

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ*Статья поступила в редакцию: 16.05.2026**Статья принята к публикации: 27.05.2026**Статья опубликована: 07.06.2026***УДК 541.6****ВЫДЕЛЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ
ТРЕХ ВИДОВ *Salvia******Абдуллаева Мадина Абдурахим кизи****бакалавр,**Филиал Российского химико-технологического
университета им. Д.И. Менделеева,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: abdullaevamadina237@gmail.com****Кодиралиева Фотимахон Акбаровна****ст. науч. сотр., PhD,**Институт химии растительных веществ,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: fatimahon.82@mail.ru****Сиддикова Азиза Абдугаффаровна****мл. науч. сотр.**Институт химии растительных веществ,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: siddikova1987@mail.ru****Маликова Мавжуда Хафизовна****канд. хим. наук. ст. науч. сотр.,**Институт химии растительных веществ,
Узбекистан, г. Ташкент****Жауынбаева Клара Сагиндиговна****канд. хим. наук. ст. науч. сотр.,**Институт химии растительных веществ,
Узбекистан, г. Ташкент***ISOLATION AND COMPARATIVE STUDY OF THE POLYSACCHARIDE
COMPLEX FROM THE AERIAL PARTS OF THREE *Salvia* SPECIES**

Abdullaeva Madina Abdurakhim qizi

*Bachelor's Student,
Branch of the D. Mendelev University
of Chemical Technology of Russia,
Uzbekistan, Tashkent*

Kodiralieva Fotimakhon Akbarovna

*Senior Researcher, PhD,
Institute of the Chemistry of Plant Substances,
Uzbekistan, Tashkent*

Siddiqova Aziza Abdugaffarovna

*Junior Researcher,
Institute of the Chemistry of Plant Substances,
Uzbekistan, Tashkent*

Malikova Mavzhuda Khafizovna

*Candidate of Chemical Sciences,
Senior Researcher,
Institute of the Chemistry of Plant Substances,
Uzbekistan, Tashkent*

Zhauynbaeva Klara Sagindikovna

*Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher,
Institute of the Chemistry of Plant Substances,
Uzbekistan, Tashkent*

Аннотация

В статье представлены исследования полисахаридного комплекса надземной части трёх видов рода *Salvia sclarea*, *Salvia korolkovii* и *Salvia deserta*, произрастающих в различных природно-климатических условиях Узбекистана. **Цель исследования** являлась сравнительное изучение содержания и качественного состава основных фракций полисахаридов: водорастворимых полисахаридов (ВРПС), пектиновых веществ (ПВ) и гемицеллюлоз (ГМЦ).

Выделение полисахаридов проводили последовательной экстракцией, после чего осуществляли кислотный гидролиз полученных образцов. Анализ моносахаридного состава выполняли с использованием бумажной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), что позволило установить индивидуальные особенности моносахаридного состава.

Результаты показали, что ВРПС исследуемых растений содержат преимущественно глюкозу, галактозу и арабинозу. В составе пектиновых веществ преобладает арабиноза, что указывает на значительную роль арабинановых структур. Гемицеллюлозы представлены в основном арабинозой и ксилозой, характерными для структурных полисахаридов клеточных стенок.

Установлены выраженные различия между видами как по количественному содержанию отдельных полисахаридов, так и по их моносахаридному составу. Полученные данные подтверждают специфический характер формирования полисахаридного комплекса у представителей рода *Salvia* и расширяют представления о биохимическом разнообразии данных

растений. Итоги исследования могут быть использованы при дальнейшем изучении биологически активных полисахаридов и их возможного применения в фармацевтической и биотехнологической практике.

Abstract

The study presents an investigation of the polysaccharide complex of the aerial parts of three species of the genus *Salvia sclarea*, *Salvia korolkovii*, and *Salvia deserta*, growing under different natural and climatic conditions of Uzbekistan. The aim of the study was to comparatively analyze the content and qualitative composition of the main polysaccharide fractions: water-soluble polysaccharides (WSP), pectic substances (PS), and hemicelluloses (HC).

Polysaccharides were isolated by sequential extraction, followed by acid hydrolysis of the obtained samples. The monosaccharide composition was analyzed using paper chromatography and high-performance liquid chromatography (HPLC), which allowed the identification of specific features of the monosaccharide profiles.

The results showed that the WSP of the studied plants predominantly contain glucose, galactose, and arabinose. In pectic substances, arabinose is dominant, indicating a significant presence of arabinan structures. Hemicelluloses mainly consist of arabinose and xylose, which are typical structural polysaccharides of plant cell walls.

Marked differences were observed between the species both in the quantitative content of individual polysaccharide fractions and in their monosaccharide composition. The obtained data confirm the species-specific nature of polysaccharide complex formation in representatives of the genus *Salvia* and expand the understanding of the biochemical diversity of these plants. The results may be useful for further studies of biologically active polysaccharides and their potential applications in pharmaceutical and biotechnological fields.

Ключевые слова: *S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S.deserta*, полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы, кислотный гидролиз, бумажная хроматография, ВЭЖХ и ИК- спектры.

Keywords: *S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S. deserta*, polysaccharides, pectin substances, hemicelluloses, acid hydrolysis, paper chromatography, HPLC, and IR spectra.

Введение

Растения рода *Salvia* (Шалфей) — это большая группа многолетних трав и полукустарников семейства Яснотковые, насчитывающая более 1000 видов, распространенных по всему миру. Они являются лечебными свойствами, ароматом и ярким цветением. В садоводстве часто используются декоративные сорта, а в медицине — Шалфей лекарственный (*S. officinalis*), известный своими антисептическими и противовоспалительными свойствами перспективным источником биологически активных веществ, используемых в фармацевтической практике [1]. Несмотря на достаточно высокую степень изученности вторичных метаболитов шалфея, таких как эфирные масла и фенольные соединения, углеводный комплекс, в частности полисахариды, остаётся недостаточно исследованным. Полисахариды растительного происхождения представляют значительный интерес благодаря их биологической активности и возможности

применения в качестве природных биополимеров. В связи с этим изучение состава и свойств полисахаридов различных видов рода *Salvia* является актуальной научной задачей [2-3].

Цель исследования

Целью исследования является выделение, сравнительное исследование полисахаридов надземной части трёх видов рода *Salvia* с последующим изучением их моносахаридного состава. Углеводный комплекс – водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы из надземной части, трех видов рода *Salvia* извлекали по известной методике [4].

Обсуждение результатов

Объектами исследования являлись надземные части трёх видов растений рода *Salvia* (*S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S.deserta*), произрастающих в условиях Узбекистана.

Сырьё сушили в тени при температуре 25–30 °С: *S. sclarea* — в течение 10 дней, *S. korolkovii* и *S. deserta* — в течение 7 дней. Высушенное сырьё измельчали и использовали для дальнейших исследований.

Измельчённое растительное сырьё подвергали последовательной экстракции с целью выделения полисахаридов.

Водорастворимые полисахариды (ВРПС) экстрагировали водой. Пектиновые вещества (ПВ) извлекали смесью 0,5 % растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония (1:1), гемицеллюлозы (ГМЦ) — 5 % раствором щёлочи [5].

Моносахаридный состав гидролизатов изучали методом нисходящей бумажной хроматографии (БХ) и методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Анализ моносахаридного состава методом ВЭЖХ проводили после предварительной калибровки системы стандартными растворами моносахаридов. Для контроля стабильности системы оценивали воспроизводимость времени удерживания и площади хроматографических пиков.

Таблица 1. Содержание и моносахаридный состав полисахаридов *S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S. desertatsiya*

Тип ПС	Выход, %	Соотношение моносахаридных остатков, ВЭЖХ					UAc
		Gal	Glc	Ara	Xyl	Rha	
S. sclarea							
ВРПС	2.16	3.1	3.3	3.2	1.2	1.0	++
ПВ	2.60	2.4	2.7	3.5	1.0	1.2	+
ГМЦ	1.44	2.1	1.0	3.2	4.5	1.5	+
S. korolkovii							
ВРПС	8.20	1.4	1.8	2.4	1.0	1.3	++
ПВ	9.40	2.0	4.0	3.5	1.0	1.4	++
ГМЦ	14.60	2.1	1.0	2.8	4.2	1.2	+
S. deserta							
ВРПС	4.30	1.7	2.3	1.8	1.8	1.1	++
ПВ	4.00	3.2	2.7	3.4	1.3	1.0	-
ГМЦ	1.00	2.3	1.0	3.1	4.2	1.2	сл

Как видно из таблицы 1, у исследованных видов *S. sclarea*, *S. korolkovii* и *S. deserta* выявлены различия в выходе и моносахаридном составе полисахаридных фракций. Наибольший

выход полисахаридов отмечен у *S. korolkovii*, особенно в фракциях ГМЦ (14,60 %) и ПВ (9,40 %). Во всех исследованных образцах обнаружены галактоза, глюкоза, арабиноза, ксилоза и рамноза. Для фракций гемицеллюлоз характерно повышенное содержание арабинозы и ксилозы. Уроновые кислоты преимущественно выявлены во фракциях ВРПС и ПВ, что подтверждает их кислый характер. Полученные результаты свидетельствуют о видовом различии полисахаридного комплекса исследованных растений и наличии биологически ценных полисахаридов [6].

Свойства высокомолекулярных веществ, к которым относятся полисахариды, определяются вязкостью последних, от которой зависит их способность к набуханию и растворению. Вязкость растворов определяли с использованием капиллярного вискозиметра при температуре $26 \pm 0,5$ °С. Погрешность измерений не превышала $\pm 0,01$ мПа·с. Экспериментальные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Вязкость водных растворов ВРПС, ПВ, ГМЦ, выделенных из надземной части трёх видов *Salvia*: *S. sclarea*, *S. korolkovii*, *S. deserta*

Тип ПС	Конц-я С, %	Время истечения t, с	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$
Контроль (H ₂ O)	-	26	-	-	-
<i>S. sclarea</i>					
ВРПС	1	30	1.15	0.15	0.15
ПВ	1	1395	53.5	52.6	52.6
ГМЦ	1	59	2.2	1.27	1.27
<i>S. korolkovii</i>					
ВРПС	1	34	1.3	0.30	0.30
ПВ	1	96	3.7	2.7	2.7
ГМЦ	1	35	1.34	0.34	0.34
<i>S. deserta</i>					
ВРПС	1	43	1.65	0.65	0.65
ПВ	1	30	1.15	0.15	0.15
ГМЦ	1	71	2.7	1.73	1.7

По данным, выделенные полисахариды отличаются по показателям вязкости и времени истечения растворов. Наиболее высокие значения относительной ($\eta_{\text{отн}}$), удельной ($\eta_{\text{уд}}$) и приведённой вязкости ($\eta_{\text{пр}}$) наблюдались у ПВ *Salvia sclarea*, где время истечения составило 1395 с, а $\eta_{\text{отн}}$ — 53,5. Это свидетельствует о высокой молекулярной массе и выраженных гелеобразующих свойствах данной полисахарида.

Для гемицеллюлоз (ГМЦ) и водорастворимых полисахаридов (ВРПС) значения вязкости были значительно ниже. У *Salvia korolkovii* показатели вязкости всех полисахаридов находились на умеренном уровне, тогда как у *Salvia deserta* относительно более высокие значения отмечены для ГМЦ.

Полученные результаты указывают на различия в молекулярно-массовых характеристиках и физико-химических свойствах полисахаридов трех видов *Salvia*, что может быть связано с особенностями их химического строения и состава.

Титриметрические показатели пектиновых веществ (ПВ) трёх видов рода *Salvia*: *S.sclarea*, *S.korolkovii* и *S.deserta*. Титриметрические определения выполняли методом кислотно-основного титрования. Точность титрования составляла $\pm 0,1$ мл. Полученные данные свидетельствуют о различиях в степени этерификации и содержании свободных карбоксильных групп у исследованных пектиновых веществ.

Для ПВ *S.sclarea* характерны сравнительно низкое значение свободных карбоксильных групп (Кс-18.9%) и очень высокое содержание этерифицированных групп (Кэ-95.4%). Общая сумма карбоксильных групп (Ко) составила 114.3%, а степень этерификации (λ) — 83.4%, что указывает на высокоэтерифицированный пектинов данного вида.

У *S. korolkovii* показатели Кс, Кэ и Ко были значительно ниже и составили 7.2%, 36.9% и 44.1% соответственно. Однако степень этерификации оставалась высокой — 83.6%, что также свидетельствует о преобладании этерифицированных форм галактуроновой кислоты.

Пектиновые вещества *S.deserta* существенно отличались от остальных видов. Для них характерно высокое содержание свободных карбоксильных групп (Кс — 63.9%) при относительно низком содержании этерифицированных групп (Кэ — 35.1%). Значение Ко составило 99.0%, а степень этерификации была минимальной — 35.4%, что данные ПВ относится к низкоэтерифицированным.

Таблица 3. Титриметрические показатели ПВ трёх видов *Salvia*

<i>Tun ПС</i>	<i>Кс, %</i>	<i>Кэ, %</i>	<i>Ко, %</i>	<i>λ, %</i>
<i>Salvia sclarea</i>				
ПВ	18.9	95.4	114.3	83.4
<i>Salvia korolkovii</i>				
ПВ	7.2	36.9	44.1	83.6
<i>Salvia deserta</i>				
ПВ	63.9	35.1	99.0	35.4

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

Таким образом, результаты титриметрического анализа показывают, что пектиновые вещества исследованных видов шалфея различаются по степени этерификации: у *Salvia sclarea* и *Salvia korolkovii* преобладают высокоэтерифицированные пектины, *Salvia deserta* относится к низкоэтерифицированным пектинам.

Анализ ИК-спектров полисахаридов трех видов *Salvia*

Данные ИК-спектров полисахаридов из надземной части трёх видов рода *Salvia* позволило установить наличие основных функциональных групп, характерных для соединений углеводной природы. Полученные спектральные данные подтверждают присутствие гидроксильных, карбоксильных и гликозидных фрагментов в составе исследуемых образцов.

Таблица 4. Данные ИК спектров трех видов *Salvia* (Частота, см⁻¹)

<i>S. sclarea</i>			
ВРПС	ПВ	ГМЦ	Типы колебаний
3225	3347	3284	ОН
-	-	-	СН
-	1730	-	С=О
1579	1634	1602	СОО ⁻
-	-	-	-
-	-	1406	СОО ⁻
-	-	-	-
1387	1323	1319	-CH ₃
-	1236	1239	С-ОН, С-О-С
1259	1144	-	ОН (С=О -ОН)
1046	1074, 1048	1034	С-С, С-О-, С-О-С
-	1012	-	-
876, 842,	830	-	α-1,4 (гликозидная связь)
805	-	-	-
-	-	-	-
669, 542	626, 533	632	В-гликозидная связь
<i>S. korolkovii</i>			
ВРПС	ПВ	ГМЦ	Типы колебаний
3243	3293	3260	ОН
-	-	-	СН
-	-	-	С=О
1581	1601	1571	СОО ⁻
-	-	-	-
-	1409	1408	СОО ⁻
-	-	-	-
1393	1322	1336	-CH ₃
-	-	-	С-ОН, С-О-С
-	1237	-	ОН (С=О -ОН)
1068	-	1042, 1012	С-С, С-О-, С-О-С
-	1013	-	-
814	825	923, 780	α-1,4 (гликозидная связь)
-	-	-	-
599, 535	630, 501	646, 619	В-гликозидная связь
<i>S. deserta</i>			
ВРПС	ПВ	ГМЦ	Типы колебаний
3238	3366, 3201, 3049	3280	ОН
-	2328	-	СН
-	1912, 1718	-	С=О
1588	1617	1615	СОО ⁻
-	-	-	-
-	1419	1402	СОО ⁻
1393	1396, 1323	1320	-CH ₃

-	1223	1241	C-OH, C-O-C
1269	-	-	ОН (C=O -OH)
1039	1023	1037	C-C, C-O-, C-O-C
-	-	-	—
877	827	779	α -1,4 (гликозидная связь)
-	-	-	-
616, 530	553	645	В-гликозидная связь

Во всех выделенных полисахаридах ВРПС, ПВ и ГМЦ выявлены широкие полосы поглощения в интервале 3201–3366 см^{-1} , валентными колебаниями гидроксильных групп. Подобный характер полос связан с образованием разветвлённой системы водородных связей, типичной для растительных полисахаридов.

В области 2328 см^{-1} , отражающие колебания C–H-связей углеводного скелета. Наличие данных сигналов подтверждает присутствие метильных и метиленовых групп в структуре исследуемых соединений.

Экспериментальная часть

Растительное сырьё было собрано в период цветения в конце мая — начале июня 2025 года: *S. sclarea* и *S. korolkovii* — в Ташкентской области (Бустанлыкский район, Бурчмулла), *S. deserta* — в Наманганской и Ташкентской областях (перевал Камчик).

Хроматографирование проводили на бумаге Filtrak FN -11,12, в системе растворителей н-бутанол-пиридин-вода (30:20:15). Продолжительность анализа составляла около 12 часов [7].

ВЭЖХ моносахаридов проводили на приборе Model: RID-20A Shimadzu Corporation, колонка: Shim-pack GIST NH2 (250 мм×4.6 мм I.D, 5 мкм), P/N: 227-30302-08, подвижная фаза: А) H_2O , В) CH_3CN А/В = 25/75, скорость потока: 1.0 мл/мин, температура колонки: 40°C, детектирование: RID 20A, объем: 5-10 мкл. [8].

Хроматографию (БХ) проводили на бумаге Filtrak FN-11,12, в системе растворителей н-бутанол-пиридин-вода (6:4:3), проявители: 1) кислый фталат анилина (5 мин, 100 °C); 2) 5 %-ный спиртовой раствор мочевины.

Полный кислотный гидролиз ВРПС, ПВ, ГМЦ. Полученные полисахариды из трёх видов рода *Salvia* (*S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S.deserta*) подвергали полному кислотному гидролизу. ВРПС проводили 1 н H_2SO_4 при 100°C в течение 8 час, ПВ и ГМЦ – 2 н H_2SO_4 , 18 час, 100°C. Гидролизаты нейтрализовали BaCO_3 , деионизировали катионитом КУ (H^+), упаривали до небольшого объема (0.5 мл) и анализировали методом бумажной хроматографии (БХ). Использовали Filtrak-FN 12,13 (Германия), системы растворителей: 1 н-бутанол-пиридин-вода (6:4:3) [9].

ИК спектры образцов снимали на PerkinElmer FT-IR/NIR Spektrometr Spektrum 3 и модель 2000. Спектры образцов сняты в следующих условиях: диапазон – от 4000 до 400 см^{-1} с использованием НПВО система [11].

Титриметрические показатели ПВ. Для определения свободных карбоксильных групп в пектиновых веществах к 0,25 г ПВ прибавляли 25 мл воды, слегка нагревали, перемешивая, выдерживали 2 ч и титровали 0,1 М раствором натрия гидроксида (индикатор – фенолфталеин) до образования розовой окраски [10].

Инактивация сырья. 50 г измельченного сырья обрабатывали дважды кипящей смесью метанол-хлороформ (1:1) для удаления красящих веществ и не углеводных компонентов. Затем сырьё отделяли фильтрованием и высушивали.

Высушенное сырьё дважды экстрагировали кипящим (82 °С) этиловым спиртом (1:6) в течение 1 ч. Спиртовые экстракты объединяли, упаривали и анализировали БХ в системе 1, идентифицировали сахарозу и фруктозу.

Выделение водорастворимых полисахаридов. Измельченное сырьё (по 50 г) из трёх видов рода *Salvia* дважды экстрагировали 100 мл водой в течение 2 ч при постоянном перемешивании с помощью мешалкой (DLAB OS20-S). Экстракты отделяли, упаривали и осаждали спиртом. Выпавший осадок отфильтровывали высушивали. Выход ВРПС представлен в табл. 1.

Выделение пектиновых веществ. После выделения водорастворимых полисахаридов, остаток сырья из трёх видов рода *Salvia* экстрагировали смесью 0.5% растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония (1:1). Экстракты упаривали, диализовали и осаждали двукратным объёмом спирта, осадок отделяли и высушивали как в случае ВРПС. Выход ПВ представлен в таблице 1.

Выделение гемицеллюлоз. Остаток сырья экстрагировали 5% раствором щелочи (250 мл) при комнатной температуре в течение 2ч, при постоянном перемешивании. Щелочной экстракт отделяли, диализовали, упаривали, осаждали спиртом. Осадок отделяли и высушивали. Выход в табл. 1.

Таким образом, из трёх видов рода *Salvia* (*S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S.deserta*) выделены и охарактеризованы водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества и гемицеллюлозы. Установлен их моносахаридный состав.

ИК спектры образцов снимали на PerkinElmer FT-IR/NIR Spektrometr Spektrum 3 и модель 2000. Спектры образцов сняты в следующих условиях: диапазон – от 4000 до 400 см⁻¹ с использованием НПВО система [11].

Выводы

Таким образом, из надземной части трёх видов рода *Salvia* (*S.sclarea*, *S.korolkovii*, *S.deserta*). Выделены водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества и гемицеллюлозы, установлены их выходы и моносахаридный состав, вязкости и степень этерификации. Показано, что наибольшее содержание полисахаридов характерно для *S. korolkovii*.

Установлено, что основными моносахаридами являются арабиноза, галактоза, глюкоза и ксилоза. Водорастворимые полисахариды имеют арабиногалактановую природу, а пектиновые вещества относятся к карбоксиполисахаридам.

Выявлены межвидовые различия в составе полисахаридов, что подтверждает перспективность растений рода *Salvia* как источников биологически активных соединений.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований ИХРВ АН РУз.

Список литературы:

1. Юнусов С.Ю. Химия природных соединений растений Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1998.

2. Национальная электронная библиотека (НЭБ) — федеральная государственная информационная система, создаваемая Министерством культуры Российской Федерации при участии крупнейших библиотек, музеев, архивов, издателей и других правообладателей. <https://rusneb.ru/>
3. Аскарлов И.Р. Рустамов С.А. Жуманова Б.Г. Местно растущий шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.): водорастворимые полисахариды, антирадикальная и обезболивающая активность. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/21971>
4. Сидикова А.А., Маликова М.Х., Рахманбердыева Р.К., Зайнутдинов У.Н. Изучение углеводного комплекса надземной части *Stachys hissarica* // Фармацевтический журнал Ташкент, 2014. -№4.-С.20-23
5. Кодиралиева Ф.А., Рахманбердыева Р.К., Межлумян Л.Г., Маликова М.Х. Содержание и динамика накопления углеводов и аминокислотный состав белков в плодах и семенах *Crotalaria alata* (Fabaceae) // Раст. ресурсы. 2013. Т. 49. –с. 558-564
6. Kodiralieva F.A., Rakhmanberdyeva R.K. Polysaccharides from *Crotalaria alata* // Chemistry of natural compounds. – 2011. – Т. 47. – №. 1. – С. 7-9. DOI:10.1007/s10600-011-9818-3
7. Маликова М.Х., Сиддикова А.А., Рахманбердыева Р.К. Сезонная динамика содержания и состава углеводов *Stachys hissarica* (сем. Lamiaceae) // Растительные ресурсы журнал, 2016. Том 52. вып. 3.-С.397-405.
8. R.K. Rakhmanberdyeva, A.S. Shashkov, Kh.M. Bobakulov, D.Z. Azizov, M. Kh. Malikova, D.K. Ogay, Carbohydr. Res., 505, 108342 (2021) DOI: 10.1016/j.carres.2021.108342
9. M. Kh. Malikova, A.A. Siddikova, Sh.K. Khidoyatova, N.T. Ulchenko, R.K. Rakhmanberdyeva, S.D. Gusakova, Chem. Nat. Compd. – Springer, USA, 1, 38 (2016). DOI:10.1007/s10600-016-1542-6
10. Riyamol, Chengaiyan J.G., Rana S.S. et al. “Recent Advances in the Extraction of Pectin from Various Sources and Industrial Applications” // ACS Omega. 2023. Vol. 8(49). P. 46309–46324. DOI: 10.1021/acsomega.3c04010.
11. Chatjigakis A.K., Pappas C., Proxenia N. et al. “FT-IR spectroscopic determination of the degree of esterification of cell wall pectins from stored peaches and correlation to textural changes” // Carbohydrate Polymers. 1998. Vol. 37(4). P. 395–408. DOI: 10.1016/S0144-8617(98)00075-5.

References:

1. Yunusov S.Yu. [Chemistry of natural compounds of plants of Central Asia]. Tashkent: Fan, 1998. (In Russ.)
2. Natsional'naya elektronnaya biblioteka (NEB) — federal'naya gosudarstvennaya informatsionnaya sistema, sozdavaemaya Ministerstvom kul'tury Rossiyskoy Federatsii pri uchastii krupneyshikh bibliotek, muzeyev, arkhivov, izdateley i drugikh pravookhranitse. <https://rusneb.ru/> (In Russ.)
3. Askarov I.R., Rustamov S.A., Jumanova B.G. [Locally growing medicinal sage (*Salvia officinalis* L.): water-soluble polysaccharides, antioxidant and analgesic activity]. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/21971> (In Russ.)
4. Sidikova A.A., Malikova M.Kh., Rakhmanberdiyeva R.K., Zaynutdinov U.N. [Study of the carbohydrate complex of the aerial part of *Stachys hissarica*] // Farmatsevticheskiy zhurnal Tashkent. 2014, no. 4, p. 20–23. (In Russ.)
5. Kodiralieva F.A., Rakhmanberdiyeva R.K., Mejlumyan L.G., Malikova M.Kh. [Content and dynamics of accumulation of carbohydrates and amino acid composition of proteins in the fruits and seeds of *Crotalaria alata* (Fabaceae)] // Rastitel'nye resursy. 2013, vol. 49, p. 558–564. (In Russ.)
6. Kodiralieva F.A., Rakhmanberdiyeva R.K. [Polysaccharides from *Crotalaria alata*] // Chemistry of Natural Compounds. 2011, vol. 47, no. 1, p. 7–9. DOI: 10.1007/s10600-011-9818-3 (In Eng.)

7. Malikova M.Kh., Siddikova A.A., Rakhmanberdiyeva R.K. [Seasonal dynamics of content and composition of carbohydrates in *Stachys hissarica* (fam. Lamiaceae)] // *Rastitel'nye resursy zhurnal*. 2016, vol. 52, no. 3, p. 397–405. (In Russ.)
8. Rakhmanberdiyeva R.K., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M., Azizov D.Z., Malikova M.Kh., Ogay D.K. [Carbohydrate. Res., 505, 108342 (2021)] DOI: 10.1016/j.carres.2021.108342 (In Eng.)
9. Malikova M.Kh., Siddikova A.A., Khidoyatova Sh.K., Ulchenko N.T., Rakhmanberdiyeva R.K., Gusakova S.D. [Chem. Nat. Compd. – Springer, USA, 1, 38 (2016)] DOI: 10.1007/s10600-016-1542-6 (In Eng.)
10. Riyamol, Chengaiyan J.G., Rana S.S. et al. [Recent advances in the extraction of pectin from various sources and industrial applications] // *ACS Omega*. 2023, vol. 8(49), p. 46309–46324. DOI: 10.1021/acsomega.3c04010 (In Eng.)
11. Chatjigakis A.K., Pappas C., Proxenia N. et al. [FT-IR spectroscopic determination of the degree of esterification of cell wall pectins from stored peaches and correlation to textural changes] // *Carbohydrate Polymers*. 1998, vol. 37(4), p. 395–408. DOI: 10.1016/S0144-8617(98)00075-5 (In Eng.)