Оригинальное исследование
DOI: 10.32415/jscientia_2026_12_3_16-26
EDN: CIJBLT

Фракции полисахаридов стеблей повилики полевой (*Cuscuta Campestris* Yunck.): мономерный состав и сорбционная активность

С. Л. Аджиахметова , Д. И. Поздняков , Э. Т. Оганесян
Пятигорский медико-фармацевтический институт — филиал ВолгГМУ, Пятигорск, Россия

✉ Аджиахметова Симилла Леонтьевна — simillа503@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ. Полисахариды относятся к числу важнейших представителей биополимеров и обладают разнообразной биологической активностью. Целью данной работы явилось выделение, изучение мономерного состава и сорбционной активности фракций полисахаридов стеблей *C. campestris*.
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Гравиметрическим методом выделяли полисахариды. Для более детального изучения моноз использовался метод ВЭЖХ после предварительного гидролиза трифторуксусной кислоты. В основе методики лежит предколоночная дериватизация моносахаридов с 1-фенил-3-метил-5-пиразолоном. Количественное определение функциональных групп — титриметрическим методом. Адсорбционную активность анализируемых фракций проводили с использованием веществ-маркеров.
РЕЗУЛЬТАТЫ. В ходе данной работы гравиметрически выделены полисахаридные фракции. Проведен кислотный гидролиз и установлен моносахаридный состав. Предварительное хроматографическое определение моноз соответствует данным, полученным методом ВЭЖХ. Обнаружено высокое содержание галактуроновой кислоты (24,02%), галактозы (25,22%), глюкозы (7,81%) и арабинозы (5,81%). Степень метоксилирования анализируемых фракций менее 50%, поэтому было проведено изучение адсорбционной активности. Показатель адсорбционной активности пектиновых веществ значительно выше, чем у водорастворимых полисахаридов в 1,6, 1,6 и 3,9 раз в зависимости от метиленовой сини (МС), метилового оранжевого (МО) и желатина, соответственно.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выделены полисахаридные фракции, изучен их моносахаридный состав и функциональные группы. Установлено, что сорбционная способность исследуемых пектиновых веществ превосходит показатели препаратов сравнения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Cuscuta campestris*, полисахариды растений, пектиновые вещества, моносахаридный состав, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), сорбционная активность, адсорбция, активированный уголь

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Аджиахмедова СЛ, Поздняков ДИ, Оганесян ЭТ. Фракции полисахаридов стеблей повилики полевой (*Cuscuta Campestris* Yunck.): мономерный состав и сорбционная активность. *Juvenis Scientia.* **2026**;12(3):5-15. DOI: 10.32415/jscientia_2026_12_3_5-15. EDN: CIJBLT.

Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная
© Аджиахмедова С.Л., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т., 2026

Original article

DOI: 10.32415/jscientia_2026_12_3_16-26
EDN: CIJBLT

Polysaccharide Fractions from the Stems of *Cuscuta Campestris* Yunck.: Monosaccharide Composition and Sorption Activity

Similla L. Adzhiakhmetova , Dmitry I. Pozdnyakov , Eduard T. Oganesyan

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

✉ Similla L. Adzhiakhmetova — similla503@mail.ru

INTRODUCTION. Polysaccharides are among the most important biopolymers and exhibit diverse biological activity. The aim of this study was to isolate, characterize the monomeric composition, and assess the sorption activity of polysaccharide fractions from *C. campestris* stems.

MATERIALS AND METHODS. Polysaccharides were isolated gravimetrically. For a more detailed study of monosaccharides, HPLC was used after preliminary hydrolysis with trifluoroacetic acid. The method is based on pre-column derivatization of monosaccharides with 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone. Quantitative determination of functional groups was performed titrimetrically. The adsorption activity of the analyzed fractions was determined using marker substances.

RESULTS. In this study, polysaccharide fractions were isolated gravimetrically. Acid hydrolysis was performed, and the monosaccharide composition was determined.

Preliminary chromatographic determination of monosaccharides corresponded to the data obtained by HPLC. High contents of galacturonic acid (24.02%), galactose (25.22%), glucose (7.81%), and arabinose (5.81%) were detected. The degree of methoxylation of the analyzed fractions was less than 50%, so an adsorption activity study was conducted. The adsorption activity of pectin substances is significantly higher than that of water-soluble polysaccharides by factors of 1.6, 1.6, and 3.9, depending on methylene blue, methyl orange, and gelatin, respectively.

CONCLUSION. Polysaccharide fractions were isolated, and their monosaccharide composition and functional groups were studied. It was found that the sorption capacity of the pectin substances studied exceeded that of the comparison products.

KEYWORDS: *Cuscuta campestris*, plant polysaccharides, pectic substances, monosaccharide composition, high-performance liquid chromatography, sorption activity, adsorption, activated charcoal

FOR CITATION: Adzhiakhmetova SL, Pozdnyakov DI, Oganesyan ET. Polysaccharide Fractions from the Stems of *Cuscuta Campestris* Yunck.: Monosaccharide Composition and Sorption Activity. *Juvenis Scientia*. **2026**;12(3):5-15. DOI: 10.32415/jscientia_2026_12_3_5-15.

NOTICE FOR INTERNATIONAL READERS. The interactive HTML version of this article is available on the journal's official website. To facilitate international accessibility, all tables, charts, and figure captions feature a curated English translation (accessible via expandable sections). The primary Russian text is fully optimized for integrated machine translation into any language.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
© Adzhiakhmetova S.L., Pozdnyakov D.I., Oganesyan E.T., 2026

ВВЕДЕНИЕ

Полисахариды относятся к числу важнейших представителей биополимеров. Фармакологические и клинические исследования показали, что растительные полисахариды обладают множеством функций, таких как регуляция иммунитета, противоопухолевая, противовоспалительная, ранозаживляющая, антимикробная, антиоксидантная, противовирусная, антирадиационная и гипогликемическая активность [1, 2].

Основное действие растительных полисахаридов заключается в усилении и/или активации иммунного ответа макрофагов, включая увеличение продукции активных форм кислорода и усиление секреции цитокинов и хемокинов. Поэтому считается, что растительные полисахариды обладают значительным терапевтическим потенциалом и представляют собой новое направление для открытия и разработки новых иммуномодулирующих лекарственных средств [1].

Противоопухолевые механизмы растительных полисахаридов в основном рассматриваются с трех точек зрения: усиление иммунорегуляции, ингибирование роста опухолевых клеток и ингибирование инвазии и метастазирования опухолевых клеток. Систематически обобщены аспекты механизмов противораковой активности пищевых полисахаридов, достигаемой за счет иммунорегуляции, роль иммунных клеток в прогрессировании опухолевого процесса, а также роль опосредующего взаимодействия между кишечной микробиотой и пищевыми полисахаридами в иммунорегуляции и профилактике онкологических заболеваний [3].

Полисахариды привлекают внимание в качестве сорбентов для ионов тяжелых металлов. Их высокая сорбционная способность обусловлена главным образом наличием карбоксильных групп в основной цепи полисахарида [4].

В России широко распространены стеблевые паразитные растения рода *Cuscuta* L., который относится к семейству Вьюнковые (*Convolvulaceae* Juss., nom. cons.) и подразделяется на три подрода. Подрод *Grammica* включает повилику полевую (*C. campestris* Yunck.) [5, 6]. Основными биологически активными соединениями паразитов данного рода являются флавоноиды, фенольные кислоты, лигнаны, полисахариды [6–8].

В связи с этим необходимы как поиск мер борьбы с распространением этих растений, так и возможности их использования как источников биологически активных соединений.

Целью данной работы явилось выделение, изучение мономерного состава и сорбционной активности фракций полисахаридов стеблей *C. campestris*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились стебли *C. campestris* собранные 20.08.2025 г. в Нефтекумском районе Ставропольского края с люцерны посевной (*Medicago sativ*a L.).

Гравиметрическим методом выделяли полисахариды [9–11].

Методика анализа — ВЭЖХ-УФ. Использовали методику, условия проведения которой представлены в литературе [12–15]. Хроматографические условия. Хроматографическая колонка: GeminiNX–C18, 150 ×4,6 мм, 5 мкм, с размером пор 110 Å; скорость потока: 0,6 мл/мин; температура колонки: 30 °C; детектор: диодно-матричный (DAD), 245 нм; объём пробы: 10 мкл.

На следующем этапе проводили расчет содержания (в %) каждого из моносахаридов в исследуемых образцах по формуле:

$$X = \frac{S_x \times a_0 \times 3 \times 100}{S_0 \times a_x \times 3};$$

где

S_x — площадь пика каждого из моносахаридов на хроматограмме испытуемого раствора;

S_0 — средняя площадь пика каждого из моносахаридов на хроматограмме стандартного раствора, соответственно ($n = 3$);

a_x — навеска каждого испытуемого образца, мг;

a_0 — навеска стандартного образца каждого из моносахаридов, соответственно, мг.

Количественное определение функциональных групп — титриметрическим методом [16, 17].

Адсорбционную активность анализируемых фракций проводили с использованием метиле-

Таблица 1

Количественное содержание анализируемых фракций и мономерный состав

Фракции	Содержание, % (выход фракций от массы сырья)	Значение факторов удерживания моноз	
		После гидролиза фракций	Стандартные образцы
ВП	1,46±0,05%	1) 0,18±0,01 2) 0,20±0,01 3) 0,27±0,01 4) 0,43±0,02	1) 0,18 (*Gal A*) 2) 0,21 (*Gal*) 3) 0,26 (*Ara*) 4) 0,41 (*Rha*)
ПВ	3,50±0,13%	1) 0,19±0,01 2) 0,21±0,01 3) 0,26±0,01 4) 0,42±0,02	1) 0,18 (*Gal A*) 2) 0,21 (*Gal*) 3) 0,26 (*Ara*) 4) 0,41 (*Rha*)
Г А	4,88±0,11%	1) 0,22±0,01 2) 0,27±0,01 3) 0,42±0,02	1) 0,22 (*Glu*) 2) 0,26(*Ara*) 3) 0,41 (*Rha*)
Г Б	2,03±0,08%	1) 0,23±0,01 2) 0,26±0,01 3) 0,42±0,02	1) 0,22 (*Glu*) 2) 0,26(*Ara*) 3)0,41 (*Rha*)

Примечание: ВП (водорастворимые полисахариды), ПВ (пектиновые вещества), ГА и ГБ (гемицеллюлозы А и Б).

новой сини (МС), метилового оранжевого (МО) и желатина по методике В. И. Решетникова [18–20]. Параллельно определяли оптическую плотность веществ маркеров — 0,15% растворов МС и МО, 0,6% раствора желатина в аналогичных условиях. Исследования проводили на спектрофотометре СФ-102 ООО «НПО Аквилон» (Россия). В качестве препаратов сравнения использовали уголь активированный (RENEWAL, АО «Производственная фармацевтическая компания Обновление», г. Новосибирск, серия: A8C3C4C695A3L) и «Полисорб» (АО «Полисорб», Челябинская обл., серия: П63030321).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сушку сырья проводили воздушно-теневым методом, содержание влажности в стеблях повилики составило 7,34±0,29% [21].

Методом гравиметрии выделены фракции полисахаридов из стеблей *C. campestris* и после кислотного гидролиза хроматографически обнаружены моносахариды [9, 10]. Результаты представлены в таблице 1.

Установлено, что фракции ПВ и Г А (гемицеллюлоза А) преобладают. Изучен предварительный мономерный состав, но имеется одна размытая зона адсорбции, что не дает полномасштабного представления о моносахаридном составе. Поскольку гемицеллюлозы пока не являются предметом активных медицинских исследований, дальнейшим нашим этапом явилось определение мономерного состава ВП и ПВ методом ВЭЖХ.

Методика анализа — ВЭЖХ-УФ

Пики всех исследуемых сахаров имеют приемлемое разрешение, при этом профиль в целом соответствует представленным данным в литературе, что позволяет использовать указанные условия анализа для контроля содержания моносахаридов в исследуемых объектах [12].

В основе методики лежит предколоночная дериватизация моносахаридов с 1-фенил-3-метил-5-пиразолон после предварительного гидролиза полисахаридного комплекса. Схема реакции представлена на рисунке 1. На рисунках 2, 3 представлены хроматограммы анализируемых растворов фракций ВП и ПВ. Результаты расчётов приведены в таблице 2.

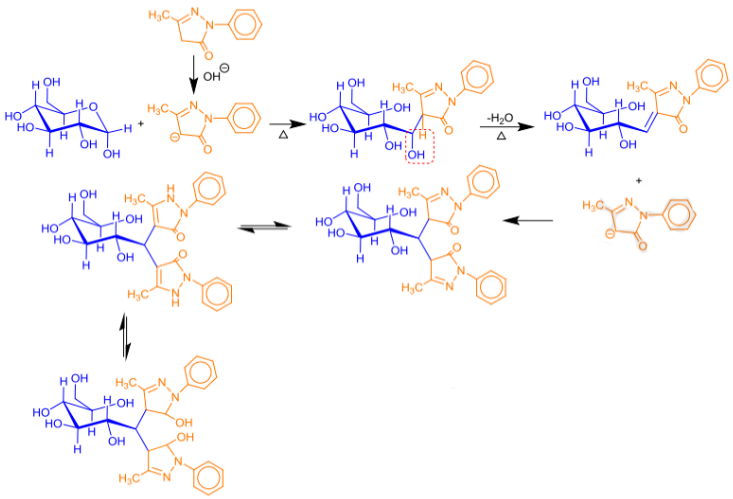


Рис. 1. *Схема реакции моносахаридов с раствором 1-фенил-3-метил-5-пиразолона [15]*

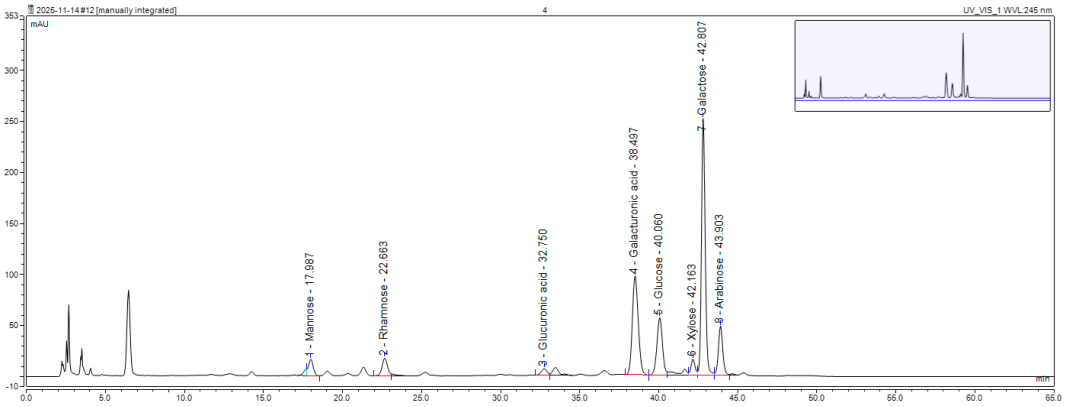


Рис. 2. *Типичная хроматограмма испытуемого раствора образца ВП*

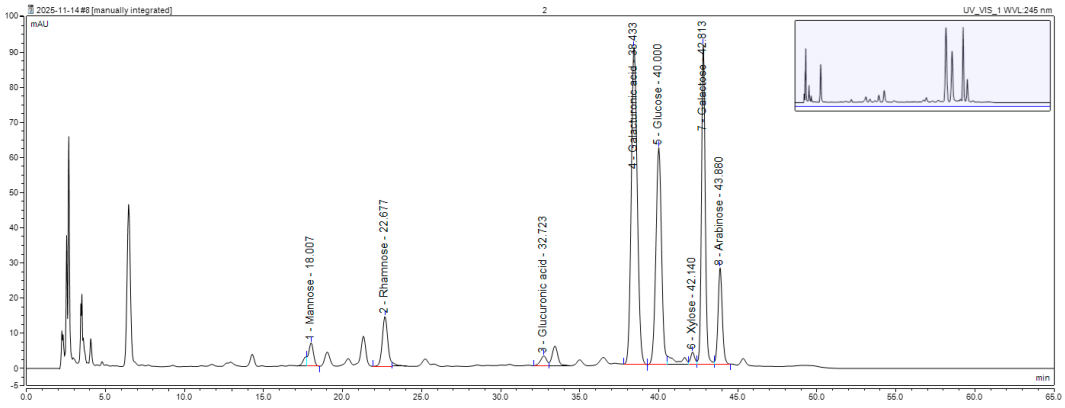


Рис. 3. *Типичная хроматограмма испытуемого раствора образца ПВ*

Таблица 2

Содержание моносахаридов в процентах (%) во фракциях ВП и ПВ

Содержание, %	Фракции полисахаридов	
	ВП	ПВ
Манноза	2,14%	0,92%
Рамноза	5,45%	4,75%
Глюкуроновая кислота	1,54%	0,71%
Галактуроновая кислота	24,02%	24,51%
Глюкоза	6,50%	7,81%
Ксилоза	2,40%	0,59%
Галактоза	25,22%	9,72%
Арабиноза	9,79%	5,81%
Сумма:	77,05%	54,83%

Обращает на себя внимание тот факт, что предварительное хроматографическое определение моноз соответствует данным, полученным методом ВЭЖХ. Обнаружено высокое содержание галактуроновой кислоты, галактозы, глюкозы и арабинозы.

Была достигнута высокая чувствительность, особенно для нейтральных сахаров, с погрешностью определения в диапазоне 5–10% относительно стандартного отклонения. Обнаружены не идентифицированные компоненты в ВП и ПВ, возможно, это примеси белковой или полифенольной природы, которые требуют дальнейшей идентификации.

Количественное определение функциональных групп ВП и ПВ

Для дальнейших исследований адсорбционной активности очень важно было провести определение функциональных групп ВП и ПВ (таблица 3).

Показатель степени этерификации характеризует соотношение этерифицированных карбоксильных групп к их общему количеству в полисахаридных фракциях. Чем меньше этерифицированных групп и, соответственно, больше свободных карбоксильных групп, тем выше показатель адсорбционной емкости. Поскольку степень метоксилирования исследуемых фракций составляет менее 50%, целесообразно провести изучение их адсорбционной активности. В частности, для ПВ, чья степень этерификации достигает 36,00 ± 1,27%, можно прогнозировать выраженную сорбционную активность.

Определение сорбционной активности с использованием веществ-маркеров

Вначале эксперимента нами определена зависимость сорбционной активности ПВ от времени, которая представлена в таблице 4.

При анализе полученных результатов можно сделать вывод, что показатель адсорбционной

Таблица 3

Содержание функциональных групп ВП и ПВ

Объект исследования	Наименование показателя (количество групп, %) (n=3)				
	Свободных карбоксильных ($К_с$)	Метоксилированных ($К_м$)	Общее количество карбоксильных ($К_о$)	Метоксильных ($–ОСН_3$)	Степень метоксилирования (λ), %
ВП	3,92 ± 0,13	2,70 ± 0,12	6,62 ± 0,20	1,86 ± 0,07	40,79 ± 2,04
ПВ	4,64 ± 0,15	2,61 ± 0,13	7,25 ± 0,24	1,80 ± 0,08	36,00 ± 1,27

Таблица 4

Адсорбционная активность ПВ в зависимости от времени перемешивания

№	1	2	3	4	5	6
Адсорбционная активность ПВ *по МС*						
Время, мин	20	40	***60***	120	180	240
Масса навески, г	0,2002	0,2011	***0,2007***	0,2005	0,2007	0,2012
Оптическая плотность	0,249	0,229	***0,226***	0,227	0,233	0,243
Адсорбционная активность, мг/г	191,23	208,77	***211,40***	210,53	205,26	195,35
по МО						
Масса навески, г	0,2010	0,2005	***0,2008***	0,2013	0,2010	0,2004
Оптическая плотность	0,078	0,061	***0,055***	0,070	0,101	0,103
Адсорбционная активность, мг/г	359,65	370,57	***373,56***	363,80	346,06	345,97
по желатину						
Масса навески, г	0,2014	0,2032	***0,2011***	0,2005	2,009	0,2010
Оптическая плотность	0,168	0,160	***0,153***	0,163	0,165	0,167
Адсорбционная активность, мг/г	261,44	284,48	***294,31***	278,99	271,83	264,71

Таблица 5

Адсорбционная активность ВП, ПВ и препаратов сравнения с использованием веществ-маркеров

Исследуемый образец (влажность, %)	Адсорбционная активность, мг/г сорбента в абсолютно сухом сырье		
	по МС	по МО	по желатину
ВП (7,58 ± 0,29%)	135,05 ± 3,27	234,67 ± 4,13	75,83 ± 1,60
ПВ (8,02 ± 0,23%)	***212,72 ± 4,39***	***370,83 ± 4,37***	***295,08 ± 3,96***
Уголь активированный (5,62 ± 0,11%)	*193,78 ± 4,11*	*126,49 ± 2,45*	*92,34 ± 1,84*
«Полисорб» (4,27 ± 0,15%)	*102,43 ± 3,85*	*84,69 ± 1,71*	*375,06 ± 4,13*

активности достигает максимума при 60 минутах по МС, МО и желатину: 211,40 мг/г, 373,56 мг/г и 294,31 мг/г, соответственно.

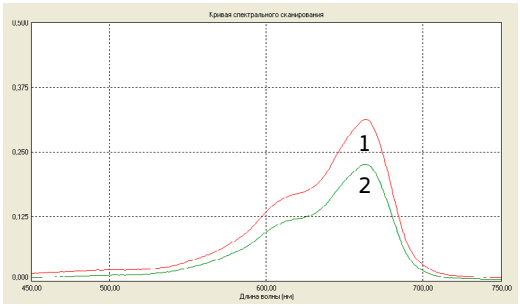
Результаты сравнения адсорбционной активности исследуемых фракций и других сорбентов представлены в таблице 5.

Показатель адсорбционной активности ПВ значительно выше, чем у ВП в 1,6; 1,6 и 3,9 раз в зависимости от использования МС, МО и желатина, соответственно (таблица 5). УФ-спектры поглощения анализируемых фракций с веществами-маркерами представлены на рисунке 4.

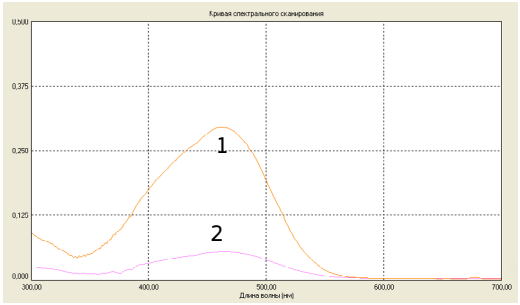
ПВ адсорбируют вещества как катионной, так и анионной природы, а их сорбционная активность превышает активность препаратов сравнения — угля активированного и «Полисорба».

ОБСУЖДЕНИЕ

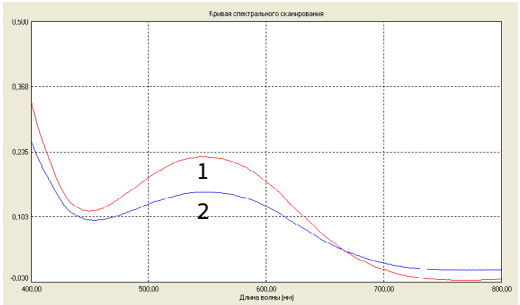
Доказано, что пектиновые вещества связывают ионы металлов, так как содержат разные функциональные группы, такие как карбоксильные, гидроксильные и амидогруппы. По сути, карбоксильные группы галактуроновой кислоты и гидроксильные группы в молекуле пектина могут связываться с ионами металлов посредством ионного обмена и комплексообразования [22, 23].



А



Б



В

Рис. 4. *УФ-спектры поглощения водных растворов ВП (1), ПВ (2) с 0,15% раствором МС (А), с раствором МО (Б), с 0,6% раствором желатина (В)*

В данном исследовании наблюдается высокий процент свободных карбоксильных групп ПВ, поэтому и степень метоксилирования составляет менее 50%. Также в связи с тем, что методом ВЭЖХ обнаружено высокое содержание галактуроновой кислоты (24,51%), мы прогнозировали выраженную сорбционную активность.

В последние годы полисахариды стали занимать центральное место в исследованиях. Системы доставки лекарств на основе полисахаридов стали одним из основных направлений благодаря их биосовместимости, способности к гелеобразованию, образованию пленок, нетоксичности, созданию матриц с контролируемым высвобождением, мукоадгезивным и стабилизирующим свойствам, что позволяет им играть важную роль в разработке лекарственных препаратов в фармацевтической промышленности [24].

Для повышения биологической активности полисахаридов можно использовать различные методы химической модификации в зависимости от уникальных структурных характеристик исходных молекул. Модификация поверхности без изменения объемных свойств полисахаридов является одним из эффективных способов повышения активности полисахаридов.

Благодаря реакции деметилирования возможно повысить количество свободных карбоксильных групп, что увеличит процент связывания ионов тяжелых металлов молекулами полисахаридов [22, 23].

Хемо- и региоселективная модификация полисахаридных цепей может обеспечить получение модифицированных полисахаридов, которые обладают различными биологическими свойствами, такими как антиоксидантное, противоопухолевое, иммунорегулирующее, противовирусное и антибактериальное действия [25].

Перспективным направлением дальнейших исследований является химическая модификация исходных полисахаридов путем реакций сульфатирования, фосфорилирования, карбоксиметилирования, метилирования и ацетилирования с последующим сравнительным анализом биологической активности полученных производных и нативных фракций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы гравиметрически выделены полисахаридные фракции. Проведен кислотный гидролиз и установлен моносахаридный состав. Для более детального изучения моноз использовался метод ВЭЖХ после предварительного гидролиза трифторуксусной кислоты. В основе методики лежит предколоночная дериватизация моносахаридов с 1-фенил-3-метил-5-пиразолоном.

Сорбционная активность ПВ значимо превышает активность препаратов сравнения, потому что степень метоксилирования анализируемых веществ менее 50%.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE. Аджиахметова С.Л.: разработка концепции, анализ данных, написание рукописи. Поздняков Д.И.: сбор данных, статистический анализ. Оганесян Э.Т.: анализ данных, написание рукописи.

Использование ИИ: Авторы зявляют, что искусственный интеллект не использовался при подготовке и написании статьи.

ЛИТЕРАТУРА | REFERENCES

1. Yin M, Zhang Y, Li H. Advances in Research on Immunoregulation of Macrophages by Plant Polysaccharides. *Front Immunol*. **2019**;10:145. DOI: 10.3389/fimmu.2019.00145.
2. Albuquerque PBS, de Oliveira WF, Dos Santos Silva PM, et al. Skincare application of medicinal plant polysaccharides - A review. *Carbohydr Polym*. **2022**;277:118824. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.118824.
3. Wang A, Liu Y, Zeng S, et al. Dietary Plant Polysaccharides for Cancer Prevention: Role of Immune Cells and Gut Microbiota, Challenges and Perspectives. *Nutrients*. **2023**;15(13):3019. DOI: 10.3390/nu15133019.
4. Levy-Ontman O, Yanay C, Alfi Y, et al. Selective Sorption of Heavy Metals by Renewable Polysaccharides. *Polymers (Basel)*. **2023**;15(22):4457. DOI: 10.3390/polym15224457.
5. Stefanović S, Austin DF, Olmstead RG. Classification of Convolvulaceae: a phylogenetic approach. *Syst Bot*. **2003**;28(4):791-806. DOI: 10.1043/02-45.1.
6. Noureen S, Noreen S, Ghumman SA, et al. The genus Cuscuta (Convolvolaceac): An updated review on indigenous uses, phytochemistry, and pharmacology. *Iran J Basic Med Sci*. **2019**;22(11):1225-1252. DOI: 10.22038/ijbms.2019.35296.8407.
7. Ibrahim M, Rehman K, Hussain I, et al. Ethnopharmacological Investigations of Phytochemical Constituents Isolated from the Genus Cuscuta. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr*. **2017**;27(2):113-150. DOI: 10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2017019193.
8. Ahmad A, Tandon S, Xuan TD, Nooreen Z. A Review on Phytoconstituents and Biological activities of Cuscuta species. *Biomed Pharmacother*. **2017**;92:772-795. DOI: 10.1016/j.biopha.2017.05.124.
9. Аджиахметова СЛ, Червонная НМ, Поздняков ДИ, и др. Изучение суммарного содержания антиоксидантов, полисахаридов, элементного состава и аминокислот растительного сырья смородины черной. *Химия растительного сырья*. **2021**;3:265-274. [Adzhiakhmetova SL, Chervonnaya NM, Pozdnyakov DI, et al. Study of the total content of antioxidants, polysaccharides, elemental composition and amino acids of black currant plant material. *Chemistry of plant raw materials*. **2021**;3:265-274. (in Russ.)].DOI: 10.14258/jcpim.2021037774.
10. Кочетков НК. Химия биологически активных соединений. М., **1970**:631. [Kochetkov NK. Chemistry of biologically active compounds. Moscow, **1970**:631. (in Russ.)].
11. Миронов ВФ, Миндубаев АЗ, Минзанова СТ, и др. Выделение и физико-химические свойства пектиновых полисахаридов из листьев амаранта. *Сельскохозяйственная биология*. **2021**;56(3):591-601. [Mironov VF, Mindubaev AZ, Minzanova ST, et al. Isolation and physicochemical properties of pectin polysaccharides from amaranth leaves. *Agricultural biology*. **2021**; 56(3):591-601. (in Russ.)]. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.591rus .
12. Vojvodić Cebin A, Komes D, Ralet MC. Development and Validation of HPLC-DAD Method with Pre-Column PMP Derivatization for Monomeric Profile Analysis of Polysaccharides from Agro-Industrial Wastes.

Polymers (Basel). **2022**;14(3):544. DOI: 10.3390/polym14030544.
13. Olennikov DN, Chemposov VV, Chirikova NK. Polymeric Compounds of Lingonberry Waste: Characterization of Antioxidant and Hypolipidemic Polysaccharides and Polyphenol-Polysaccharide Conjugates from Vaccinium vitis-idaea Press Cake. *Foods*. **2022**;11(18):2801. DOI: 10.3390/foods11182801.
14. Sun X, Wang H, Han X, et al. Fingerprint analysis of polysaccharides from different Ganoderma by HPLC combined with chemometrics methods. *Carbohydr Polym*. **2014**;114:432-439. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.08.048.
15. Wang W, Chen F, Zheng F, Russell BT. Optimization of synthesis of carbohydrates and 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone (PMP) by response surface methodology (RSM) for improved carbohydrate detection. *Food Chem*. **2020**;309:125686. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125686.
16. Бубенчикова ВН, Дроздова ИЛ. Пектиновые вещества Fragaria vesca L. Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Междунар. съезда «Фитофарм 2003» (Санкт-Петербург – Пушкин, 3-5 июля 2003 г.). СПб.: ВВМ.**2003**:24-27. [Bubenchikova VN, Drozdova IL. Pectin substances of Fragaria vesca L. Actual problems of creating new medicinal products of natural origin: Proc. of the VII International Congress «Fitofarm 2003» (St. Petersburg – Pushkin, July 3-5, 2003). SPb.: VVM. **2003**:24-27. (in Russ.)].
17. Позднякова ТА, Бубенчиков РА. Количественное определение функциональных групп пектиновых веществ травы герани сибирской (Geranium sibiricum L.). *Фундаментальные исследования*. **2014**;11(1):110-113. [Pozdnyakova TA, Bubenchikov RA. Quantitative determination of functional groups of pectin substances of the herb of Siberian geranium (Geranium sibiricum L.). *Fundamental research*. **2014**;11(1):110-113. (in Russ.)].
18. Решетников ВИ. Принципы разработки лекарственных форм сорбентов. Пермь: ГОУ ВПО ПГФА Росздрава. **2008**:196. [Reshetnikov VI. Principles of developing dosage forms of sorbents. Perm: State Educational Institution of Higher Professional Education PGFA Roszdrav. **2008**:196. (in Russ.)].
19. Гуляев ДК, Белоногова ВД. Сорбционная активность полисахаридов пихты сибирской шишек. *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. **2023**;4(42):37–42. [Gulyaev DK, Belonogova VD. Sorption activity of polysaccharides from Siberian fircones. *Issues of Quality Assurance of Medicines*. **2023**;4(42):37–42. (in Russ.)]. DOI: 10.34907/JPQAI.2023.77.92.004.
20. Аджиахметова СЛ, Поздняков ДИ, Оганесян ЭТ. Сорбционная активность водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ из листьев омелы белой (Viscum album L.). *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. **2025**;24(4):181-187. [Adzhiakhmetova SL, Pozdnyakov DI, Oganesyan ET. Sorption activity of water-soluble polysaccharides and pectin substances from mistletoe leaves (Viscum album L.). *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. **2025**;24(4):181–187. (in Russ.)]. DOI: 10.37903/vsgma.2025.4.22.
21. Государственная фармакопея РФ XV издание. ОФС. 1.5.3.0007 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных средств растительного происхождения». URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/ [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 15 thedition. OFS. 1.5.3.0007 «Determination of the moisture content of medicinal plant materials and medicinal products of plant origin». URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/ (in Russ.)].
22. Yu H, Yang A, Wang K, et al. The role of polysaccharides functional groups in cadmium binding in root cell wall of a cadmium-safe rice line. *Ecotoxicol Environ Saf*. **2021**;226:112818. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112818.
23. Zhan J, Huang H, Yu H, et al. The combined effects of Cd and Pb enhanced metal binding by root cell walls of the phytostabilizer Athyrium wardii (Hook.). *Environ Pollut*. **2020**;258:113663. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113663.

24. Banerjee R, Kumar KJ, Kennedy JF. Structure and drug delivery relationship of acidic polysaccharides: A review. *Int J Biol Macromol*. **2023**;243:125092. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125092.
25. Zhai Z, Zhou Y, Korovich AG, et al. Synthesis and Characterization of Multi-Reducing-End Polysaccharides. *Biomacromolecules*. **2023**;24(6):2596-2605. DOI: 10.1021/acs.biomac.3c00104.

АВТОРЫ | AUTHORS

✉ *Аджиахметова Симилла Леонтьевна*, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры органической химии; ORCID: 0000-0001-9685-1384; email: similla503@mail.ru.

Поздняков Дмитрий Игоревич, доктор фармацевтических наук, доцент, зав. кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии; ORCID: 0000-0002-5595-8182.

Оганесян Эдуард Тоникович, доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой органической химии; ORCID: 0000-0002-2756-9382.

✉ *Similla L. Adzhiakhmetova,* Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Department of Organic Chemistry; ORCID: 0000-0001-9685-1384; email: similla503@mail.ru.

Dmitry I. Pozdnyakov, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pharmacology with the Course of Clinical Pharmacology; ORCID: 0000-0002-5595-8182.

Eduard T. Oganesyan, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the Department of Organic Chemistry; ORCID: 0000-0002-2756-9382.

Поступила в редакцию: | Received: 07.05.2026
Поступила после доработки: | Revised: 09.06.2026
Принята: | Accepted: 17.06.2026