

УДК 547.917:615.322

ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СУММЫ ПОЛИСАХАРИДОВ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *FERULA KUHISTANICA* И ЕЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА В КАЧЕСТВЕ АДАПТОГЕННОГО СРЕДСТВА

© В.Н. Сыров, Д.М. Саидходжаева, Г.А. Шахмурова*, Р.К. Рахманбердыева

Институт химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова
АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 77, Ташкент, 100170, shga2065@yandex.ru

Из надземной части *Ferula kuhistanica* выделена сумма полисахаридов, определены ее физико-химические параметры и моносахаридный состав. Проведена стандартизация суммы полисахаридов. В опытах на мышах-самцах массой 18–20 г установлено, что сумма полисахаридов, выделенная из *Ferula kuhistanica* при оральном введении в дозе 250 мг/кг, оказывает фармакокорректирующее действие на аларм-реакцию у животных в условиях острого стресса, достоверно повышает физическую работоспособность и быстро купирует явления утомления. Кроме этого, изучаемая сумма полисахаридов оказывает защитное действие при отравлении алкоголем, нитропруссидом натрия и гамма-облучении. По направленности своего действия сумма полисахаридов из *F. kuhistanica* напоминает действие известных адаптогенных средств: экдистена (несколько уступает ему по активности) и экстракта элеутерококка жидкого (оказывает сходный с ним эффект).

Ключевые слова: *Ferula kuhistanica*, сумма полисахаридов, арабиногалактан, адаптогенное действие.

Для цитирования: Сыров В.Н., Саидходжаева Д.М., Шахмурова Г.А., Рахманбердыева Р.К. Химическое изучение суммы полисахаридов надземной части *Ferula kuhistanica* и ее экспериментальная оценка в качестве адаптогенного средства // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 385–392. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250113018>.

Введение

В настоящее время интерес к растительным полисахаридам существенно возрос как к веществам, обладающим низкой токсичностью и не накапливающимся в организме человека. Если ранее полисахариды в основном применялись в качестве вспомогательных веществ в производстве различных лекарственных форм, то последние годы их в большей степени рассматривают как биологически активные вещества. Полисахариды обладают противовоспалительной [1–4], гипогликемической [5], противоопухолевой [6, 7], антиоксидантной [8], пребиотической [9–11] и другими активностями [4, 12].

Столь широкий спектр терапевтического действия растительных полисахаридов давал основание предполагать наличие у них защитно-адаптационных свойств при неблагоприятном воздействии на организм в целом. Всестороннее изучение полисахаридов в соответствующем плане могло бы внести определенную ясность в понимание механизма действия соединений данного класса. С этой целью была протестирована сумма полисахаридов, выделенная из *Ferula kuhistanica*, по основным параметрам, характерным для действия препаратов с наличием адаптогенных свойств [13, 14]. Изучение суммы полисахаридов, выделенных из надземной части *F. kuhistanica* в обозначенном аспекте открывало бы новые возможности безотходного использования этого растения в фармацевтической промышленности, так как ранее в Институте химии растительных веществ АН РУз на основе сложных эфиров терпеноидных спиртов *F. kuhistanica* разработана кормовая добавка для повышения яйценоскости птиц «Куфэстерол» [15, 16]. Исследования были проведены в сравнении с метаболически активными препаратами растительного происхождения – экдистеном и экстрактом элеутерококка жидким, обладающими выраженным адаптогенным действием [14, 17, 18].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Выделение суммы полисахаридов из надземной части Ferula kuhistanica (шрот). 100 г воздушно-сухого шрота, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с размером отверстий 2 мм, дважды обрабатывали кипящим хлороформом для удаления оставшихся неуглеводных компонентов, затем остаток сырья дважды экстрагировали кипящим 82% этиловым спиртом в течение 1 ч. В спиртовом экстракте методом бумажной хроматографии (БХ) (система: *n*-бутанол-пиридин вода 6 : 4 : 3, проявитель кислый фталат анилина для гексоз, 5% спиртовый раствор мочевины для кетоз) обнаружили глюкозу, сахарозу и фруктозу.

Далее для выделения суммы полисахаридов (СПС) остаток сырья дважды экстрагировали горячей водой при температуре 60 °С в течение 1 ч при соотношении сырье – экстрагент (1 : 5, 1 : 3). Экстракты отделяли фильтрованием, объединяли, упаривали до небольшого объема и высушивали на лиофильной сушке. Выход сухого экстракта суммы полисахаридов составляет 10%. Затем последний (10 г) растворяли в 100 мл дистиллированной воде и обрабатывали методом Севага [19] для удаления белков. Раствор полисахаридов осаждали трехкратным объемом этилового спирта, выпавший осадок отделяли центрифугированием (5000 об/мин 10 мин), промывали спиртом, высушили и получили сумму полисахаридов (СПС).

По вышеописанной методике были получены стандартные образцы. Стандартизация была проведена гравиметрическим методом, как описано в [20]. Для этого аналитическую пробу 10 г (точная навеска) измельченного и просеянного через сито с диаметром отверстий 2 мм сырья помещают в колбу вместимостью 250 мл, прибавляют 100 мл хлороформа, колбу присоединяют к обратному холодильнику, кипятят в течение 1 ч. Затем экстракт фильтруют и к остатку сырья добавляют 100 мл 82% раствора этилового спирта и экстрагируют вышеописанным методом.

Далее остаток сырья помещают в колбу вместимостью 250 мл, прибавляют 50 мл воды, колбу присоединяют к обратному холодильнику и экстрагируют при температуре 60 °С в течение 1 ч. Экстракт фильтруют, остаток сырья экстрагируют 30 мл воды, как описано выше. Водные извлечения объединяют, центрифугируют (5000 об/мин 10 мин) и декантируют в мерную колбу вместимостью 100 мл через бязь – материал, предварительно смоченный водой. Фильтр промывают водой и доводят объем раствора водой до метки. Общий объем экстракта – 100 мл. Экстракт сгущают до 10 мл и высушивают на лиофильной сушке. Выход сухого экстракта суммы полисахаридов – 1 г.

1 г сухого экстракта суммы полисахаридов растворяли в 35 мл воды, удаляли белковые примеси по методу Севага [19] и раствор полисахаридов осаждали 70 мл этилового спирта, выпавший осадок отделяли центрифугированием, промывали спиртом и высушивали в вакууме над P₂O₅. Выход суммы полисахаридов составил 0.51 г.

Полный кислотный гидролиз СПС. Для установления моносахаридного состава СПС подвергали кислотному гидролизу. Гидролиз проводили 1N H₂SO₄, 100 °С, 8 ч, после окончания гидролиза гидролизат нейтрализовали BaCO₃, деионизировали катионитом КУ-2(H⁺), упаривали до 1 мл и изучали методом БХ и газовой хроматографии (ГХ). БХ идентифицированы нейтральные моносахариды и уроновая кислота.

ГХ-анализ гидролизатов снимали в виде ацетатов альдонитрилов на хроматографе GC 2010 Plus, «Shimadzu» с пламенно ионизационным детектором (FID). Тип детектора: APC (Det3ch). Хроматографирование проводили с использованием стеклянной капиллярной колонки марки Rxi-624Sil MS, длина колонки – 30.0 м, внутренний диаметр – 0.25 мм, толщина пленки – 1.40 мкм, газ-носитель – азот. Общий поток газ-носителя – 30 мл/мин; поток через колонку – 0.71 мл/мин, температура испарителя – 260 °С, температура колонки – 230 °С, температура детектора – 280 °С. В испаритель хроматографа вводили 1 мкл раствора.

Фотоэлектроколориметрическим методом определяли содержание галактуроновой кислоты на основе цветной реакции с карбазолом [21].

Фракционирование СПС. Для установления количественного состава СПС фракционировали спиртом. 3 г СПС растворяли в 100 мл воды и добавляли по каплям 100 мл этилового спирта при интенсивном перемешивании. Выпавший осадок отделяли центрифугированием (5000 об/мин, 10 мин). Осадок промывали спиртом, обезвоживали ацетоном и сушили в вакууме над P₂O₅. Выход фракции 1 составил 0.83 г. К надосадочной жидкости прибавляли еще 100 мл спирта, выпавший осадок отделяли и обрабатывали аналогичным путем. Выход фракции 2 – 1.54 г. Фракцию 3 получили после упаривания маточного раствора до половины объема и добавлением еще 100 мл спирта. Выход фракции 3 – 0.57 г.

Молекулярную массу фракций определяли методом высокоэффективной эксклюзионной хроматографией на жидкостном хроматографе Agilent 1260 Infinity с использованием хроматографической колонки PL Aquagel OH Mixed (США), длиной 300 мм и внутренним диаметром 8 мм. Концентрации вводимых проб составляли 1–4 мг/мл, объем – 20 мкл.

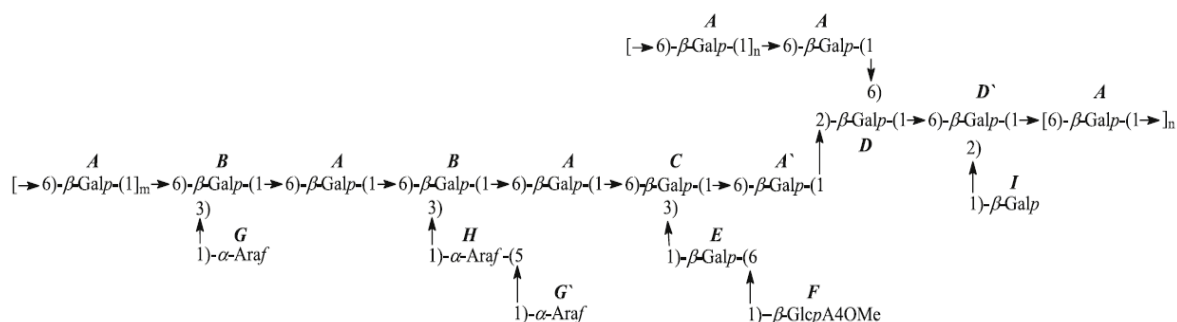
Изучение физиологической активности. Опыты проводили на беспородных белых мышах самцах массой 18–20 г с соблюдением международных правил (Директива 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях). Исследуемую сумму полисахаридов из *F. kuhistanica*, как правило, вводили однократно непосредственно перед началом эксперимента в дозе 250 мг/кг (в предварительных экспериментах установлена как наиболее эффективная). Модель острого стресса воспроизводили у животных подвешиванием их за шейную складку на 18 ч. Оценку эффективности полисахаридов из *F. kuhistanica* как адаптогенного средства в этом случае производили по степени предотвращения ими уменьшения массы тимуса, селезенки и увеличения массы надпочечников, характерных для стресса [22, 23]. В желудке животных подсчитывали число образовавшихся деструкций. Влияние на физическую работоспособность определяли по тесту принудительного плавания животных с грузом на основании хвоста, равным 5% от массы тела при температуре воды 28–29 °С [24]. Антигипоксическое действие исследуемой суммы полисахаридов изучали на модели тканевой гипоксии, вызванной введением нитропруссид натрия в дозе 25 мг/кг внутривенно. Антиоксическое действие оценивали по выживаемости мышей при внутривенном введении на 25%-ного раствора этанола в дозе 9 г/кг [25]. В одной из серий экспериментов также определяли наличие у суммы полисахаридов из *F. kuhistanica* радиопротекторных свойств. Облучение мышей производили на γ -медицинском облучателе Theratron в дозе 5 Гр с мощностью 1.2 Гр в минуту (время облучения 20 мин). Расстояние от трубки до поверхности тела мышей 65 см, источник облучения ^{60}Co . Эффект оценивали по выживаемости облученных животных в течение 30 сут. Сумму полисахаридов в этих опытах вводили в течение недели до облучения, а затем на протяжении месяца. Используемый референс – препарат экдистен (производитель НПП «Radiks», Ташкент, Узбекистан) вводили мышам во всех сериях эксперимента аналогично исследуемой сумме полисахаридов в дозе 5 мг/кг. Экстракт элеутерококка жидкий (производитель ОАО, «Дальхимфарм», Россия) вводили в дозе 0.2 мл/100 г массы тела. Перед применением из экстракта элеутерококка удаляли спирт выпариванием на водяной бане до 1/3 и добавляли дистиллированную воду до получения первоначального объема.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

Обсуждение результатов

Ferula (Ферула) – один из наиболее распространенных родов многолетних растений, относящихся к семейству *Apiaceae* и представляет значительный интерес, как растения с достаточной сырьевой базой и содержанием различных групп биологически активных соединений.

Ранее нами из надземной части растения получен арабиногалактан с Мм 36 кДа, моносахаридным составом арабиноза и галактоза в соотношении 1 : 3.6. Химическими методами и ^{13}C ЯМР спектроскопией установлено, что арабиногалактан является разветвленным полисахаридом, где основная цепь макромолекулы состоит из β -1,6 связанных полигалактанов, боковые ответвления которых представлены α -арабинофуранозой и ее 1,5-связанных олигомером, а также дисахаридными фрагментами β -Glc pA4OMe-(1 \rightarrow 6)- β -Galp-(1 \rightarrow). Небольшая часть 1,6-замещенных остатков основной цепи несет остатки моносахаридов β -Galp-(1 \rightarrow в положении С-2 и арабиногалактан *F. kuhistanica* относится к разветвленным арабино-3,6-галактанам и имеет следующий структурный фрагмент [9]:



Для рационального использования растительного сырья *F. kuhistanica* после выделения сложных эфиров дважды проводили экстракцию водой. Оптимизация условий экстракции по выше указанному методу и осаждения полисахаридов позволили определить количественное содержание суммы полисахаридов в шроте *F. kuhistanica*. Установлено, что максимальное извлечение полисахаридов из отходов надземной части *F. kuhistanica* достигается при двукратной экстракции сырья водой при температуре 60 °С в течение 1 ч (2 раза по 60 мин) при соотношении сырье – экстрагент (1 : 5 и 1 : 3) и осаждении полисахаридов трехкратным объемом этилового спирта. Установлено, что содержание СПС в отходе надземной части *F. kuhistanica* колеблется от 6.53 до 8.7%.

Анализ ИК-спектра СПС показал присутствие ряда полос поглощения, присущих для полисахаридов. Интенсивная полоса поглощения в области 3298 см⁻¹ характерна для ОН-групп. Наличие полос поглощения в области 1700–1750 см⁻¹ относится к валентным колебаниям карбоксильных и сложноэфирных групп, полоса поглощения при 1414 см⁻¹ характеризует присутствие СО групп, различные фрагменты пиранозного кольца (С-С, С-О-С, СН₂) проявляются при 1100–1200 см⁻¹, наличие α- и β-гликозидных связей – 907, 879, 841 см⁻¹.

Фракционированием СПС спиртом проведено молекулярное массовое распределение полисахаридов. Установили, что молекулярная масса (Мм) находится в пределах от 15 до 40 кДа. Моносахаридный состав СПС определяли методом полного кислотного гидролиза с последующим анализом бумажной (БХ) и газовой (ГХ) хроматографии. Результаты анализов показали, что СПС состоит из нейтральных моносахаридов и урсонных кислот. Содержание урсонной кислоты определяли карбазольным методом. Как следует из таблицы 1, по моносахаридному составу в СПС преобладают арабиноза и галактоза, где их соотношение составляет 1 : 2.

Эти данные позволяют считать, что полученная сумма полисахаридов состоит из смеси арабиногалактанов и других минорных кислых полисахаридов.

Проведенные эксперименты по изучению биологической активности СПС прежде всего показали наличие у суммы ее стресс-протекторных свойств. Так, в опытах на мышах, подвергнутых длительному подвешиванию, в контроле обнаружены типичные признаки острого стресса: инволюция тимуса и селезенки, гипертрофия надпочечников, изъязвления на слизистой желудка [22, 23]. Предварительное однократное введение суммы полисахаридов достоверно препятствовало этим негативным изменениям в организме (табл. 2). Причем нужно отметить, что в этих опытах (как и во всех последующих) сумма полисахаридов действовала абсолютно однонаправленно с известными адаптогенными средствами, наблюдалась лишь разница в выраженности эффекта.

Другим свойством суммы полисахаридов из *F. kuhistanica*, также сближающих ее с действием адаптогенов, был достаточно четкий актопротекторный эффект, что может рассматриваться как частный случай повышения под их влиянием общей неспецифической сопротивляемости организма. Это проявлялось выраженным стимулированием работоспособности мышей при их принудительном плавании до утомления (10 животных в группе). Контрольные мыши плавали 35.3±2.1 мин, а получившие исследуемую сумму полисахаридов – 41.8±0.9 мин (эффект составлял 18.4%, $p<0.05$). Эффект экистена составлял 36.5%, $p<0.05$, эффект экстракта элеутерококка – 19.5%, $p<0.05$.

По имеющимся литературным данным, вещества с адаптогенной активностью заметно повышают сопротивляемость организма и к таким неблагоприятным воздействиям как отравление алкоголем, нитропруссидом натрия, лучевое поражение [26]. Исследуемая сумма полисахаридов и в этих случаях в рамках рассматриваемой проблемы показала обнадеживающие результаты.

Сумма полисахаридов из *F. kuhistanica*, аналогично экистену и экстракту элеутерококка, заметно увеличивала выживаемость мышей при внутрибрюшинном введении им этанола. Если выживаемость контрольных животных в течение суток составляла всего 10% (9 из 10 погибли), то однократное введение исследуемых полисахаридов перед инъекцией этанола повышало выживаемость животных на 40% (из 10 мышей в этой группе погибло 6 животных). При введении мышам референс-препаратов – экистена и экстракта элеутерококка выживаемость животных составляла 50 и 30% (из 10 мышей в этих группах погибли, соответственно, 5 и 7 мышей).

Положительные результаты также были получены при использовании модели тканевой гипоксии. Предварительное введение суммы полисахаридов из *F. kuhistanica* увеличивало продолжительность жизни мышей при внутрибрюшинном введении им нитропруссид натрия на 26.7%. Соответствующий эффект экистена и экстракта элеутерококка составлял 58.3 и 27.5% (табл. 3).

Сумма полисахаридов из *F. kuhistanica* повышала общую неспецифическую сопротивляемость организма животных и при их облучении. В контроле этой серии экспериментов из 10 мышей, взятых в опыт, через 30 дней после облучения погибло 90% животных. У мышей, которым вводили исследуемую сумму полисахаридов, гибель животных составляла только 50%. В этом случае по радиопротекторной активности они не уступали экдистену (процент гибели в данной группе составлял также 50%). Однако следует отметить, что в такой постановке экспериментов выявлены и определенные преимущества исследуемой суммы полисахаридов перед экдистеном. Так, если средняя продолжительность жизни мышей, получавших полисахариды в этих опытах, составляла 27.4 ± 0.68 дня, то у получавших экдистен – 19.8 ± 0.58 дня (в контроле средняя продолжительность жизни равнялась 11.2 ± 0.46 дней). В группе мышей, получавших экстракт элеутерококка, гибель животных за 30 суток составила 60% (средняя продолжительность жизни – 15.0 ± 0.58 дней).

Таблица 1. Характеристика фракций полисахаридов *F. kuhistanica*

Фракция	Выход, %	Мм, кДа	Моносахаридный состав, %						UAc, %	Соотношение Ara/Gal
			Rha	Ara	Xyl	Man	Glu	Gal		
1	27.6	40	3.9	17.6	3.8	3.2	5.7	41.2	9.0	1 : 2.3
2	51.3	36	5.0	25.0	1.5	6.0	9.5	53.0	14.0	1 : 2.1
3	19.0	15	5.2	18.6	3.6	6.6	9.3	36.7	10.0	1 : 1.9

Таблица 2. Влияние суммы полисахаридов из *Ferula kuhistanica* на изменение массы внутренних органов и число деструкции слизистой желудка мышей в условиях стресс-подвешивания сравнительно с экдистеном и экстрактом элеутерококка ($M \pm m$, $n=6-8$)

№	Характер эксперимента	Масса тимуса, мг	Масса селезенки, мг	Масса надпочечников, мг	Количество изъязвлений в желудке
I	Интактные животные	49.0 ± 1.3	264 ± 7.1	5.8 ± 0.31	–
II	Стресс (контроль)	26.2 ± 0.6^1	137.3 ± 6.9^1	9.6 ± 0.49^1	1.7 ± 0.33
III	Стресс + сумма полисахаридов <i>F.kuhistanica</i>	$29.8 \pm 0.6^{1,2}$	$157.5 \pm 3.7^{1,2}$	7.2 ± 0.60^2	0.66 ± 0.21^2
IV	Стресс + экдистен	$43.0 \pm 2.9^{2,3}$	$241.8 \pm 0.6^{1,2,3}$	6.5 ± 0.43^2	–
V	Стресс + экстракт элеутерококка	$32.0 \pm 2.0^{1,2}$	$233.3 \pm 7.0^{1,2,4}$	6.8 ± 0.48^2	0.33 ± 0.21^2

Примечание. ¹ – достоверно по отношению к показателям в группе I; ² – достоверно к показателям в группе II; ³ – достоверно между показателями в группах III и IV; ⁴ – достоверно между показателями в группах III и V ($p < 0.05$).

Таблица 3. Влияние суммы полисахаридов из *Ferula kuhistanica* на продолжительность жизни мышей с тканевой гипоксией сравнительно с экдистеном и экстрактом элеутерококка ($M \pm m$, $n=6$)

№	Характер эксперимента	Продолжительность жизни, мин	Увеличение продолжительности жизни, % от контроля	P по отношению к показателям в группе I	P между группами II и III	P между группами II и IV
I	Контроль	12.0 ± 0.58	–	–	–	–
II	Сумма полисахаридов <i>F.kuhistanica</i>	15.2 ± 0.70	26.7	<0.01	–	–
III	Экдистен	19.0 ± 1.5	58.3	<0.002	<0.05	–
IV	Экстракт элеутерококка	15.3 ± 1.0	27.5	<0.02	–	>0.5

Выводы

1. Разработано оптимальное условие получения суммы полисахаридов из вторичных ресурсов наземной части *F. kuhistanica* и показано, что сумму составляют полисахариды с молекулярной массой от 15 до 40 кДа. Основным компонентом в сумме полисахаридов является арабиногалактан.

2. У суммы полисахаридов из *F. kuhistanica* выявляются свойства, характерные для средств с адаптогенным типом действия: коррекция выраженности аларм-реакции у животных в условиях острого стресса, повышение физической работоспособности, проявление защитного действия при отравлении алкоголем, нитропруссидом натрия, гамма-облучении.

3. По своей активности исследуемая сумма полисахаридов, в целом, аналогична экстракту элеутерококка, но уступает в большинстве случаев соответствующему действию экдистена.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова Академии наук Республики Узбекистан. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажите, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Кириченко Е.Е., Сычев И.А., Чекулаева Г.Ю. Исследование противовоспалительной активности полисахарида цветков пижмы обыкновенной // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2012. Т. 20, №3. С. 53–57. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ2012353-57>.
2. Смирнов В.А., Сычев И.А. Изучение противовоспалительного действия полисахаридов донника желтого // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2003. №1-2. С. 23–26.
3. Дроздова И.Л., Бубенчиков Р.А. Состав и противовоспалительная активность полисахаридных комплексов фиалки душистой и мальвы низкой // Химико-фармацевтический журнал. 2005. Т. 39. С. 29–32. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2005-39-4-29-32>.
4. Криштанова Н.А., Сафонова М.Ю., Болотова В.Ц., Павлова Е.Д., Саканян Е.И. Перспективы использования растительных полисахаридов в качестве лечебных и лечебно-профилактических средств // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2005. №1. С. 212–221.
5. Антонцева Е.В., Сорокин С.С., Шаммян М.М., Чефу С.Г., Петрищев Н.Н., Конусова В.Г. Изучение гипогликемического действия полисахаридов гриба *Pleurotus ostreatus* // Вестник МАХ. 2019. №2. С. 72–78. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-72-78>.
6. Краснополянская Л.М., Ярина М.С., Автономова А.В., Усов А.И., Исакова Е.Б., Бухман В.М. Сравнительное изучение противоопухолевой активности полисахаридов из мицелия *Ganoderma lucidum* в опытах *in vivo* // Антибиотики и химиотерапия. 2015. Т. 60. №11-12. С. 23–29.
7. Лопатина К.А., Гурьев А.М., Разина Т.Г., Амосова Е.Н., Крылова С.Г., Шилова Н.В., Зуева Е.П. Действие водорастворимых полисахаридов аира болотного на функциональную активность клеток лимфоузлов в условиях цитостатической терапии перевиваемой опухоли // Сибирский онкологический журнал. 2006. Т. 19. №3. С. 59–63.
8. Rozi P., Abuduwaili A., Mutailifu P., Gao Y., Rakhmanberdyeva R.K., Aisa H.A., Yili A. Sequential extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Fritillaria pallidiflora* Schrenk // Inter. J. of Biol. Macromol. 2019. Vol. 131. Pp. 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.029>.
9. Rakhmanberdyeva R.K., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M., Azizov D.Z., Malikova M.Kh., Ogay D.K. The structure and prebiotic activity of arabinogalactan from *Ferula kuhistanica* // Carbohydr. Res. 2021. Vol. 505. 108342. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108342>.
10. Сыров В.Н., Огай Д.К., Исламова Ж.И., Рахманбердыева Р.К., Хушбакова З.А. О пребиотической активности арабиногалактана, выделенного из Ферулы кухистанской // Теоретическая и клиническая медицина. 2017. №4. С. 49–50.
11. Исламова Ж.И., Огай Д.К., Абраменко О.Н., Лим А.Л., Абдуазимов Б.Б., Маликова М.Х., Рахманбердыева Р.К., Хушбакова З.А., Сыров В.Н. Сравнительная оценка пребиотической активности некоторых пектиновых полисахаридов // Химико-фармацевтический журнал. 2017. Т. 51, №4. С. 41–44. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2017-51-4-41-44>.
12. Rakhmanberdyeva R.K., Zhauynbayeva K.S., Senchenkova S.N., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M. Structure of arabinogalactan and pectin from the *Silybum marianum* // Carbohydr. Res. 2019. Vol. 485. 107797. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107797>.
13. Брехман И.И. Элеутерококк. Л., 1968. 188 с.
14. Яременко К.В. Оптимальное состояние организма и адаптогены. СПб, 2007. 134 с.
15. Халилов Р.М., Маматханова М.А., Маматханов А.У., Назруллаев С.С., Ахмедходжаева Х.С. Получение средства, обладающего эстрогенным действием, из надземной части *Ferula kuhistanica* // Материалы конференции «Создание сырьевых лекарственных ресурсов, субстанций, диагностических, лечебно-профилактических средств и их применение в медицине и ветеринарии». Самарканд, 2008. С. 131–132.
16. Маматханова М.А., Халилов Р.М., Котенко Л.Д., Маматханов А.У. Технология получения куфэстрола из надземной части *Ferula kuhistanica* // Химия и химическая технология. 2017. №3. С. 66–69.
17. Сыров В.Н. Экспериментально-клинические результаты оценки эффективности экдистена как препарата метаболического типа действия // Фармацевтический бюллетень. 2015. №3-4. С. 111–117.
18. Yusupova U.Y., Ramazonov N.Sh., Syrov V.N., Sagdullaev Sh.Sh. Phytoecdysteroids Properties, Biological Activity and Applications. Singapore: Springer, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-6711-4>.

19. Штауб А.М. Методы химии углеводов. М.: Мир, 1967. С. 261–262.
20. Бубенчикова В.Н., Логутев С.В., Редькина С.Н. Стандартизация травы бородавника по содержанию полисахаридов // Научные ведомости, серия Естественные науки. 2011. №9. С. 196–198.
21. Арасимович В.В. Биохимические методы анализа плодов. Кишинев, 1984. 114 с.
22. Дардымов Н.В. Женьшень, элеутерококк (к механизму биологического действия). М., 1976. 184 с.
23. Володин В.В., Сыров В.Н., Хушбакова З.А., Володина С.О. Стресс-протекторное действие экидистероидсодержащей субстанции «Серпистен» // Теоретическая и прикладная экология. 2012. №2. С. 18–24.
24. Бобков Ю.Г., Виноградов В.М., Катков В.Ф., Лосев С.С., Смирнов А.В. Фармакологическая коррекция утомления. М., 1984. 208 с.
25. Буров Ю.В., Жуков В.И. Методы отбора веществ для лечения алкоголизма // Химико-фармацевтический журнал. 1979. №5. С. 42–50.
26. Ратахина Л.В., Пашинский В.Г., Мизина Т.Ю. Адаптогенная активность настоя листьев *Urtica dioica* // Растительные ресурсы. 1993. №1. С. 44–49.

Поступила в редакцию 3 июня 2023 г.

После переработки 8 ноября 2024 г.

Принята к публикации 3 февраля 2025 г.

Syrov V.N., Saidkhodjaeva D.M., Shakhmurova G.A.*^{*}, Rakhmanberdyeva R.K. RESULTS OF THE STUDY OF THE TOTAL POLYSACCHARIDES FROM *FERULA KUHISTANICA* AS AN ADAPTOGENIC MEANS

Institute of Chemistry of Plant Substances named after Academician S.Yu. Yunusov Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbeka st., 77, Tashkent, 100170, Republic of Uzbekistan, shga2065@yandex.ru

From the aerial part of *Ferula kuhistanica*, the sum of polysaccharides was isolated, their physicochemical parameters and monosaccharide composition were determined. The amount of polysaccharides was standardized. In experiments on male mice weighing 18–20 g was found that the extractive preparation of polysaccharides isolated from *Ferula kuhistanica* when administered orally at a dose of 250 mg/kg has a pharmacocorrective effect on the alarm reaction in animals under conditions of acute stress, significantly increases physical performance and quickly relieves fatigue. In addition, the studied preparation of polysaccharides has a protective effect in case of alcohol poisoning, sodium nitroprusside, gamma irradiation. By the direction of its action, the amount of polysaccharides from *F. kuhistanica* resembles the action of known adaptogenic agents: ecdysten (not much inferior to it in activity) and eleutherococcus liquid (extract has a similar effect).

Keywords: *Ferula kuhistanica*, total polysaccharides, arabinogalactans, adaptogenic effect.

For citing: Syrov V.N., Saidkhodjaeva D.M., Shakhmurova G.A., Rakhmanberdyeva R.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 1, pp. 385–392. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250113018>.

References

1. Kirichenko Ye.Ye., Sychev I.A., Chekulayeva G.Yu. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2012, vol. 20, no. 3, pp. 53–57. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ2012353-57>. (in Russ.).
2. Smimov V.A., Sychev I.A. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2003, no. 1-2, pp. 23–26. (in Russ.).
3. Drozdova I.L., Bubenchikov R.A. *Khimiya-farmatsevticheskii zhurnal*, 2005, vol. 39, pp. 29–32. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2005-39-4-29-32>. (in Russ.).
4. Krishtanova N.A., Safonova M.Yu., Bolotova V.Ts., Pavlova Ye.D., Sakanyan Ye.I. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2005, no. 1, pp. 212–221. (in Russ.).
5. Antontseva Ye.V., Sorokin S.S., Shamtsyan M.M., Chetu S.G., Petrishchev N.N., Konusova V.G. *Vestnik MAKh*, 2019, no. 2, pp. 72–78. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-72-78>. (in Russ.).
6. Krasnopol'skaya L.M., Yarina M.S., Avtonomova A.V., Usov A.I., Isakova Ye.B., Bukhman V.M. *Antibiotiki i khimioterapiya*, 2015, vol. 60, no. 11-12, pp. 23–29. (in Russ.).
7. Lopatina K.A., Gur'yev A.M., Razina T.G., Amosova Ye.N., Krylova S.G., Shilova N.V., Zuyeva Ye.P. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal*, 2006, vol. 19, no. 3, pp. 59–63. (in Russ.).
8. Rozi P., Abuduwaili A., Mutailifu P., Gao Y., Rakhmanberdyeva R.K., Aisa H.A., Yili A. *Inter. J. of Biol. Macromol.*, 2019, vol. 131, pp. 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.029>.
9. Rakhmanberdyeva R.K., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M., Azizov D.Z., Malikova M.Kh., Ogay D.K. *Carbohydr. Res.*, 2021, vol. 505, 108342. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108342>.
10. Syrov V.N., Ogay D.K., Islamova ZH.I., Rakhmanberdyeva R.K., Khushbaktova Z.A. *Teoreticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2017, no. 4, pp. 49–50. (in Russ.).

* Corresponding author.

11. Islamova Zh.I., Ogay D.K., Abramenko O.N., Lim A.L., Abduazimov B.B., Malikova M.Kh., Rakhmanberdyeva R.K., Khushbaktova Z.A., Syrov V.N. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2017, vol. 51, no. 4, pp. 41–44. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2017-51-4-41-44>. (in Russ.).
12. Rakhmanberdyeva R.K., Zhaunbayeva K.S., Senchenkova S.N., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M. *Carbohydr. Res.*, 2019, vol. 485, 107797. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107797>.
13. Brekhman I.I. *Eleuterokokk*. [Eleutherococcus]. Leningrad, 1968, 188 p. (in Russ.).
14. Yaremenko K.V. *Optimal'noye sostoyaniye organizma i adaptogeny*. [Optimal state of the body and adaptogens]. St. Petersburg, 2007, 134 p. (in Russ.).
15. Khalilov R.M., Mamatkhanova M.A., Mamatkhanov A.U., Nazrullayev S.S., Akhmedkhodzhaeva Kh.S. *Materialy konferentsii «Sozdaniye syr'yevykh lekarstvennykh resursov, substantsiy, diagnosticheskikh, lecheno-profilakticheskikh sredstv i ikh primeneniye v meditsine i veterinarii»*. [Proceedings of the conference “Creation of raw medicinal resources, substances, diagnostic, therapeutic and prophylactic agents and their use in medicine and veterinary science”]. Samarkand, 2008, pp. 131–132. (in Russ.).
16. Mamatkhanova M.A., Khalilov R.M., Kotenko L.D., Mamatkhanov A.U. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2017, no. 3, pp. 66–69. (in Russ.).
17. Syrov V.N. *Farmatsevticheskiy byulleten'*, 2015, no. 3-4, pp. 111–117. (in Russ.).
18. Yusupova U.Y., Ramazonov N.Sh., Syrov V.N., Sagdullaev Sh.Sh. *Phytoecdysteroids Properties, Biological Activity and Applications*. Singapore: Springer, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-6711-4>.
19. Shtaub A.M. *Metody khimii uglevodov*. [Methods of carbohydrate chemistry]. Moscow, 1967, pp. 261–262. (in Russ.).
20. Bubenichikova B.N., Logutov C.V., Red'kina C.N. *Nauchnyye vedomosti, seriya Yestestvennyye nauki*, 2011, no. 9, pp. 196–198. (in Russ.).
21. Arasimovich V.V. *Biokhimicheskiye metody analiza plodov*. [Biochemical methods of fruit analysis]. Kishinov, 1984, 114 p. (in Russ.).
22. Dardymov N.V. *Zhen'shen', eleuterokokk (k mekhanizmu biologicheskogo deystviya)*. [Ginseng, Eleutherococcus (to the mechanism of biological action)]. Moscow, 1976, 184 p. (in Russ.).
23. Volodin V.V., Syrov V.N., Khushbaktova Z.A., Volodina S.O. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2012, no. 2, pp. 18–24. (in Russ.).
24. Bobkov Yu.G., Vinogradov V.M., Katkov V.F., Losev S.S., Smirnov A.V. *Farmakologicheskaya korrektsiya utomleniya*. [Pharmacological correction of fatigue]. Moscow, 1984, 208 p. (in Russ.).
25. Burov Yu.V., Zhukov V.I. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 1979, no. 5, pp. 42–50. (in Russ.).
26. Ratakhina L.V., Pashinskiy V.G., Mizina T.Yu. *Rastitel'nyye resursy*, 1993, no. 1, pp. 44–49. (in Russ.).

Received June 3, 2023

Revised November 8, 2024

Accepted February 3, 2025

Сведения об авторах

Сыров Владимир Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела фармакологии и токсикологии, Syrov46@inbox.ru

Саидходжаева Дильфуза Миртахировна – младший научный сотрудник отдела фармакологии и токсикологии, diltfuza.saidkhodjaeva@mail.ru

Шахмурова Гульнара Абдуллаевна – доктор биологических наук, профессор, научный сотрудник отдела фармакологии и токсикологии, shga2065@yandex.ru

Рахманбердыева Рано Каримовна – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химии высокомолекулярных растительных веществ, rakhmanberdieva@mail.ru

Information about authors

Syrov Vladimir Nikolaevich – doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher Department of Pharmacology and Toxicology, Syrov46@inbox.ru

Saidkhodjaeva Diltfuza Mirtakhirovna – junior Researcher, Department of Pharmacology and Toxicology, diltfuza.saidkhodjaeva@mail.ru

Shakhmurova Gulnara Abdullaevna – doctor of Biological Sciences, Professor, Researcher, Department of Pharmacology and Toxicology, shga2065@yandex.ru

Rakhmanberdyeva Rano Karimovna – doctor of Chemical Sciences, Leading Researcher Laboratory of Chemistry of High-Molecular Plant Substances, rakhmanberdieva@mail.ru