқланган арабино-3,6-галактан бўлиб, макромолекуланинг C-3 ҳолатида  $\alpha$ -арабинофураноза ва унинг 1,5 боғланган олигомер қолдиқлари, шунингдек,  $\beta$ -GlcпA4OMe-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Galp-(1 $\rightarrow$  фрагментлар мавжуд эканлигини кўрсатди. Маълумки, адабиётлардаги бошқа арабиногалактанлардан фарқли ўлароқ, макромолекуланинг асосий занжирининг кичик бир қисми C-2 ҳолатида  $\beta$ -галактопираноза қолдиқларини сақлайди ва AGF-1 қуйидаги тузилишга эга:



Арабиногалактан AGF-1нинг асосий фрагмент структураси

### *F. tenuisecta* ер устки қисми полисахаридлари

*F. tenuisecta* нинг ер устки қисмидан спиртда эрийдиган қандлар (СЭҚ), сувда эрувчи полисахаридлар (СЭПС), пектин моддалари (ПМ) ва гемицеллюлозалар (ГМЦ) ажратиб олинди. Сувда эрувчи полисахаридлар икки усулда ажратилди: 20-22°C ҳароратда сув билан экстракция қилиш давомида СЭПС-1 ва 60-70°C ҳароратда - СЭПС-2 ажратиб олинди (2-жадвал). Хроматографик таҳлил ёрдамида СЭҚ фруктоза, глюкоза ва сахарозадан иборат эканлиги аниқланди.

### 2-Жадвал

#### *F. tenuisecta* ер устки қисми полисахаридларининг моносахарид таркиби

ПС	Унум, %	Моносахарид таркиби,%						УАс, %
		Gal	Glu	Man	Xyl	Ara	Rha	
СЭПС-1	5.0	38.0	5.7	37.0	2.7	11.4	5.0	10.0
СЭПС-2	1.0	29.5	18.0	15.8	7.0	19.0	11.0	34.0
ПМ	4.5	7.0	7.6	1.0	-	5.3	7.2	90.0
ГМЦ	2.0	10.3	25.0	1.0	27.0	8.0	12.0	-

Тўлиқ кислотали гидролиз ва унинг хроматографик таҳлил натижалари СЭПС моносахарид таркиби сифат ва миқдор жиҳатдан фарқланишини кўрсатди. СЭПС-1 да манноза ва галактоза, шунингдек арабиноза 38:37:11.4, СЭПС-2 да эса галактоза, глюкоза ва арабиноза 29,5:18:19 нисбатларда кузатилди. Урон кислоталарининг таркиби мос равишда 10 ва 34% ни ташкил қилди (2-жадвал). Демак, полисахаридлар гетероген бўлиб улар нейтрал ва нордон полисахаридлардан иборат.

Пектин моддалари қаймоқсимон тусли оқ рангли кукун бўлиб, сувда қовушқоқ эритма ҳосил қилиб тўлиқ эрийди ва нисбий қовушқоқлик қиймати 8,1 (с 1,0, H<sub>2</sub>O) га тенг. ИҚ спектрида кислотали полисахаридларга хос бўлган ютилиш соҳалари мавжуд. Хусусан, 1370 см<sup>-1</sup> да ютилиш соҳаси метил гуруҳлари мавжудлигини кўрсатади. Титриметрик таҳлил ёрдамида ПМ нинг этерификацияланиш даражаси (ЭД) 62,5% га тенг бўлиб, *F. tenuisecta* ПМ лари юқори даражада этерификацияланган пектинларга кириши аниқланди.

ПМ ажратиб олингандан сўнг қолган хом ашёни 5% калий гидроксид эритмасида экстракция қилиш йўли билан доминант моносахаридлар - ксилоза

ва глюкозадан иборат бўлган гемицеллюлоза (ГМЦ) ажратиб олинди. Кимёвий чуқурроқ ўрганиш учун СЭПС-1 танлаб олинди.

### ***F. tenuisecta* сувда эрувчи полисахаридлари**

*F. tenuisecta* ер устки қисмидан сувда эрувчи полисахаридларни юқорида келтирилган усулда ажратиб олинди. СЭПС-1 оч жигарранг аморф куқун бўлиб, бироз лойқа эритма ҳосил қилган ҳолда сувда эрийди. Унинг ИҚ спектрида оқсил компонентларига ҳос 1650 см<sup>-1</sup> ютилиш соҳаси кузатилди, уни Севага усули ёрдамида денатурацияга учратиб, оқсилдан тозаланган СЭПС-1 олинди. СЭПС-1 нинг сувли эритмаси спирт билан қисман чўктирилиб унумлари 16, 13, 15, 5% бўлган I-IV фракциялар олинди (3-жадвал). Спиртли супернатант галактоза, глюкоза, манноза ва арабинозадан иборат қуйи молекуляр оғирликдаги олигосахаридлар йиғиндиси 44% ни ташкил қилди.

### **3-Жадвал**

#### **СЭПС-1 фракцияларининг унуми ва моносахарид таркиби**

фракциялар	Мм, кДа	Унум, %	Моносахарид қолдиқларининг нисбатлари						UA, %
			<i>Gal</i>	<i>Glc</i>	<i>Man</i>	<i>Xyl</i>	<i>Ara</i>	<i>Rha</i>	
I	48	16.0	6.0	2.0	5.5	1.0	2.5	2.0	34.0
II	43	13.0	4.5	1.0	1.2	-	1.7	1.4	34.0
III	40	15.0	22.0	1.6	2.0	1.0	6.5	2.6	16.0
IV	35	5.0	15.0	1.05	1.0	1.15	6.1	2.2	22.0
V	9-20	44.0	1.1	1.6	1.62	-	1.0	-	-

Бу фракция глюкоманнан ва арабиногалактан олигосахаридлари бўлиши эҳтимол қилинди. 4-Жадвалдан кўришиб турибдики, I-IV фракциялар моносахарид таркиблари ва урон кислоталарининг унуми билан фарқланади. Урон кислоталарининг миқдори 16-34% оралиғида ўзгариб туради. Шунинг таъкидлаш кераки, III фракцияда доминант моносахаридлар 6,5:22 нисбатда арабиноза ва галактозадан иборат бўлиб, урон кислотасининг миқдори 16% ни ташкил этади. Демак, ушбу фракция нейтрал ва нордон полисахаридлардан иборат. Нейтрал ва нордон полисахаридларни ажратиш учун III фракция ДЭАЭ-целлюлозали (ОН-шакли) колонкадан ўтказилди. Колонка сув, 0,5 н NaCl, сўнгра 0,5 н NaOH эритмалари билан кетма-кетликда элюация қилинди ва мос равишда 64, 14 ва 3% унум билан полисахарид фракциялари олинди. Сув билан элюация қилинган фракция унуми 64% ни ташкил этиб, галактоза ва арабинозанинг нисбати 2.3:1 тенг арабиногалактандан иборат бўлиб, уни AG-Ften деб номланди (4-жадвал).

## AG-Ften ДЭАЭ-целлюлоза (ОН-шакл) колонкасида фракциялаш

Элюент	Унум, %	Моносахаридлар нисбати						UAc
		Gal	Glc	Man	Xyl	Ara	Rha	
H <sub>2</sub> O	64.0	25.0	3.3	1.4	1.0	10.6	4.1	-
0.5 н NaCl	14.0	13.7	7.1	1.0	2.0	5.5	3.0	+
0.5 н NaOH	3.0	4.0	14.7	4.0	9.3	1.8	1.0	+

Арабиногалактан *Ften* нинг кимёвий тузилиши

Арабиногалактан AG-Ften оқ рангли аморф кукун бўлиб, сувда эрийди ва юқори самарали суюклик хроматографияси натижаларига кўра Мм 40 қДа га тенг. AG-Ftenнинг ИҚ спектри 3394 (ОН гуруҳи), 869 ва 720 см<sup>-1</sup> ( $\alpha$  ва  $\beta$ -гликозид боғлар) ютилиш соҳаларини ўз ичига олади.

Моносахарид қолдиқлари орасидаги гликозид боғларини аниқлаш учун AG-Ften натрий периодат билан оксидланди. Оксидланиш 15 кун давом этиб, NaIO<sub>4</sub> сарфи 2,3 моль га тенг бўлди ва реакция давомида 0,31 моль чумоли кислотаси ажралиб чиқди. Оксидланган AG-Ften NaBH<sub>4</sub> қайтарилди, сўнг гидролизга учратилди. Гидролизатнинг хроматография натижаси якуний маҳсулот сифатида глицерин ва галактоза эканлиги аниқланиши, макромолекуланинг асосий углевод занжирини ташкил этувчи галактопираноза қолдиқлари ўртасида 1,3 ёки 1,6-гликозид боғлари мавжудлигини кўрсатади.

AG-Ften Ciucanu усули бўйича метилланди ва перметилат гидролизатининг ГХ/МС да 2,3,4,6-tetra-*O*-Me- $\beta$ -D-Galp (5.64%), 2,3,4-tri-*O*-Me- $\beta$ -D-Galp (38.58%), 2,4,6-tri-*O*-Me- $\beta$ -D-Galp (1.1 %), 2,4-di-*O*-Me-*D*-Galp (6.44 %), 2,3,5-tri-*O*-Me- $\beta$ -Araf (14.94%), 2,3-di-*O*-Me-Araf (4.46 %) идентификация қилинди.

2,3,4-tri-*O*-Me-Galp ва 2,4,6-tri-*O*-Me-Galp нисбати 35:1 га тенг. Метилланиш натижалари шуни кўрсатадики, AG-Ften нинг асосий занжири 1,3 ва 1,6 боғланган галактопираноза қолдиқларидан, ён занжир эса 3,6 боғланган галактоза ва 1,5 боғланган арабинофураноза қолдиқларидан иборат экан.

AG-Ften нинг <sup>13</sup>C ЯМР спектри 60 дан 180 ppm гача соҳада қайд этилган. COSY, TOCSY ва ROESY спектрлари полисахариднинг қанд компоненти сифатида  $\beta$ -Galp,  $\alpha$ -Araf ва  $\beta$ -GlcрA қолдиқлари мавжудлигини кўрсатди. HSQC спектрининг таҳлили С-6 позициясида (А ва Е қолдиқлари) ва 3,6 позицияларида (В ва D қолдиқлари)  $\beta$ -Galp қолдиқлари, шунингдек алмашинмаган  $\beta$ -Galp қолдиқларининг бир қисми (терминал, I) борлиги аниқланди.

Полимерда икки хил  $\alpha$ -Araf қолдиқлари: терминал (G ва G') ва 5-алмашинган (H) кузатилди.  $\beta$ -GlcрA (F) қолдиқлари 4-позицияда алмашинган. Қолдиқлардаги алмашиниш ҳақидаги барча хулосалар уларнинг <sup>13</sup>C ЯМР субспектрлари алмашинишининг ижобий  $\alpha$ -таъсирини ҳисобга олган ҳолда бошланғич қанд спектрлари билан солиштириш асосида амалга оширилди



фракциялари олинди. Шунини айтиб ўтиш лозимки, *Apiaceae* оиласига мансуб ўсимликлардан илк бор глюкоманнан фракцияси олинди.

Пектин моддаларида галактурон кислотасининг миқдори 83.6% ни ташкил этди, нейтрал моносахаридлар орасида рамноза (8.4%), арабиноза (5.0%) ва глюкоза (23.8%) устунлик қилади. Олинган натижалар шунини кўрсатдики, ПМ макромолекуласининг асосий занжирини галактурон кислотаси ташкил этиб, нейтрал қандлар эса полимернинг ён занжирини ифодалайди. Гемиллюлозаларда асосий моносахарид қолдиқлари глюкоза бўлиб, урон кислоталари аниқланмади.

### ***F. kuhistanica* ер устки қисмида полисахаридларнинг мавсумий тўпланиш динамикаси**

*F. kuhistanica* ер устки қисмидаги турли гуруҳ полисахаридларнинг унуми, уларнинг физик-кимёвий хоссалари ва моносахарид таркибларини мавсумий динамикага боғлиқлиги ва муқобил йиғим вақтини аниқлаш борасида изланишлар олиб борилди. Ўсимликлар 2021-йилда Самарқанд вилоятидан қуйидаги: I - вегетация - 05.04.17, II - гуллаш - 01.05.17, III - куртакланиш - 15.05.21, IV - мева туғиш - 01.06.17 ривожланиш даврларида йиғилди ва уларнинг унуми ва моносахарид таркиблари б-жадвалда келтирилди. Полисахаридлар юқорида келтирилган усулларда ажратиб олиниб, ўрганилди.

Барча даврларда СЭПС-с нинг миқдори кўп бўлиб, уларнинг энг кўп унуми гуллаш даврида (5,6%), ПМ эса мева туғиш даврида (7.4%) кузатилди. Ўсимлик ривожланиши билан полисахарид таркибидаги арабиноза ва галактозанинг нисбати ўзгариб аста секин арабинозанинг ортиши ва галактозанинг камайиши кузатилди. Хом ашёнинг йиғиш муддати қилиб, ўсимликнинг гуллаш даври мақсадга мувофиқ деб топилди.

### **6-Жадвал**

#### ***F. kuhistanica* ер усти қисми полисахаридларининг унуми ва моносахаридлар таркибининг мавсумий тўпланиш динамикаси**

Вегетация даври	ПС тури	Унум, %	Моносахарид таркиби, %						UA, %	Ara/Gal нисбати
			Rha	Ara	Xyl	Man	Glu	Gal		
Вегетация	СЭПС-с	4.6	9.3	17.6	3.8	11.2	17.0	41.2	9.0	1:2.3
	СЭПС-и	1.0	9.1	15.0	7.0	14.6	27.7	26.5	16.0	1:1.8
	ПМ	2.0	16.5	26.0	4.5	-	3.0	50.0	19.0	1:1.9
Гуллаш	СЭПС-с	5.6	5.0	25.0	1.5	6.0	9.5	53.0	14.0	1.2:1
	СЭПС-и	1.6	18.7	14.5	4.0	11.7	26.3	25.0	20.0	1:1.7
	ПМ	6.0	22.8	28.5	2.2	-	-	45.5	27.0	1:1.6
Куртакланиш	СЭПС-с	4.8	5.2	18.6	3.6	6.6	29.3	36.7	10.0	1:1.9
	СЭПС-и	1.5	13.4	21.2	4.0	12.3	9.0	4.1	3.0	5.2:1
	ПМ	6.7	20.2	31.0	2.7	-	4.3	41.3	75.0	1:1.3
Мева туғиш	СЭПС-с	5.1	3.7	37.0	2.6	4.1	24.8	28.0	5.4	1.3:1
	СЭПС-и	1.2	10.5	24.2	3.1	17.0	1.9	43.4	18.0	1:1.8
	ПМ	7.4	2.5	50.0	23.8	-	2.7	19.1	87.0	2.6:1

## ***F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* полисахаридларининг пребиотик фаолликлари**

ЎзР ФА Микробиология институти ходимлари (б.ф.н. Огай Д.К., б.ф.н. Элова Н.А.) *F. kuhistanica* арабиногалактанининг бифидобактериялар ассоциацияси ва моноштамм ҳолидаги лактобактерияларнинг ўсишига стимулловчи таъсири амалиётда қўлланиб келинаётган олма пектини (ПМ-О) билан қиёслаб ўрганилди. Олинган маълумотлар шуни кўрсатадики, ўрганилаётган пребиотикларнинг озуқа муҳити таркибига киритилиши уларнинг фаол ишлашига ёрдам беради ва шу билан бирга тирик хужайралар сонини кўпайтиради. Агар *Bifidobacterium longum* 17х+*Propionibacterium avidum* 1 ўсишини МРС-шўрва озуқа муҳити ва пребиотик қўшимчалар қўшилган муҳит билан таққосланса, иккинчиси тирик хужайраларнинг юқори титрини таъминлашини кўриш мумкин. Арабиногалактан-AGF нинг МРС-шўрва озуқа муҳитига қўшилиши ўсиш стимуляциясини 20.9% ни ташкил этди, тирик хужайралар титри эса 8.89 (назорат) дан 9.86 ва 10.75 (тажриба) гача ошиши кузатилди. AGF нинг *Lactobacillus delbtueckii subps bulgaricus* 906 таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, РМ-О ва AGF қўшилганда лактобацилларнинг ўсиш самарадорлиги мос равишда 15.2 ва 21% га ортган. *L. rhamnosus* 925ak культурасига пребиотик қўшилган муҳитда тирик хужайралар сони ортса, *L. del. subps bulgaricus* 906 муҳитида эса бир мунча паст (10.33-12.4 lg КХБ/ml) бўлиши кузатилди. Бунда муҳитнинг титрланадиган кислоталилиги AGF қўшилганда 185°Т гача ортиши пребиотикнинг микроорганизмлар томонидан фаол ишлатилишини кўрсатади.

Шундай қилиб, *F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* полисахаридлари юқори пребиотик фаолликка эга ва улар чорвачиликда озуқа таркибига, функционал озиқ-овқат маҳсулотлари - синбиотиклар сифатида ҳайвонларда ичак микробиоценози бузилишларини коррекциялаш учун қўшиш таклиф этилди.

## **Полисахаридлар тузилиши ва пребиотик фаоллик ўртасидаги боғлиқлик**

*F. kuhistanica* ва *F. tenuisecta* полисахаридларининг пребиотик фаоллигини намоён қилишига таъсир этувчи структуравий фрагментларни аниқлаш мақсадида “тузилиш-биологик фаоллик” орасидаги боғлиқлик ўрганилди. Юқорида айтиб ўтилганидек, ўрганилаётган арабиногалактанлар моносахаридлар нисбати ва молекуляр оғирликлари бўйича кескин фарк қилмайдилар. Полисахаридларнинг структурасини ўрнатиш давомида икки полисахариднинг ён занжирида ўхшаш олигосахарид 1)  $\text{Araf-(5}\rightarrow\text{1)-Araf}$ ; 1)- $\beta$ -Galp-(6 $\rightarrow$ 1)- $\beta$ -GlcA4-OMe фрагментлари мавжуд. Икки тур *Ferula* арабиногалактани ва кимёвий тузилиши бўйича *F. tenuisecta*га ўхшаш структурага эга бўлган *Silybum marianum* арабиногалактанининг пребиотик фаолликлари қиёсий ўрганилганда, *F. kuhistanica* нинг сувда эрувчи

полисахариди юқори пребиотик фаолигга эга эканлиги аниқланди. Олинган натижалар *F. kuhistanica* арабиногалактанининг пребиотик фаолигининг юқори бўлишига макромолекуланинг юқори тармоқлаганлиги билан бирга, биринчи навбатда унинг ён занжирида жойлашган ва асосий занжирга С-2 орқали боғланган узун галактоолигосахарид фрагменти фаолигга муҳим ҳисса қўшиши аниқланди.

### **Сувда эрувчи полисахарид -Арбифилян**

Олинган натижаларга асосланиб, *F. kuhistanica* нинг сувда эрувчи полисахаридлари асосида ошқозон ичак микрофлорасини нормаллаштирувчи Арбифилян воситаси ишлаб чиқилди. Арбифилян полисахаридлар йиғиндиси бўлиб, сувда яхши эрийди, унинг таркибида арабиногалактан фракциялари 45%ни ташкил этади. Препаратни пребиотик фаоллиги СамДУ ҳайвонлар физиологияси кафедраси (б.ф.д., проф. Ражабмуродов З.Т., докторант (PhD) Намозова Д.) томонидан қуёнларда пребиотик фаоллиги ва гўшт маҳсулдорлигига таъсирини аниқлаш борасида илмий изланишлар олиб борилди. Тадқиқотлар Самарқанд вилоятидаги “Тарнов” фермер хўжалигида ўтказилди. Тадқиқот учун 20 бош хикол зотли қуёнлардан фойдаланилди. Қуёнлар экспериментал ва назорат гуруҳларига бўлиниб, озиқлантириш бир хил рацион асосида амалга оширилди. Тадқиқот натижаларига кўра, тажриба гуруҳда Арбифилян пребиотигидан фойдаланишнинг 10-кунидан бошлаб, қуёнларнинг ўсишини тезлашиши, умумий ривожланишнинг ўсиши ва тана вазнининг ошиши аниқланди. 100 кунлик ёшида улар назоратдагига қараганда 330 г, 120 кунлигида - 600 г, бутун тажриба давомида - 1100 г га тана вазни ошди. Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, тажриба давомида Арбифилян тажриба гуруҳ қуёнларининг кунлик ўсишига ва тана массасининг ошишига ижобий таъсир кўрсатди.

### ***F. tenuisecta* илдиз полисахаридларининг микробларга қарши фаоллиги**

*F. tenuisecta* илдизидан ажратиб олинган сувда эрувчи полисахаридлар ва пектин моддаларининг микробларга қарши фаоллиги Микробиология институти ходимлари томонидан ўрганилиб, СЭПСнинг *Staphylococcus aureus* 2 (18 мм), *Bacillus subtilis* VKM (20 мм), *Klebsiella oxitoca* 1 (20 мм) ва *Escherichia coli* NC 101 (18 мм) штаммларга антимиқроб фаоллигга эга эканлиги аниқланди.

## ХУЛОСАЛАР

1. Илк бор *Ferula kuhistanica* ва *F. tenuisecta* ўсимлигидан сувда эрувчи полисахаридлар, пектин моддалар ва гемицеллюлозалар ажратиб олинган ва уларнинг физик-кимёвий характеристикалари ҳамда моносахарид таркиблари аниқланган.

2. Сувда эрувчи полисахаридлар ва пектин моддаларининг унумига, моносахарид таркибига ўсимликнинг ривожланиш динамикасининг таъсири ўрганилган ва хом ашё тайёрлашнинг мақбул вақти аниқланган.

3. *Ferula kuhistanica* ва *F. tenuisecta* сувда эрувчи полисахаридини фракциялаб гомоген AGF ва АГ-Ften арабиногалактан фракциялари олинган, полимерларнинг тузилиши кимёвий ва спектрал усулларда тадқиқ қилинган.

4. Биринчи марта AGF ва АГ-Ften арабиногалактанларининг асосий занжири  $\beta$ -(1→6)-гликозид боғи билан боғланган полигалактанлардан иборат эканлиги, ён занжири  $\alpha$ -арабинофураноза ва унинг 1,5-боғланган олигомерлардан, ҳамда  $\beta$ -GlcрA4-ОМе-(1→6)- $\beta$ -Galр-(1 дихарид фрагментидан иборат эканлиги исботланган. АГ-Ften арабиногалактанидан фарқли равишда AGF кучли тармоқланган бўлиб, 1,6 алмашинган асосий занжирнинг кичкина қисмида  $\beta$ -Galр-(1→ С-2 ҳолатда жойлашганлиги аниқланган.

5. *Ferula* арабиногалактанларининг биологик фаоллигининг кимёвий тузилишига боғлиқлиги ўрганилган. Арабиногалактаннинг бифидобактериялар ва лактобактерияларга нисбатан юқори пребиотик фаоллиги полимер ён занжиридаги узун тармоқланган галактоолигосахарид фрагментлари билан боғлиқлиги тадқиқ қилинган.

6. *F. kuhistanica* сувда эрувчи полисахарид-Арбифиланнинг техник шarti ишлаб чиқилган ва (Ts.035035440-031:2020) тасдиқланган. Арбифилан тажриба гуруҳ қуёнларининг тана массасини ошириши ва организм иммун тизимини яхшилаши аниқланган.

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

---

**ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**АЗИЗОВ ДОНИЁР ЗАКИРЖАНОВИЧ**

**АРАБИНОГАЛАКТАНЫ *FERULA KUHISTANICA* И *F. TENUISECTA***

**02.00.10 – Биоорганическая химия**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент-2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2019.4. PhD/K261.

Диссертация выполнена в Институте химии растительных веществ

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.uzicps.uz](http://www.uzicps.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz))

Научный руководитель:

**Рахманбердыева Раю Каримовна**  
доктор химических наук

Официальные оппоненты:

**Нормахаматов Нодирали Сахобаталевич**  
доктор химических наук

**Ахмедов Олий Равшанович**  
кандидат химических наук (PhD)

Ведущая организация:

**Национальный Университет Узбекистана**

Защита диссертации состоится «24» 10 2023 г. в 10<sup>00</sup> 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. (+99871) 262- 73-48).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии растительных веществ (регистрационный номер № 32) (адрес г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77. Тел. (+99871) 262- 59-13, факс: (99871) 262-73-48, e-mail: plant\_inst@icps.org.uz).

Автореферат диссертации разослан «12» 10 2023 года  
(реестр протокола рассылки 10 от 12.10 2023 года)



  
**Ш.Ш. Сагдуллаев**  
Председатель Научного совета  
по присуждению ученых степеней д.т.н.,  
профессор

  
**Н.К. Хидирова**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, к.х.н.

  
**Э.Х. Батыров**  
Председатель Научного семинара при  
Научном совете по присуждению  
ученых степеней д.х.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время растительные полисахариды являются важным классом биополимеров и издавна привлекают внимание исследователей благодаря своей высокой технической и пищевой ценности. Так как они не токсичны и обладают различными видами активности: антиоксидантная, противодиабетическая, противовоспалительная, антикоагулянтная, антибактериальная и противораковая. Биологическая активность растительных полисахаридов зависит от их моносахаридного состава, молекулярной массы, последовательности моносахаридных остатков, а также от химических модификаций.

На сегодняшний день мало информации о химическом составе и полезных свойствах углеводов 80-90% растений, произрастающих на территории Узбекистана. Среди богатейшей флоры Узбекистана значительный интерес вызывают представители семейства *Apiaceae* и, в частности, растения рода *Ferula* с достаточной сырьевой базой и содержанием различных групп биологически активных соединений, обладающих широким спектром фармакологической активности. Из них выделены и изучены кумарины, сесквитерпеновые лактоны, фурукумарины, сложные эфиры терпеноидных спиртов.

В настоящее время на основе сложных эфиров в Институте химии растительных веществ АН РУз созданы препараты: «Куфэстрол» (*F. kuhistanica*), «Тефэстрол» и «Ферулен» (*F. tenuisecta*). Следует отметить, что углеводы растений рода *Ferula* изучены недостаточно полно, поэтому исследование содержания различных групп полисахаридов в двух видах *Ferula*, установление структуры макромолекул и выявление их биологической активности является актуальной задачей.

Данное диссертационное исследование направлено на выполнение задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-55 от 22 января 2022 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию фармацевтической отрасли республики в 2022-2026 годах»,<sup>1</sup> и постановление Президента № ПП-121 от 8 февраля 2022 года «О мерах по дальнейшему развитию животноводства и укреплению кормовой базы»,<sup>2</sup> 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 VI. «Медицина и фармакология».

**Степень изученности проблемы.** Ведущими зарубежными учеными Caroline G. Mellinger (Universidade Federalde Catalão, Brazil), Thales R. Cipriani и др. (Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Paraná, Brazil), Kiranmayi Ketha и др. (Department of Biochemistry,

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-55 от 21 января 2022 года.

<sup>2</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-121 от 8 февраля 2022 года.

CSIR-Central Food Technological Research Institute, India), S. Saeidy (Department of Food Science and Technology, Isfahan, Iran), Wei Guo и др. (China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd), Murr Qiang Peng и др. (Dalian Institute of Chemical Physics, CAS), Mariem Hamed с соавторами (Université de Tunis El Manar), Elisabete Coelho и др. (Department of Chemistry, University of Aveiro, Portugal) Российскими учеными В.А. Бабкиным, Н.А. Неверовой и др. (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН) изучены свойства, структура и биологическая активность арабиногалактанов.

В республике под руководством д.х.н. Рахманбердыевой Р.К. из надземной части *Cardaria repens* выделен арабиногалактан с антикоагулянтной активностью и из листьев *Silybum marianum* разветвленный арабиногалактан с сопутствующим рамногалактуронамом.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высших учебных и научно-исследовательских заведений.** 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.)

**Целью диссертационной работы** является выделение и изучение различных групп полисахаридов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta*, определение физико-химических свойств, моносахаридного состава и установление структуры арабиногалактанов, выявление взаимосвязи между особенностями структуры полисахаридов и проявляемой ими биологической активности.

**В связи с этим были поставлены следующие задачи:**

выделение и установление состава различных групп полисахаридов (водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы) из *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta*. Изучение содержания углеводного комплекса надземных частей *F. kuhistanica* по периодам вегетации;

получение гомогенных фракций арабиногалактанов из водорастворимых полисахаридов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta*;

установление строения арабиногалактанов химическими и спектральными (ГХ, ГХ/МС, <sup>13</sup>С ЯМР спектроскопия) методами;

выявление биологической активности (пребиотическая и противомикробная активность) водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ. Изучение влияния структуры полисахаридов на проявляемую ими биологической активности;

получение кормовой добавки на основе водорастворимых полисахаридов *F. kuhistanica* и разработка нормативно-технической документации.

**Объект исследования.** Объектами исследования являются надземная часть *F. kuhistanica*, надземная часть и корни *F. tenuisecta*.

**Предметом исследования** являются водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы, арабиногалактаны.

**Методы исследования.** В работе использованы химические методы исследования (полный кислотный гидролиз, периодатное окисление, метилирование) полисахаридов.

Аналитические методы: качественный и количественный анализ моносахаридного состава полисахаридов, титриметрические методы определения степени этерификации пектиновых веществ. Определение содержания макро- и микроэлементов.

Физико-химические методы: ИК-, ГХ, ГХ/МС,  $^{13}\text{C}$  и  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопии, двумерные гомо- ( $^1\text{H}$ , COSY, TOCSY, ROESY) и гетероядерные  $^1\text{H}$   $^{13}\text{C}$  (HSQC, HMBS) спектральные методы, электронно-эмиссионный метод.

**Научная новизна диссертационной работы.** Впервые определено содержание различных групп полисахаридов в надземной части *Ferula kuhistanica* и *F. tenuisecta*.

Установлен оптимальный период заготовки сырья *Ferula kuhistanica*. Показано, что основными полисахаридами в надземной части растения являются водорастворимые полисахариды и пектиновые вещества. Впервые из водорастворимых полисахаридов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta* получены гомогенные арабиногалактаны AGF и АГ-Ften. Показано, что они являются разветвленными полисахаридами с основной полимерной цепью, состоящей из (1→6) остатков β-галактопиранозы, где в положении С-3 находятся остатки α-арабинофуранозы и ее 1,5-связанные олигомеры, а также β-GlcpA4OMe-(1→6)-β-Galp-(1→фрагменты. Впервые установлено, что небольшой участок основной цепи макромолекулы арабиногалактана *F. kuhistanica* несет остатки β-галактопиранозы в положении С-2. Доказано, что изучаемые арабиногалактаны относятся к арабино-3,6-галактанам. Выявлена пребиотическая активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta*, а также антимикробная активность водорастворимых полисахаридов корней *F. tenuisecta*.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем: выявлено антимикробное действие водорастворимого полисахарида корней *F. tenuisecta* по отношению к грамположительным (*Staphylococcus aureus*) и грамотрицательным (*Escherichia coli* 002673/477 и *Klebsiella oxitoca* 1), а также спорообразующим бактериям (*Bacillus subtilis*).

Показано влияние кормовой добавки Арбифилан на продуктивность опытной группы кроликов, повышение суточного прироста поголовья, а также укрепление иммунной системы организма.

Разработаны и утверждены технические условия на водорастворимый полисахарид из *F. kuhistanica* “Арбифилан” (Ts 03535440-031:2020).

**Достоверность результатов исследований** достигнута применением современных методов физического, спектрального и биологического анализа для определения структуры, физико-химических свойств и биологической активности полученных полисахаридов. Достоверность результатов объясняется тем, что они обсуждались на международных и республиканских научных конференциях, опубликованными публикациями в рецензируемых зарубежных научных изданиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что получены новые сведения о свойствах и структуре арабиногалактанов.

Изучена связь «структура-биологическая активность» между полисахаридами и получены сравнительные сведения об их строении и взаимосвязи с пребиотической активностью. Показано, что важный вклад в биологическую активность вносят боковые ответвления арабиногалактана *F. kuhistanica*, в первую очередь, фрагмент, имеющий достаточно длинные разветвленные галактоолигосахаридные фрагменты.

**Практическая значимость работы заключается в том,** что водорастворимый полисахарид - Арбифилян рекомендуется использовать в качестве кормовой добавки в животноводстве для нормализации желудочно-кишечной деятельности животных.

Выявлено, что водорастворимые полисахариды и пектиновые вещества корней *F. tenuisecta* проявляют антимикробную активность.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов научных исследований разработаны и утверждены технические условия (стандарт организации Ts 03535440-031:2020) на водорастворимый полисахарид *F. kuhistanica* Арбифилян.

Научные результаты по химической структуре и биологической активности арабиногалактанов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta* были использованы в иностранных научных журналах с высоким импакт фактором: *J. Biol. Macromol.* 2023, V. 235, 123816 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123816> **IF 8,025**; *Food Bioscience*, 2022, V. 47, 101780 (<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.1017> **IF-5,318**; *Polymers* 15(9):1999, 2023 DOI:10.3390/polim15091999, <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/1999#> **IF-5,0**; *Pharmaceutical sciences*, 2022; 25 (3) DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/08, <https://www.kursk-vestnik.ru/jour/article/view/1069/581>, **IF- 3.784**]; *Carbohydr. Res.* 2023, v. 529, 108828, <https://ssrn.com/abstract=4406065> **IF- 2.975**.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования были представлены и обсуждены на 11 научно-практических конференциях и симпозиумах, в том числе на 8 международных и 3 республиканских конференциях.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 5 научных статей, в том числе 4 - в международных журналах, индексируемых в Scopus, 1 – в журнале СНГ, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, и утверждены технические условия на водорастворимый полисахарид «Арбифилян».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 99 страниц компьютерного текста.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность, востребованность, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, 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 «**Арабиногалактаны высших растений. Свойства и перспективы использования**» приводится обзор литературных данных по арабиногалактанам высших растений, представлена информация об их свойствах, установлении строения и биологической активности.

Во второй главе диссертации «**Полисахариды растений рода *Ferula***» приводятся данные собственных исследований, полученные по изучению двух видов растений *Ferula*: *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta*.

### **Водорастворимые полисахариды *Ferula kuhistanica***

Из надземной части *F. kuhistanica* выделены водорастворимые полисахариды (ВРПС) и пектиновые вещества (ПВ) с выходами 7.2% и 6%, соответственно, и определен их моносахаридный состав и физико-химические параметры. Установлено, что ВРПС состоят из нейтральных и кислых сахаров и доминирующими моносахаридами являются арабиноза, глюкоза и галактоза в соотношении 25:9.5:53, содержание уроновой кислоты составило 14%. В ИК-спектрах ВРПС присутствовали полосы поглощения в области  $\text{см}^{-1}$ : 3298-3300, 1740-1750, 1591-1600, 1412-1420, 1107-1100, 878-890, 673-680, 617-630, относящиеся к полисахаридам. Водный раствор ВРПС фракционировали этиловым спиртом и получили фракцию арабиногалактана - AGF. Далее водный раствор AGF разделяли на колонке с DEAE-целлюлозой, затем пропускали через колонку с сефадексом G-50. В результате была получена фракция арабиногалактана AGF-1 с выходом 27.5%.

Арабиногалактан AGF-1 - аморфный порошок светло-коричневого цвета, полностью растворяется в воде и по данным высокоэффективной эксклюзионной хроматографии имеет молекулярную массу равную 36 кДа. Моносахаридный состав AGF-1 представлен галактозой и арабинозой в соотношении 3.6:1, а также незначительными количествами уроновой кислоты.

Для установления типов связей между моносахаридными остатками и размера цикла моносахаридов в AGF-1 были использованы методы периодатного окисления и метилирования. В результате распада по Смитсу в конечных продуктах AGF-1 были идентифицированы глицерин и свободная галактоза. Выявление глицерина свидетельствует о разветвленности полимера и наличии 1,6-типов связей между остатками моносахаридов. Идентификация свободной галактозы свидетельствует о присутствии 1,3-типа связи в AGF-1.

Метилирование арабиногалактана AGF-1 проводили по методу Ciucanu. Полноту метилирования контролировали ИК-спектроскопией по отсутствию полосы поглощения 3400-3200 см<sup>-1</sup> (ОН-группа). Перметилат арабиногалактана подвергали метанолизу, ацетиливанию с последующим получением триметилсилильных (ТМС) производных. В гидролизате перметилата методом ГХ/МС были идентифицированы, в основном, T-Araf (15.0%), 1,5-Araf (11%), T-Galp (23.2%) 1,6-связанные Galp (29.6%), 1,3-связанные Galp (16.6%), 1,2-связанные Galp (3.1%) и 1,3,6-связанные Galp (16.6%). Идентификация 2,3,6-три-О-Ме-β-Glcp говорит о возможности присутствия в AGF-1 ←6)-β -GlcAp-4OMe-(1->, вероятно, они могут быть в виде олигомерных цепочек. Это подтверждают данные периодатного окисления о том, что основными компонентами углеводной цепи AGF-1 являются 1,6-связанные остатки галактопиранозы, которые составляют полигалактановый кор арабиногалактана. Углеводные цепи макромолекулы AGF-1 сильно разветвлены, точками разветвления представлены 2,6-ди-О-замещенные остатки галактопиранозы. В продуктах метилирования арабиногалактана идентифицирована 2,3,5-три-О-Ме-Araf, свидетельствующая о том, что в AGF-1 некоторые остатки арабинофуранозы занимают терминальное положение.

Результаты химических исследований позволяют предположить, что в макромолекуле AGF-1 основную цепь составляет полигалактановый кор, в котором остатки D-Galp соединены β-1,6-гликозидными связями, боковые цепи представлены арабинозой, галактозой присоединенные к основной цепи по О-3, а также D-Galp по О-2.

### Установление строения AGF-1 методом <sup>13</sup>C ЯМР спектроскопии

Строение арабиногалактана AGF-1 было изучено с помощью 1D и 2D ЯМР-спектроскопии. Структура была доказана на основе анализа 1D (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C) и селективных HSQC и HMBC спектров. <sup>1</sup>H ЯМР спектр (рис. 1) содержал сигналы аномерных атомов в области δ<sub>H</sub> 4.48 – 5.26 м.д., а также характерные сигналы при δ<sub>H</sub> 3.49 (синглет, OMe).

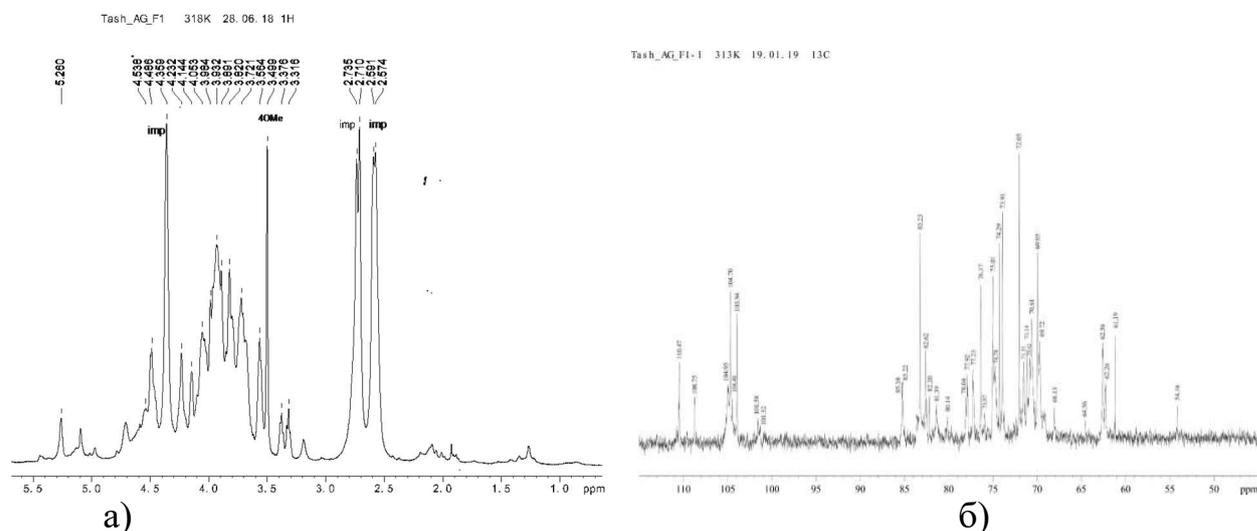


Рис. 1. <sup>1</sup>H (а) и <sup>13</sup>C ЯМР (б) спектры AGF-1

В  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектре (рис.1б) присутствуют сигналы аномерных атомов при  $\delta_{\text{C}}$  104.7-110.47 м.д., а также характерные сигналы  $\text{OCH}_3$  при  $\delta_{\text{C}}$  61.1 и  $\text{COOH}$  при  $\delta_{\text{C}}$  176.6 м.д. Спектры выявили наличие остатков  $\beta$ -галактопиранозы ( $\beta\text{-Galp}$ ),  $\alpha$ -арабинофуранозы ( $\alpha\text{-Araf}$ ), в качестве главных компонентов полисахаридов, также присутствие 4-ОМе- $\beta$ -глюкуроновой кислоты ( $\beta\text{-Glc}p\text{A4-OMe}$ ) в области 176.6 м.д. Тип замещения в остатках был определен при сравнении химических сдвигов атомов углерода в остатках с таковыми в соответствующих незамещенных сахарах. Спектр HSQC выявил слабопольные сдвиги для атомов углерода С-6 ( $\beta\text{-Galp}$ ) остаток **A**, С-3 и С-6 ( $\beta\text{-Galp}$ ) остатки **B**, С-5 ( $\alpha\text{-Araf}$ ) остаток **H**, С-4 ( $\beta\text{-Glc}p\text{A4OMe}$ ) остаток **F**, С-4 ( $\alpha\text{-GalpA}$ ). (табл. 1). Были также обнаружены терминальные (незамещенные) остатки  $\alpha\text{-Araf}$  **G** и **G'**, а также, судя, по наличию сигналов  $\delta_{\text{C}}/\delta_{\text{H}}$  62.56/3.72 (С-6 и Н-6,6' незамещенной галактопиранозы) и 75.01/3.89 (С-5 и Н-5) - терминальные остатки  $\beta\text{-Galp}$ . Остальные сигналы незамещенной галактопиранозы перекрываются с соответствующими сигналами остатка **A**. Сигнал 82.62/3.31 м.д. в остатке **F** свидетельствует о присутствии  $\beta\text{-Glc}p\text{A4-OMe}$  в цепи

арабиногалактана. Последовательность соединения остатков определяли при анализе корреляционных пиков в спектрах НМВС (рис.2), где наблюдаются следующие межостаточные корреляционные пики  $\delta_{\text{H}}/\delta_{\text{C}}$ : 6E/1F, 6A,B/1A,B,1H/3B. 5F/1F, 2BE/1B,E, 2D/1D, 3B/1HG, 2A/1A, 2D/1D, 5G/1G', 5F/1F. В AGF-1 галактопиранозные остатки в боковой цепи присоединены  $\beta$ -1,2-типом гликозидной связи.

**Таблица 1**

**Химические сдвиги  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  ЯМР основных фрагментов арабиногалактана AGF-1**

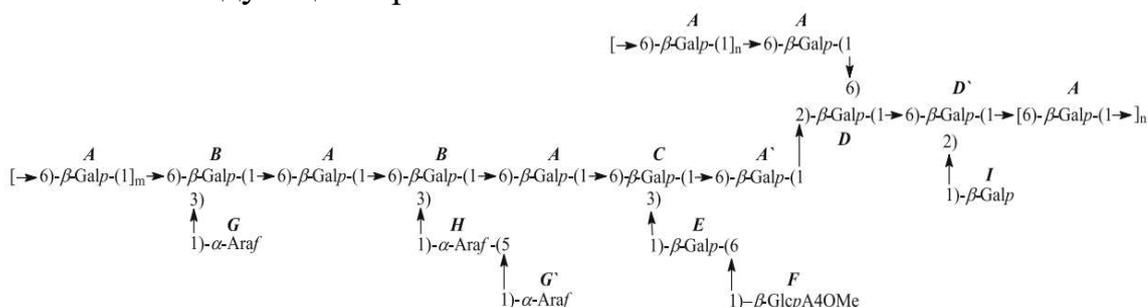
Остатки сахаров		C1 <i>H1</i>	C2 <i>H2</i>	C3 <i>H3</i>	C4 <i>H4</i>	C5 <i>H5,5'</i>	C6 <i>H6, H6'</i>
$\rightarrow 6)\text{-}\beta\text{-Galp}\text{-}(1\rightarrow$	<b>A</b>	104.7 4.46	72.1 3.54	74.0 3.65	70.8 3.93	74.8 3.91	70.8 <sup>a</sup> 4.05,3.92
$\rightarrow 6)\text{-}\beta\text{-Galp}\text{-}(1\rightarrow$ 3)	<b>B</b>	104.8 4.42	71.2 3.65	81.5 3.71	69.8 <sup>a</sup> 4.12	74.8 3.91	70.8 <sup>a</sup> 4.05,3.92
$\uparrow$ $\alpha\text{-Araf}\text{-}(1$	<b>G</b>	110.6 5.24	82.7 4.21	77.9 3.94	85.3 4.13	62.7 3.83, 3.71	
$\rightarrow 5)\text{-}\alpha\text{-Araf}\text{-}(1\rightarrow 3$	<b>H</b>	110.6 5.24	82.7 4.21	77.92 3.94	83.6 4.26	68.2 3.88, 3.79	
$\alpha\text{-Araf}\text{-}(1\rightarrow 5$	<b>G'</b>	108.8 5.08	82.2 4.12	78.1 4.00	85.3 4.08	62.7 3.83, 3.71	
$\rightarrow 6)\text{-}\beta\text{-Galp}\text{-}(1\rightarrow$ 3)	<b>C</b>	104,5 4.53	71,5 3.78	83,2 3.87	69,8 <sup>a</sup> 4.22	74,8 3.91	70,8 <sup>a</sup> 4.05,3.92
$\uparrow$ 1)- $\beta\text{-Galp}$ 6) $\uparrow$	<b>E</b>	105.1 4.69	71.2 3.65	74.0 3.65	69.8 <sup>a</sup> 4.12	75.0 3.88	70.7 <sup>a</sup> 4.04, 3.92

Продолжение таблица 1						
1)-β-GlcpA4OMe	104.0	74.3	76.5	83.2 <sup>b</sup>	73.9	176.6
<i>F</i>	4.49	3.36	3.53	3.31	3.73	
→6)-β-Galp-(1→2)	101.6	78.2	74.0	69.8 <sup>a</sup>	74.8	70.7 <sup>a</sup>
<i>D,D'</i>	4.96	4.00	3.70	4.22	3.91	4.02, 3.88
↑	104.7	73.1	74.0	70.8	76.0	62.4
1)-β-Galp	4.45	3.71	3.65	3.93	3.72	3.78, 3.75
<i>I</i>						

Примечание: а-значение в колонке может быть взаимозаменяемым, б- ОМе при δ<sub>C</sub> 61.1 и δ<sub>H</sub> 3.49

Совокупность полученных результатов показывает, что арабиногалактан AGF-1 *F. kuhistanica* является разветвленным арабино-3,6-галактаном, где в положении С-3 находятся остатки α-арабинофуранозы и ее 1,5-связанные олигомеры, а также β-GlcpA4-ОМе-(1→6)-β-Galp-(1→) фрагменты.

В отличие от известных арабиногалактанов небольшой участок основной цепи макромолекулы несет остатки β-галактопиранозы в положении С-2 и AGF-1 имеет следующее строение:



### Полисахариды надземной части *Ferula tenuisecta*

Из надземной части *F. tenuisecta* были выделены и изучены СРС, ВРПС, ПВ и ГМЦ. ВРПС экстрагировали двумя способами: экстракцией водой при температуре 20-22°C и получили ВРПС-1, при температуре 60-70°C - ВРПС-2 (табл.2). Методом хроматографии установлено, что СРС состоят из фруктозы, глюкозы и сахарозы. В табл. 2 приведены выход и моносахаридный состав полисахаридов.

Таблица 2

#### Содержание и моносахаридный состав полисахаридов надземной части *F. tenuisecta*

ПС	Выход, %	Моносахаридный состав, %						UAc, %
		Gal	Glu	Man	Xyl	Ara	Rha	
ВРПС-1	5.0	38.0	5.7	37.0	2.7	11.4	5.0	10.0
ВРПС-2	1.0	29.5	18.0	15.8	7.0	19.0	11.0	34.0
ПВ	4.5	7.0	7.6	1.0	-	5.3	7.2	90.0
ГМЦ	2.0	10.3	25.0	1.0	27.0	8.0	12.0	-

Результатами полного кислотного гидролиза с последующим хроматографическим анализом показано, что ВРПС отличаются качественным и количественным моносахаридным составом. В составе ВРПС-1 наблюдается

наличие маннозы, галактозы, а также арабинозы в соотношении 38:37:11.4, а в случае ВРПС-2 – галактозы, глюкозы, арабинозы в соотношении 29.5:18:19. Содержание уруновых кислот составляет 10 и 34%, соответственно (табл.2). Следовательно, полисахариды являются гетерогенными и состоят из нейтральных и кислых полисахаридов. После выделения ВРПС из остатка сырья получали пектиновые вещества.

Пектиновые вещества – белый сыпучий порошок с кремоватым оттенком, который полностью растворяется в воде с образованием вязкого раствора и со значением относительной вязкости 8.1 ( $c$  1.0, H<sub>2</sub>O). В ИК-спектре были выявлены полосы поглощения, характерные для кислых полисахаридов. В частности, полоса поглощения в области 1370 см<sup>-1</sup> показывает наличие метильных групп. Методом титриметрического анализа установлена степень этерификации (СЭ) ПВ, которая равна 62.5%. Следовательно, ПВ *F. tenuisecta* относятся к высокоэтерифицированным пектинам.

После извлечения ПВ из шрота *F. tenuisecta* экстракцией 5%-ным раствором КОН выделили ГМЦ с доминирующими моносахаридами - ксилозой и глюкозой. Далее более детально исследовали ВРПС-1

### Водорастворимый полисахарид *F. tenuisecta*

Водорастворимые полисахариды экстрагировали из надземной части *F. tenuisecta* описанным выше способом. ВРПС-1 представляет собой аморфный порошок светло коричневого цвета, растворяясь в воде, образует слабо мутный раствор. В ИК-спектре ВРПС-1 присутствует полоса поглощения при 1650 см<sup>-1</sup>, характерная для белковых компонентов, которые удаляли по методу Севага и получали очищенный ВРПС-1', который разделяли на фракции путем осаждения спиртом из водного раствора и получали четыре фракции I-IV с выходами 16, 13, 15, 5%, соответственно (табл. 3). Маточный спиртовой раствор представляет сумму олигосахаридов (44%), состоящую из галактозы, глюкозы, маннозы и арабинозы. Вероятно, эта фракция является олигосахаридами глюкоманнанов и арабиногалактанов. Как видно из табл. 3, фракции I-IV отличались по моносахаридному составу и содержанию уруновой кислоты. Содержание уруновой кислоты варьирует в пределах 16-34%. Следует отметить, что во фракции III доминирующими моносахаридами являются арабиноза и галактоза в соотношении 6.5:22 и содержится наименьшее количество уруновой кислоты, равное 16%.

Таблица 3

#### Выход и моносахаридный состав фракций ВРПС-х

Фракции	Мм, кДа	Выход, %	Соотношение моносахаридных остатков						Содержание UAc, %
			Gal	Glu	Man	Xyl	Ara	Rha	
I	48	16.0	6.0	2.0	5.5	1.0	2.5	2.0	34.0
II	43	13.0	4.5	1.0	1.2	-	1.7	1.4	34.0
III	40	15.0	22.0	1.6	2.0	1.0	6.5	2.6	16.0
IV	35	5.0	15.0	1.05	1.0	1.15	6.1	2.2	22.0
V	9-20	44.0	1.1	1.6	1.62	-	1.0	-	-

Для разделения кислых и нейтральных полисахаридов фракцию III пропускали через колонку с ДЭАЭ-целлюлозой (ОН-форма). Колонку элюировали последовательно водой, 0.5 н NaCl, затем 0.5 н NaOH и получили полисахариды с выходами 64, 14 и 3%, соответственно. Фракция элюируемая водой, была наибольшей по выходу (64%), по моносахаридному составу представляет собой нейтральный полисахарид с преобладанием галактозы и арабинозы в соотношении 25:10.6. Следовательно, фракция, элюируемая водой, показала принадлежность к арабиногалактаном и названа нами АГ- Ften (табл.4).

**Таблица 4**

**Фракционирование АГ- Ften на ДЭАЭ-целлюлозе (ОН-форма)**

Элюент	Выход, %	Соотношение моносахаридов						UAc,%
		Gal	Glc	Man	Xyl	Ara	Rha	
H <sub>2</sub> O (АГ- Ften )	64.0	25.0	3.3	1.4	1.0	10.6	4.1	-
0.5 н NaCl	14.0	13.7	7.1	1.0	2.0	5.5	3.0	+
0.5 н NaOH	3.0	4.0	14.7	4.0	9.3	1.8	1.0	+

**Строение арабиногалактана – АГ-Ften из надземной части**

***Ferula tenuisecta***

Арабиногалактан АГ-Ften представляет собой аморфный порошок белого цвета, растворяется в воде и по данным высокоэффективной эксклюзионной хроматографии имеет Мм 40 кДа. В ИК-спектре АГ-Ften присутствуют полосы поглощения 3394 (ОН-группа), 869 и 720 ( $\alpha$  и  $\beta$ -гликозидные связи).

Окисление АГ-Ften проводили перйодатом натрия при комнатной температуре. Окисление заканчивалось на 15 сутки, при этом расход NaIO<sub>4</sub> составлял 2.3 моль, выделившаяся в ходе реакции муравьиная кислота - 0.31 моль. В результате восстановления NaBH<sub>4</sub> и гидролиза полученного полиспирта в конечных продуктах были обнаружены глицерин и галактоза, что позволило предположить наличие 1,3 или 1,6-гликозидных связей между остатками галактопиранозы, составляющих главную углеводную цепь макромолекулы.

АГ-Ften метилировали по методу Ciucanu и в гидролизате перметилата по данным ГХ/МС были идентифицированы 2,3,4,6-tetra-O-Me- $\beta$ -D-Galp (5.64%), 2,3,4-tri-O-Me- $\beta$ -D-Galp (38.58%). Кроме того, 2,4,6-tri-O-Me- $\beta$ -D-Galp (1.1 %), 2,4-di-O-Me-D-Galp (6.44%), 2,3,5-tri-O-Me- $\beta$ -Araf (14.94%), 2,3-di-O-Me-Araf (4.44%). Идентификация 2,3,4-tri-O-Me-Galp и 2,4,6-tri-O-Me-Galp свидетельствуют, что основная цепь АГ-Ften состоит из 1,3 и 1,6 связанных остатков галактопиранозы и их соотношение составляет 35:1, а боковая цепь представлена остатками галактозы  $\rightarrow$ 3)-Galp-(1 $\rightarrow$  и арабинофуранозы.  $\rightarrow$ 5)-Araf-(1 $\rightarrow$ ).

Спектр ЯМР <sup>13</sup>C АГ-Ften был снят в области от 60 до 180 м.д. Спектры COSY, TOCSY и ROESY показали присутствие остатков  $\beta$ -Galp,  $\alpha$ -Araf и  $\beta$ -GlcрA в качестве сахарного компонента полисахарида.

Таким образом, химическими и спектральными методами установлено, что арабиногалактан АГ-Ften *F. tenuisecta* относится к арабино-3,6-



составляет галактуроновая кислота, нейтральные сахара представляют боковую цепь полимера.

В гемицеллюлозах основным моносахаридом является глюкоза, а уроновые кислоты отсутствуют.

### **Динамика накопления полисахаридов в надземной части *Ferula kuhistanica* по периодам вегетации**

Проведены исследования по определению выхода различных групп полисахаридов в надземной части *F. kuhistanica*, их физико-химических свойств и моносахаридного состава в зависимости от сезонной динамики и времени сбора. Растение заготавливали в 2021 г. в Самаркандской области (Узбекистан) в следующие фазы развития: I - начало вегетации - 5.04.21, II – цветение - 1.05.21, III - бутонизация - 15.05.21, IV – плодоношение - 1.06.21, их выходы и содержание моносахаридов представлены в таблице.6.

**Таблица 6**

**Сезонная динамика накопления полисахаридов и моносахаридный состав из надземной части *F. kuhistanica***

Период вегетации	Тип ПС	Выход, %	Моносахаридный состав, %						Содержание UA, %	Соотношение Ara/Gal
			Rha	Ara	Xyl	Man	Glu	Gal		
Начало вегетации	ВРПС-х	4.6	9.3	17.6	3.8	11.2	17.0	41.2	9.0	1:2.3
	ВРПС-г	1.0	9.1	15.0	7.0	14.6	27.7	26.5	16.0	1:1.8
	ПВ	2.0	16.5	26.0	4.5	-	3.0	50.0	19.0	1:1.9
Цветение	ВРПС-х	5.6	5.0	25.0	1.5	6.0	9.5	53.0	14.0	1.2:1
	ВРПС-г	1.6	18.7	14.5	4.0	11.7	26.3	25.0	20.0	1:1.7
	ПВ	6.0	22.8	28.5	2.2	-	-	45.5	27.0	1:1.6
Бутонизация	ВРПС-х	4.8	5.2	18.6	3.6	6.6	29.3	36.7	10.0	1:1.9
	ВРПС-г	1.5	13.4	21.2	4.0	12.3	9.0	4.1	3.0	5.2:1
	ПВ	6.7	20.2	31.0	2.7	-	4.3	41.3	75.0	1:1.3
Плодоношение	ВРПС-х	5.1	3.7	37.0	2.6	4.1	24.8	28.0	5.4	1.3:1
	ВРПС-г	1.2	10.5	24.2	3.1	17.0	1.9	43.4	18.0	1:1.8
	ПВ	7.4	2.5	50.0	23.8	-	2.7	19.1	87.0	2.6:1

Количество ВРПС было высоким во все периоды, причем наибольшее их содержание наблюдалось в период цветения (5,6%), а ПВ - в период плодоношения (7,4%). По мере развития растения соотношение арабинозы и галактозы в полисахаридах изменялось, наблюдалось постепенное увеличение арабинозы и уменьшение галактозы. Следовательно, надземную часть *F. kuhistanica* необходимо заготавливать в период цветения.

### **Пребиотическая активность полисахаридов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta***

Совместно с сотрудниками (к.б.н. Огай Д.К., к.б.н. Элова Н.) института Микробиологии АН РУз изучено влияние арабиногалактана *F. kuhistanica* (AF), в сравнении с применяемым пребиотиком яблочным пектином (ПВ-Я), на рост ассоциативной культуры из бифидобактерий и некоторых моно штаммов лактобацилл. Полученные данные показали, что внесение

исследуемых пребиотиков в среду культивирования способствует их активной утилизации, увеличивая тем самым количество живых клеток. Если сопоставить рост *Bifidobacterium longum* 17х + *Propionibacterium avidum* 1 на сбалансированной, стандартной MRS среде и на средах с пребиотическими добавками, то можно увидеть, что последние обеспечивают более высокий титр живых клеток. Внесение АФ в MRS бульон сопровождалось более выраженной стимуляцией роста -20.9%, а увеличение титра живых клеток составила от 8.89 (контроль) до 9.86 и 10.75 (опыт). Изучение влияния АФ на жизнеспособность *Lactobacillus del. Subsp bulgaricus* 906 показало, что стимуляция роста лактобацилл при добавлении: ПВ-Я составляла-15.2%, АФ-21%. Увеличение количества живых клеток в культивируемой среде с пребиотиками у культуры *L. rhamnosus* 925ак оказалось немного ниже (10,33-12,4 lg КОЕ/мл), чем у культуры *L. Delbruecrii subsp bulgaricus* 906. Для данной культуры характерно незначительное кислотообразование, которое увеличилось при добавлении АФ до 165°Т, что говорит об активной утилизации пребиотика микроорганизмами.

Изучали бифидогенную активность ВРПС-1, ПВ-1 надземных органов и ВРПС-2 и ПВ-2 корней *F. tenuisecta* в экспериментах *in vitro*. Все вещества показали действие, стимулирующее рост бифидобактерий по сравнению с контролем. Но при этом ПВ-2 в объеме 1% составляло  $6 \times 10^{11}$  КОЕ/г, что на 2 порядка выше, чем в контрольной группе.

Таким образом, полисахариды *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta* обладают высокой пребиотической активностью и их включение в состав комбикорма в животноводстве, как продуктов функционального питания – синбиотиков способствует коррекции нарушений микробиоценоза у животных.

### **Взаимосвязь структуры полисахарида и пребиотической активности**

Взаимосвязь «структура-биологическая активность» изучена с целью выявления структурных фрагментов, влияющих на проявление пребиотической активности двух типов полисахаридов *Ferula*. Как было указано выше, исследуемые арабиногалактаны резко не отличаются количественным соотношением мономеров и молекулярной массой. При установлении строения было установлено, что в обоих полисахаридах в боковых цепях имеются аналогичные 1)Araf-(5→1)-Araf; 1)-β-Galp-(6→1)-β-GlcA4OMe фрагменты, но арабиногалактан *F. kuhistanica* отличается своей разветвленностью и содержанием галактолигосахаридных фрагментов, присоединенных к основной цепи С-2 типом связи. При сравнительном изучении пребиотической активности арабиногалактанов двух видов *Ferula* и арабиногалактана *Silybum marianum*, который имеет аналогичное строение как арабиногалактан *F. tenuisecta*, выявлено, что водорастворимые полисахариды *F. kuhistanica* обладают более высокой пребиотической активностью по сравнению с другими исследуемыми полисахаридами). Полученные результаты позволили предположить, что в высокую пребиотическую

активность арабиногалактана *F. kuhistanica* наряду с высокой разветвленностью макромолекулы вносит значительный вклад длинный фрагмент галактоолигосахарида, преимущественно расположенный в его боковой цепи и соединенный с основной цепью через С-2.

### **Водорастворимый полисахарид «Арбифилан»**

На основе полисахаридов *F. kuhistanica* разработано средство Арбифилан для нормализации ЖКТ. Арбифилан представляет собой сумму полисахаридов, полностью растворяется в воде, содержание арабиногалактановых фракции составляет 45%. Совместно с кафедрой физиологии животных СамГУ (д.б.н., проф. Ражабмуродов З.Т., докторант (PhD) Намозова Д.) проведено испытание на пребиотическую активность и влияния водорастворимого полисахарида Арбифилан на рост массы животных (кроликов). Работу выполняли в фермерском хозяйстве “Тарнов сабзавотлари” Самаркандской области. Для исследований использовали 20 голов кроликов породы хикол. Кроликов разделяли на две группы: экспериментальную и контрольную. Кормление осуществляли на основе однородного рациона. Изучено влияние пребиотика Арбифилан на продуктивность кроликов опытной группы. По результатам испытаний с 10-го дня применения Арбифилана в опытной группе наблюдали ускорение роста кроликов, увеличение массы тела. В 100-дневном возрасте кролики набрали на 330 г больше, чем в контроле, в 120-дневном возрасте - на 600 г, а в течение всего эксперимента - на 1100 г больше, чем в контроле, что свидетельствует об активации у них процесса усвоения кормовой добавки. В заключение можно сказать, что в ходе эксперимента Арбифилан оказал положительное влияние на суточный прирост и массу тела кроликов опытной группы.

### **Антимикробная активность полисахаридов корней *F. tenuisecta***

Нами совместно с институтом Микробиологии АНРУз были проведены исследования по изучению антимикробной активности водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ корней *F. tenuisecta*. К действию полисахарида ВРПС-х выявлена чувствительность у 4 тест-штаммов из изученных 9: *Staphylococcus aureus* 2 (18мм), *Bacillus subtilis* ВКМ (20мм), *Klebsiella oxitoca* 1(20мм) и *Escherichia coli* NC 101 (18мм). *Bacillus subtilis* ВКМ оказался наиболее чувствительным к действию ВРПС-1 и диаметр зоны угнетения роста составил 20 мм. Это вещество не оказало угнетающего действия на рост *Pseudomonas aeruginosa* 003841/114, *Listeria monocytogenes* и *Candida albicans*. Выявлено, что ВРПС-г и ПВ не обладают антимикробной активностью против изученных штаммов условно-патогенных микроорганизмов. Таким образом, установлено, что водорастворимый полисахарид корней *F. tenuisecta* обладает антимикробной активностью.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые из надземной части *Ferula kuhistanica* и *F. tenuisecta* выделены водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества и гемицеллюлозы, определены их физико-химические характеристики и моносахаридные составы.
2. Изучено влияние сезонной динамики на содержание и состав водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ, установлен оптимальный срок заготовки надземной части *Ferula kuhistanica*.
3. Фракционированием водорастворимых полисахаридов *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta* получены гомогенные фракции арабиногалактанов AGF и АГ-Ften. Строение полимеров установлено химическими и спектральными методами.
4. Впервые доказано, что основная цепь арабиногалактанов AGF и АГ-Ften представлена  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)-связанными полигалактанами. Боковые ветви арабиногалактанов представлены  $\alpha$ -арабинофуранозой и ее 1,5-связанными олигомерами, а также дисахаридным фрагментом  $\beta$ -GlcpA4OMe-(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -Galp-(1 $\rightarrow$ ). В отличие от АГ-Ften макромолекула AGF сильно разветвленная и небольшая часть 1,6-замещенных остатков основной цепи несет остатки  $\beta$ -Galp-(1 $\rightarrow$  в положении С-2.
5. Изучена зависимость биологической активности арабиногалактанов *Ferula* от их химического строения. Показана высокая пребиотическая активность арабиногалактана *F. kuhistanica* в отношении бифидо- и лактобактерий, обусловленная наличием в боковой цепи полимера длинных разветвленных галактоолигосахаридных фрагментов.
6. Разработаны и утверждены технические условия на водорастворимый полисахарид “Арбифилан” из *F. kuhistanica* (Ts.035035440-031:2020). Показано влияние Арбифилана на продуктивность опытной группы кроликов, повышение массы тела, а также укрепление иммунной системы организма.

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

---

**INSTITUTE OF THE CHEMISTRY OF PLANT SUBSTANCES**

**AZIZOV DONIYOR ZAKIRJANOVICH**

**ARABINO GALACTANS OF *FERULA KUHISTANICA* AND *F.*  
*TENUISECTA***

**02.00.10 – Bioorganic chemistry**

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

**Tashkent-2023**

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 innovation of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2019.4. PhD/K261.

Dissertation has been prepared at the Institute of the Chemistry of Plant Substances.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages of the website of the Scientific Council ([www.uzicps.uz](http://www.uzicps.uz)) and on the website of «ZiyoNeb» information and educational portal ([www.ziyo.net/uz](http://www.ziyo.net/uz)).

**Scientific adviser:**

**Rakhmanberdiyeva R.K.**  
doctor of chemical sciences

**Official opponents:**

**Normakhamatov N.S.**  
doctor of chemical sciences

**Akhmedov O.R.**  
candidate of chemical sciences (PhD)

**Leading organization:**

**National University of Uzbekistan**

The defense will take place on «24» 10 2023 year 10<sup>00</sup> 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](mailto:plant_inst@icps.org.uz), [ixrv@mail.ru](mailto:ixrv@mail.ru).

Doctoral dissertation is registered at the Information Resource Centre of Chemistry of Plant Substances (registration number 32) (Address: 100170, Tashkent, 77 M. Ulugbek street. Phone: (+99871) 262-59-13, Fax: (+99871) 262-73-48), e-mail: [nhidirova@yandex.ru](mailto:nhidirova@yandex.ru)).

Abstract of the dissertation is distributed on «12» 10 2023.

(Protocol at the register No 10 dated 12.10 2023.)



  
**Sh.Sh. Sagdullayev**  
Chairman of scientific council on awarding doctor of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

  
**N.K. Khidirova**  
Acting Scientific secretary of scientific Council on awarding of scientific degrees, PhD

  
**E.H. Botirov**  
Chairman of scientific seminar of scientific council on awarding of scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the dissertation work** is to study various groups of polysaccharides of the aerial parts of *F. kuhistanica* and *F. tenuisecta*, to determine the composition and establish the fine structure of arabinogalactans, to identify the relationship between the structural features of polysaccharides and their biological activity.

**The object of the research work.** The objects of study are the aerial part of *F. kuhistanica*, the aerial part and roots of *F. tenuisecta*.

**The scientific novelty of the research.** The content of various groups of polysaccharides in the aerial parts of *F. kuhistanica* and *F. tenuisecta* was determined for the first time.

The optimal period for the harvesting of raw materials *F. kuhistanica* has been established. It is shown that the main polysaccharides in the aerial part of the plant are water-soluble polysaccharides and pectin substances. For the first time, homogeneous arabinogalactans *AGF* and *AG-Ften* were obtained from the water-soluble polysaccharide of *F. kuhistanica* and *F. tenuisecta*. It has been shown that they are branched polysaccharides with a main polymer chain consisting of (1→6) β-galactopyranose residues, where α-arabinofuranose residues and its 1,5-linked oligomers, as well as β-GlcpA4OMe-(1→6)-β-Galp-(1→ fragments. It has been established for the first time that a small portion of the main chain of the *F. kuhistanica* arabinogalactan macromolecule carries β-galactopyranose residues in the C-2 position. It has been proven that the studied arabinogalactans belong to arabino-3,6-galactans. The prebiotic activity of water-soluble polysaccharides and pectin substances of *F. kuhistanica* and *F. tenuisecta*, as well as the antimicrobial activity of water-soluble polysaccharides of *F. tenuisecta* roots were revealed.

**Implementation of the research results.** Based on the results of scientific research, a technical specification for a method for obtaining a water-soluble polysaccharide *F. kuhistanica* "Arbifilan" was developed and approved.

Spectral data and information on the chemical structure of *F. kuhistanica* arabinogalactan were used by foreign scientific publications to determine the structure of polysaccharides: *J. Biol. Macromol.* 2023, V. 235, 123816 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123816> **IF 8,025**; *Food Bioscience*, 2022, V. 47, 101780 (<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.1017> **IF-5,318**; *Polymers* 15(9):1999, 2023 DOI:10.3390/polim15091999, <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/1999#> **IF-5,0**; *Pharmaceutical sciences*, 2022;25(3) DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/08, <https://www.kursk-vestnik.ru/jour/article/view/1069/581>, **IF-3.784**]; *Carbohydr. Res.* 2023, v. 529, 108828, <https://ssrn.com/abstract=4406065>

**The practical results of the study are as follows:**

the antimicrobial effect of the water-soluble polysaccharide of the roots of *F. tenuisecta* was revealed in relation to gram-positive (*Staphylococcus aureus*) and gram-negative (*Escherichia coli* 002673/477 and *Klebsiella oxitoca* 1), as well as spore-forming bacteria (*Bacillus subtilis*).

The effect of the feed additive Arbifilan on the productivity of an experimental group of rabbits, increasing the daily growth of livestock, as well as strengthening the body's immune system was shown.

Technical specifications for the water-soluble polysaccharide from *F. kuhistanica* “Arbifilan” have been developed and approved (Ts 03535440-031:2020).

**The volume and structure of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation comprises 99 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED

#### I бўлим (I часть, I part)

1. Rakhmanberdyeva R.K., Azizov D.Z., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M., Malikova M. Kh., Ogay D.K. The structure and prebiotic activity of arabinogalactan from *Ferula Kuhistanica* // Carbohydrate Research. – Elsevier. Netherlands. 2021, 505, 108342 DOI: 10.1016/j.carres.2021.108342 (Scopus IF 2.975)
2. Azizov D.Z., Rakhmanberdyeva R.K., Malikova M.Kh. Polysaccharides from the aerial Part of *Ferula tenuisecta* // Chemistry of Natural Compounds. – Springer, USA. - 2021 - Vol.57. – No 4. - P. 603-606. DOI:10.1007/s10600-021-03432-9 (02.00.00. №1).
3. Azizov, D.Z., Rakhmanberdieva R.K., Elova N. Polysaccharides from roots of *Ferula tenuisecta* and their antimicrobial activity// Chemistry of Natural Compounds. – Springer, USA. – 2022. - Vol.57. - No 4. - P. 589-592. doi.org/10.1007/s10600-022-03747-1 (02.00.00. №1).
4. Азизов Д.З., Рахманбердыева Р. К., Маликова М. Х., Маматханова М. А. Сезонная динамика содержания полисахаридов в надземной части *Ferula kuhistanica* // Растительные ресурсы. – Барнаул. - 2022. - том 58. - вып. 3. - с. 254–260 DOI: 10.31857/S0033994622030037 (03.00.00. №16).
5. Азизов Д.З., Дмитренко А.С., Рахманбердыева Р.К., Структура и биологическая активность арабиногалактана *Ferula tenuisecta* // Химия природных соединений. – Ташкент. – 2023. - №.5. - p.697-699 doi.org/10.1007/s10600-023-04127-z (02.00.00. №1).

#### Техник шарт (ТШ)

6. Рахманбердыева Р.К., Маматханов А.У, Халилов Р.М., Маматханова М.А, Маликова М.Х., Азизов Д.З. Техническое условие “Водорастворимые полисахариды Ферулы Кухистанской «Арбифилан» Ts.035035440-031:2020

#### II бўлим (II часть, II part)

8. Azizov D.Z., Rakhmanberdyeva R.K., Kodiralieva F.Kh., Malikova M.Kh. Properties, structure, and biological activity of galactomannanes and arabinogalactanes of plants growing in Uzbekistan // 13<sup>th</sup> International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds. - Shanghai. – 2019. - 16-19 october. - p.182.
9. Азизов Д.З., Рахманбердыева Р.К., Шашков А.С. Структура арабиногалактана *Ferula kuhistanica* // Международный молодежный научный форум «Ломоносов-2020». – Москва. - 2020. - 8 июля. (электронный ресурс)

10. Азизов Д.З., Рахманбердыева Р.К. Арабиногалактан *Ferula tenuisecta* // ЎзМУ “Ўзбекистонда табиий бирикмалар кимёсининг ривож ва келажги” илмий-амалий конференцияси. – Тошкент. – 2021. – б. 31.

11. Азизов Д.З., Рахманбердыева Р.К. Углеводы корней *Ferula tenuisecta* // 1<sup>st</sup> Uzbekistan-Japan International Symposium on Green Chemistry and Sustainable Development. – Tashkent. -2021. - November 29-30. - p. 39.

12. Azizov D.Z., Rakhmanberdyeva R. K., Malikova M.Kh. Influence of seasonal dynamics on the content of polysaccharides in the aerial part of *Ferula kuhistanica* / 14<sup>th</sup> International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds. – Tashkent. - 2021- October 7-8. - p. 78.

13. Azizov D.Z., Rakhmanberdyeva R.K., Shashkov A.S. Investigation of structure of the arabinogalactan of *Ferula kuhistanica* // 14<sup>th</sup> International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds. – Tashkent. – 2021. - October 7-8. - p. 79.

14. Azizov D.Z., Adizov Sh.M., Khandamov B.N., Malikova M.Kh., Rakhmanberdiyeva R. K. The obtaining carbohydrate of aldimines based on arabinogalactan *Ferula kuhistanica* // 14<sup>th</sup> International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds. – Tashkent. – 2021. - October 7-8. - p. 80.

15. Azizov D.Z., Saidhodjaeva D.M., Rakhmanberdyeva R.K., Syrov V.N. Structure and biological activity of arabinogalactans of *Ferula kuhistanica* and *Ferula tenuisecta* // “Actual problems of the Chemistry of Natural Compounds” Scientific conference of young scientists, Institute of the Chemistry of Plant Substances. – Tashkent. – 2022. - March 17. - P. 6.

16. Saidkhodjaeva D.M., Azizov D.Z. Experimental evaluation of the hepatoprotective effect of arabinogalactan of *Ferula kuhistanica* // “Actual problems of the Chemistry of Natural Compounds” Scientific conference of young scientists, Institute of the Chemistry of Plant Substances. – Tashkent. – 2022. - March 17. - p. 74.

17. Azizov D.Z., Dmitrenok A.S., Rakhmanberdiyeva R.K. Structure and biological activity of arabinogalactan of *Ferula tenuisecta* // “Actual problems of the Chemistry of Natural Compounds” International scientific conference, Institute of the Chemistry of Plant Substances. – Tashkent. – 2023. - March 15-16. - p.116.

Автореферат «Кимё ва кимёвий технологияси журнали» таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: 31.08.2023 йил.  
Қоғоз бичими 60x84 1/16. Адади 60 нусха.  
Буюртма №65.  
“Go To Print” ХК босмахонасида чоп этилди.  
Тошкент ш., Широқ кўчаси, 100-уй.

