

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ И ПЛОДОВ СУМАХА ПУШИСТОГО (RHUS TYPHINA L.) И ИХ РОЛЬ В ПРОЯВЛЕНИИ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ

© Попов И.В., Папаяни О.И., Юртаева Е.А., Попова О.И.

Пятигорский медико-фармацевтический институт (ПМФИ) – филиал Волгоградского государственного медицинского университета (ВолгГМУ)

Россия, 357532, Ставропольский край, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

Цель – изучение антибактериальной активности извлечений из листьев и плодов сумаха пушистого.

Материалы и методы. Извлечения листьев и плодов сумаха пушистого, заготовленных в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института, листья – июнь 2023 г.; плоды – конец октября 2022 г. Определение основных групп биологически активных соединений проводили: по методу Фолина-Чокальтеу – дубильные вещества, методом спектрофотометрии – флавоноиды и антоцианы, методом титрования – органические кислоты и аскорбиновая кислота. Для установления антимикробной активности исследуемых извлечений использовали восемь клинических тест-штаммов. Антимикробную активность проводили методом диффузии в агар. Определение чувствительности микроорганизмов к исследуемым извлечениям, используя метод «колодцев».

Результаты. Для листьев сумаха пушистого доминирующими группами биологически активных соединений являются дубильные вещества и флавоноиды. В плодах содержание дубильных веществ меньше, однако отмечается высокое содержание органических кислот и антоцианов. Проведенные скрининговые исследования показали, что полученные извлечения из листьев и плодов сумаха пушистого обладают выраженной антибактериальной активностью. Зоны угнетения роста для всех исследуемых штаммов составили более 10 мм (от 13 мм до 30 мм), что характеризует их активность как высокую.

Заключение. Установлена антимикробная активность в отношении наиболее распространенных возбудителей инфекционных заболеваний: *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*. Полученные химико-аналитические и биологические данные позволяют рассматривать извлечения из листьев и плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina L.*) как потенциальные антимикробные средства.

Ключевые слова: сумах пушистый; анакардиевые; биологически активные соединения; тест-штаммы; антимикробная активность.

Попов Иван Викторович – канд. фарм. наук, доцент кафедры фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов, ПМФИ – филиал ВолгГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0003-5990-0000. E-mail: beegeeslover@mail.ru (автор, ответственный за переписку).

Папаяни Оксана Ивановна – ст. преподаватель кафедры микробиологии и иммунологии, ПМФИ – филиал ВолгГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0001-6645-7263. E-mail: ksuxa011@yandex.ru

Юртаева Екатерина Алексеевна – канд. фарм. наук, доцент кафедры микробиологии и иммунологии, ПМФИ – филиал ВолгГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0002-1639-1881. E-mail: tyrkova.katerina@yandex.ru

Попова Ольга Ивановна – д-р фарм. наук, профессор, профессор кафедры фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов, ПМФИ – филиал ВолгГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0001-5610-4588. E-mail: beegeeslover@mail.ru

Современный человек живет в тесном контакте с микробами и нередко мирно сосуществует с ними. Вместе с тем имеется большое число микроорганизмов, являющихся «облигатными», или абсолютно патогенными. Известны также условно-патогенные микроорганизмы, которые могут провоцировать заболевания человека в результате снижения иммунитета. Этому способствуют переохлаждение, значительная кровопотеря, соматические заболевания и другие факторы. Возрастанию роли условно-патогенных микроорганизмов в инфекционной патологии способствовало широкое, иногда необоснованное и неправильное использование антибиотиков, спровоцировавшее нарушение баланса между представителями нормальной микрофлоры организма и развития у микроорганизмов устойчивости к антимикробным пре-

паратам [1]. В литературе представлены сведения, что у условно-патогенных микроорганизмов имеется природная и приобретенная устойчивость к антимикробным препаратам, характерная не только для условно-патогенных, но и для «облигатных» микроорганизмов [2-5]. В связи с вышеизложенным очевиден научный интерес и необходимость поиска альтернативных средств для борьбы с инфекциями [6, 7]. Наше внимание привлекли представители рода сумах (*Rhus*) семейства анакардиевые (*Anacardiaceae*), в листьях которых накапливаются дубильные вещества, флавоноиды и другие фенольные соединения, обладающие антимикробной и противовоспалительной активностью [8-10]. Ранее в СССР листья сумаха дубильного (*Rhus coriaria L.*) использовались как промышленный источник танина, так как в них

может накапливаться от 25 до 35% дубильных веществ (танинов). Следует указать, что сумах дубильный не отличается зимостойкостью, основные его места произрастания и культивирования расположены в Закавказье и некоторых районах Средней Азии, защищенных от вторжения холодных ветров [11]. С распадом СССР сырьевая база листьев сумаха дубильного фактически оказалась утрачена. Внедрение в отечественную медицинскую практику ранее не используемых видов лекарственного растительного сырья (ЛРС), продуктов его переработки, расширение номенклатуры фитопрепаратов требует учитывать современные «омиксные» технологии, включающие метаболомный уровень изучения низкомолекулярных соединений, являющихся продуктами биохимических преобразований [12, 13]. При этом важное значение для получения фитопрепаратов имеет наличие стабильной сырьевой базы. На сегодняшний день единственным видом рода *Rhus*, успешно акклиматизированным в Европейской части России, является сумах пушистый (оленерогий) – *Rhus typhina* L. Это листопадное дерево происходит из восточных областей Северной Америки: от канадской провинции Онтарио до севера Флориды [14, 15]. Сумах пушистый отличается хорошей зимостойкостью, имеет раскидистую крону, несущую множество непарноперисто-сложных листьев. Также растение ежегодно дает достаточную биомассу плодов – костянок, собранных в большие характерные коносовидные соплодия, сохраняющихся на деревьях на протяжении осени и зимы. Растение устойчиво к неблагоприятным воздействиям окружающей среды [16]. Данный вид выращивается в течение нескольких десятилетий в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института (ПМФИ). Его можно встретить в парках, скверах, лесных насаждениях (лесополосах) ряда районов Северного Кавказа. Листья и плоды *Rhus typhina*, а также другие части растения используются в народной медицине коренных народов Северной Америки. Их применяют при геморрое, диарее, для лечения язв, фурункулов. Листья в составе курительных смесей – при заболеваниях легких, а плоды (в виде настоя) как тонизирующее, а также очищающее кровь [17-20]. Ранее нами проведены фармакогностические исследования листьев и плодов сумаха пушистого, включающие качественное и количественное определение таких вторичных метаболитов, как дубильные вещества и другие окисляемые продукты, флавоноиды, фенолкарбоновые и органические кислоты [21, 22]. Целью исследования явилось изучение антибактериальной активности извлечений из листьев и плодов сумаха пушистого.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования – извлечения листьев и плодов сумаха пушистого. Сыре заготавливали в ботаническом саду ПМФИ, листья – в фазу полного формирования листовой пластиинки – июнь 2023 г.; плоды – в фазу созревания – конец октября 2022 г. Сушка образцов сырья воздушно-теневая. Влажность определяли методом высушивания по ГФ XIV [23].

Проводили количественное определение основных групп биологически активных соединений (БАС) листьев и плодов сумаха пушистого:

Дубильные вещества – по методу Фолина-Чокальтеу [21].

Флавоноиды, антоцианы – методом спектрофотометрии [24, 25].

Органические кислоты и аскорбиновую кислоту – методом титрования по ГФ РФ XIV издания [23].

Для изучения антимикробной активности исследуемых образцов сырья получали извлечения по технологии настойки (1:5) спиртом этиловым 40% и 70%. Использовали метод однократной мацерации: высушенное сырье измельчали до размеров частиц 1 мм, помещали в склянку темного стекла, приливали экстрагент – 1 массовая доля сырья – 5 массовых долей экстрагента, склянку плотно укупоривали крышкой, помещали в темное место, без доступа света, настаивали в течение 7 суток. Полученные извлечения хранили в темном месте.

Было получено 4 образца извлечений: образец 1 – листья, спирт этиловый 40%; образец 2 – листья, спирт этиловый 70%; образец 3 – плоды, спирт этиловый 40%; образец 4 – плоды, спирт этиловый 70%.

Для установления антимикробной активности полученных извлечений использовали следующие клинические штаммы: *Escherichia coli* 19, *Salmonella enterica* 14, *Proteus mirabilis* II, *Klebsiella pneumoniae* 1.1, *Shigella flexneri* 16, *Pseudomonas aeruginosa* 22 (выделены из кишечника), *Staphylococcus aureus* 31, *Streptococcus pyogenes* 32 (выделены из зева).

Тест-штаммы микроорганизмов любезно предоставлены сотрудниками лаборатории микробиологии ФГБУ НИИ по изучению лепры Минздрава России г. Астрахани.

При выборе тест-штаммов ориентировались на то, что данные штаммы являются возбудителями известных инфекционных заболеваний, часто имеющих тяжелые последствия для организма человека.

Escherichia coli – острые кишечные расстройства, иногда – развитие холецистита, менингита, сепсиса.

Salmonella enterica – брюшной тиф, пищевое отравление, сальмонеллез, гастроэнтерит, кишечная лихорадка и др.

Proteus mirabilis – нозокомиальные инфекции: пневмония; интраабдоминальные, а также инфекции кожи и мягких тканей.

Klebsiella pneumoniae – пневмония, сепсис, абсцессы в печени, инфекции мочевыводящих путей, бактериемия, менингит.

Shigella flexneri – возбудитель бактериальной дизентерии.

Pseudomonas aeruginosa – поражение респираторного тракта с образованием «биологических пленок», для острого течения – бактериемия и поражение внутренних органов.

Staphylococcus aureus – более 60% стафилококковых инфекций, может поражать любые органы; инфекции кожи, пневмония, эндокардит и остеомиелит.

Streptococcus pyogenes – множество заболеваний, включая фарингит, пневмонию, инфекции ран и кожи, сепсис и эндокардит [26, 27].

Антимикробную активность исследуемых извлечений изучали в соответствии с требованиями ГФ XIV *in vitro* методом диффузии в агар. Определение чувствительности микроорганизмов к исследуемым извлечениям проводили, используя метод «колодцев» [23].

Для культивирования микроорганизмов использовали наборы коммерческих реагентов (питательные среды): мясопептонный бульон, среда АГВ (ООО «НИЦФ Санкт-Петербург», Россия).

Инокулят тест-штаммов готовили из суточной культуры, выращенной в мясопептонном бульоне. Полученные культуры центрифугировали, отмывали физиологическим раствором и отбирали надосадочную жидкость. Из полученного осадка готовили разведение по шкале мутности 0,5 McFarland. Затем чашки Петри, заполненные средой АГВ (агар Гивенталя–Ведьминой, для постановки антибактериальной активности методом дисков) – 20 мл на одну чашку, засевали методом «газона» тампоном, смоченным в растворе тест-культур, подсушивали в термостате в течение 30 минут. Сверлом (d=6 мм) пробуривали отверстия («колодцы») на расстоянии 2,5 см от центра чашки Петри и на одинаковых дистанциях от друга расстояниях. Полученные «колодцы» заполняли исследуемыми объектами в объеме 0,05 мл. Чашки Петри помещали в термостат при температуре 37°C на 18–24 часа. Проводили подсчет диаметра зон задержки роста вокруг исследуемых объектов («колодца», включая сам «колодец»).

В качестве объектов сравнения использовали экстрагент, применяемый для получения исследуемых извлечений: спирт этиловый 40% и 70%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты количественного содержания основных групп БАС в листьях и плодах сумаха пушистого приведены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Количественное содержание основных групп биологически активных соединений в листьях и плодах сумаха пушистого

Quantitative content of the main groups of biologically active compounds in the leaves and fruits of downy sumac

Группа биологически активных соединений A group of bioactive compounds	Листья сумаха пушистого Leaves of staghorn sumac	Плоды сумаха пушистого Fruits of staghorn sumac
Дубильные вещества (в пересчете на кислоту галловую) Tannins (in terms of gallic acid)	22.11±0.08%	10.04±0.17%
Флавоноиды (в пересчете на рутин) Flavonoids (in terms of rutin)	2.04±0.05%	1.96±0.05%
Антоцианы (в пересчете на цианидин-3-гликозид) Anthocyanins (in terms of cyanidin-3-glycoside)	0.007%	0.52±0.03%
Органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту) Organic acids (in terms of malic acid)	0.23±0.02%	6.37±0.15%
Аскорбиновая кислота Ascorbic acid	0.032±0.002%	0.76±0.02%

Из данных таблицы следует, что для листьев сумаха пушистого доминирующими группами БАС являются дубильные вещества и флавоноиды; органические кислоты и антоцианы имеют следовые значения.

В плодах сумаха пушистого содержание дубильных веществ вдвое меньше, чем в листьях. При этом отмечается высокое содержание органических кислот и антоцианов. Также по содержанию аскорбиновой кислоты плоды значительно превосходят листья. Содержание флавоноидов сопоставимо с таковым в листьях.

Таким образом, по содержанию основных групп БАС несмотря на более низкое содержание дубильных веществ в целом комплекс БАС плодов более богатый.

В извлечениях исследуемых объектов хроматографическими методами (ТСХ, ВЭЖХ) идентифицированы флавоноиды (катехин, эпикатехин, налингенин, кверцетин, рутин, гиперозид, мирицитрин), фенолкарбоновые кислоты (галловая, кофейная, хлорогеновая, феруловая), дубильные вещества (эпигаллокатехин, эпигаллокатехингаллат, танин), органические кислоты (аскорбиновая, щавелевая, винная, лимонная, яблочная).

Результаты определения antimикробной активности извлечений сумаха пушистого отражены в таблице 2.

Проведенные с помощью метода «колодцев» скрининговые исследования показали, что полученные извлечения из листьев и плодов сумаха пушистого обладают выраженной антибактериальной активностью. Зоны угнетения роста для всех исследуемых штаммов составили более 10 мм, что характеризует их активность как высокую.

В целом извлечения из сумаха пушистого можно охарактеризовать как обладающие поливалентным действием, способные оказывать широкий спектр antimикробной активности.

Однако следует указать на индивидуальные особенности для каждого образца извлечения и для каждой тест-культуры.

Антибактериальная активность (диаметр зоны угнетения) в отношении исследуемых тест-культур находится в интервале от 13,0 мм (минимальный показатель) до 30 мм (максимальный показатель).

Для образца 1 (листья сумаха пушистого, спирт этиловый 40%) среднее значение по 8 тест-культурам составило 17,25 мм; для образца 2 (листья сумаха пушистого, спирт этиловый 70%) – 15,875 мм; для образца 3 (плоды сумаха пушистого, спирт этиловый 40%) – 22,375 мм; для образца 4 (плоды сумаха пушистого, спирт этиловый 40%) – 20,25 мм.

Таблица 2
Table 2

Антимикробная активность извлечений сумаха пушистого
Antimicrobial Activity of Downy Sumac Extracts

Тест-штамм Test strain	Размер диаметра зоны угнетения роста, мм Diameter of the growth inhibition zone, mm			
	Образец 1 Sample 1	Образец 2 Sample 2	Образец 3 Sample 3	Образец 4 Sample 4
<i>Escherichia coli</i> 19	17	13	15	15
<i>Salmonella enterica</i> 14	16	13	14	14
<i>Proteus mirabilis</i> II	18	20	25	24
<i>Klebsiella pneumoniae</i> 1.1	18	20	25	25
<i>Shigella flexneri</i> 16	18	14	23	15
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 22	16	16	22	26
<i>Staphylococcus aureus</i> 31	18	16	25	24
<i>Streptococcus pyogenes</i> 32	17	15	30	19

Примечание: образец 1 – листья сумаха пушистого, спирт этиловый 40%; образец 2 – листья сумаха пушистого, спирт этиловый 70%; образец 3 – плоды сумаха пушистого, спирт этиловый 40%; образец 4 – плоды сумаха пушистого, спирт этиловый 70%. Соотношения между степенью чувствительности к антибактериальному компоненту и размером диаметра зоны угнетения роста: более 10 мм – высокая активность; 10 мм – умеренная активность; менее 10 мм – отсутствие активности.

Note: Sample 1 – fluffy sumac leaves, ethyl alcohol 40%; Sample 2 – fluffy sumac leaves, ethyl alcohol 70%; Sample 3 – fluffy sumac fruits, ethyl alcohol 40%; Sample 4 – fluffy sumac fruits, ethyl alcohol 70%. The ratio between the degree of sensitivity to the antibacterial component and the size of the diameter of the growth inhibition zone: more than 10 mm – high activity; 10 mm – moderate activity; less than 10 mm – lack of activity.

По способности подавлять тест-культуры выстраивается следующая схема:

Образец 3 → Образец 4 → Образец 1 → Образец 2.

Для всех образцов извлечений наибольшая антимикробная активность проявляется в отношении *Klebsiella pneumoniae* 1.1 (средний показатель 22,0 мм) и *Proteus mirabilis* II (средний показатель 21,75 мм).

Наименьшая антимикробная активность – в отношении *Salmonella enterica* 14 (средний показатель 14,25 мм) и *Escherichia coli* 19 (средний показатель 15,0 мм).

Следует отметить, что образец 3 показал наибольшую антимикробную активность в отношении *Streptococcus pyogenes* 32, равную 30 мм, и значительно превышающую антимикробную активность других образцов (15-19 мм). В то же время в отношении *Pseudomonas aeruginosa* 22 образец 3 уступает по антимикробной активности образцу 4 – 22 мм и 26 мм соответственно.

Извлечения из плодов сумаха пушистого по антимикробной активности в среднем превосходят извлечения из листьев сумаха пушистого (зоны угнетения на 4-5 мм больше), что, возможно, связано с накоплением в плодах групп БАС, обладающих антимикробными свойствами, которые в листьях накапливаются в меньших количествах. К таким БАС можно отнести органические кислоты и, в частности, аскорбиновую кислоту, которых согласно проведенным ранее исследованиям в плодах сумаха пушистого накапливается достаточное количество.

Более высокая антимикробная активность извлечений, полученных спиртом этиловым 40%, в сравнении с извлечениями, полученными спиртом этиловым 70%, объясняется тем, что биологически активные соединения сумаха пушистого, проявляющие антимикробную активность, в большей степени гидрофильны и лучше переходят в спиртовое извлечение с меньшей концентрацией спирта этилового. К таким соединениям можно отнести танины и органические кислоты.

На основании полученных данных следует отметить, что наиболее перспективными в отношении различных патогенных штаммов возбудителей являются 40% спиртовое и немного в меньшей степени 70% спиртовое извлечения из плодов сумаха пушистого.

Учитывая, что сумах пушистый – листопадное дерево, ежегодно дающее достаточную фито-массу плодов, при разработке новых эффективных лекарственных растительных препаратов с антимикробной активностью рационально использовать плоды сумаха пушистого.

Таким образом, установлено, что спиртовые извлечения из листьев сумаха пушистого проявляют умеренную либо выраженную антимикробную активность в отношении наиболее распространенных возбудителей инфекционных заболеваний: *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*.

Извлечения из плодов сумаха пушистого возможно рекомендовать при лечении инфекционных патологий, вызванных штаммами *Klebsiella pneumoniae* и *Proteus mirabilis* – в первую очередь это касается пневмоний.

Как было указано ранее, *Klebsiella pneumoniae* имеет высокую резистентность к антибиотикам. Поэтому в качестве альтернативы при лечении патологий, вызванных вышеуказанным штаммом, в случае развития резистентности к антибиотикам и невозможности оперативно создать бактерицидный эффект целесообразно использование извлечений из плодов сумаха пушистого.

Полученные в результате проведенных экспериментов химико-аналитические и биологические данные позволяют рассматривать исследуемые извлечения из листьев и плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina* L.) как потенциальные антимикробные средства для борьбы с различными инфекциями.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Попов И.В. – анализ литературы, планирование исследования, сбор данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка черновика рукописи; Папаяни О.И. – анализ литературы, сбор данных, подготовка черновика рукописи; Юртаева Е.А. – анализ литературы, сбор данных, подготовка черновика рукописи; Попова О.И. – разработка концепции и дизайна, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение для публикации рукописи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Фриго Н.В. Микробиология против инфекций. *Медицинский Вестник*. 2015;31(716):18 [Frigo N.B. Microbiology against infections. *Meditinskij Vestnik*. 2015;31(716):18 (in Russ.)]
2. Radulovic N.S., Blagojevic P.D., Stojanovic-Radic Z.Z., Stojanovic N.M. Antimicrobial plant metabolites:

- structural diversity and mechanism of action. *Current Medicinal Chemistry*. 2013;20(7):932–952. DOI: 10.2174/092986713805219136.
3. Schilcher K, Horswill AR. Staphylococcal Biofilm Development: Structure, Regulation, and Treatment Strategies. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2020;84(3):e00026-00019. DOI: 10.1128/MMBR.00026-19.
4. Borges A., Ferreira C, Saavedra M.J., Simoes M. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microb Drug Resist*. 2013; 19(4):256–265. DOI: 10.1089/mdr.2012.0244.
5. Fraga C.G., Croft K.D., Kennedy D.O., Tomas-Barberan F.A. The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food and Function*. 2019;10:514–528. DOI: 10.1039/c8fo01997e.
6. Smejkal K., Rjasková V. Use of the plant extracts as an effect alternative therapy of respiratory tract infections. *Ceska a Slovenska Farmacie*. 2016;65: 139–160.
7. Bisht G., Singh A.K., Kumar A., Kumar P. A review of phytoconstituents as antibacterial agents. *Natural Products Journal*. 2023;13(5):39–56. DOI: 10.2174/2210315512666220804111049.
8. Mohamea Khalil M.K. Antimicrobial property of *Rhus coriaria* seeds [Sumach]. *Journal of King Saud University*. 2010;8:257–267.
9. Abu-Shanab B. et al. Antibacterial activity of *Rhus coriaria* L. Extract growing in Palestine. *Journal of the Islamic University of Gaza (Natural Sciences Series)*. 2005;13:147–153.
10. Alsamri H., Athamneh K., Pintus G., Eid A.H., Iratni R. Pharmacological and Antioxidant Activities of *Rhus coriaria* L. (Sumac). *Antioxidants (Basel)*. 2021;10(1):73. DOI: 10.3390/antiox10010073.
11. Зияйтдинов Ж.Ф., Ощепкова Ю.И., Абдулладжанова Н.Г., Салихов Ш.И. Структура полифенолов листьев сумаха дубильного *Rhus coriaria* L. *Химия растительного сырья*. 2020;(1):133–140 [Ziyavitzdinov Zh.F., Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. Structure of polyphenols of leaves tanning sumac *Rhus coriaria* L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2020;(1):133–140 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2020016316. EDN: FREIV.
12. Rutledge J., Oh H., Wyss-Coray T. Measuring biological age using omics data. *Nature Reviews Genet*. 2022;23(12):715–727. DOI: 10.1038/s41576-022-00511-7.
13. de la Iglesia R., Milagro F.I., Campion J., Boque N., Martinez J.A. Healthy properties of proanthocyanidins. *Bio-Factors*. 2010;36(3):159–168. DOI: 10.1002/biof.79.
14. Wei Z.P., Liu J.J. *Rhus typhina*, a good tree species for protection forest. *Protection Forest Science and Technology*. 2001;3:81.
15. Wang S., Zhu F. Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*). *Food Chemistry*. 2017;237:431–443. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
16. Yuan Y., Guo W., Ding W., Luo Y., Wang R., Du N., Liu J., Xu F. Competitive interaction between the exotic plant *Rhus typhina* L. and the native three *Quercus acutissima* Carr. in Northern China under different soil N:P ratios. *Plant and Soil*. 2013;372(1-2): 389–400. DOI: 10.1007/s11104-013-1748-3.
17. Dzhygan O.P., Mylnikova O.A., Zaitseva I.A. The effect of vehicle exhaust emissions on morphometric and physiological characteristics of *Rhus typhina*. *Biosystems Diversity*. 2018;26(3):250–254. DOI: 10.15421/011838.
18. Kossah R., Zhang H., Chen W. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract. *Food Control*. 2011;22(1):128–132. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.06.002.
19. Olchowik E., Sciepuk A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. Antioxidant capacities of polyphenols from Sumac (*Rhus typhina* L.) leaves in protection of erythrocytes against oxidative damage. *Biomedicine and Preventive Nutrition*. 2012;2(2):99–105. DOI: 10.1016/j.bionut.2011.06.008.
20. Qiu D.R., Wang D.C., Yang S.X., Zhang Y.M., Zhang M.Z., Sun J.Z., Cong J., Guo J., et al. Chemical constituents from the fruits of *Rhus typhina* L. and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2016;69:261–265. DOI: 10.1016/j.bse.2016.10.011.
21. Леонова В.Н., Попов И.В., Попова О.И., Зайцев В.П. Количественное определение суммы фенольных соединений в плодах *Rhus typhina* (L.). *Химия растительного сырья*. 2019;(1):225–232 [Leonova V.N., Popov I.V., Popova O.I., Zaitsev V.P. Quantitative determination of the sum of phenolic compounds in fruit of *Rhus typhina* (L.). *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2019;(1):225–232 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2019014038. EDN: ETAVHC.
22. Попов И.В., Леонова В.Н., Попова О.И. Органические кислоты плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina* L.). *Химия растительного сырья*. 2023;(3):201–209 [Popov I.V., Leonova V.N., Popova O.I. Organic acids of the fruits of staghorn sumac (*Rhus typhina* L.). *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2023;(3):201–209 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.20230311734. EDN: LMXYBH.
23. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Том I. Федеральная электронная медицинская библиотека. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition. Vol. I. Federal'naya elektronnaya meditsinskaya biblioteka (in Russ.)]. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopeia.php>.
24. Попов И.В., Чумакова В.В., Попова О.И., Чумаков В.Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае. *Химия растительного сырья*. 2019;(4):163–172 [Popov I.V., Chumakova V.V., Popova O.I., Chumakov V.F. Biologically active substances exhibiting antioxidant activity, some representatives of the Lamiaceae family cultivated in the Stavropol Region. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2019;(4):163–172 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2019045200. EDN: ULYWBC.
25. Токсырова З.М., Попов И.В., Попова О.И. Исследование фенольных соединений листьев и побегов розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), интродуцированного в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического ин-

- ститута. *Химия растительного сырья*. 2018;(3): 199–207 [Tokhsirova Z.M., Popov I.V., Popova O.I. The study of phenolic compounds the leaves and shoots of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), introduced in botanical garden of Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2018;(3):199–207 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2018033733. EDN: YABUXZ.
26. Zhang Y.M., Rock C.O. Evaluation of epigallocatechin gallate and related plant polyphenols as inhibitors of the FabG and FabI reductases of bacterial type II fatty-acid synthase. *J Biol Chem.* 2004;279(30): 30994–31001. DOI: 10.1074/jbc.M403697200.
27. Азнабаева Л.М., Михайлова Е.А., Жеребятыева О.О., Киргизова С.Б., Миронов А.Ю., Коваленко А.Л., Таликова Е.В. Новый подход к санации резидентных стафилококковых бактерионосите-
- лей с позиции фармакологической коррекции микросимбиоценоза. *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2023;86(7):36–40 [Aznabaeva L.M., Mikhailova E.A., Zherebyatueva O.O., Kirgizova S.B., Mironov A.Yu., Kovalenko A.L., Tali-kova E.V. A new approach to the treatment of resident staphylococcal bacterial carries from the stand-point of pharmacological correction of microsymbio-cenosis. *Experimental and clinical pharmacology*. 2023;86(7):36–40 (in Russ.)]. DOI: 10.30906/0869-2092-2023-86-7-36-40. EDN: FFENNN.

Для цитирования: Попов И.В., Папаяни О.И., Юртаева Е.А., Попова О.И. Биологически активные соединения листьев и плодов сумаха пушистого (*Rhus typhina* L.) и их роль в проявлении антимикробной активности. *Человек и его здоровье*. 2024;27(4):57–64. DOI: 10.21626/vestnik/2024-4/06. EDN: SSIMRN.

Поступила в редакцию 02.02.2024

Подписана в печать 25.12.2024

BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF LEAVES AND FRUITS OF STAGHORN SUMAC (RHUS TYPHINA L.) AND THEIR ROLE IN THE MANIFESTATION OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY

© Popov I.V., Papayani O.I., Yurtaeva E.A., Popova O.I.

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University (PMPI – branch of VolgSMU)

11, Kalinin Ave., Pyatigorsk, Stavropol krai, 357500, Russian Federation

Objective – study of the antibacterial activity of extracts from leaves and fruits of staghorn sumac.

Materials and methods. Extraction of leaves and fruits of staghorn sumac harvested in the Botanical Garden of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, leaves – June 2023; fruits – end of October 2022. Determination of the main groups of biologically active compounds was carried out: tannins by the Folin-Chocalteu method, flavonoids and anthocyanins by spectrophotometry, organic acids and ascorbic acid by titration. To establish the antimicrobial activity of the studied extracts, eight clinical test strains were used. Antimicrobial activity was carried out by diffusion into agar. Determination of the sensitivity of microorganisms to the extractions under study using the "well" method.

Results. For staghorn sumac leaves, the dominant groups of bioactive compounds are tannins and flavonoids. The fruit has a lower content of tannins, but there is a high content of organic acids and anthocyanins. Screening studies have shown that extracts from the leaves and fruits of staghorn sumac have a pronounced antibacterial activity. Growth inhibition zones for all studied strains were more than 10 mm (from 13 mm to 30 mm), which characterizes their activity as high.

Conclusion. Antimicrobial activity against the most common pathogens of infectious diseases has been established: *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*. The obtained chemical, analytical and biological data allow us to consider extracts from the leaves and fruits of staghorn sumac (*Rhus typhina L.*) as potential antimicrobial agents.

Keywords: staghorn sumac; Anacardiaceae; biologically active compounds; test strains; antimicrobial activity.

Popov Ivan V. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor at the Department of Pharmacognosy, Botany and Technology of Phytopreparations, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-5990-0000. E-mail: beegeslover@mail.ru (corresponding author)

Papayani Oksana I. – Senior lecturer at the Department of Microbiology and Immunology, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-6645-7263. E-mail: ksuxa011@yandex.ru

Yurtaeva Ekaterina A. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor at the Department of Microbiology and Immunology, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-1639-1881. E-mail: tyrkova.katerina@yandex.ru

Popova Olga I. – Dr. Sci. (Pharm.), Professor at the Department of Pharmacognosy, Botany and Technology of Phytopreparations, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-5610-4588. E-mail: beegeslover@mail.ru

CONFLICT OF INTEREST

The author declares 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.

AUTHORS CONTRIBUTION

Popov I.V. – literature analysis, research planning, data collection, analysis and interpretation of the data obtained, preparation of a draft manuscript; Papayani O.I. – literature analysis, data collection, preparation of a draft manuscript; Yurtaeva E.A. – literature analysis, data collection, preparation of a draft manuscript; Popova O.I. – development concepts and design, verification of critical intellectual content, final approval for publication of the manuscript.

Received 02.02.2024

Accepted 25.12.2024

For citation: Popov I.V., Papayani O.I., Yurtaeva E.A., Popova O.I. Biologically active compounds of leaves and fruits of staghorn sumac (*Rhus typhina L.*) and their role in the manifestation of antimicrobial activity. *Humans and their health*. 2024;27(4):57–64. DOI: 10.21626/hestnik/2024-3/06. EDN: SSIMRN.