

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ ПОБЕГОВ МАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ИХ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ

© Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Рудакова И.П., Коротков И.В.

Пермская государственная фармацевтическая академия (ПГФА)

Россия, 614990, Пермский край, г. Пермь, ул. Полевая, д. 2

Проведено сравнительное исследование водорастворимого полисахаридного комплекса и пектиновых веществ побегов первого и второго года малины обыкновенной.

Цель – сравнительное исследование и сорбционная активность полисахаридов побегов малины обыкновенной.

Материалы и методы. Образцы для исследования собирали на территории Ильинского района Пермского края в темнохвойном лесу. Содержание полисахаридных фракций определяли модифицированным антроп-серным методом Дрейвуда. Последовательно получали водорастворимый полисахаридный комплекс и пектиновые вещества из разных частей побегов. Сорбционную активность определяли по способности веществ связывать метиленовый синий, который является маркером для большинства медицинских сорбентов. Острую токсичность полученных полисахаридных фракций исследовали по В.В. Прозоровскому.

Результаты. В побегах первого года и второго года малины обыкновенной в большем количестве накапливаются пектиновые вещества, чем водорастворимые полисахариды. Листья малины содержат больше полисахаридов по сравнению с безлистными частями. В результате исследования острой токсичности установлено, что все исследуемые вещества можно отнести к классу малотоксичных (ЛД₅₀ > 5000 мг/кг). Установлено, что водорастворимый полисахаридный комплекс, полученный из безлистных частей побега первого года и второго года, проявляет сорбционную активность достоверно выше препарата сравнения (полифепан). Сорбционная активность пектиновых веществ, полученных из листьев побегов первого года и второго года, также превышает активность препарата сравнения. Наибольшую сорбционную активность проявляют пектиновые вещества побегов второго года, а наименьшую пектиновые вещества безлистных побегов малины.

Заключение. Полученные вещества являются перспективными для создания современных сорбентов на основе полисахаридных фракций побегов первого года и второго года малины обыкновенной. Учитывая простоту в заготовке и высокую сорбционную активность полисахаридов безлистной части побега малины, следует проводить заготовку не только листьев, но и безлистных частей побега.

Ключевые слова: малина обыкновенная; *Rubus idaeus* L.; побеги первого года; побеги второго года; водорастворимые полисахариды; пектин; острая токсичность; сорбционная активность.

Гуляев Дмитрий Константинович – канд. фарм. наук, доцент кафедры фармакогнозии, ПГФА, г. Пермь. ORCID iD: 0000-0001-9464-1869. E-mail: dkg2014@mail.ru (автор, ответственный за переписку)

Белоногова Валентина Дмитриевна – д-р фарм. наук, профессор, зав. кафедрой фармакогнозии, ПГФА, г. Пермь. ORCID iD: 0000-0001-5193-3976. E-mail: belonogova@pfa.ru

Рудакова Ирина Павловна – д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой физиологии, ПГФА, г. Пермь. ORCID iD: 0000-0003-2227-8313. E-mail: physiology@list.ru

Коротков Илья Викторович – канд. фарм. наук, доцент кафедры фармакогнозии, ПГФА, г. Пермь. ORCID iD: 0000-0002-1452-9816. E-mail: korotkovi@inbox.ru

Малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.) семейства розоцветные (Rosaceae) – листопадный полукустарник с многолетним корневищем, из которого развиваются двухгодичные надземные стебли высотой 1,5–2,5 м. Корневище извилистое, деревянистое, с множественными придаточными корнями, образующими мощную разветвленную систему. Стебли прямостоячие. Побеги первого года травянистые, зеленые с сизым налетом, сочные, покрыты тонкими, обычно частыми миниатюрными шипами. На второй год из пазушных почек в узлах побега образуются вегетативно-генеративные побеги. Побеги второго года несут на себе листья и соцветия, а после плодоношения засыхают. Из того же корневища на следующий год вырастают новые

побеги. Малина обыкновенная распространена в лесной и в прилегающих районах степной зоны Европейской части России и Западной Сибири. Произрастает в лесах, по лесным опушкам, на вырубках, гарях, лесных полянах, по берегам рек [1].

В официальной медицине используют плоды малины *Rubi idaei fructus* в качестве потогонного средства при простудных заболеваниях. Европейское агентство по лекарственным средствам одобрило использование настоев и экстрактов листьев *Rubus idaeus* в качестве лекарственных средств растительного происхождения, основанных на их традиционном применении [2]. В народной медицине применяются также побеги и подземные органы. Корни ма-

лины используют при бронхиальной астме, гнойном отите, при воспалении лимфатических узлов. Побеги применяют при простудных заболеваниях, заболеваниях желудочно-кишечного тракта, кожных высыпаниях, ревматоидном артрите и др. [3, 4]. Побеги многих видов из рода *Rubus* используются в традиционной китайской медицине [5]. Учитывая опыт применения в народной медицине, побеги малины представляют интерес для фитохимического исследования с целью определения фармакологически активных веществ.

Одной из перспективных групп биологически активных веществ растений являются полисахариды. Полисахариды представляют собой сложную смесь компонентов углеводной, белковой, минеральной и фенольной природы [6]. Одними из основных полисахаридов клеточной стенки растений семейства розоцветных являются ксиланоглюканы, ацелилированные галактозой в боковых цепях [7]. Многочисленными исследованиями установлено, что растительные полисахариды проявляют сорбционную, иммуномодулирующую, антиоксидантную, гиполипидемическую, противораковую и другие виды активности [8-15]. В рамках исследования представляет интерес определить содержание полисахаридов побегов первого и второго годов малины обыкновенной, а также провести исследование их сорбционной активности.

Образцы сырья для исследования были собраны в темнохвойном лесу, где малина обыкновенная не образует продуктивных зарослей для заготовки плодов. В Пермском крае в лесах малина обыкновенная широко распространена в подлеске и может образовывать густые заросли, пригодные для заготовки побегов. Побег первого года и второго года малины обыкновенной можно разделить на листья и безлистную часть. Во многих исследованиях рекомендуется заготавливать плоды и листья малины обыкновенной [16-19], но безлистные части побега тоже могут являться источником полисахаридов с высокой биологической активностью, что будет повышать сырьевую массу и упрощать заготовку. Доказана противовоспалительная активность безлистной части побега малины [20], антиоксидантная и антибактериальная активность побегов малины [21]. Нашими исследованиями обоснована необходимость заготовки всей части побега, а не только листьев.

Цель – сравнительное исследование и сорбционная активность полисахаридов побегов малины обыкновенной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы побегов малины обыкновенной заготавливали в июне на территории Ильинского района Пермского края в 2020 году в темнохвойном лесу. Облиственные части вегетативного побега первого года и облиственные части вегетативно-генеративного побега (второго года) заготавливали во время цветения. Сырье до исследования высушивали воздушно-теневым способом. После сушки побеги разделяли на листья и безлистную часть.

Полисахаридные фракции выделяли по методике, основанной на известной схеме разделения углеводов по Бэйли с соавторами [22]. 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% в аппарате Сокслета в течение 1,5 ч.

Шрот после извлечения низкомолекулярных сахаров и фенольных соединений экстрагировали водой очищенной в соотношении 1:20 при температуре 80°C. Извлечение упаривали под вакуумом и осаждали водорастворимый полисахаридный комплекс (ВРПК) трехкратным количеством спирта 96%.

Шрот после выделения водорастворимого полисахаридного комплекса экстрагировали смесью раствора аммония оксалата 0,25% и раствора щавелевой кислоты 0,25% (1:1), взятой в соотношении 1:20, в течение 1,5 ч. Извлечения упаривали под вакуумом и осаждали пектины (ПВ) добавлением четырехкратного количества спирта этилового 95%. Полученные фракции очищали многократным промыванием спиртом этиловым 95%.

Для определения моносахаридного состава, выделенных фракций проводили их кислотный гидролиз раствором серной кислоты 2% при нагревании в течение 8 часов. Моносахаридный состав гидролизатов определяли с помощью восходящей хроматографии на бумаге в системе растворителей: бутанол-пиридин-вода (6:4:3). Хроматограммы обрабатывали анилинфталатным реактивом, проявляли в сушильном шкафу при температуре 100-105°C до появления пятен.

Для исследования использовали хроматографическую бумагу марки Ленинградская - средняя. Также использовали достоверные образцы следующих моносахаридов: D-(+)-ксилозы (Диа-М), L-(+)-арабинозы (Диа-М), D-(+)-галактозы (Вектон), D-(+)-глюкозы (Диа-М), L-(+)-рамнозы (Вектон), D-(+)-галактуроновой кислоты (SIGMA-Aldrich).

Определение содержания групп углеводов проводили спектрофотометрически модифици-

рованным антрон-серным методом Дрейвуда [23].

Определение содержания водорастворимых полисахаридов (ВРПК). 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 ч для удаления низкомолекулярных сахаров. Остаток сырья после спиртовой экстракции обрабатывали водой очищенной дважды по 100 мл при нагревании около 100°C в течение 1 часа. Извлечение фильтровали в мерную колбу вместимостью 200 мл и доводили до метки тем же экстрагентом (раствор А1). 2 мл раствора А1 переносили в центрифужную пробирку, прибавляли 8 мл 95% 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 об/мин. Надосадочную жидкость сливали, а осадок продували в пробирке горячим воздухом до удаления следов этанола. К осадку приливали 4 мл 0,2% раствора антрона в кислоте серной концентрированной и нагревали на кипящей водяной бане в течение 10 мин. Содержимое пробирки после охлаждения переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл 95% спиртом этиловым и доводили до метки тем же растворителем (раствор Б1).

Определение содержания пектиновых веществ (ПВ). Остаток сырья после водной экстракции обрабатывали смесью 0,25% растворов кислоты щавелевой и аммония оксалата в соотношении 1:1 трижды по 80 мл в течение 1,5 часа. Далее анализ проводили по схеме для ВРПК (растворы А2 и Б2).

Оптическую плотность растворов Б измеряли на спектрофотометре при длинах волн 430 (раствор Б1) и 424 (раствор Б2) нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали 4 мл 0,2% раствора антрона в кислоте серной концентрированной, выдержанные в тех же условиях, что и опытная смесь. Содержание групп углеводов (X, %) в пересчете на доминирующий моносахарид и абсолютно сухое сырье рассчитывают по формуле

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

где А – оптическая плотность исследуемого раствора; k^V – коэффициент разбавления (2500 – ВРПК, 5000 – ПВ); 0,91 – коэффициент гидролиза; Е – коэффициент пересчета на моносахарид (Ara – 67, Frc – 423, Gal – 224, GalUA – 214, Glu – 358, Xyl – 455); m – масса навески сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Для исследования острой токсичности выделенных полисахаридов использовали экспресс-метод определения средней летальной дозы В.В. Прозоровского [24]. Опыт проводили на белых нелинейных мышах массой 20-22 г. Животные содержались в типовом виварии с естественным 12-часовым светотеневым циклом, при температуре воздуха 20±2°C. Их питание осуществлялось в соответствии с нормами кормов для экспериментальных животных. У животных был неограниченный доступ к воде с помощью специальных поилок для грызунов. Предварительно производился санитарно-химический и бактериологический анализ воды. Содержание животных соответствовало правилам лабораторной практики (GLP) и Приказу МЗ РФ № 199н от 01.04.2016 г. «Правила надлежащей лабораторной практики», а также положениям руководства по проведению доклинических исследований лекарственных средств под ред. А.Н. Миронова. Проведенные исследования одобрены комиссией по биоэтике (протокол № 07/20-о от 30.12.2020 г). Вещества вводили однократно в дозах от 1000 до 5000 мг/кг перорально с помощью желудочного зонда. После введения экстракта оценивали состояние животных в течение 6 ч непрерывно. Отмечали отсутствие или наличие случаев летальности животных. По результатам эксперимента вещества относили к классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-7.

Определение сорбционной активности полисахаридов малины обыкновенной проводили по методике В.И. Решетникова [25]: около 0,2 г полисахаридов (точная навеска) помещали в коническую колбу вместимостью 250 мл, добавляли 50 мл 0,15% раствора метиленового синего, и перемешивали на лабораторном шейкере с числом колебаний 140 в минуту в течение 1 ч. 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. Сорбционную активность в миллиграммах метиленового синего на один грамм абсолютно сухого образца (X) вычисляли по формуле:

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

где A_0 – оптическая плотность раствора РСО метиленового синего; А – оптическая плотность испытуемого раствора; а – 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.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования были получены полисахаридные фракции ВРПК безлистной части и ВРПК листьев побегов первого и второго года малины обыкновенной, а также пектиновые вещества указанных органов растения. Водорастворимые полисахариды побегов представляли собой аморфный порошок серого цвета без запаха. Пектиновые вещества побегов первого и второго года малины – это аморфные порошки белого цвета без запаха.

Далее проводили хроматографическое исследование моносахаридного состава полисахаридов побегов малины обыкновенной первого и второго годов.

На рисунке 1 показано, что моносахаридный состав водорастворимого полисахаридного комплекса и пектиновых веществ побегов малины обыкновенной различается. В гидролизате ВРПК побегов первого и второго года идентифициро-

ваны арабиноза, галактоза и глюкоза. Разницы между ВРПК побегов первого и второго года не установлено. Моносахаридный состав пектина побегов обоих годов также одинаков. В гидролизатах пектина идентифицирована галактуроновая кислота, арабиноза и галактоза.

Следующим этапом исследования было определение содержания ВРПК и ПВ в образцах побегов малины обыкновенной первого и второго годов. Определение проводили комбинированным методом, объединяющим схему разделения углеводов по Бэйли с соавторами и спектрофотометрического метода Дрейвуда. Объединение гравиметрии и спектрофотометрии позволяет наиболее точно определять в исследуемых образцах содержание отдельных групп углеводов [23].

Расчет содержания водорастворимого полисахаридного комплекса побегов малины обыкновенной проводили в пересчете на галактозу, исходя из данных хроматографического анализа, сравнивая диаметр зон адсорбции на хроматограмме моносахаридов. При расчете содержания пектиновых веществ пересчет вели на галактуроновую кислоту, поскольку она является основным моносахаридом, из которого построены молекулы пектина, что подтверждается результатами восходящей хроматографии на бумаге. Результаты исследования представлены в таблице 1.

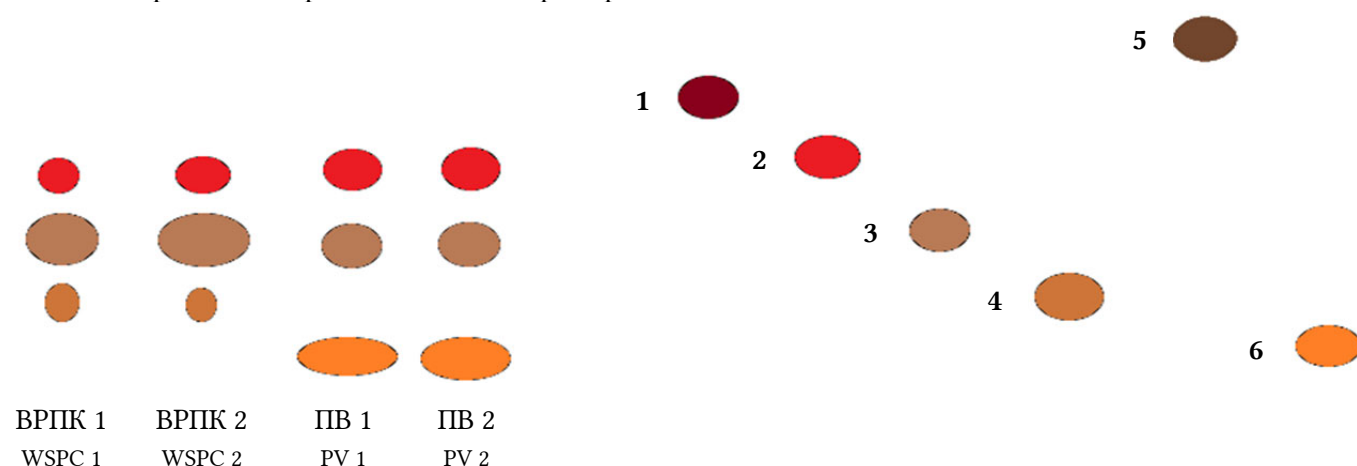


Рис. 1. Хроматограмма гидролизатов полисахаридов побегов малины обыкновенной. ВРПК 1 – водорастворимый полисахаридный комплекс побегов малины первого года; ВРПК 2 – водорастворимый полисахаридный комплекс побегов малины второго года; ПВ 1 – пектин побегов малины первого года; ПВ 2 – пектин побегов малины второго года; 1 – ксилоза; 2 – арабиноза; 3 – галактоза; 4 – глюкоза; 5 – рамноза; 6 – галактуроновая кислота.

Fig. 1. Chromatogram of hydrolysates of polysaccharides of raspberry shoots. WSPC 1 – water-soluble polysaccharide complex of raspberry shoots of the first year; WSPC 2 – water-soluble polysaccharide complex of raspberry shoots of the second year; PV 1 – pectin of raspberry shoots of the first year; PV 2 – pectin of raspberry shoots of the second year; 1 – xylose; 2 – arabinose; 3 – galactose; 4 – glucose; 5 – rhamnose; 6 – galacturonic acid.

Таблица 1

Table 1

Результаты определения содержания полисахаридов в побегах малины обыкновенной

Results of determination of polysaccharide content in raspberry shoots

Орган растения Plant organ	Содержание, % Content, %	
	ВРПК WSPC	ПВ PV
Безлистная часть побегов 1 года Leafless part of shoots of the 1 year	0.39±0.03	2.17±0.08
Безлистная часть побегов 2 года Leafless part of shoots of the 2 years	0.41±0.01	1.76±0.07
Листья побегов 1 года Leaves of shoots of the 1 year	0.66±0.02	4.01±0.11
Листья побегов второго года Leaves of shoots of the 2 year	1.38±0.09	1.05±0.19

Содержание полисахаридных фракций различается в зависимости от органа растения. Установлено, что в побегах малины обыкновенной содержится больше пектиновых веществ, чем водорастворимых полисахаридов. Водорастворимый полисахаридный комплекс в наибольшем количестве накапливается в листьях второго года, а пектиновые вещества в листьях побегов первого года. Содержание пектиновых веществ в листьях побегов первого года в 6 раз выше, чем содержание ВРПК. Листья побегов второго года малины обыкновенной накапливают ВРПК и ПВ в приблизительно равном количестве. По данным В.В. Величко с соавторами, [26] содержание ВРПК в листьях малины около 0,55%, что сопоставимо с полученными нами результатами (около 0,66%). Содержание пектина, по нашим данным, в несколько раз выше, чем указано в литературе (около 0,27%).

Полисахаридные фракции побегов малины обыкновенной были исследованы на сорбционную активность, которую оценивали по способности полисахаридных фракций поглощать метиленовый синий. Метиленовый синий является маркером для большинства медицинских сорбентов (угли активированные, лигнины, углерод-минеральные сорбенты и др.), при концентрации 0,15% в 50 мл на 0,15-0,2 г сорбента. Данный краситель моделирует класс токсинов с молекулярной массой до 500 а.е.м (креатин, мочевиная кислота, барбитураты и др.) [25].

По результатам исследования (табл. 2) установлено, что все исследованные вещества обладают выраженной сорбционной активностью. Наибольшую сорбционную активность проявляет фракция пектиновых веществ безлистной части побега второго года малины обыкновенной.

Препаратами сравнения выступали уголь активированный и полифепан. Установлено, что

сорбционная активность ВРПК безлистной части побегов первого и второго года оказалась достоверно выше, чем у препаратов сравнения. Пектиновые вещества листьев показали сорбционную активность достоверно выше препаратов сравнения. Наименьшую сорбционную активность проявляют пектиновые вещества безлистной части побегов первого года.

Важным является исследование не только активности полученных полисахаридов, но и безопасность их применения. Результаты исследования представлены в таблице 3.

В результате введения разных доз полисахаридов побегов малины обыкновенной лабораторным животным случаев гибели не обнаружено. Острую токсичность установили по максимально введенной дозе более ЛД₅₀ >5000 мг/кг (табл. 3). В ходе эксперимента установлено, что исследуемые вещества можно отнести к малотоксичным согласно ГОСТ 12.1.007-76.

В результате проведенных исследований были получены водорастворимый полисахаридный комплекс и пектиновые вещества побегов малины обыкновенной первого года и второго года, с выделением листьев и безлистных частей.

Установлено, что в побегах первого года и второго года малины обыкновенной в наибольшем количестве накапливаются пектиновые вещества. Водорастворимый полисахаридный комплекс в наибольшем количестве накапливается в листьях второго года, а пектиновые вещества в листьях первого года. Установлено, что ВРПК и ПВ всех исследуемых видов сырья не обладают токсичностью к лабораторным животным ЛД₅₀ >5000 мг/кг. Водорастворимый полисахаридный комплекс и пектиновые вещества побегов первого года, а также второго года малины обыкновенной, обладают выраженной

Таблица 2

Table 2

Сорбционная активность полисахаридов побегов малины обыкновенной

Sorption activity of polysaccharides of raspberry shoots

Орган растения Plant organ	Сорбционная активность мг/г Sorption activity mg/g	
	ВРПК WSPC	ПВ PV
Безлистная часть побегов 1 года Leafless part of shoots of the 1 year	328.27±7.49*	210.37±8.99
Безлистная часть побегов 2 года Leafless part of shoots of the 2 years	381.24±5.12*	450.95±7.73*
Листья побегов 1 года Leaves of shoots of the 1 year	279.95±11.72	377.28±11.63*
Листья побегов второго года Leaves of shoots of the second year	282.24±1.81	394.36±12.17*
Уголь активированный Activated carbon	230.9±2.34	
Полифепан Polyphedanum	250.48±5.78	

Примечание: * – $p < 0,05$ свидетельствует о достоверных отличиях между исследуемым веществом и препаратом сравнения (полифепан).

Note: * – $p < 0.05$, indicates significant differences between the test substance and the comparison drug (polyphedanum).

Таблица 3

Table 3

Исследование острой токсичности полисахаридов побегов малины обыкновенной

Study of acute toxicity of polysaccharides of raspberry shoots

Орган растения Plant organ	ЛД ₅₀ мг/кг LD ₅₀ mg/kg		Класс токсичности согласно ГОСТ 12.1.007-76 Toxicity class according to State Standard 12.1.007-76
	ВРПК WSPC	ПВ PV	
Безлистная часть побегов 1 года Leafless part of shoots of the 1 st year	> 5000	> 5000	Малотоксично Low-toxic
Безлистная часть побегов 2 года Leafless part of shoots of the 2 nd year	> 5000	> 5000	Малотоксично Low-toxic
Листья побегов 1 года Leaves of shoots of the 1 st year	> 5000	> 5000	Малотоксично Low-toxic
Листья побегов второго года Leaves of shoots of the 2 nd year	> 5000	> 5000	Малотоксично Low-toxic

сорбционной активностью, превышающей активность препаратов сравнения: угля активированного и полифепана. Наиболее активными оказались пектиновые вещества, полученные из безлистной части побегов второго года малины обыкновенной.

Безлистная часть побега малины является источником полисахаридов, обладающих выраженной сорбционной активностью, что еще раз доказывает необходимость заготовки листьев вместе со стеблевой частью.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

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

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Протокол исследования был одобрен комиссией по биоэтике при ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России (протокол № 07/20-о от 30.12.2020 г.).

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Гуляев Д.К. – планирование исследования, анализ литературы, сбор данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка черновика рукописи; Белоногова В.Д. – разработка концепции и дизайна, окончательное утверждение для публикации рукописи; Рудакова И.П. – сбор данных, анализ и интерпретация полученных данных; Коротков И.В. – анализ литературы, сбор данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Быструшкин А.Г. О жизненной форме малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.). *Вестник Челябинского государственного университета*. 2005;12(1): 52–55. [Bystrushkin A.G. On the life form of the common raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2005;12(1):52–55 (in Russ.)]. EDN: NTZCWN
2. Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). *Community Herbal Monograph on Rubus idaeus* L. Folium. London: European Medicines Agency, 2012. 22 p.
3. Завражнов В.И., Китаева Р.И., Хмелев К.Ф. *Лекарственные растения. Лечебное и профилактическое использование*. Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1993. 480 с. [Zavrazhnov V.I., Kitayeva R.I., Khmelev K.F. *Medicinal plants. Therapeutic and preventive use*. Voronezh: Voronezh University Press, 1993. 480 p. (in Russ.)]
4. Hummer K.E. *Rubus* pharmacology: antiquity to the present. *Horticultural Science*. 2010;45(11): 1587–1591
5. Sheng J.Y., Wang S.Q., Liu K.H., Zhu B., Zhang Q.Y., Qin L.P., Wu J.J. *Rubus chingii* Hu: an overview of botany, traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Chinese Journal of Natural Medicines*. 2020;18(6):401–416. DOI: 10.1016/S1875-5364(20)30048-0
6. Niu, Y., Wang, H., Xie, Z., Whent, M., Gao, X., Zhang, X., Zou, S., Yao, W. et al. Structural analysis and bioactivity of a polysaccharide from the roots of *Astragalus membranaceus* (Fisch) Bge. var. *mongolicus* (Bge.) Hsiao. *Food Chemistry*. 2011;128(3):620–626. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2011.03.055
7. Yu Z., Liu L., Xu Y., Wang L., Teng X., Li X., Dai J. Characterization and biological activities of a novel polysaccharide isolated from raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruits. *Carbohydr Polym*. 2015;132:180–186. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.06.068
8. Ren-Bo X., Xin Y., Jing W., Hai-Tian Zh., Wei-Hong L., Jie C., Cui-Lin Ch., Pan Z., Xu R.B., Yang X., Wang J., Zhao H.T., Lu W.H., Cui J., Cheng C.L., Zou P. et al. Chemical composition and antioxidant activities of three polysaccharide fractions from pine cones. *Int J Mol Sci*. 2012;13(11):14262–14277. DOI: 10.3390/ijms131114262
9. Zaid R.M., Mishra P., Wahid Z.A., Sakinah A.M.M. *Hylocereus polyrhizus* peel's high-methoxyl pectin: A potential source of hypolipidemic agent. *Int J Biol Macromol*. 2019;134:361–367. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.143
10. Chen R., Liu Z., Zhao J., Chen R., Meng F., Zhang M., Ge W. Antioxidant and immunobiological activity of water-soluble polysaccharide fractions purified from *Acanthopanax senticosu*. *Food Chem*. 2011;127(2):434–440. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.143
11. Rakhmanberdyeva R.K., Shashkov A.S., Bobakulov K.M., Azizov D.Z., Malikova M.K., Ogay D.K. The structure and prebiotic activity of arabinogalactan from *Ferula kuhistanica*. *Carbohydr Res*. 2021;505:108342. DOI: 10.1016/j.carres.2021.108342
12. Du Y., Wan H., Huang P., Yang J., He Y. A critical review of *Astragalus* polysaccharides: From therapeutic mechanisms to pharmaceuticals. *Biomed Pharmacother*. 2022;147:112654. DOI: 10.1016/j.biopha.2022.112654
13. 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
14. Xie J.H., Jin M.L., Morris G.A., Zha X.Q., Chen H.Q., Yi Y., Li J.E., Wang Z.J. et al. Advances on Bioactive Polysaccharides from Medicinal Plants. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56 Suppl 1:S60–84. DOI: 10.1080/10408398.2015.1069255
15. Liu J., Willfor S., Xu C. A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2015;5(1):31–61. DOI: 10.1016/j.bcdf.2014.12.001
16. de Souza P., Boeing T., Somensi L.B., Cechinel-Zanchett C.C., Bastos J.K., Petreanu M., Niero R., Cechinel-Filho V. et al. Diuretic effect of extracts, fractions and two compounds 2 α ,3 β ,19 α -trihydroxyurs-12-en-28-oic acid and 5-hydroxy-3,6,7,8,4'-pentamethoxyflavone from *Rubus rosaefolius* Sm. (Rosaceae) leaves in rats. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 2017;390(4):351–360. DOI: 10.1007/s00210-016-1333-4
17. Rojas-Vera J., Patel A.V., Dacke C.G. Relaxant activity of raspberry (*Rubus idaeus*) leaf extract in guinea-pig ileum in vitro. *Phytother Res*. 2002;16(7):665–668. DOI: 10.1002/ptr.1040
18. Ma H., Johnson S.L., Liu W., DaSilva N.A., Meschwitz S., Dain J.A., Seeram N.P. Evaluation of Polyphenol Anthocyanin-Enriched Extracts of Blackberry, Black Raspberry, Blueberry, Cranberry, Red Raspberry, and Strawberry for Free Radical Scavenging, Reactive Carbonyl Species Trapping, Anti-Glycation, Anti- β -Amyloid Aggregation, and Microglial Neuroprotective Effects. *Int J Mol Sci*. 2018;19(2):461. DOI: 10.3390/ijms19020461
19. Seeram N.P., Adams L.S., Zhang Y., Lee R., Sand D., Scheuller H.S., Heber D. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *J Agric Food Chem*. 2006;54(25):9329–9339. DOI: 10.1021/jf061750g
20. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Рудакова И.П. Состав и биологическая активность полисахаридов побегов и листьев малины обыкновенной (*Rubus idaeus*). *Традиционная медицина*. 2017;4(51):39–42 [Gulyayev D.K., Belonogova V.D., Rudakova I.P.

- Composition and biological activity of polysaccharides of shoots and leaves of raspberries (*Rubus idaeus*). *Traditional medicine*. 2017;4(51):39–42 (in Russ.)). EDN: YNJTAA
21. Krauze-Baranowska M., Głód D., Kula M., Majdan M., Hałasa R., Matkowski A., Kozłowska W., Kawiak A. Chemical composition and biological activity of *Rubus idaeus* shoots—a traditional herbal remedy of Eastern Europe. *BMC Complement Altern Med*. 2014;14:480. DOI: 10.1186/1472-6882-14-480
 22. 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
 23. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения группового состава углеводного комплекса растительных объектов. *Химия растительного сырья*. 2006;(4):29–33 [Olennikov D.N., Tankhayeva L.M. Method of quantitative determination of the group composition of the carbohydrate complex of plant objects. *Khimija Ras-titel'nogo Syr'ja*. 2006;(4):29–33 (in Russ.)]. EDN: HYINOX
 24. Прозоровский В.В., Прозоровская В.М. Экспресс-метод определения средней летальной дозы. *Фармакология и токсикология*. 1978;(4):497–502. [Prozorovskiy V.V., Prozorovskaya V.M. Express method for determining the average lethal dose. *Farmakologiya i toksikologiya*. 1978;(4):497–502 (in Russ.)]
 25. Решетников В.И. *Принципы разработки лекарственных форм сорбентов*. Пермь: ГОУ ВПО ПГФА Росздрава, 2008. 196 с. [Reshetnikov V.I. *Principles of development of medicinal forms of sorbents*. Perm: GOU VPO PGFA Roszdrava, 2008. 196 p. (in Russ.)]
 26. Величко В.В., Макарова Д.Л. Сравнительный фармакогностический анализ листьев и плодов малины обыкновенной. *Медицина и образование в Сибири*. 2015;(4):16–24. [Velichko V.V., Makarova D.L. Comparative pharmacognostic analysis of leaves and fruit of raspberry ordinary. *Medicina i obrazovanie v Sibiri*. 2015;(4):16–24. (in Russ.)]. EDN: UXTHXR

Поступила в редакцию 01.04.2022

Подписана в печать 20.10.2022

Для цитирования: Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Рудакова И.П., Коротков И.В. Исследование полисахаридов побегов малины обыкновенной и их сорбционной активности. *Человек и его здоровье*. 2022;25(3):72–80. DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/08. EDN: BENKNF

STUDY OF POLYSACCHARIDES OF COMMON RASPBERRY SHOOTS AND THEIR SORPTION ACTIVITY

© Gulyaev D.K., Belonogova V.D., Rudakova I.P., Korotkov I.V.

Perm State Pharmaceutical Academy (PSPA)

2, Polevaya St., Perm, Perm Krai, 614990, Russian Federation

A comparative study of the water-soluble polysaccharide complex and pectin substances of first and second year shoots of common raspberry.

Objective – comparative study and sorption activity of polysaccharides of common raspberry shoots.

Materials and methods. The samples for the research were collected in a dark coniferous forest on the territory of the Ilyinsky district of Perm Region. The content of polysaccharide fractions was determined by the modified Dreywood anthrone- sulfurous method. A water-soluble polysaccharide complex and pectin substances were sequentially obtained from different parts of the shoots. The sorption activity was determined by the ability of the substances to bind methylene blue, which is a marker for most medical sorbents. The acute toxicity of the obtained polysaccharide fractions was examined according to Prozorovsky V.V.

Results. The shoots of the first and second year of common raspberry accumulate more pectin substances than water-soluble polysaccharides. Leaves of raspberry contain more polysaccharides compared to leafless parts. As a result of acute toxicity study, it was found that all studied substances can be classified as low-toxic ($LD_{50} > 5,000$ mg/kg). It was found that water-soluble polysaccharide complex obtained from leafless parts of the shoot of the first and second year shows sorption activity reliably higher than that of the reference preparation (Polyphepan). Sorption activity of pectin substances obtained from leaves of the first and second year shoots also exceeds that of the reference preparation. The highest sorption activity is shown by pectin substances of the second year, and the lowest sorption activity by pectin substances of leafless raspberry shoots.

Conclusion. The obtained substances are promising for creating modern sorbents based on polysaccharide fractions of the first and second year shoots of common raspberry. Taking into account the simplicity in harvesting and high sorption activity of polysaccharides of the leafless part of the raspberry shoot, not only leaves but also leafless parts of the shoot should be harvested.

Keywords: red raspberry; *Rubus idaeus* L.; one-year shoots; second year shoots; water-soluble polysaccharides; pectin; acute toxicity; sorption activity.

Gulyaev Dmitry K. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor at the Department of pharmacognosy, PSPA, Perm, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-9464-1869. E-mail: dkg2014@mail.ru (correspondence author)

Belonogova Valentina D. – Dr. Sci. (Pharm.), Associate Professor, Head of the Department of Pharmacognosy, PSPA, Perm, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-5193-3976. E-mail: belonogova@pfa.ru

Rudakova Irina P. – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Physiology, PSPA, Perm, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-2227-8313. E-mail: physiology@list.ru

Korotkov Il'ya V. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor of the Department of Pharmacognosy, PSPA, Perm, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-1452-9816. E-mail: korotkovi@inbox.ru

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

CONFORMITY WITH THE PRINCIPLES OF ETHICS

The protocol of the study was approved by the Bioethics Commission at the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Ministry of Health (Protocol No. 07/20-o dated 12/30/2020).

AUTHORS CONTRIBUTION

Gulyaev D.K. – research planning, literature analysis, data collection, analysis and interpretation of the received data, preparation of the draft manuscript; Belonogova V.D. – development of the concept and design, final approval for the publication of the manuscript; Rudakova I.P. – data collection, analysis and interpretation of the received data; Korotkov I.V. – literature analysis, data collection.

Received 01.04.2022

Accepted 20.10.2022

For citation: Gulyaev D.K., Belonogova V.D., Rudakova I.P., Korotkov I.V. Study of polysaccharides of common raspberry shoots and their sorption activity *Humans and their health*. 2022;25(3):72–80. DOI: 10.21626/vestnik/2022-3/08. EDN: BENKNF