

УДК 615.322

Н. Ф. Шакуро

Белорусский государственный медицинский университет

**КОНТЕНТ-АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ФИТОПРЕПАРАТОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ**

В статье приведен обзор литературы, показывающий перспективность получения полисахаридов на основе лекарственного растительного сырья и последующее использование их в составе лекарственных средств и биологически активных добавок. Для полученных фитопрепаратов будет характерен широкий спектр действия вследствие их полифункциональных свойств.

Представлены данные по количественному содержанию полисахаридов в фармакопейном сырье Республики Беларусь, применяемый метод экстрагирования полисахаридов и условия его реализации, а также указаны направления совершенствования технологии извлечения полисахаридов из лекарственного растительного сырья.

В статье приводятся результаты маркетингового анализа лекарственных средств и биологически активных добавок, содержащих полисахариды, на фармацевтическом рынке Республики Беларусь. Проанализирован ассортимент фитопрепаратов, проведена его структуризация по лекарственным формам и странам-производителям, определена доля отечественных препаратов. Сегментирование фитопрепаратов показало, что они выпускаются в виде твердых (порошки, гранулы, таблетки, капсулы) и жидких (сок для внутреннего применения, сироп) лекарственных форм, экстракционных лекарственных форм (фармацевтическая субстанция в виде сухого экстракта), а также в виде измельченного растительного сырья и сборов. Большую часть ассортимента занимает измельченное растительное сырье (57%) и сиропы (17%). Отражена актуальность расширения ассортимента твердых дозированных лекарственных средств на основе полисахаридов.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырье, полисахариды растений, экстракция, технология, фитопрепараты, ассортимент, маркетинговый анализ.

Для цитирования: Шакуро Н. Ф. Контент-анализ производства фитопрепаратов на основе полисахаридов // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2024. № 2 (283). С. 20–28.

DOI: 10.52065/2520-2669-2024-283-3.

N. F. Shakuro

Belarusian State Medical University

**CONTENT ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF PHYTOPREPARATIONS
BASED ON POLYSACCHARIDES**

The article presents a review of the literature showing the prospects of obtaining polysaccharides on the basis of medicinal plant raw materials and their subsequent use in the composition of drugs and biologically active additives. The obtained phytopreparations will be characterized by a wide range of action due to their polyfunctional properties.

The data on the quantitative content of polysaccharides in pharmacopoeial raw materials of the Republic of Belarus, the applied method of polysaccharide extraction and conditions of its realization, as well as the directions of improvement of the technology of polysaccharide extraction from medicinal plant raw materials are presented.

The article presents the results of marketing analysis of medicines and biologically active additives containing polysaccharides in the pharmaceutical market of the Republic of Belarus. The assortment of phytopreparations is analyzed, its structuring by dosage forms and producing countries is carried out, the share of domestic preparations is determined. Segmentation of phytopreparations showed that they are produced in the form of solid (powders, granules, tablets, capsules) and liquid (juice for internal use, syrup) dosage forms, extraction dosage forms (pharmaceutical substance in the form of dry extract), as well as in the form of crushed plant raw materials and collections. The most part of the assortment is represented by crushed plant raw materials (57%) and syrups (17%). The relevance of expanding the range of solid dosage formulations on the basis of polysaccharides is reflected.

Keywords: medicinal plant raw materials, plant polysaccharides, extraction, technology, phytopreparations, assortment, marketing analysis.

For citation: Shakuro N. F. Content analysis of the production of phytopreparations based on polysaccharides. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2024, no. 2 (283), pp. 20–28 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-2669-2024-283-3.

Введение. Сложная структура полисахаридов обеспечивает им разнообразные свойства и широкое применение в различных отраслях промышленности – химической, химико-фармацевтической, биотехнологической, пищевой, медицинской и др. Использование полисахаридов в лечебных и профилактических целях практикуется во всем мире на протяжении не одного столетия, так как для них характерен широкий спектр фармакологической активности – антибактериальной, противовирусной, иммуномодулирующей, противоопухолевой, гиполлипидемической, гипогликемической, антимутиационной и антиаллергической, а также они способны связывать тяжелые металлы и радионуклиды, восстанавливать работоспособность спортсменов [1–14]. Полисахариды могут применяться не только как действующие вещества в составе готовых лекарственных и профилактических средств, но и в качестве вспомогательных веществ в технологии лекарств (например, наполнители, связывающие, разрыхляющие, корригирующие вещества, эмульгаторы и загустители, криопротекторы и т. д.) [3, 15].

Полисахариды могут быть получены из лекарственного растительного сырья и химическим способом. Несмотря на то что научные исследования, направленные на химический синтез полисахаридов и полимеров, имитирующих их структуру, проводятся достаточно давно [16–21] и уже накоплен большой опыт их синтеза, все еще остаются нерешенные вопросы, ограничивающие их химическое производство. Кроме того, терапевтическое действие полисахаридов зависит от их нативной структуры. Поэтому самым распространенным и доступным способом остается получение полисахаридов из лекарственного растительного сырья с сохранением их природных свойств (фитопроизводство).

Целью нашего исследования было проведение контент-анализа производства фитопрепаратов на основе полисахаридов. Для достижения цели поставлены следующие задачи: проведение анализа литературных данных по лекарственному растительному сырью, содержащему полисахариды, основным технологическим параметрам процесса их экстрагирования, анализ и сегментирование ассортимента фитопрепаратов, содержащих полисахариды, представленных на фармацевтическом рынке Республики Беларусь.

Основная часть. Основными технологическими стадиями фитопроизводства, обеспечивающими получение качественного продукта с высоким выходом биологически активных веществ, являются экстрагирование биологически активного вещества и очистка полученного извлечения. В процессе экстракции происходит разделение сложных смесей веществ, входящих в состав растений, за счет их различной растворимости в экстрагенте. Экстрагирование биологически активных веществ проходит в три

этапа: переход экстрагента в пористую структуру сырья, растворение в нем полисахаридов и диффузия их в основную массу экстрагента. Наиболее медленным является третий этап, который лимитирует скорость процесса. Создание определенных условий и применение в производстве ряда технологических приемов позволит повысить скорость экстрагирования и тем самым снизить себестоимость получаемой продукции. В фитопроизводстве необходимо учитывать: метод экстрагирования, природу экстрагента (растворителя) и его концентрацию, степень измельчения сырья, соотношение «экстрагент : сырье», температуру, продолжительность экстрагирования, гидродинамические условия в аппаратах, количество стадий экстракции и др. [22–25].

Специфика фитопроизводства зависит от вида сырья, природы и количества извлекаемых компонентов, сопутствующих веществ, близких по природе и физическим свойствам к биологически активному веществу и находящихся с ним в определенной химической и физической связи. Эти факторы во многом будут определять выбор технологии получения полисахаридов.

Фармакопейными видами лекарственного растительного сырья, содержащего полисахариды, в Республике Беларусь [26] являются подорожника большого листа (*Plantaginis majoris folium*), подорожника ланцетного листа (*Plantaginis lanceolatae folium*), льна семена (*Linum usitatissimum L.*), исландского мха слоевища (*Cetraria islandica L.*) *Acharius s.L.*), ламинарии слоевища (*Laminariae thalloma*), мать-и-мачехи листья (*Tussilago farfara L.*), череды трава (*Bidentis tripartite L.*), фиалки трава (*Violae herba cum flore*), алтея корни (*Althaeae radix*), липы цветки (*Tilia cordata Miller*) и др.

Оценка содержания полисахаридов в лекарственном растительном сырье, представленная в таблице, проводилась на основании анализа литературных данных [7], фармакопейных статей Республики Беларусь [26] и Российской Федерации [27].

Полисахариды представляют собой бесцветные аморфные вещества, хорошо растворимые в воде, практически нерастворимые в низших спиртах и неполярных органических растворителях. Поэтому в качестве экстрагента используется вода очищенная. Основным способом получения полисахаридов [26, 28] является метод ремацерации. Соотношение «сырье : экстрагент» составляет 1 : 50. Извлечение полисахаридов проходит при кипячении в течении 30 мин. Выделение полисахаридов из водного раствора осуществляется с использованием трехкратного объема 96%-ного этилового спирта. Полученный рыхлый осадок отделяется и промывается органическими растворителями: 96%-ным спиртом [26, 28], реже 20%-ным раствором свинца ацетата и раствором хлорида окисного железа [28], ацетоном, эфиром [8]. Сушится при температуре 100–105°C.

Содержание полисахаридов в лекарственном растительном сырье

Лекарственное растительное сырье	Полисахариды (в пересчете на сухое сырье), %, не менее		
	[26]	[7]	[27]
Подорожника большого листья	12	–	12
Льна семена	–	10–12	7
Череды трава	3,5	6–8	3,5
Мать-и-мачехи листья	4	–	10
Ламинарии слоевища	8	8	8
Лопуха корни	–	–	8
Девясила корневища и корни	–	–	25
Фиалки трава	–	–	8
Аллея корни	–	До 12	–

Для расщепления полисахаридов до моносахаридов применяется кислотный гидролиз (например, серной кислотой 1 моль/л) при 100°C в течение 6 ч для водорастворимых полисахаридов и 24 ч для пектиновых веществ [26, 28].

С целью повышения эффективности выделения полисахаридов ведутся работы, направленные на разработку новых технологических приемов. В ряде работ предлагается проводить экстрагирование полисахаридов водой подкисленной до pH = 4 (соляной кислотой, оксалатом аммония) [8, 12, 22–25, 28–34] либо использовать в качестве экстрагента 1%-ный раствор натрия хлорида, а также изменять соотношение «сырье : экстрагент» в диапазоне от 1 : (18–22) до 1 : 70. Ряд исследований [33, 35, 36] направлен на изучение получения полисахаридов сверхкритической экстракцией диоксидом углерода и субкритической водой [37].

Исследования [31, 38–40] показывают, что оптимальное время экстракции составляет 2–6 ч и температурный диапазон находится в интервале от 70 до 90°C. В работах [41, 42] описано, что длительная обработка при высокой температуре приводит к деградации полисахаридов и снижению биологической активности.

Для увеличения выхода полисахаридов, сокращения времени экстрагирования предлагается оказывать дополнительное воздействие на сырье во время экстракции ультразвуком [43], токами сверхвысокой частоты [44], инфракрасным излучением [45], а также их сочетанием [46]. Однако отмечается, что воздействие данных факторов часто приводит к изменению структуры полисахаридов и соответственно их свойств. Кроме того, дополнительное воздействие требует применения специального дорогостоящего оборудования, что в конечном итоге приведет к увеличению себестоимости готового продукта.

Отработка технологии получения лекарственных средств неразрывно связана с совершенствованием методик количественного определения полисахаридов. Фармакопейными методами [26] являются гравиметрический и спектрофотометрический методы анализа. Данные методы трудоемки и

длительны. Поэтому широкое применение в фармакопейном анализе лекарственного растительного сырья и препаратов на их основе находит высокоэффективная жидкостная хроматография с различными типами детектирования [28, 47–49].

Проведенный анализ данных открытых источников показывает, что вследствие сложного индивидуального состава лекарственного растительного сырья каждый раз требуется разработка технологии получения полисахаридов (экстракция, выделение, очистка) и их стандартизация.

Анализ ассортимента рынка фитопрепаратов, содержащих полисахариды, проводили на основании данных Государственного реестра лекарственных средств Республики Беларусь, представленных на официальном сайте РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» в разделе «Базы данных on-line» [50]. На рынке Республики Беларусь представлены лекарственные средства и биологически активные добавки (БАД), полученные на основе следующего сырья: мать-и-мачехи листья, липы цветки, подорожника большого листья, подорожника ланцетного листья, льна семена, исландского мха слоевища, ламинарии слоевища, череды трава, аллея корни.

Зарегистрировано 58 наименований продуктов фармацевтической промышленности. Распределение продукции по лекарственным формам и странам-производителям представлено на рис. 1 и 2 соответственно.

Сегментирование фитопрепаратов на фармацевтическом рынке Республики Беларусь, представленное на рис. 1, показало, что они выпускаются в виде твердых (порошки, гранулы, таблетки, капсулы) и жидких (сок для внутреннего применения, сироп) лекарственных форм, экстракционных лекарственных форм (фармацевтическая субстанция в виде сухого экстракта), а также в виде измельченного растительного сырья и сборов [51]. Большую часть ассортимента занимает измельченное растительное сырье (57%) и сиропы (17%), которые не относятся к дозированным препаратам.

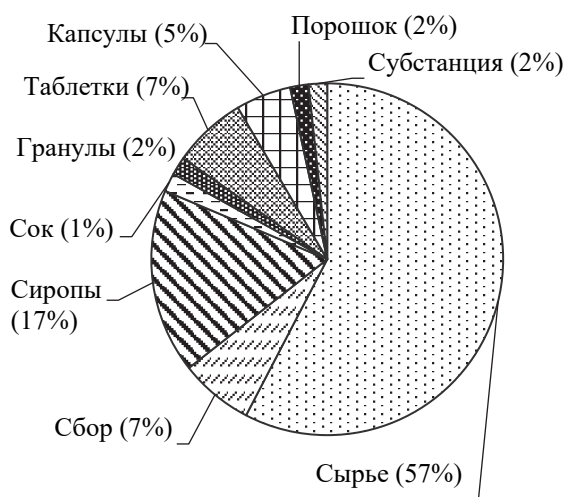


Рис. 1. Распределение фитопрепаратов по лекарственным формам

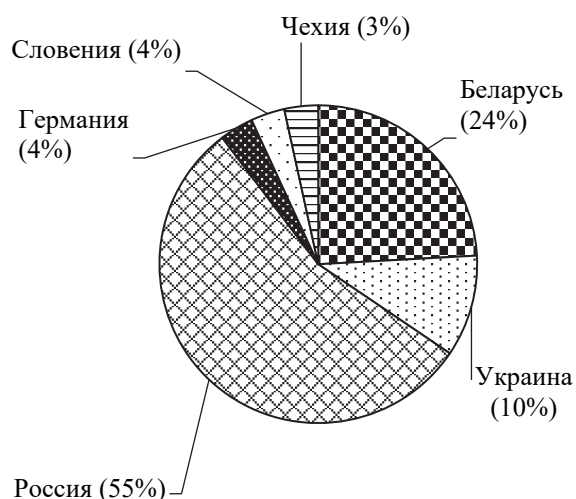


Рис. 2. Сегментирование ассортимента по странам-производителям

При использовании измельченного растительного сырья имеются существенные недостатки: незаконченная форма препарата – потре-

битель должен самостоятельно приготовить извлечение согласно инструкции; возможен риск неправильного дозирования сырья; нарушение технологии изготовления извлечения; практически невозможно получить извлечение, содержащее то количество экстрактивных веществ, которое теоретически содержится в исходном сырье. Поэтому актуальным представляется увеличение доли твердых дозированных лекарственных форм на фармацевтическом рынке.

География рынка фитопрепаратов представлена производителями из 6 стран (рис. 2): России, Беларуси, Украины, Германии, Словакии и Чехии. Анализ по производственному признаку показывает преобладание доли препаратов российского производства (55%), второе место занимают фитопрепараты белорусского производства (24%), третье – Украины (10%).

Ассортимент фитопрепаратов белорусского производства представлен продукцией фармацевтических предприятий – ООО «НПК Биотест», ООО «Падис'С», ООО «Калина», ЗАО «Бел-Асептика», ОАО «Экзон», СОАО «Ферейн», СП ООО «Фармлэнд».

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что выделение полисахаридов из лекарственного растительного сырья, произрастающего в Республике Беларусь, является актуальной задачей, так как данное сырье доступно, возобновляемо, легко культивируется в наших условиях. Технология выделения полисахаридов проста в исполнении, а получаемые субстанции природного происхождения обладают мягким политерапевтическим действием, лучше переносятся, имеют меньшее количество побочных эффектов, могут применяться длительно.

Проведенный структурный анализ ассортимента по производственному признаку и по виду формы дозирования показал, что актуальным является расширение производства твердых дозированных и экстракционных лекарственных форм.

Список литературы

1. Shi L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: a review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 92. P. 37–48. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.06.100.
2. The preparation and structure analysis methods of natural polysaccharides of plants and fungi: a review of recent development / Y. Ren [et al.] // *Molecules*. 2019. Vol. 24, no. 17. P. 3122. DOI: 10.3390/molecules24173122.
3. Перспективы использования растительных полисахаридов в качестве лечебных и лечебно-профилактических средств / Н. А. Криштанова [и др.] // *Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация*. 2005. № 1. С. 212–221.
4. Polysaccharides from traditional chinese medicines: extraction, purification, modification, and biological activity / Y. Chen [et al.] // *Molecules*. 2016. Vol. 21, no. 12. P. 1705. DOI: 10.3390/molecules21121705.
5. Основные свойства новых недопинговых препаратов, рекомендованных в спортивной медицине для повышения спортивной работоспособности и ускорения процессов восстановления спортсменов / Р. Д. Сейфулла [и др.]. М.: МНПЦСП, 2003. 71 с.

6. Фармакология некрахмальных полисахаридов / Ю. С. Хотимченко [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 72–82.
7. Лекарственные растения белорусской фармакопеи: учеб. пособие для студентов / Н. С. Гуркина [и др.]. Минск: Профессиональные издания, 2020. 238 с.
8. Сычев И. А., Алимкина Т. В. Выделение и определение некоторых физико-химических свойств полисахарида цветков бузины черной // Вестник ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2020. Т. 59, № 3. С. 95–101.
9. Снижение токсического эффекта паклитаксела на систему крови водорастворимыми полисахаридами мать-и-мачехи обыкновенной и аира болотного / Е. А. Сафонова [и др.] // Сибирский онкологический журнал. 2010. № 2. С. 43–46.
10. Полисахариды *Tussilago farfara* L. как составляющие схемы химиотерапевтического лечения / Е. А. Сафонова [и др.] // Вопросы онкологии. 2017. № 5. С. 798–801.
11. Полисахариды мать-и-мачехи обыкновенной как корректоры токсичности цитостатиков / Е. А. Сафонова [и др.] // Проблемы фармакологии. 2015. № 1. С. 282–296.
12. Полле А. Я., Оводова Р. Г., Попов С. В. Выделение и общая характеристика полисахаридов из пижмы обыкновенной, мать-и-мачехи и лопуха войлочного // Химия растительного сырья. 1999. № 1. С. 33–38.
13. Способ получения суммы полисахаридов, обладающей противовоспалительной активностью: пат. RU 2063236 C1 / В. Н. Бубенчикова, В. И. Литвиненко, Т. П. Попова, А. С. Аммосов. Опубл. 10.07.1996.
14. Способность получения из растительного сырья полисахаридов, обладающих иммуностимулирующим действием: пат. RU 2149642 C1 / Р. Г. Оводова, О. А. Бушнева, В. В. Головченко, С. В. Попов, Ю. С. Оводов. Опубл. 27.05.2000.
15. Оленников Д. Н., Кашенко Н. И. Полисахариды. Современное состояние изученности: экспериментально-научометрическое исследование // Химия растительного сырья. 2014. № 1. С. 5–26. DOI: 10.14258/jcrpm.1401005.
16. Xiao R., Grinstaff M. W. Chemical synthesis of polysaccharides and polysaccharide mimetics // Progress in Polymer Science. 2017. Vol. 74. P. 78–116.
17. Kitamura S., Suzuki S. 10-Linear and cyclic amyloses: beyond natural // Recent Trends in Carbohydrate Chemistry: Synthesis, Structure and Function of Carbohydrates. 2020. Vol. 1. P. 373–401.
18. Toshiyuki U. Artificial polysaccharides and their biological activities // Progress in Polymer Science. 1993. Vol. 18, no. 4. P. 717–761.
19. Kochetkov N. K. Recent developments in the synthesis OP polysaccharides and stereospecificity OP glycosylation reactions // Studies in Natural Products Chemistry. 1994. Vol. 14, part 1. P. 201–266.
20. Kobayashi S., Sakamoto J., Kimura S. In vitro synthesis of cellulose and related polysaccharides // Progress in Polymer Science. 2001. Vol. 26, no. 9. P. 1525–1560.
21. Varma J., Kennedy J. F., Galgali P. Synthetic polymers functionalized by carbohydrates: a review // Carbohydrate Polymers. 2004. Vol. 56, no. 4. P. 429–445.
22. Antioxidant property of water-soluble polysaccharides from *Poria cocos* Wolf using different extraction methods / N. Wang [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2016. Vol. 83. P. 103–110. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.11.032.
23. Optimisation and characterisation of bioadhesive controlled release tetracycline microspheres / S. Goven-der [et al.] // International Journal of Pharmaceutics. 2005. Vol. 306. P. 24–40. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2005.07.026.
24. Dimeric calcium complexes of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Olea europaea* L. cell walls / J. A. Ferreira [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2006. Vol. 65, no. 4. P. 535–543.
25. Yin G. H., Dang Y. L. Optimization of extraction technology of the *Lycium barbarum* polysaccharides by Box–Behnken statistical design // Carbohydrate Polymers. 2008. Vol. 74. P. 603–610.
26. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II). В 2 т. Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. С. И. Марченко. Молодечно: Победа, 2016. 1368 с.
27. Государственная фармакопея Российской Федерации / М-во здравоохранения РФ, ФГУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России; под ред. С. В. Емшановой. 14-е изд. М., 2018. 696 с.
28. Кахраманова С. Д., Боков Д. О., Самылина И. А. Количественное определение полисахаридов в лекарственном растительном сырье // Фармация. 2020. Т. 69, № 8. С. 5–12.
29. Оленников Д. Н., Танхаева Л. М. Методика количественного определения содержания полисахаридов в семенах льна (*Linum usitatissimum* L.) // Химия растительного сырья. 2007. № 4. С. 85–90.
30. Оленников Д. Н., Танхаева Л. М. Исследование процесса экстракции полисахаридов семян льна (*Linum usitatissimum* L.) // Химия растительного сырья. 2007. № 4. С. 79–83.

31. Моносахаридный состав полисахаридного комплекса листьев мать-и-мачехи / А. П. Корж [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. 2011. Т. 10, № 5. С. 62–65.
32. Оленников Д. Н., Танхаева Л. М. Разработка технологии получения экстракта подорожника большого сухого // Химия растительного сырья. 2006. № 1. С. 49–54.
33. Технология углекислотного экстракта из листьев подорожника большого / У. С. Алимова [и др.] // Вестник КазНМУ. 2014. № 5. С. 10–12.
34. Выделение и общая характеристика полисахаридов пижмы обыкновенной / А. Я. Полле [и др.] // Биоорганическая химия. 2001. Т. 27, № 1. С. 52–56.
35. Supercritical CO₂ extraction and pre-column derivatization of polysaccharides from *Artemisia sphaerocephala* Krasch. seeds via gas chromatography / J. Chen [et al.] // Industrial Crops and Products. 2014. Vol. 60. P. 138–143. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.013.
36. CO₂ supercritical fluid extraction and characterization of polysaccharide from bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) leaves / X. Zou [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. 2017. Vol. 12. P. 35–44. DOI: 10.1007/s11694-017-9614-2.
37. Subcritical water extraction of bioactive compounds from *Radix Puerariae* and optimization study using response surface methodology / T. Zhao [et al.] // Chemical Engineering Communications. 2019. Vol. 206. P. 1218–1227. DOI: 10.1080/00986445.2018.1555529.
38. Polysaccharides from traditional chinese medicines: extraction, purification, modification, and biological activity / Y. Chen [et al.] // Molecules. 2016. Vol. 21, no. 12. P. 1705. DOI: 10.3390/molecules21121705.
39. Shi L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: a review // International Journal of Biological Macromolecules. 2016. Vol. 92. P. 37–48. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.06.100.
40. Выделение, химическая и пространственная характеристика кислых полисахаридов некоторых растений флоры Сибири, обладающих иммуностропной активностью / Е. И. Гулина [и др.] // Химия растительного сырья. 2023. № 2. С. 97–105.
41. Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: a review / M. L. Jin [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2012. Vol. 89. P. 713–722.
42. Polysaccharide extraction from *Sphallerocarpus gracilis* roots by response surface methodology / T. T. Ma [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2016. Vol. 88. P. 162–170. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.03.058.
43. Optimization of ultrasonic-assisted extraction technology of lentinan polysaccharides by response surface methodology and its antioxidant activity / C. C. Peng [et al.] // Modern Food Science and Technology. 2011. Vol. 27. P. 452–456.
44. Microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Arthrospira (Spirulina) platensis* using the concept of green chemistry / A. S. Silva [et al.] // Algal Research. 2018. Vol. 35. P. 178–184. DOI: 10.1016/j.algal.2018.08.015.
45. Infrared-assisted extraction coupled with high-performance liquid chromatography for simultaneous determination of eight active compounds in *Radix Salviae miltiorrhizae* / Y. Chen [et al.] // Journal of Separation Science. 2010. Vol. 33. P. 2888–2897. DOI: 10.1002/jssc.201000234.
46. Chemical properties and bioactivities of Goji (*Lycium barbarum*) polysaccharides extracted by different methods / R. Yang [et al.] // Journal of Functional Foods. 2015. Vol. 17. P. 903–909. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.045.
47. Дроздова И. Л., Денисова Н. Н. Разработка методики количественного определения водорастворимых полисахаридов в траве короставника полевого // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Медицина. Фармация. 2016. Т. 36, № 26. С. 35–41.
48. Рационализированная методика количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация / Н. А. Дьякова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2015. № 2. С. 106–111.
49. Королёва Д. С. Разработка и валидация методики количественного определения водорастворимых полисахаридов в траве черноголовки лекарственной // Вестник фармации. 2018. № 3. С. 81–84.
50. Государственный реестр лекарственных средств Республики Беларусь / РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». URL: <https://www.rceth.by/Refbank> (дата обращения: 20.09.2023).
51. Пинчукова А. И., Шакуро Н. Ф. Анализ лекарственных средств из лекарственного растительного сырья, содержащего полисахариды, представленных на рынках Республики Беларусь и Российской Федерации // Журнал гепато-гастроэнтерологических исследований. 2021. № 2 (1). С. 69.

References

1. Shi L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, vol. 92, pp. 37–48. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.06.100.

2. Ren Y., Bai Y., Zhang Z., Cai W., Del Rio Flores A. The preparation and structure analysis methods of natural polysaccharides of plants and fungi: a review of recent development. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 17, p. 3122. DOI: 10.3390/molecules24173122.
3. Krishtanova N. A., Safonova M. Yu., Bolotova V. Ts., Pavlova E. D., Sakanyan E. I. Prospects for the use of plant polysaccharides as therapeutic and prophylactic agents. *Vestnik VGU. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Proceedings of VSU. Ser. Chemistry. Biology. Pharmacy], 2005, no. 1, pp. 212–221 (In Russian).
4. Chen Y., Yao F., Ming K., Wang D., Hu Y., Liu J. Polysaccharides from traditional chinese medicines: extraction, purification, modification, and biological activity. *Molecules*, 2016, vol. 21, no. 12, p. 1705. DOI: 10.3390/molecules21121705.
5. Seyfulla R. D., Ordzhonikidze Z. G., Saninskiy V. N., Rozhkova E. A., Pikalov O. I. *Osnovnye svoystva novykh nedopingovykh preparatov, rekomendovannykh v sportivnoy meditsine dlya povysheniya sportivnoy rabotosposobnosti i uskoreniya protsessov vosstanovleniya sportsmenov* [The main properties of new non-doping preparations recommended in sports medicine to improve sports performance and accelerate recovery processes of athletes]. Moscow, MNPTsSP Publ., 2003. 71 p. (In Russian).
6. Khotimchenko Yu. S., Ermak I. M., Bednyak A. E., Khasina E. I., Kropotov A. V., Kolenchenko E. A., Sergushchenko I. S., Khotimchenko M. Yu., Kovalev V. V. Pharmacology of non-starch polysaccharides. *Vestnik DVO RAN* [Vestnik of the FEB RAS], 2005, no. 1, pp. 72–82 (In Russian).
7. Gurina N. S., Bakun A. S., Grishchenko N. I., Dergacheva Zh. M., Kuznetsova O. A., Lukashov R. I., Mushkina O. V., Shevchuk S. V., Shkrobot Ya. V. *Lekarstvennye rasteniya belorusskoy farmakopei: uchebnoye posobie dlya studentov* [Medicinal plants of the Belarusian Pharmacopoeia: textbook for students]. Minsk, Professional'nyye izdaniya Publ., 2020. 238 p. (In Russian).
8. Sychev I. A., Alimkina T. V. Extraction and determination of some physicochemical properties of polysaccharide of black elderberry flowers. *Vestnik TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya* [Vestnik TvSU. Ser. Biology and Ecology], 2020, vol. 59, no. 3. pp. 95–101 (In Russian).
9. Safonova E. A., Razina T. G., Lopatina K. A., Fedorova E. P., Zueva E. P., Gur'ev A. M. Reduction of the toxic effect of paclitaxel on the blood system by water-soluble polysaccharides of common mother urea and marsh airah. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian oncological journal], 2010, no. 2, pp. 43–46 (In Russian).
10. Safonova E. A., Lopatina K. A., Fedorova E. P., Rybalkina O. Yu., Razina T. G., Gur'ev A. M., Belousov M. V., Zueva E. P. Polysaccharides of *Tussilago farfara* L. as constituents of chemotherapeutic treatment regimen. *Voprosy onkologii* [Oncology issues], 2017, no. 5, pp. 798–801 (In Russian).
11. Safonova E. A., Lopatina K. A., Razina T. G., Zueva E. P., Vetoshkina T. V. Polysaccharides of *Tussilago farfara* L. as correctors of cytostatic toxicity. *Problemy farmakologii* [Problems of pharmacology], 2015, no. 1, pp. 282–296 (In Russian).
12. Polle A. Ya., Ovodova R. G., Popov S. V. Extraction and general characterization of polysaccharides from *Arctium tomentosum* Mill, *Tussilago farfara* L. and *Tanacetum vulgare* L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 1999, no. 1, pp. 33–38 (In Russian).
13. Bubenchikova V. N., Litvinenko V. I., Popova T. P., Ammosov A. S. Method for obtaining a sum of polysaccharides with anti-inflammatory activity. Patent RU 2063236 C1, 1996 (In Russian).
14. Ovodova R. G., Bushneva O. A., Golovchenko V. V., Popov S. V., Ovodov Yu. S. Ability to obtain polysaccharides with immunostimulatory effect from plant raw materials. Patent RU 2149642 C1, 2000 (In Russian).
15. Olennikov D. N., Kashchenko N. I. Polysaccharides. Current state of study: experimental and scientific research. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2014, no. 1, pp. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.1401005 (In Russian).
16. Xiao R., Grinstaff M. W. Chemical synthesis of polysaccharides and polysaccharide mimetics. *Progress in Polymer Science*, 2017, vol. 74, pp. 78–116.
17. Kitamura S., Suzuki S. 10-Linear and cyclic amyloses: beyond natural. *Recent Trends in Carbohydrate Chemistry: Synthesis, Structure and Function of Carbohydrates*, 2020, vol. 1, pp. 373–401.
18. Toshiyuki U. Artificial polysaccharides and their biological activities. *Progress in Polymer Science*, 1993, vol. 18, no. 4, pp. 717–761.
19. Kochetkov N. K. Recent developments in the synthesis OP polysaccharides and stereospecificity OP glycosylation reactions. *Studies in Natural Products Chemistry*, 1994, vol. 14, part 1, pp. 201–266.
20. Kobayashi S., Sakamoto J., Kimura S. In vitro synthesis of cellulose and related polysaccharides. *Progress in Polymer Science*, 2001, vol. 26, no. 9, pp. 1525–1560.
21. Varma J., Kennedy J. F., Galgali P. Synthetic polymers functionalized by carbohydrates: a review. *Carbohydrate Polymers*, 2004, vol. 56, no. 4, pp. 429–445.
22. Wang N., Zhang Y., Wang X., Huang X., Fei Y., Yu Y., Shou D. Antioxidant property of water-soluble polysaccharides from *Poria cocos* Wolf using different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, vol. 83, pp. 103–110. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.11.032.

23. Govender S., Pillay V., Chetty D. J., Essack S. Y., Dangor C. M., Govender T. Optimisation and characterisation of bioadhesive controlled release tetracycline microspheres. *International Journal of Pharmaceutics*, 2005, vol. 306, pp. 24–40. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2005.07.026.
24. Ferreira J. A., Mafra I., Soares M. R., Evtuguin D. V., Coimbra M. A. Dimeric calcium complexes of arabinan-rich pectic polysaccharides from *Olea europaea* L. cell walls. *Carbohydrate Polymers*, 2006, vol. 65, no. 4, pp. 535–543.
25. Yin G. H., Dang Y. L. Optimization of extraction technology of the *Lycium barbarum* polysaccharides by Box–Behnken statistical design. *Carbohydrate Polymers*, 2008, vol. 74, pp. 603–610.
26. Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'. V 2 t. T. 2. Kontrol' kachestva substantsiy dlya farmatsevticheskogo ispol'zovaniya i lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. In 2 vol. Vol. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal plant raw materials]. Ed. by S. I. Marchenko. Molodechno, Pobeda Publ., 2016. 1368 p. (In Russian).
27. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. Ed. by S. V. Emshanova. Moscow, 2018. 696 p. (In Russian).
28. Kakhramanova S. D., Bokov D. O., Samylina I. A. Quantitative determination of polysaccharides in medicinal plant material. *Farmatsiya* [Pharmacy], 2020, vol. 69, no. 8, pp. 5–12 (In Russian).
29. Olennikov D. N., Tankhaeva L. M. Methodology for quantitative determination of polysaccharide content in flax seeds (*Linum usitatissimum* L.). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2007, no. 4, pp. 85–90 (In Russian).
30. Olennikov D. N., Tankhaeva L. M. Study of the extraction process of flax seed polysaccharides (*Linum usitatissimum* L.). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2007, no. 4, pp. 79–83 (In Russian).
31. Korzh A. P., Gur'ev A. M., Belousov M. V., Yusubov M. S., Belyanin M. L. Monosaccharide composition of polysaccharide complex of *Tussilago farfara* L. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian medicine], 2011, vol. 10, no. 5, pp. 62–65 (In Russian).
32. Olennikov D. N., Tankhaeva L. M. Development of technology for obtaining the extract of plantain plantain extract dry. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2006, no. 1, pp. 49–54 (In Russian).
33. Alimova U. S., Dil'barkhanov R. D., Kozhanova K. K., Kulmagambetov I. R., Ustenova G. O. Technology of carbonic acid extract from *Plantaginis majoris folium*. *Vestnik KazNMU* [Bulletin of KazNMU], 2014, no. 5, pp. 10–12 (In Russian).
34. Polle A. Ya., Ovodova R. G., Shashkov A. S., Ovodov Yu. S. Identification and general characterization of polysaccharides of *Tanacetum vulgare* L. *Bioorganicheskaya khimiya* [Bioorganic chemistry], 2001, vol. 27, no. 1, pp. 52–56 (In Russian).
35. Chen J., Li J., Sun A. D., Zhang B. L., Qin S. G., Zhang Y. Q. Supercritical CO₂ extraction and pre-column derivatization of polysaccharides from *Artemisia sphaerocephala* Krasch. seeds via gas chromatography. *Industrial Crops and Products*, 2014, vol. 60, pp. 138–143. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.013.
36. Zou X., Liu Y., Tao C., Liu Y., Liu M., Wu J., Lv Z. CO₂ supercritical fluid extraction and characterization of polysaccharide from bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2017, vol. 12, pp. 35–44. DOI: 10.1007/s11694-017-9614-2.
37. Zhao T., Luo Y. B., Zhang X. Y., Zhang W. J., Qu H. Y., Mao G. H., Zou Y., Wang W., Li Q., Chen Y. Subcritical water extraction of bioactive compounds from *Radix Puerariae* and optimization study using response surface methodology. *Chemical Engineering Communications*, 2019, vol. 206, pp. 1218–1227. DOI: 10.1080/00986445.2018.1555529.
38. Chen Y., Yao F., Ming K., Wang D., Hu Y., Liu J. Polysaccharides from traditional chinese medicines: extraction, purification, modification, and biological activity. *Molecules*, 2016, vol. 21, no. 12, p. 1705. DOI: 10.3390/molecules21121705.
39. Shi L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, vol. 92, pp. 37–48. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.06.100.
40. Gulina E. I., Krivoshechekov S. V., Isakov D. A., Belousov M. V. Identification, chemical and spatial characterization of acidic polysaccharides of some plants of Siberian flora possessing immunotropic activity. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2023, no. 2, pp. 97–105 (In Russian).
41. Jin M. L., Zhao K., Huang Q. S., Xu C. L., Shang P. Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: a review. *Carbohydrate Polymers*, 2012, vol. 89, pp. 713–722.
42. Ma T. T., Sun X. Y., Tian C. R., Luo J. Y., Zheng C. P., Zhan J. C. Polysaccharide extraction from *Sphallerocarpus gracilis* roots by response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, vol. 88, pp. 162–170. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.03.058.
43. Peng C. C., Kong J., You L. J., Ma F. L. Optimization of ultrasonic-assisted extraction technology of lentinan polysaccharides by response surface methodology and its antioxidant activity. *Modern Food Science and Technology*, 2011, vol. 27, pp. 452–456.

44. Silva A. S., de Magalhaes W. T., Moreira L. M., Rocha M. V. P., Bastos A. K. P. Microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Arthrospira (Spirulina) platensis* using the concept of green chemistry. *Algal Research*, 2018, vol. 35, pp. 178–184. DOI: 10.1016/j.algal.2018.08.015.
45. Chen Y., Duan G., Xie M., Chen B., Li Y. Infrared-assisted extraction coupled with high-performance liquid chromatography for simultaneous determination of eight active compounds in *Radix Salviae miltiorrhizae*. *Journal of Separation Science*, 2010, vol. 33, pp. 2888–2897. DOI: 10.1002/jssc.201000234.
46. Yang R., Zhao C., Chen X., Chan S. W., Wu J. Y. Chemical properties and bioactivities of Goji (*Lycium barbarum*) polysaccharides extracted by different methods. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 17, pp. 903–909. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.045.
47. Drozdova I. L., Denisova N. N. Development of a method for quantitative determination of water-soluble polysaccharides in the grass of field bark beetle. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Meditsina. Farmatsiya* [Scientific bulletins of Belgorod State University. Ser. Medicine. Pharmacy], 2016, vol. 36, no. 26, pp. 35–41 (In Russian).
48. D'yakova N. A., Samylina I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Myndra A. A. Rationalized methodology for the quantification of water-soluble polysaccharides and its validation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of Voronezh State University. Ser. Chemistry. Biology. Pharmacy], 2015, no. 2, pp. 106–111 (In Russian).
49. Korolyova D. S. Development and validation of a method for quantitative determination of water-soluble polysaccharide-ridges in the herb of Bilberry medicinalis. *Vestnik farmatsii* [Pharmacy bulletin], 2018, no. 3, pp. 81–84 (In Russian).
50. Register of medicines of the Republic of Belarus. Available at: <https://www.rceth.by/Refbank> (accessed 20.09.2023) (In Russian).
51. Pinchukova A. I., Shakuro N. F. Analysis of medicinal products from medicinal plant raw materials containing polysaccharides presented on the markets of the Republic of Belarus and the Russian Federation. *Zhurnal gepato-gastroenterologicheskikh issledovaniy* [Journal of hepato-gastroenterological research], 2021, no. 2 (1), p. 69 (In Russian).

Информация об авторе

Шакуро Наталия Федоровна – кандидат технических наук, доцент кафедры фармацевтической технологии. Белорусский государственный медицинский университет (220083, г. Минск, пр-т Дзержинского, 83, Республика Беларусь). E-mail: 2307natali@mail.ru

Information about the author

Shakuro Nataliya Fedorovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Pharmaceutical Technology. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhinskiy Ave., 220083, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 2307natali@mail.ru

Поступила 19.02.2024