
**КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ**

УДК 577.13:582.71

**ЦЕННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА
ВИДОВ *SPIRAEA* (ROSACEAE) В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**© 2019 г. Т. И. Ширшова¹, *, А. Н. Смирнова¹, И. В. Бешлей¹, К. Г. Уфимцев¹¹Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

*e-mail: shirshova@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 19.06.2019 г.

После доработки 10.07.2019 г.

Принята к публикации 28.08.2019 г.

Проведены исследования экстрактов листьев и соцветий семи видов рода *Spiraea* L. из коллекции Ботанического сада Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИБ Коми НЦ УрО РАН) и природной популяции на содержание биологически активных веществ трех групп: нейтральных липидов, сквалена, сапонинов. Наиболее высокое содержание нейтральных липидов обнаружено в листьях *S. media*, а также *S. corymbosa* и *S. betulifolia*. Содержание сквалена в листьях и соцветиях всех образцов незначительно, более высокое обнаружено в листьях *S. salicifolia* и соцветиях *S. media* из природной популяции. В растениях большинства видов (*S. humilis*, *S. breauverdiana*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. media*) максимальное суммарное содержание экстрактивных веществ, содержащих сапонины, обнаружено в соцветиях (от 1.8 до 8.1% сухой массы), самое высокое содержание найдено в соцветиях *S. corymbosa* (8.1%) и в листьях и соцветиях *S. betulifolia* (7.1 и 7.2% соответственно).

Ключевые слова: *Spiraea*, нейтральные липиды, сквален, сапонины

DOI: 10.1134/S0033994619040125

Род спирея *Spiraea* L. относится к семейству розоцветных Rosaceae и насчитывает около 100 видов, которые в последнее время вызывают возрастающий интерес как растения с богатым набором биологически активных веществ, проявляющих высокую антиоксидантную активность [1], используемые в народной медицине и имеющие большой ресурсный потенциал [2]. Виды рода спирея *Spiraea* – листопадные быстрорастущие кустарники, нетребовательные к почвенным условиям. Они зимостойки, цветут с ранней весны до конца лета, сохраняя декоративность долгие годы, хорошо адаптируются к городской среде [3, 4] и могут успешно выращиваться в северных регионах России [5, 6]. Во флоре умеренной зоны Северного полушария насчитывается около 90–100 видов *Spiraea* [7, 8], во флоре Республики Коми встречается только один вид – спирея средняя *Spiraea media* [9]. В дендрарии Ботанического сада ИБ Коми НЦ УрО РАН собрана коллекция родового комплекса *Spiraea*, включающая более 40 видов, форм и сортов разного географического происхождения и возраста.

В последнее десятилетие появилось большое число публикаций, посвященных изучению биологически активных веществ в растениях рода *Spiraea* Дальнего Востока России, среди которых лидируют исследования фенольных соединений. В видах дальневосточной спиреи обнаружены фенольные соединения с высокой биологической активностью: флавонолы, флавоны, флаваны, фенолкарбоновые кислоты [1, 10, 11].

Биологическая активность экстрактов некоторых видов рода *Spiraea* достаточно хорошо изучена. Обнаружена противоопухолевая активность флаванов [12], антимикробная и фитотоксическая активность, связанная с наличием производных фенолкарбоновых кислот [13]. В китайской медицине спиреи применяются как лекарственные растения с анальгетическими, жаропонижающими и противовоспалительными свойствами [14]. Из корней *S. japonica* китайскими учеными были выделены три новых дитерпеновых алкалоида [15].

В научной литературе упоминается о найденных в различных органах *Spiraea* сапонинов [1, 16], однако конкретных сведений о структуре этих соединений нам обнаружить не удалось. Как правило, авторы ссылаются на работу А.И. Шретера “Лекарственная флора советского Дальнего Востока” [16], в которой приведена весьма скудная информация об обнаружении в корнях спиреи иволистной следов сапонинов, а в олиственных ветвях спиреи шелковистой – сапонинов с гемолитическим индексом 2500. В работе В.А. Костиковой и Т.М. Шалдаевой приводится количественное содержание сапонинов в листьях (0.5–3.1%) и соцветиях (0.7–5.1%) девяти видов рода *Spiraea* L., произрастающих на территории Дальнего Востока России, других сведений в работе не приведено [1]. Нет сведений и о содержании таких важных биологически активных веществ, как нейтральные липиды и сквален.

Цель настоящей работы – исследование содержания трех групп биологически активных веществ (нейтральных липидов, сквалена, сапонинов) в листьях и соцветиях семи видов рода *Spiraea* из коллекции Ботанического сада ИБ Коми НЦ УрО РАН и природной популяции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – культивируемые в дендрарии Ботанического сада ИБ Коми НЦ УрО РАН растения рода *Spiraea* 7 видов. Все изученные виды представлены многолетними экземплярами генеративного возраста (табл. 1). Описания видов в тексте приведены по секциям рода – *Chamaedrion* Ser., *Calospira* C. Koch. и *Spiraria* Ser. [7], в пределах секции латинские названия даны по алфавиту. Растительный материал для биохимического анализа собирали в 2018 г., в фазе массового цветения. В сухую погоду срезали верхушки побегов (листья и соцветия), сушили под навесом в отсутствие солнечного света. Для сравнительного изучения проанализировали побеги растений местного вида *S. media*, собранные летом 2018 г. в фазе массового цветения в природной популяции – на левом берегу верхнего течения реки Вычегда, в Усть-Куломском районе Республики Коми, который относится к подзоне средней тайги.

Липидные фракции извлекали трехкратной экстракцией гексаном при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Гексановые экстракты объединяли, фильтровали через складчатый фильтр и упаривали в вакууме при $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до полного удаления растворителя. Определяли массу полученных маслообразных остатков гравиметрическим методом (табл. 2). Качественный состав полученных нейтральных липидов (НЛ) определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинах “Sorbfil” (Россия, тип сорбента – силикагель ОТХ-1ВЭ, толщина слоя 100 мкм, тип подложки ПЭТФ, размер пластин 10×10 см), используя систему растворителей гексан–диэтиловый эфир–ледяная уксусная кислота в объемных отношениях 73 : 25 : 5. Обнаружение компонентов НЛ осуществляли обработкой высушенных пластин 10%-ным раствором фосфорно-молибденовой кислоты (ФМК) в метаноле с последующим нагреванием при $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до появления темно-синих пятен. В качестве стандартов для идентификации НЛ использовали Lipid Standard, Sigma (Швейцария), содержащий: холестерин, олеат холестерина, олеиновую кислоту (C 18 : 1, cis-9), метиловый эфир олеиновой кислоты (C 18 : 1, cis-9), триолеин.

Таблица 1. Описание образцов видов рода *Spiraea*
Table 1. Description of samples of *Spiraea* species

Виды Species	Природный ареал вида Natural distribution area	Происхождение исходного образца Provenance of the sample source plant	Дата сбора материала, фенофаза Date of sample collection, phenological phase
Секция <i>Chamaedrion</i> <i>Chamaedrion</i> sect.			
<i>Spiraea media</i> Спирея средняя	Европейская часть России (Республика Коми), Сибирь, Средняя Азия, Дальний Восток European part of Russia (Republic of Komi), Siberia, Middle Asia, Far East	1938 г., местная флора, Сыктывдинский район Республики Коми (саженцы) 1938, local flora, Syktyvдин district of the Republic of Komi (nursery transplants)	22.06.2018 Массовое цветение Mass flowering
<i>S. media</i> С. средняя	»	»	02.07.2018 Конец цветения End of flowering
<i>S. media</i> С. средняя	»	Природная популяция, Усть-Куломский район Республики Коми Natural population, Ust-Kulom district of the Republic of Komi	30.06.2018 Массовое цветение Mass flowering
Секция <i>Calospira</i> <i>Calospira</i> sect.			
<i>S. beauverdiana</i> С. Бовера	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Восточная Азия, Северная Америка East Siberia, Far East, East Asia, North America	1975 г., Архангельск (семена) 1975, Archangelsk (seeds)	03.07.2018 Массовое цветение Mass flowering
<i>S. betulifolia</i> С. березолистная	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Восточная Азия East Siberia, Far East, East Asia	1960 г., Ленинград (семена) 1960, Leningrad (seeds)	03.07.2018 Массовое цветение Mass flowering
<i>S. corymbosa</i> С. щитконосная	Северная Америка North America	1975 г., Москва (семена) 1975, Moscow (seeds)	03.07.2018 Массовое цветение Mass flowering
Секция <i>Spiraria</i> <i>Spiraria</i> sect.			
<i>S. humilis</i> С. низкая	Восточная Сибирь, Дальний Восток, Сахалин East Siberia, Far East, Sakhalin	1975 г., Архангельск (семена) 1975, Archangelsk (seeds)	17.07.2018 Массовое цветение Mass flowering
<i>S. latifolia</i> С. широколистная	Северная Америка North America	1975 г., Архангельск (семена) 1975, Archangelsk (seeds)	20.07.2018 Массовое цветение Mass flowering
<i>S. salicifolia</i> С. иволистная	Средняя Европа, Сибирь, Дальний Восток, Монголия, Восточная Азия, Северная Америка Middle Europe, Siberia, Far East, Mongolia, East Asia, North America	1978 г., Рига (семена) 1978, Riga (seeds)	12.07.2018 Массовое цветение Mass flowering

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ в листьях (числитель) и соцветиях (знаменатель) разных видов рода *Spiraea*
Table 2. The content of biologically active substances in leaves (numerator) and inflorescences (denominator) of different *Spiraea* species

Видовое название Species	Масса сухого вещества (г) Dry weight (g)	Содержание нейтральных липидов Content of neutral lipids		Содержание сквалена в нейтральных липидах Squalene content in neutral lipids		Суммарное содержание экстрактивных веществ (сапонины) Total content of extractives (saponins)	
		мг (mg)	%	мг (mg)	%	мг (mg)	%
<i>Spiraea media</i>	2.1/1.71	93.5/53.5	4.5/3.2	0.083/0.077	0.09/0.14	27.9/30.5	1.3/1.8
<i>S. media</i>	1.8/0.27	38.0/8.5	2.1/3.2	следы (traces)	–	3.3/0.3	1.0/3.5
<i>S. media</i>	0.3/0.58	18.3/9.0	5.4/1.6	0.002/0.0002	0.011/0.002	5.5/11.7	3.0/4.3
<i>S. breauverdiana</i>	1.2/0.97	23.0/12.4	1.9/1.3	0.001/0.005	0.004/0.04	26.2/51.9	2.2/5.4
<i>S. betulifolia</i>	1.7/0.65	56.1/17.0	3.3/2.6	следы (traces)	–	121/46.9	7.1/7.2
<i>S. corimbosa</i>	2.3/1.28	81.3/19.8	3.5/1.6	0.003/0.001	0.004/0.005	46.1/104	2.0/8.1
<i>S. humilis</i>	1.9/2.36	15.3/20.5	0.8/0.9	следы/0.012	–/0.06	30.2/186	1.6/7.9
<i>S. latifolia</i>	2.4/2.26	59.5/39.5	2.5/1.8	0.041/0.024	0.07/0.06	62.7/110	2.8/4.9
<i>S. salicifolia</i>	4.2/1.02	47.9/8.6	1.1/0.8	0.078/0.0004	0.16/0.005	35.3/60.2	0.8/5.9

Определение содержания сквалена в нейтральных липидах осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в изократическом режиме на хроматографе Smartline (Knauer, Германия). Колонка Nucleosil 5-C18, 5 мкм, 250 × 4 мм, термостат колонки 40 °С, объем петли дозирования 20 мкл, элюент – ацетонитрил, расход 1.5 мл/мин, детектирование при 218 нм. Концентрацию сквалена в гексановых экстрактах определяли с помощью программы ClarityChrom методом внешнего стандарта по площади пика. В качестве стандарта для калибровки использовали Squalene (98%, Sigma, Australia). Перед анализом образцы очищали на концентрирующем патроне Диапак Силикагель. Пробу вводили в ацетонитриле.

Выделение сапонинов из обработанного гексаном и высушенного на воздухе сырья проводили трехкратной экстракцией 70%-ным водным этанолом при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Водно-этанольные экстракты объединяли, фильтровали через складчатый фильтр и упаривали в вакууме до полного удаления спирта. Полученные водные растворы выдерживали на холоду в течение суток. Выпавшие осадки отделяли центрифугированием при 12000 об/мин в течение пяти минут. Надосадочную жидкость сливали, остаток высушивали. Массы сухих остатков приведены в таблице 2. Качественный состав экстрактивных веществ (ЭВ), включающих гликозиды, определяли методом ТСХ на пластинах “Sorbfil” в системах растворителей хлороформ–метанол–вода: I. 65 : 35 : 8; II. 65 : 24 : 4; III. 65 : 12 : 1.5. Обнаружение сапонинов осуществляли обработкой высушенных пластин раствором 20%-ной серной кислоты, ванилин-фосфорной кислотой (ВФК). В качестве стандартов для идентификации гликозидов методом ТСХ использовали диосгенин (Diosgenin(25R)-5-spirosten-3β-ol, чистота 95%, Sigma-Aldrich Chemie GmbH., Germany) и спиростаноловый гликозид дельтонин.

Разделение ЭВ на узкие фракции и индивидуальные вещества осуществляли методом препаративной колоночной хроматографии на стеклянных колонках, заполненных силикагелем марки КСК фр. 50–160 мкм и нейтральной окисью алюминия II степени активности по Брокману (Будапешт, Венгрия), последовательным элюированием хлороформом с возрастающим градиентом метанола (0 → 100%).

ВЭЖХ сапонинов осуществляли в градиентном режиме на колонке Nucleosil 5-C18, 5 мкм, 250 × 4 мм, объем петли дозирования 20 мкл. Детекцию проводили при длине волны 207 нм. В качестве элюента использовали системы растворителей: а) метанол/вода 80/20; б) метанол. Скорость элюирования 0.5 мл/мин. Режим градиента с 0 до 20 мин (система а), с 20 до 40 мин (а → б), с 40 до 60 мин (система б). Анализ на диосгенин проводили на том же оборудовании в изократическом режиме. Скорость потока 1 мл/мин, элюент — метанол. Образцы перед анализом очищали методом твердофазной экстракции на патронах ДИАПАК С16.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, липиды являются одним из основных продуктов биосинтеза растений, которые в зависимости от состава и структуры компонентов обладают разного рода биологической активностью и разной степенью изменчивости, зависящей от систематического и экологического положения организма [17]. Липиды лекарственных растений составляли мало изученную группу биологически активных веществ. Сведений об их содержании в растениях рода *Spiraea* нами в литературе не обнаружено. Как показали результаты наших исследований, содержание нейтральных липидов в листьях изученных растений спиреи выше, чем в соцветиях (табл. 2). Наиболее высокое — в листьях культивируемой в Ботаническом саду спиреи средней *S. media* в фазе конца цветения, где оно достигает 5.4%, и в листьях и соцветиях природного образца этого вида. Самое низкое — в листьях и соцветиях спиреи низкой *S. humilis* и с. иволистной *S. salicifolia*, где оно не достигает 1% массы сухого сырья. Согласно данным ТСХ, основным компонентом нейтральных липидов как листьев, так и соцветий являются триацилглицериды, содержание которых, как правило, достигает 70–75%.

Содержание сквалена во всех изученных образцах очень низкое, однако, хоть и в незначительных количествах, он содержится во всех видах. Сквален — природный ненасыщенный углеводород тритерпенового ряда с формулой $C_{30}H_{50}$, представляет собой бесцветную вязкую жидкость. Это уникальное вещество, являющееся мощным противоопухолевым средством, препятствующим разрушительному воздействию на клетку свободных радикалов [18]. В настоящее время это вещество активно применяют в качестве иммуностимулятора [19], а также в качестве эффективного противоопухолевого средства [20]. Он признан важнейшим компонентом, выполняющим в организме человека роль регулятора липидного и стероидного обмена [21, 22].

Наибольшее количество сквалена обнаружено в листьях *S. salicifolia* (0.16% массы нейтральных липидов) и в соцветиях *S. media* из природной популяции (0.14%).

О наличии сапонинов в водно-спиртовых экстрактах свидетельствует сильное пенообразование при отгонке спирта в вакууме. Максимальное суммарное содержание ЭВ обнаружено в соцветиях всех представителей спиреи, от 1.8 до 8.1% сухого вещества. В листьях их количество составляет 0.8–3.0% (табл. 2). Приведенные в статье В.А. Костиковой, Т.М. Шалдаевой [1] данные о содержании сапонинов в экстрактах из листьев и соцветий девяти представителей рода *Spiraea*, произрастающих на территории Дальнего Востока России, получены методом, основанным на образовании хлопьевидного осадка с ацетоном [23], что не позволяет получить объективные данные о количественном содержании сапонинов, так как при этом происходит соосаждение и других групп соединений. В нашем случае содержание сапонинов составляет 39% суммарного содержания ЭВ. Такие выводы можно сделать на основании количественного выхода сапонинов из 400 мг ЭВ, выделенных из соцветий, после разделения на препаративной хроматографической колонке, при котором было получено 159 мг вещества.

При ТСХ-анализе ЭВ в системе хлороформ–этанол–вода (v/v/v 65 : 24 : 4) с использованием в качестве проявителей 20%-ной серной кислоты и ВФК было обнаружено пять основных пятен с $R_f = 0.17; 0.28; 0.39; 0.5; 0.68$. Пятно с $R_f = 0.17$ совпадает со спиростаноловым сапонином дельтонином, пятно с $R_f = 0.68$ – с диосгенином.

Наличие диосгенина подтверждается ВЭЖХ-анализом малополярной фракции, в которой он обнаруживается в виде небольшого пика со временем удерживания 5.20 мин. По данным ВЭЖХ-анализа узких фракций основными по содержанию можно считать соединения со временем удерживания 28.7; 39.1; 43.5; 47.0 мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования экстрактов листьев и соцветий семи видов рода *Spiraea* L. из коллекции Ботанического сада ИБ Коми НЦ и природной популяции дополняют имеющиеся в научной литературе сведения о содержании широкого спектра биологически активных веществ различной природы. Впервые показано содержание в растениях этого рода нейтральных липидов и такого ценного соединения, как сквален. Наиболее высокое содержание нейтральных липидов обнаружено в листьях *S. media*, а также *S. corimbosa* и *S. betulifolia*. Содержание сквалена во всех образцах незначительно, более высокое обнаружено в листьях *S. salicifolia* и соцветиях *S. media* из природной популяции. В растениях большинства видов (*S. humilis*, *S. breauverdiana*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. media*) максимальное суммарное содержание экстрактивных веществ, содержащих сапонины, обнаружено в соцветиях (от 1.8 до 8.1% сухой массы), самое высокое содержание найдено в соцветиях *S. corimbosa* и в листьях и соцветиях *S. betulifolia*. Методами ТСХ и ВЭЖХ-анализа в полученной сумме обнаружено 5–6 индивидуальных соединений, в том числе генин большинства спиростаноловых гликозидов диосгенин.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках темы госзадания “Разработка биокаталитических систем на основе ферментов, микроорганизмов и растительных клеток, их иммобилизованных форм и ассоциаций для переработки растительного сырья, получения биологически активных веществ, биотоплива, ремедиации загрязненных почв и очистки сточных вод”, № госрегистрации АААА-А17-117121270025-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костикова В.А., Шалдаева Т.М. 2016. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Spiraea* L. Дальнего Востока России – Химия раст. сырья. 2: 73–78. <https://doi.org/10.14258/jcprgm.201602784>
2. Дикорастущие полезные растения России. 2001. СПб. 663 с.
3. Скупченко Л.А., Скряжская О.В. 2006. Интродукция видов рода таволга (*Spiraea* L.) в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми. В кн. Создание и сохранение коллекции полезных растений и выявление путей их адаптации к условиям Севера. Труды Коми научного центра УрО Российской АН. № 179. Сыктывкар. С. 75–93.
4. Александрова М.С. 2009. Спиреи. М. 32 с.
5. Мартынов Л.Г. 1980. Особенности роста, развития и зимостойкость некоторых видов *Spiraea* L. в условиях среднетаежной подзоны Коми АССР. В кн.: Новые виды растений в культуре на Севере. Тр. Коми филиала АН СССР. № 47. Сыктывкар. С. 146–153
6. Смирнова З.И., Рябченко М.Г. 2009. Использование декоративных растений рода спирея (*Spiraea* L.) в озеленении. В кн.: Проблемы современной дендрологии: материалы междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР П.И. Лапина. М. С. 504–508.
7. Колесников А.И. 1974. Декоративная дендрология. М. 703 с.
8. Бонюк З.Г. 2008. Таволги (*Spiraea* L.). Киев. 248 с.

9. Флора северо-востока европейской части СССР. 1976. в 4 т. Т. III. Семейства Nymphaeaceae – Hippuridaceae. Л. 293 с.
10. Карпова Е.А., Полякова Т.А. 2009. Содержание фенольных соединений и потенциал биологической активности сибирских и дальневосточных видов рода *Spiraea* L. – Растительный мир азиатской России. 2: 79–88.
11. Серебрякова В.А., Высочина Г.И. 2011. Исследование состава и содержания биологически активных веществ у представителей рода *Spiraea* (Rosaceae) Дальнего Востока. – Растительный мир азиатской России. 2: 120–121.
<http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2011-2/120.pdf>
12. Стороженко Н.Д. 1977. Полифенольные соединения таволги зверобоелистной (*S. hypericifolia* L.): Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Иркутск. 23 с.
13. Hiradate S., Morita S., Sugie H, Fuji Y., Harada J. 2004. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii* – Phytochem. 65: 731–739.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.01.010>
14. Xie Z.W. 1996. Quanguo Zhongcaoyao Huibian In.: A Collection of Chinese Herbal Drugs. 2 ed. Beijing. P. 514–515.
15. Hao X.J. Hong X., Yang X.S., Zhao B.T. 1995. Diterpene alkaloids from roots of *Spiraea japonica* – Phytochem. 38(2): 545–547.
[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)00644-9](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)00644-9)
16. Шретер А.И. 1975. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. М. 327 с.
17. Юровицкий Ю.Г., Сидоров В.С. 1993. Эколого-биохимический мониторинг и эколого-биохимическое тестирование в районах экологического неблагополучия – Изв. РАН. Сер. биол. 1: 74–81.
18. Sala V., Berardi S., Bondioli P. 1998. Amaranth seed: the potentials – Riv. Ital. Sostanze Grasse. 75(11): 503–506.
19. Чернеховская Н.Е., Чернеховский Д.В., Черных С.Б., Данков В.С. Иммуностимулирующее средство: Пат. 2170096, № 2000128729/14; Заявл. 17.11.2000; Опубл. 10.07.2001. Бюл. № 19.
20. Newmark H.L. 1997. Squalene, olive oil, and cancer risk: a review and hypothesis – Cancer Epidem. Biomark. Prevent. 6(12): 1101–1103.
<https://cebp.aacrjournals.org/content/6/12/1101.full-text.pdf>
21. Гинс В.К., Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С., Кононков Ф.П. Антиоксидант: Пат. 2140432, № 98107872/13; Заявл. 22.04.98; Опубл. 27.10.99.
22. Cai Y., Sun M., Corke H. 2003. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae – J. Agric. Food Chem. 51(8): 2288–2294.
<https://doi.org/10.1021/jf030045u>
23. Киселёва А.В., Волхонская Т.А., Киселёв В.Е. 1991. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск. 135 с.

Valuable Bioactive Substances of *Spiraea* (Rosaceae) Species from the Republic of Komi

T. I. Shirshova^{a,*}, A. N. Smirnova^a, I. V. Beshley^a, and K. G. Ufimtsev^a

^aInstitute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

*e-mail: shirshova@ib.komisc.ru

Abstract—The content of biologically active substances (neutral lipids, squalene, saponins) in leaf and inflorescence extracts of seven species of the genus *Spiraea* L. was studied. Plant samples were obtained from the living collection of the Botanical Garden of the Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Division of the Russian Academy of Sciences and from the natural population. The highest content of neutral lipids was found in leaves of *S. media* (5.4% of dry weight), *S. corymbosa* (3.5%) and *S. betulifolia* (3.3%). Squalene content in leaves and inflorescences of all samples is insignificant. Its maximum amount was found in leaves of *S. salicifolia* (0.16% by weight of neutral lipids) and inflorescences of *S. media* (0.14%) from natural population. According to TLC, the main component of neutral lipids of both leaves and inflorescences are triacylglycerides (up to 70–75%). In most species (*S. humilis*, *S. breauverdiana*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. media*) the maximum amount of saponin-containing extractive substances was found in inflorescences (from 1.8 to 8.1% of dry weight), while the highest content was in inflorescences of *S. corymbosa* (8.1%) and in leaves and inflorescences

of *S. betulifolia* (7.1 and 7.2%, respectively). Using the TLC and HPLC methods, in resulting saponins 5–6 individual compounds were found, including diosgenin – the genin of most spirostanol glycosides.

Keywords: *Spiraea*, neutral lipids, squalene, saponins

ACKNOWLEDGMENTS

The work was performed under the state assignment “Development of biocatalytic systems based on enzymes, microorganisms and plant cells and their immobilized forms and associations for the processing of vegetable raw materials, the production of biologically active substances, bio-fuels, remediation of polluted soils and wastewater treatment”, № state registration AAAA-A17-117121270025-1

REFERENCES

1. Kostikova V.A., Shaldayeva T.M. 2016. Biologicheski aktivnyye veshchestva i antioksidantnaya aktivnost rasteniy roda *Spiraea* L. Dalnego Vostoka Rossii [Biologically active substances and antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the genus *Spiraea* L. (*Rosaceae* Juss.)] – Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2: 73–78. (In Russian) <https://doi.org/10.14258/jcprm.201602784>
2. Dikorastushchie poleznye rasteniya Rossii [Useful wild-growing plants of Russia]. 2001. St.-Petersburg. 663 p. (In Russian)
3. Skupchenko L.A., Skrotskaya O.V. 2006. Introduktsiya vidov roda tavolga (*Spiraea* L.) v usloviyakh srednetayezhnoy podzony Respubliki Komi [Introduction of *Spiraea* L. species in the subzone of middle taiga in the Republic of Komi]. In: Sozdaniye i sokhraneniye kolleksii poleznykh rasteniy i vyyavleniye putey ikh adaptatsii k usloviyam Severa. Trudi Komi nauchnogo tsentra UrO RAN. № 179. Syktyvkar. P. 75–93.
4. Aleksandrova M.S. 2009. Spirei [Spiraeas]. Moscow. 32 p. (In Russian)
5. Martynov L.G. 1980. Osobennosti rosta, razvitiya i zimostoykost некотorykh vidov *Spiraea* L. v usloviyakh srednetayezhnoy podzony Komi ASSR [Features of growth, development and winter hardiness of some *Spiraea* L. species in the middle taiga subzone of Komi ASSR]. In: Noveye vidy rasteniy v culture na Severe. Trudy Komi filiala AN SSSR. № 47. Syktyvkar. P. 146–153. (In Russian)
6. Smirnova Z.I., Ryabchenko M.G. 2009. Ispolzovaniye dekorativnykh rasteniy roda spireya (*Spiraea* L.) v ozelenenii [Using of ornamental spirea (*Spiraea* L.) species in landscape gardening]. In: Problemy sovremennoy dendrologii: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta AN SSSR P. I. Lapina. Moscow. P. 504–508. (In Russian)
7. Kolesnikov A.I. 1974. Dekorativnaya dendrologiya [Ornamental dendrology]. Moscow. 703 p.
8. Bonyuk Z.G. 2008. Tavolgi (*Spiraea* L.) [Meadowsweets (*Spiraea* L.)]. Kiev. 248 p. (In Russian)
9. Flora severo-vostoka yevropeyskoy chasti SSSR [Flora of the North-East part of the European USSR]. 1976. v 4 t. T. III. Semeysva Nymphaeaceae – Hippuridaceae. Leningrad. 293 p.
10. Karpova E.A., Polyakova T.A. 2009. Soderzhanie fenolnykh soedineniy i potentsial biologicheskoy aktivnosti sibirskikh i dalnevostochnykh vidov roda *Spiraea* L. [Content of phenolic compounds and potential of bioactivity of Siberian and far Eastern *Spiraea* L. species] – Rastitelniy mir aziatskoy Rossii. 2: 79–88. (In Russian)
11. Serebryakova V.A., Vysochina G.I. 2011. Research on the composition and content of biologically active substances of the Far East representatives of genus *Spiraea* (*Rosaceae*). – Rastitel'nyy Mir Aziatskoj Rossii. 2: 120–121. (In Russian) <http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2011-2/120.pdf>
12. Storozhenko N.D. 1977. Polifenolnyye soyedineniya tavolgi zveroboyelistnoy (*S. hypericifolia* L.): Avtoref. diss. ... kand. khim. nauk [Polyphenolic compounds of Iberian meadowsweet (*S. hypericifolia* L.): Abstr. ... Diss. Cand. (Chemistry) Sci.]: Irkutsk. 23 c.
13. Hiradate S., Morita S., Sugie H, Fuji Y., Harada J. 2004. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii* – Phytochem. 65(6): 731–739. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.01.010>
14. Xie Z.W. 1996. Quanguo Zhongcaoyao Huibian In.: A Collection of Chinese Herbal Drugs. 2 ed. Beijing. P. 514–515.
15. Hao X.J., Hong X., Yang X.S., Zhao B.T. 1995. Diterpene alkaloids from roots of *Spiraea japonica* – Phytochem. 38(2): 545–547 [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)00644-9](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)00644-9)
16. Shreter A.I. 1975. Lekarstvennaya flora sovetskogo Dalnego Vostoka [Medicinal flora of the Soviet Far East]. Moscow. 327 p.
17. Yurovitskiy Yu.G., Sidofov V.S. 1993. Ekologo-biokhimicheskiy monitoring i ekologo-biokhimicheskoye testirovaniye v rayonakh ekologicheskogo neblagopoluchiya [Ecological-biochemical monitoring and testing in areas of ecological damage]

- itoring and ecological-biochemical testing in areas of ecological disturbance] – *Izvestia RAN. Seriya biologicheskaya*. 1: 74–81.
18. *Sala V., Berardi S., Bondioli P.* 1998. Amaranth seed: the potentials – *Riv. Ital. Sostanze Grasse*. 75(11): 503–506.
 19. *Chernekhovskaya N.E., Chernekhovskiy D.V., Cherhikh S.B., Dankov V.S.* Immunostimuliruyushcheye sredstvo [Immunostimulative drug]: Pat. 2170096, № 2000128729/14; Dec. 17.11.2000; Pub. 10.07.2001. *Bul.* № 19.
 20. *Newmark H.L.* 1997. Squalene, olive oil, and cancer risk: a review and hypothesis – *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 6(12): 1101–1103.
<https://cebp.aacrjournals.org/content/6/12/1101.full-text.pdf>
 21. *Gins V.K., Kononkov P.F., Pivovarov V.F., Gins M.S., Kononkov F.P.* Antioksidant [Antioxidant]; Pat. 2140432, № 98107872/13; Dec. 22.04.98; Pub. 27.10.99. (In Russian)
 22. *Cai Y., Sun M., Corke H.* 2003. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae – *J. Agric. Food Chem.* 51(8): 2288–2294.
<https://doi.org/10.1021/jf030045u>
 23. *Kiseleva A.V., Volkhonskaya T.A., Kiselev V.E.* 1991. Biologicheski aktivnye veshchestva lekarstvennykh rasteniy Yuzhnoy Sibiri [Biologically active substances of medicinal plants of southern Siberia.]. *Novosibirsk*. 135 p. (In Russian)