

[https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4\(1\)-79-84](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4(1)-79-84)
УДК 615.322:615.246.2



Оригинальная статья / Research article

Сезонные изменения сорбционной активности полисахаридов сосны обыкновенной шишек (*Pinus sylvestris* L.)

Д. К. Гуляев✉, В. Д. Белоногова

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России), 614990, Россия, г. Пермь, ул. Полевая, д. 2

✉ Контактное лицо: Гуляев Дмитрий Константинович. E-mail: dkg2014@mail.ru

ORCID: Д. К. Гуляев – <https://orcid.org/0000-0001-9464-1869>; В. Д. Белоногова – <https://orcid.org/0000-0001-5193-3976>.

Статья поступила: 14.10.2022

Статья принята в печать: 29.11.2022

Статья опубликована: 27.12.2022

Резюме

Введение. В настоящее время остро стоит проблема повышения эффективности использования лесных ресурсов. Одним из таких ресурсов являются шишки сосны обыкновенной, которые остаются на местах рубки леса. Полисахариды сосны обыкновенной шишек обладают выраженной сорбционной активностью, однако остается не ясным влияет ли на сорбционную активность, в каком месяце проводилась заготовка сырья.

Цель. Исследование содержания, сорбционной активности и молекулярной массы водорастворимых полисахаридов сосны обыкновенной шишек в разные сезоны года.

Материалы и методы. Водорастворимый полисахаридный комплекс (ВРПК) сосны обыкновенной шишек получали по методике, основанной на известной схеме разделения углеводов по Бэйли с соавторами. ВРПК получали из образцов сосны обыкновенной шишек, заготовленных с июля по март. Определение содержания ВРПК сосны обыкновенной шишек проводили спектрофотометрически, модифицированным антрон-серным методом Дрейвуда. Определение сорбционной активности полисахаридов проводили по метиленовому синему. Молекулярную массу полисахаридов определяли вискозиметрическим методом.

Результаты и обсуждение. Определено содержание ВРПК в шишках сосны обыкновенной с июля по март. Самый высокий выход ВРПК отмечен в зимний период ($3,24 \pm 0,31$ %), а наименьший – в летний ($0,46 \pm 0,01$ %). Исследована сорбционная активность ВРПК шишек сосны обыкновенной по метиленовому синему с июля по март *in vitro*. Установлено, что наибольшей сорбционной активностью ВРПК обладает в октябре ($230,69 \pm 4,18$ %) и ноябре ($243,30 \pm 9,43$ %). Сорбционная активность ВРПК превышает активность препаратов сравнения угля активированного ($230,9 \pm 2,34$ мг/г) и диоксида кремния коллоидного («Полисорб МП») ($211,5 \pm 1,87$ мг/г). Определена средняя молекулярная масса ВРПК шишек сосны обыкновенной с июля по март. Средняя молекулярная масса ВРПК находится в пределах от 6 872,27 до 21 598,06. Установлена зависимость сорбционной активности ВРПК сосны обыкновенной шишек от молекулярной массы.

Заключение. Водорастворимый полисахаридный комплекс сосны обыкновенной шишек, полученный в разное время года, обладает разной сорбционной активностью, которая зависит от молекулярной массы полисахарида. Наибольшее содержание и сорбционная активность ВРПК шишек сосны обыкновенной совпадает с периодом заготовки древесины, что обуславливает практическое применение шишек и перспективу дальнейших исследований.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сосновые, полисахариды, сорбционная активность, молекулярная масса

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Д. К. Гуляев планирование и выполнение эксперимента, оформление списка литературы, написание статьи. В. Д. Белоногова планирование эксперимента, обсуждение результатов и написание статьи.

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке Пермского научно-образовательного центра «Рациональное недропользование», 2022 год.

Для цитирования: Гуляев Д. К., Белоногова В. Д. Сезонные изменения сорбционной активности полисахаридов сосны обыкновенной шишек (*Pinus sylvestris* L.). *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(4–1):79–84. [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4\(1\)-79-84](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4(1)-79-84)

Seasonal Changes in the Sorption Activity of Water-soluble Polysaccharides in Scotch Pine Cones (*Pinus sylvestris* L.)

Dmitry K. Gulyaev✉, Valentina D. Belonogova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Pharmaceutical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2, Poleyaya str., Perm, 614990, Russia

✉ Corresponding author: Dmitry K. Gulyaev. E-mail: dkg2014@mail.ru

ORCID: Dmitry K. Gulyaev – <https://orcid.org/0000-0001-9464-1869>; Valentina D. Belonogova – <https://orcid.org/0000-0001-5193-3976>.

Received: 14.10.2022

Revised: 29.11.2022

Published: 27.12.2022

Abstract

Introduction. Currently, there is much tension around the issue of increasing the efficiency of use of forest resources. One of these resources are scotch pine cones, which remain at the felling areas. Polysaccharides of scotch pine cones have a significant sorption activity; however, it remains unclear does the month, when raw materials were collected, affect the sorption activity.

© Гуляев Д. К., Белоногова В. Д., 2022

© Gulyaev D. K., Belonogova V. D., 2022

Aim. The research of the content, sorption activity and molecular weight of water-soluble polysaccharides of scotch pine cones in different seasons of the year.

Materials and methods. Water-soluble polysaccharide complex (WSPC) of scotch pine cones was obtained with a method based on the well-known scheme for the carbohydrates separation according to Bailey et al. WSPC was obtained from the samples of scotch pine cones collected from July till March. Determination of the content of scots pine cones WSPC was spectrophotometrically carried out, with the modified Draywood anthrone-sulfurous method. The sorption activity of polysaccharides was determined by the methylene blue. The molecular weight of polysaccharides was identified by the viscosimetric method.

Results and discussion. The content of WSPC in scotch pine cones from July till March was identified. The highest yield of WSPC was registered in winter ($3.24 \pm 0.31\%$), and the lowest in summer ($0.46 \pm 0.01\%$). The sorption activity of scotch pine cones WSPC in terms of methylene blue from July till March was researched *in vitro*. It was found that WSPC has the highest sorption activity in October ($230.69 \pm 4.18\%$) and November ($243.30 \pm 9.43\%$). The WSPC sorption activity is above the activity of standard medications: absorbent carbon (230.9 ± 2.34 mg/g) and colloidal silicon dioxide ("Polisorb MP") (211.5 ± 1.87 mg/g). The average molecular weight of scotch pine cones WSPC from July till March was determined. The average molecular weight of WSPC is in the range from 6 872,27 to 21 598,06. The dependence of the scotch pine cones WSPC sorption activity on the molecular weight was registered.

Conclusion. The water-soluble polysaccharide complex of scotch pine cones, obtained at different seasons, has different sorption activity, which depends on a polysaccharide molecular weight. The highest content and sorption activity of scotch pine cones WSPC matches with the period of wood production, which stipulates a practical use of cones and directions for future research.

Keywords: scotch pine, pinaceae, polysaccharides, sorption activity, molecular weight

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Dmitry K. Gulyaev planning and execution of the experiment, registration of the list of references, writing the article. Valentina D. Belonogova planning the experiment, discussing the results and writing the article.

Funding. The study was carried out with the financial support of the Perm Scientific and Educational Center "Rational Subsoil Use", 2022.

For citation: Gulyaev D. K., Belonogova V. D. Seasonal changes in the sorption activity of water-soluble polysaccharides in scotch pine cones (*Pinus sylvestris* L.). *Drug development & registration*. 2022;11(4–1):79–84. (In Russ.) [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4\(1\)-79-84](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4(1)-79-84)

ВВЕДЕНИЕ

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) семейств сосновых (*Pinaceae*) – является одной из главных лесообразующих пород на территории Российской Федерации. Сосна обыкновенная является источником получения древесины для строительства и других нужд. После заготовки древесины на местах рубок остается огромное количество древесных отходов, включающих: древесную зелень, шишки, корни, пни.

Шишки разных видов сосны являются источником биологически активных веществ. В шишках сосны найдены эфирные масла, фенольные соединения, полисахариды, сапонины и другие группы веществ [1–4]. Богатый состав обуславливает присутствие разного рода фармакологической активности у экстрактов и вытяжек из шишек сосны [5–8].

Одной из групп биологически активных веществ, обуславливающих проявление лечебного действия, являются полисахариды [9–13]. Установлено, что водорастворимый полисахаридный комплекс шишек сосны обыкновенной состоит из галактуроновой кислоты и арабинозы. L-арабиноза – преобладающий моносахарид [14, 15]. Также, в водорастворимом полисахаридном комплексе сосны обыкновенной обнаружено 37,13 % урсоловых кислот, молекулярная масса, которых равна 4239,2 кДа. Выделенные гетерополисахариды состояли из D-рибозы, L-рамнозы,

L-арабинозы, D-ксилозы, D-маннозы, D-глюкозы и D-галактозы [15].

В нашем прошлом исследовании мы определяли состав и сорбционную активность полисахаридных фракций древесной зелени и шишек сосны обыкновенной. Установлено, что водорастворимый полисахаридный комплекс сосны обыкновенной шишек обладает высокой сорбционной активностью, превышающей действие препаратов сравнения [14]. Представляет интерес продолжение исследования их сорбционной активности и факторов, влияющих на выраженность сорбционного действия.

Если вести заготовку шишек сосны на местах рубки леса, то необходимо исследовать влияние сезонов года на уровень сорбционной активности водорастворимого полисахаридного комплекса. Наиболее интенсивно заготовку древесины проводят в осенний и зимний периоды. Необходимо установить совпадают ли эти сроки с наибольшей сорбционной активностью водорастворимых полисахаридов сосны обыкновенной шишек.

Сорбционная и комплексообразующая способность полисахаридов зависит от содержания свободных карбоксильных групп, поскольку они в результате диссоциации в растворе несут на себе отрицательный заряд и определяют плотность заряда полимера, следовательно, силу и способ связывания катионов. В связи с этим, у полимерных цепей с большей молеку-

лярной массой заряд на поверхности молекулы будет более значительным [16].

Цель – исследование содержания, сорбционной активности и молекулярной массы водорастворимых полисахаридов сосны обыкновенной шишек в разные сезоны года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сырьем для получения водорастворимого полисахаридного комплекса (ВРПК) являлись шишки сосны обыкновенной. Сбор образцов сырья проводили на территории Ильинского района Пермского края в смешанном лесу, в период с июля по декабрь 2021 года и с января по март 2022 года. Сбор сырья проводили с 10–15 деревьев. Шишки высушены воздушно-теплым способом и хранилось до исследования в сухом, хорошо проветриваемом помещении.

Водорастворимый полисахаридный комплекс сосны обыкновенной шишек получали по методике, основанной на известной схеме разделения углеводов по Бэйли с соавторами [17]. Навеску воздушно-сухого сырья измельчали до размера частиц диаметром 2 мм. Для удаления низкомолекулярных сахаров и фенольных соединений, навеску сырья около 100 г предварительно экстрагировали спиртом этиловым 95 % (ООО «Константа-Фарм М», Россия) в аппарате Сокслета в течение 1,5 часов.

Шрот после извлечения низкомолекулярных сахаров и фенольных соединений, экстрагировали водой очищенной в соотношении 1:20 при температуре 80 °С в течение 90 минут. Извлечение упаривали под вакуумом и осаждали водорастворимый полисахаридный комплекс трехкратным количеством спирта 95 %. Осажденные полисахариды трижды промывали спиртом этиловым 90 %.

Определение содержания ВРПК сосны обыкновенной шишек проводили спектрофотометрически, модифицированным антрон-серным методом Дрейвуда [18]. Навеску около 10 г (точная навеска) воздушно-сухого сырья, измельченного до размера частиц 2 мм, экстрагировали спиртом этиловым 90 % в аппарате Сокслета в течение 1,5 часов, для удаления низкомолекулярных сахаров.

Остаток сырья после спиртовой экстракции обрабатывали водой очищенной дважды по 100 мл при нагревании около 100 °С, в течение 1 часа. Извлечение фильтровали в мерную колбу вместимостью 200 мл и доводили до метки тем же экстрагентом (раствор А). 2 мл раствора А переносили в центрифужную пробирку, прибавляли 8 мл 95%-го спирта этилового, перемешивали и нагревали на кипящей водяной бане в течение 10 минут. После охлаждения содержимое пробирки центрифугировали в течение 10 мин со скоростью вращения 3000 оборотов в минуту на лабораторной центрифуге ОПН-12 (ОАО «ТНК «Дастан», Киргизия). Надосадочную жидкость сливали, а осадок продували в пробирке горячим воздухом до удаления следов этанола. К осадку приливали 4 мл

0,2%-й раствор антрона (CAS № 90–44–8, АО «ВЕК-ТОН», Россия) в кислоте серной концентрированной (CAS № 7664–93–9, ООО «Сигма Тек», Россия) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 10 мин. Содержимое пробирки после охлаждения переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл 95%-м спиртом этиловым и доводили до метки тем же растворителем (раствор Б).

Оптическую плотность растворов Б измеряли на спектрофотометре СФ 2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия) при длине волны 430 нм (раствор Б) в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали 4 мл 0,2%-й раствор антрона в кислоте серной концентрированной, выдержанный в тех же условиях, что и опытную смесь.

Содержание групп углеводов (X, %) в пересчете на доминирующий моносахарид и абсолютно сухое сырье рассчитывают по формуле (1):

$$x = \frac{A \cdot k^V \cdot 0,91}{m \cdot E} \cdot \frac{100}{100 - W},$$

где A – оптическая плотность исследуемого раствора; k^V – коэффициент разбавления (2500 – ВРПК, 5000 – ПВ); 0,91 – коэффициент гидролиза; m – масса навески сырья, г; E – коэффициент пересчета на моносахарид (арабиноза – 67); W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Влажность сырья и полисахаридов определяли на анализаторе влажности ML-50 (AND, Япония), температура высушивания равна 105 °С, порог срабатывания 0,1 %, навеска 3,0 г. Результаты определений на анализаторе влажности сопоставимы с результатами определения по методике ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов».

Определение сорбционной активности проводили по методике В. И. Решетникова [19]. Около 0,2 г полисахаридов (точная навеска) помещали в коническую колбу вместимостью 250 мл, добавляли 50 мл 0,15%-го раствора метиленового синего (CAS № 61–73–4, АО «ВЕК-ТОН», Россия), и перемешивали на лабораторном шейкере с числом колебаний 140 в минуту в течение 1 часа. Отделение равновесного раствора после сорбции проводили путем центрифугирования при 8000 оборотов в минуту. Один миллилитр надосадочной жидкости переносили в мерную колбу объемом 500 мл, и доводили до метки водой очищенной. Далее измеряли оптическую плотность на спектрофотометре СФ 2000 при 664 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали воду очищенную.

Расчет показателя сорбционной активности проводили по общепринятой формуле:

$$X = \frac{(A_0 - A) \cdot a \cdot 50}{A_0 \cdot b \cdot (1 - 0,01 \cdot W)},$$

где A_0 – оптическая плотность раствора РСО метиленового синего; A – оптическая плотность испытуемо-

го раствора; a – фактическая концентрация раствора РСО метиленового синего мг/мл; b – навеска вещества в граммах; 50 – объем раствора РСО метиленового синего, мл; W – влажность вещества в процентах.

Определение молекулярной массы проводили вискозиметрическим методом [20]. Вязкость полимера определяли капиллярным вискозиметром Оствальда. Для расчета молекулярной массы пользовались нелинейным уравнением Марка – Куна – Хувинка, выражающим зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы.

Статистическая обработка полученных результатов исследования проводилась с помощью программы Microsoft Excel. Для сравнения результатов анализа использовали критерий Стьюдента с оценкой достоверности отличий ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено исследование содержания полисахаридов в шишках сосны обыкновенной в разное время года. Для исследования были заготовлены образцы шишек сосны обыкновенной в середине лета, осени и зимы. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Определение содержания ВРПК в шишках сосны обыкновенной

Table 1. Determination of the content of WSPC in the cones of scots pine

№	Месяц заготовки Month of preparation	Влажность, % Humidity, %	Содержание ВРПК, % Content WSPC, %
1	Июль July	8,1	0,46 ± 0,01
2	Октябрь October	8,0	2,17 ± 0,09
3	Январь January	8,6	3,24 ± 0,31

Наибольшее содержание ВРПК в шишках сосны обыкновенной приходится на зимний период, а наименьшее содержание – на летний. Наблюдается постепенное увеличение содержания ВРПК в шишках сосны обыкновенной от летних месяцев к зимним месяцам.

Сорбционную активность ВРПК в зависимости от сезона заготовки оценивали по способности поглощать метиленовый синий *in vitro*. Метиленовый синий является маркером для большинства медицинских сорбентов (угли активированные, лигнины, углерод – минеральные сорбенты и др.) при концентрации 0,15 % в 50 мл на 0,2 г сорбента [4]. Имитирует класс токсинов с средней молекулярной массой до 500 а.е.м (креатин, мочевиная кислота, барбитураты и др.), так как проникает в поры разного размера и достаточно полно характеризует объем адсорбционного пространства. В качестве препаратов сравнения использовали уголь активированный и кремния диоксид коллоидный («Полисорб МП»). Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сорбционная активность ВРПК в шишках сосны обыкновенной в летне-осенний период

Table 2. Sorption activity of WSPC in cones of scots pine in the summer-autumn period

№	Месяц заготовки Month of preparation	Влажность, % Humidity, %	Сорбционная активность, мг/г Sorption activity, mg/g
1	Июль July	11,3	194,54 ± 9,27
2	Август August	9,8	219,78 ± 0,48
3	Сентябрь September	11,2	218,00 ± 9,92
4	Октябрь October	11,3	230,69 ± 4,18
5	Ноябрь November	11,1	243,30 ± 9,43*
6	Декабрь December	7,8	220,87 ± 7,57
7	Январь January	8,6	217,26 ± 8,73
8	Февраль February	11,3	210,12 ± 1,72
9	Март March	11,2	220,17 ± 0,46
Препарат сравнения Comparison drug			
10	Уголь активированный Absorbent carbon	5,4	230,9 ± 1,12
11	«Полисорб МП» "Polisorb MP"	5,2	211,5 ± 1,42

Примечание. * Статистически значимое различие с активностью угля активированного ($p < 0,05$).

Note. * Statistically significant difference with the activity of activated carbon ($p < 0.05$).

По результатам исследования установлено, что наибольшей сорбционной активностью в летне-осенний период обладает ВРПК сосны обыкновенной шишек, собранных в октябре и ноябре. Сорбционная активность ноябрьского образца выше, чем у препаратов сравнения, угля активированного и диоксида кремния коллоидного («Полисорб МП»).

Наибольшей сорбционной активностью в зимний период обладает ВРПК сосны обыкновенной шишек, собранных в декабре и марте. Их сорбционная активность выше, чем у препарата сравнения, диоксида кремния коллоидного («Полисорб МП»), но меньше, чем у угля активированного.

Представляло интерес определить, как изменяется молекулярная масса водорастворимых полисахаридов при заготовке шишек в разное время года. Результаты исследования представлены в таблице 3.

По результатам исследования наблюдается, что средняя молекулярная масса ВРПК, полученного из сосны обыкновенной шишек, заготовленных в разное время года, постепенно возрастает от летних месяцев к зимним.

Таблица 3. Молекулярная масса водорастворимого полисахаридного комплекса сосны обыкновенной шишек**Table 3. Molecular weight of the water-soluble polysaccharide complex of pine cones**

№	Месяц заготовки Month of preparation	Молекулярная масса ВРПК Molecular weight WSPC
1	Июль July	18 023,05
2	Август August	12 116,88
3	Сентябрь September	10 888,55
4	Октябрь October	13 257,23
5	Ноябрь November	14 380,49
6	Декабрь December	19 400,14
7	Январь January	21 598,06
8	Февраль February	19 378,27
9	Март March	20 906,20

Вероятно, что динамика изменения молекулярной массы связана с тем, что происходят структурные изменения, связанные с укрупнением или разветвлением молекулы полисахарида.

При проведении корреляционного анализа при сопоставлении значений сорбционной активности полисахаридов и их молекулярной массы выявлена взаимосвязь между двумя сравниваемыми величинами. Значение коэффициента корреляции Пирсона составило 1, что соответствует весьма высокой тесноте связи между сорбционной активностью полисахарида и его молекулярной массы. Таким образом, различия в сорбционной активности полисахаридов, полученных из шишек сосны обыкновенной, заготовленных в разное время года, связаны с изменением молекулярной массы полисахаридов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью нашей работы являлось исследовать содержание, сорбционную активность и молекулярную массу водорастворимых полисахаридов сосны обыкновенной шишек в разные сезоны года.

Самый высокий выход ВРПК отмечен в зимний период, а наименьший – в летний. Исследована сорбционная активность ВРПК шишек сосны обыкновенной по метиленовому синему *in vitro*. Установлено, что наибольшей сорбционной активностью ВРПК обладает в октябре и ноябре. Сорбционная активность ВРПК превышает активность препаратов сравнения угля активированного и диоксида кремния коллоидного («Полисорб МП»).

Определена средняя молекулярная массы ВРПК шишек сосны обыкновенной. Средняя молекулярная масса ВРПК, полученного в разное время года, находится в пределах от 6 872,27 до 21 598,06. Установлена зависимость сорбционной активности ВРПК сосны обыкновенной шишек от молекулярной массы.

Наибольшее содержание и сорбционная активность ВРПК шишек сосны обыкновенной совпадает с периодом заготовки древесины, что обуславливает практическое применение шишек в качестве источника полисахаридов и эффективного детоксицирующего средства для увеличения эффективности использования лесных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee A. R., Roh S. S., Lee E. S., Min Y. H. Anti-oxidant and anti-melanogenic activity of the methanol extract of Pine cone. *Asian Journal Beauty Cosmetology*. 2016;(14):301–308. DOI: 10.20402/ajbc.2016.0055.
2. Wang L., Li X., Wang H. Physicochemical properties, bioaccessibility and antioxidant activity of the polyphenols from pine cones of *Pinus koraiensis*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;126:385–391. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.145.
3. Latos-Brozio M., Masek A., Chrzescijanska E., Podsedek A., Kajszyzak D. Characteristics of the polyphenolic profile and antioxidant activity of cone extracts from conifers determined using electrochemical and spectrophotometric methods. *Antioxidants*. 2021;10(11):1723–1737. DOI: 10.3390/antiox10111723.
4. Беленовская Л. М., Лесиовская Е. Е. Растительные ресурсы России: Компонентный состав и биологическая активность растений. СПб.: КМК; 2016. 333 с.
5. Lee S., Kim W. B., Park S. H., Kim M., Park J., Hwang D. Y., Lee H. Biological properties of butanol extracts from green pine cone of *Pinus densiflora*. *Food Science and Biotechnology*. 2018;27(5):1485–1492. DOI: 10.1007/s10068-018-0382-5.
6. Diao Y., Chen B., Wei L., Wang Z. Polyphenols (S3) isolated from cone scales of *pinus koraiensis* alleviate decreased bone formation in rat under simulated microgravity. *Scientific reports*. 2018;(8):12719–12732. DOI: 10.1038/s41598-018-30992-8.
7. Lee S. H., Jang T. W., Choi J. S., Mun J. Y., Park J. H. Inhibitory effects of pine cone (*Pinus densiflora*) on melanogenesis in B16F10 melanoma cells. *Journal of Plant Research*. 2019;32(4):275–281. DOI: 10.7732/kjpr.2019.32.4.275.
8. Shao S., Yi J., Regenstein J. M., Cheng C., Zhang H., Zhao H., Wang H. Protective effects on 60Co-γ radiation damage of pine cone polyphenols from *Pinus koraiensis*-loaded chitosan microspheres *in vivo*. *Molecules*. 2018;23:1392–1406. DOI: 10.3390/molecules23061392.
9. Grimaldi R., Swann J. R., Vulevic J., Gibson G. R., Costabile A. Fermentation properties and potential prebiotic activity of Bimuno galacto-oligosaccharide (65 % galacto-oligosaccharide content) on *in vitro* gut microbiota parameters. *British Journal of Nutrition*. 2016;(116):480–486. DOI: 10.1017/S0007114516002269.
10. Zhan Y., An X., Wang S., Sun M., Zhou H. Basil polysaccharides: A review on extraction, bioactivities and pharmacological applications. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. 2020;28(1):115179. DOI: 10.1016/j.bmc.2019.115179.
11. Chu L., Yang L., Lin L., Wei J., Wang N., Xu M., Qiao G., Zheng G. Chemical composition, antioxidant activities of polysaccharide from Pine needle (*Pinus massoniana*) and hypolipidemic effect in high-fat diet-induced mice // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;125(15):445–452. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.082.

12. Zhao Q., Qin J., Wang H., Wang J., Zhang X. Effects of different extraction methods on the properties of pine cone polysaccharides from *Pinus koraiensis*. *BioResources*. 2019;14(4):9945–9956.
13. Hwang J., Yadav D., Lee P. C., Jin J. O. Immunomodulatory effects of polysaccharides from marine algae for treating cancer, infectious disease, and inflammation. 2022;36(2):761–777. DOI: 10.1002/ptr.7348.
14. Гуляев Д. К., Суменкова А. М., Белоногова В. Д., Рудакова И. П., Курицын А. В. Сорбционная активность полисахаридов древесной зелени и шишек сосны обыкновенной. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2020;19(3): 208–213. DOI: 10.37903/vsgma.2020.3.29.
15. Xu R. B., Yang X., Wang J., Zhao H. T., Lu W. H., Cui J., Cheng C. L., Zou P., Huang W. W., Wang P., Li W. J., Hu X. L. Chemical composition and antioxidant activities of three polysaccharide fractions from pine cones. *Int. J. Mol. Sci.* 2012;(13):14262–14277. DOI: 10.3390/ijms131114262.
16. Кондратенко В. В., Кондратенко Т. Ю. О влиянии молекулярной массы на проявление сорбционных свойств пектиновыми веществами. *Новые технологии*. 2011;(2):20–26.
17. Bailey R. W., Haq S., Hassid W. Z. Carbohydrate composition of particulate preparations from mung bean (*Phaseolus aureus*) shoots. *Phytochemistry*. 1967;6(2):293–301.
18. Оленников Д. Н., Танхаева Л. М. Методика количественного определения группового состава углеводного комплекса растительных объектов. *Химия растительного сырья*. 2006;(4): 29–33.
19. Решетников В. И. Принципы разработки лекарственных форм сорбентов. Пермь: ГОУ ВПО ПГФА Росздрава; 2008. 196 с.
20. Карибова Т. Г., Аджиакметова С. Л., Мыкоц Л. П., Оганесян Э. Т. Некоторые физико-химические характеристики полисахаридов ягод крыжовника отклоненного *Grossularia reclinata* (L.) MILL. *Фармация и фармакология*. 2015;3(3):49–52. DOI: 10.19163/2307-9266-2015-3-3(10)-49-52.
- rospheres in vivo. *Molecules*. 2018;23:1392–1406. DOI: 10.3390/molecules23061392.
9. Grimaldi R., Swann J. R., Vulevic J., Gibson G. R., Costabile A. Fermentation properties and potential prebiotic activity of Bimuno galacto-oligosaccharide (65 % galacto-oligosaccharide content) on in vitro gut microbiota parameters. *British Journal of Nutrition*. 2016;(116):480–486. DOI: 10.1017/S0007114516002269.
10. Zhan Y., An X., Wang S., Sun M., Zhou H. Basil polysaccharides: A review on extraction, bioactivities and pharmacological applications. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. 2020;28(1):115179. DOI: 10.1016/j.bmc.2019.115179.
11. Chu L., Yang L., Lin L., Wei J., Wang N., Xu M., Qiao G., Zheng G. Chemical composition, antioxidant activities of polysaccharide from Pine needle (*Pinus massoniana*) and hypolipidemic effect in high-fat diet-induced mice // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;125(15):445–452. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.082.
12. Zhao Q., Qin J., Wang H., Wang J., Zhang X. Effects of different extraction methods on the properties of pine cone polysaccharides from *Pinus koraiensis*. *BioResources*. 2019;14(4):9945–9956.
13. Hwang J., Yadav D., Lee P. C., Jin J. O. Immunomodulatory effects of polysaccharides from marine algae for treating cancer, infectious disease, and inflammation. 2022;36(2):761–777. DOI: 10.1002/ptr.7348.
14. Gulyaev D. K., Sumenkova A. M., Belonogova V. D., Rudakova I. P., Kuritsyn A. V. Sorption activity of polysaccharides of woody greens and pine cones. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2020;19(3):208–213. (In Russ.) DOI: 10.37903/vsgma.2020.3.29.
15. Xu R. B., Yang X., Wang J., Zhao H. T., Lu W. H., Cui J., Cheng C. L., Zou P., Huang W. W., Wang P., Li W. J., Hu X. L. Chemical composition and antioxidant activities of three polysaccharide fractions from pine cones. *Int. J. Mol. Sci.* 2012;(13):14262–14277. DOI: 10.3390/ijms131114262.
16. Kondratenko V. V., Kondratenko T. Y. On the influence of molecular weight on the manifestation of sorption properties of pectin substances. *New technologies*. 2011;(2):20–26. (In Russ.)
17. Bailey R. W., Haq S., Hassid W. Z. Carbohydrate composition of particulate preparations from mung bean (*Phaseolus aureus*) shoots. *Phytochemistry*. 1967;6(2):293–301.
18. Olennikov D. N., Tankhaeva L. M. Method of quantitative determination of the group composition of the carbohydrate complex of plant objects. *Chemistry of plant raw materials*. 2006;(4):29–33. (In Russ.)
19. Reshetnikov V. I. Principles of development of medicinal forms of sorbents. Perm: GOU VPO PGFA Roszdava; 2008. 196 p. (In Russ.)
20. Karepova T. G., Adjiakhmetova S. L., Mykots L. P., Oganessian E. T. Some physico-chemical characteristics of polysaccharides of gooseberry berries rejected *Grossularia reclinata* (L.) MILL. *Pharmacy and pharmacology*. 2015;3(3):49–52. (In Russ.) DOI: 10.19163/2307-9266-2015-3-3(10)-49-52.
1. Lee A. R., Roh S. S., Lee E. S., Min Y. H. Anti-oxidant and anti-melanogenic activity of the methanol extract of Pine cone. *Asian Journal Beauty Cosmetology*. 2016;(14):301–308. DOI: 10.20402/ajbc.2016.0055.
2. Wang L., Li X., Wang H. Physicochemical properties, bioaccessibility and antioxidant activity of the polyphenols from pine cones of *Pinus koraiensis*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;126:385–391. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.145.
3. Latos-Brozio M., Masek A., Chrzescijanska E., Podsedek A., Kajszyzak D. Characteristics of the polyphenolic profile and antioxidant activity of cone extracts from conifers determined using electrochemical and spectrophotometric methods. *Antioxidants*. 2021;10(11):1723–1737. DOI: 10.3390/antiox10111723.
4. Belenovskaya L. M., Lesiovskaya E. E. Plant resources of Russia: Component composition and biological activity of plants. St. Petersburg: KMK; 2016. 333 p. (In Russ.)
5. Lee S., Kim W. B., Park S. H., Kim M., Kim D., Park J., Hwang D. Y., Lee H. Biological properties of butanol extracts from green pine cone of *Pinus densiflora*. *Food Science and Biotechnology*. 2018;27(5):1485–1492. DOI: 10.1007/s10068-018-0382-5.
6. Diao Y., Chen B., Wei L., Wang Z. Polyphenols (S3) isolated from cone scales of *Pinus koraiensis* alleviate decreased bone formation in rat under simulated microgravity. *Scientific reports*. 2018;(8):12719–12732. DOI: 10.1038/s41598-018-30992-8.
7. Lee S. H., Jang T. W., Choi J. S., Mun J. Y., Park J. H. Inhibitory effects of pine cone (*Pinus densiflora*) on melanogenesis in B16F10 melanoma cells. *Journal of Plant Research*. 2019;32(4):275–281. DOI: 10.7732/kjpr.2019.32.4.275.
8. Shao S., Yi J., Regenstein J. M., Cheng C., Zhang H., Zhao H., Wang H. Protective effects on 60Co-γ radiation damage of pine cone polyphenols from *Pinus koraiensis*-loaded chitosan mic-