
**КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ**

**ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА
SAUSSUREA (ASTERACEAE) ГОРНОГО АЛТАЯ**

 © 2021 г. Е. А. Кастерова¹, *, Л. Н. Зибарева¹, А. С. Ревушкин¹, Е. А. Пяк¹
¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

 *e-mail: evgenia.kasterova@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.03.2021 г.

После доработки 14.05.2021 г.

Принята к публикации 10.06.2021 г.

Изучение вторичных метаболитов редких видов способствует пониманию необходимости их культивирования не только для реинтродукции, но и получению новой информации о их ценности в качестве источников биологически активных веществ. Проведено исследование состава и содержания фенольных соединений надземной части горькуши Ядринцева *Saussurea jadrinzevii* Krylov, горькуши Крылова *S. krylovii* Schischk. et Serg., горькуши Шаньгина *S. schanginiana* (Wydler) Fisch. ex Serg., произрастающих на территории Горного Алтая. Компонентный профиль *S. jadrinzevii* и *S. krylovii* изучен впервые. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии установлено высокое содержание фенольных соединений и их значительная межвидовая изменчивость. Наибольшее содержание фенольных соединений определено в *S. schanginiana* (3.7% масс.), в *S. krylovii* – 3.2 мас. %, *S. jadrinzevii* – 3.1 мас. %. Показано, что для всех видов характерно наличие рутина и хлорогеновой кислоты. Кроме того, в *Saussurea jadrinzevii* идентифицирована галловая кислота и сирингин, *S. krylovii* – кверцетин, в *S. schanginiana* обнаружен цинарозид, авикулярин и эриодиктиол.

Ключевые слова: *Saussurea*, фенольные соединения, флавоноиды, ВЭЖХ, Южная Сибирь

DOI: 10.31857/S0033994621030055

Во всем мире активно исследуют компонентный состав представителей рода *Saussurea*. Высокий интерес к видам данного рода обусловлен широким спектром биологических активностей растительных экстрактов горькуш. Виды рода *Saussurea* широко используют в официальной и традиционной медицине [1]. На сегодняшний день наибольшее число исследований горькуш проведено учеными азиатских стран – Китай, Индия, Пакистан, Тайвань [2–5]. В Китайской Народной Республике широко известно растительное лекарственное средство “Снежный лотос”, широко назначаемое для лечения ревматоидного артрита, печени, почек, желудочно-кишечного тракта, диареи, экземе, а также многих других заболеваний [3]. Под данным названием объединяют порядка 12 видов растений рода *Saussurea* (наиболее популярные *Saussurea involucreta* (Kar. et Kir.) Sch. Bip., *S. medusa* Maxim., *S. tridactyla* Sch. Bip. ex Hook.f., *S. laniceps* Hand.-Mazz., *S. gossypiphora* D. Don, *S. stella* Maxim.) [5]. Томскими учеными на основе биологически активных веществ (БАВ) *Saussurea salicifolia* (L.) DC. получен лекарственный препарат “Саусифол”, обладающий высокой противоописторхозной и

противолямблиозной активностью, а также гепатопротекторным и слабым желчегонным действием [6]. Из надземной части ряда видов рода *Saussurea* (*S. salicifolia*, *S. amara* (L.) DC, *S. salsa* (Pall.) Spreng., *S. sumneviszii* Serg., *S. elongata* DC, *S. elegans* Ledeb., *S. amurensis* Turcz. ex DC.) получен фармакологический препарат, обладающий гепатопротекторной активностью и способностью нормализовать функцию печени [7]. Биологическую активность экстрактов горькуш зачастую объясняют наличием фенольных соединений, которые обладают противовоспалительной, антиканцерогенной, противовирусной, антипаразитарной, бактерицидной, а также рядом других активностей [8].

На территории Сибири род *Saussurea* представлен 51 видом [9]. Данные по компонентному составу носят фрагментарный характер. Наиболее изучен состав фенольных соединений в видах: *S. amara*, *S. controversa* DC., *S. frolovii* Ledeb., *S. latifolia* Ledeb., *S. parviflora* (Poir.) DC., *S. pulchella* (Fisch.) Fisch., *S. salicifolia*. Рядом авторов показано, что виды рода характеризуются наличием фенольных кислот (галловая, коричная, кофейная, салициловая), фенилпропаноидов (сирингин),

Таблица 1. Виды рода *Saussurea*, объекты исследования
Table 1. Studied species of the genus *Saussurea*

№	Образцы Samples	Место и дата сбора сырья Geographic origin and collection date of samples
1	<i>S. jadrinzevii</i>	Россия, Республика Алтай, Онгудайский район, Белый Бом, известняковые скалы; высота над ур. моря 983 м; 50°21'31.3" N 87°02'59.5" E; дата сбора 16.07.2016 (ТК) Russia, Republic of Altai, Ongudaysky district, Bely Bom, limestone rocks; elevation above sea level 983 m; 50°21'31.3" N 87°02'59.5" E; collection date 16.07.2016 (TK)
2	<i>S. krylovii</i>	Россия, Республика Алтай, Кош-Агачский район, Южно-Чуйский хребет, долина Жазатор, верхняя граница леса, тундрово-высокогорно-лугово-степные комплексы; высота над ур. моря 2323 м; 49°37' 50.6" N 88°12' 52.9" E; дата сбора 22.07.2016 (ТК) Russia, Republic of Altai, Kosh-Agach District, South Chuisky Ridge, Zhazator Valley, upper forest boundary, tundra-high-mountain meadow-steppe complexes; elevation above sea level 2323 m; 49°37'50.6" N 88°12'52.9" E; collection date 22.07.2016 (TK)
3	<i>S. schanginiana</i>	Россия, Республика Алтай, Кош-Агачский район, междуречье Жумалы и Жазатор, северные отроги горы Теплый ключ, кобрезиевые пустоши; высота над ур. моря 2695 м; 49°29' 37.7" N 88°08' 06.4" E; дата сбора 21.07.2016 (ТК). Russia, Republic of Altai, Kosh-Agach district, between the Zhumaly and Zhazator rivers, northern spurs of Teply Klyuch mountain, kobresia heaths; elevation above sea level 2695 m; 49°29' 37.7" N 88°08'06.4" E; collection date 21.07.2016 (TK)

двух групп флавоноидов – флавонов (космосиин, генкванин) и флаванолов (кверцетин) [10–13]. В одном из исследований в видах рода было идентифицировано 39 соединений, среди которых присутствуют рутин, лютеолин, акацетин, гиспидулин, апигенин [4]. Помимо фенольных соединений экстракты горькуш содержат сесквитерпеновые лактоны, лигнаны, тритерпены, стероиды, гликозиды [1–3].

В связи с перспективами использования растительных полифенолов в медицине, в настоящее время актуален поиск и изучение растительных источников данной группы веществ. Компонентные профили видов рода *Saussurea* изучены недостаточно, несмотря на использование ряда видов в традиционной медицине.

Целью данного исследования является изучение фенольных соединений трех редких видов: *S. jadrinzevii* Krylov, *S. krylovii* Schischk. et Serg., *S. schanginiana* (Wydler) Fisch. ex Serg., произрастающих на территории Горного Алтая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили надземные органы трех видов растений рода *Saussurea*, собранные на территории Республики Алтай в 2016 г. в фазу цветения и плодоношения (табл. 1). Образ-

цы растений высушивали в естественных условиях до воздушно-сухого состояния и измельчали. Измельчение сухого сырья проводили с помощью универсальной роторной ножевой лабораторной мельницы ЛМ 201 с размольной камерой, охлаждаемой водой (ООО Плаун, Россия). Частицы размолотого образца проходят сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм. Точную навеску воздушно-сухого сырья массой около 1 г трехкратно экстрагировали 70% этиловым спиртом на водяной бане при температуре 55 °С. Полученные экстракты фильтровали и концентрировали под вакуумом с помощью ротационного испарителя IKA RV 10 (Германия), затем центрифугировали. Полученные экстракты использовали для дальнейшего анализа.

Анализ фенольных соединений выполнен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20AD (Япония), диодно-матричный детектор, хроматографическая колонка Perfect Sil Target ODS-3; 4.6 × 250 мм, размер зерна сорбента – 5 мкм. Элюент А: смесь ацетонитрила, изопропилового спирта (5 : 2 v/v); элюент В: 0.1% раствор трифторуксусной кислоты в воде. Время анализа 60 мин. Скорость элюирования 1 мл/мин. Режим элюирования: градиент низкого давления; программа градиента: 0–40 мин 15–

Таблица 2. Состав и содержание фенольных соединений (мас. %) в изученных видах рода *Saussurea* (% на абс. сух. сырье)**Table 2.** Composition and content of phenolic compounds (%) of studied *Saussurea* species (% on dry weight basis)

№	Фенольное соединение Phenolic compounds	t_r , мин time of retention, min	λ_{max} , нм the absorption maximum, nm	<i>Saussurea jadrinzevii</i>	<i>Saussurea schanginiana</i>	<i>Saussurea krylovii</i>
1	Галловая кислота Gallic acid	3.726	270	0.83	—	—
2	Сирингин Syringin	6.980	266	0.22	—	—
3	Хлорогеновая кислота Chlorogenic acid	8.553	326	0.87	0.63	0.8
4	Этилгаллат Ethyl gallat	15.861	274	—	0.04	0.01
5	Салипурпозид Salipurposid	18.370	283	0.02	0.06	—
6	Рутин Rutin	19.853	256/355	0.43	0.36	0.22
7	Цинарозид Cynarosid	20.087	254/346	—	0.05	—
8	Авикулярин Avicularin	25.985	255/352	—	0.08	—
9	Эриодиктиол Eriodictyol	34.728	290	—	0.01	—
10	Кверцетин Quercetin	38.646	254/367	—	—	0.01

Примечание: данные представлены в виде среднего арифметического, стандартная ошибка для соединений составляет \pm (0.01–0.05).

Note: data are expressed as arithmetic mean, for different compounds standard error is \pm (0.01–0.05).

35% элюент А, 40–60 мин 35% элюент А. Объем пробы 5 мкл. Аналитическая длина волны $\lambda_{max} = 272$ нм для регистрации фенольных соединений. Идентификацию сигналов на хроматограммах осуществляли сопоставлением времен удерживания и максимумов поглощения компонентов экстрактов и стандартных образцов. В работе использованы коммерческие образцы веществ сравнения, чистота стандартов составляет более 95%: галловая кислота (>99), сирингин (>99), хлорогеновая кислота (>97), кофейная кислота (>99), этилгаллат (>99), цинарозид (>99), изо-кверцитрин (>98), эриодиктиол (>96), байкалин (>97), коричная кислота (>99), рутин (>94), ди-гидрокверцетин (>91), хризин 7-О-глюкозид (>82) (Lachema, Huike Phytopharm, Geneham Pharmaceutical, Sigma Aldrich).

Содержание биологически активных веществ рассчитывали по площадям пиков образца и соответствующих стандартов с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием

программного обеспечения LC Postrun Calibration Curve. Анализ проводили в трех повторностях, статистические расчеты осуществляли в Microsoft Excel, 2007. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки. В тексте и таблице указаны средние арифметические значения и их стандартные ошибки ($M \pm m_M$). Сумма выявленных в экстракте фенольных соединений определена как общее содержание.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые виды отличаются по характеру ареала и эколого-ценотической приуроченности (табл. 1). *S. schanginiana* южно-сибирско-центрально-азиатский вид, встречающийся достаточно часто в травянистых и кустарничково-лишайниковых тундрах Южной Сибири. *S. krylovii* южно-сибирский эндемичный вид, встречающийся на альпийских лугах и каменистых склонах. *S. jadrinzevii* локальный эндемик Центрального Алтая, встречающийся на известковых обна-

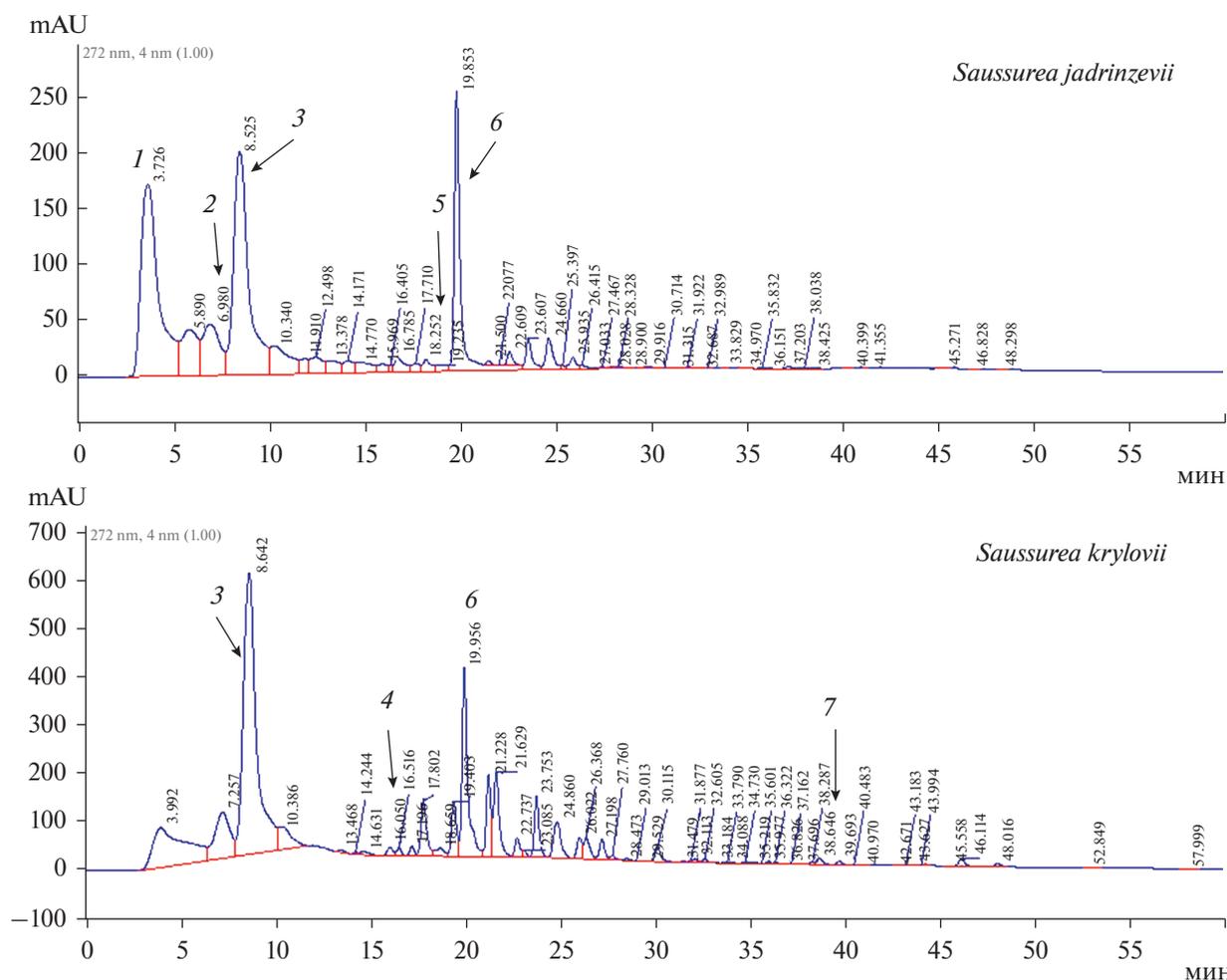


Рис. 1. Хроматограммы водно-этанольных экстрактов изученных видов *Saussurea*.

1 – галловая кислота, 2 – синрингин, 3 – хлорогеновая кислота, 4 – этилгаллат, 5 – салипурпозид, 6 – рутин, 7 – кверцетин.

Fig. 1. Chromatograms of hydroethanolic extracts of the studied *Saussurea* species.

1 – gallic acid, 2 – syringin, 3 – chlorogenic acid, 4 – ethyl gallat, 5 – salipurposid, 6 – rutin, 7 – quercetin.

жениях [9]. Сравнение состава и содержания вторичных метаболитов исследуемых видов и литературных данных о родственных видах *Saussurea* позволяет оценить перспективность их использования в качестве источников БАВ.

По результатам проведенного анализа выявлено, что во всех изученных видах *Saussurea* присутствует хлорогеновая кислота и рутин (табл. 2). Следует заметить, что в видах *S. jadrinzevi* и *S. krylovii* впервые изучены фенольные соединения (рис. 1). Показано, что наибольшее число фенольных соединений выявлено в *S. schanginiana*, впервые обнаружены хлорогеновая кислота, этилгаллат, салипурпозид, цинарозид, авикулярин, эриодиктиол. В экстракте *S. jadrinzevii* идентифицированы галловая кислота, синрингин, салипурпозид. Интересно отметить, что в исследованных видах *Saussurea* присутствует либо галловая кис-

лота, как в *S. jadrinzevii*, либо ее этиловый эфир – этилгаллат (в видах *S. schanginiana* и *S. krylovii*). Из литературных данных следует, что галловая кислота и этилгаллат часто встречаются в видах рода *Saussurea* (*S. controversa*, *S. alpina* и др.) [12, 14–16]. Согласно данным ВЭЖХ, в экстрактах присутствуют неидентифицированные фенольные соединения, в том числе и флавоноиды, максимумы поглощения которых свойственны С-гликозидам. Однако из-за отсутствия стандартов пока не представляется возможным идентифицировать все соединения.

Отнесение изучаемых видов к категории редких не позволяет производить сбор большого количества растительного сырья для выделения флавоноидов. В связи с чем актуальна интродукция данных видов с целью выделения индивидуальных фенольных соединений, в том числе не-

идентифицированных веществ, и их идентификации с помощью других физико-химических методов исследования.

Составы экстрактов изученных видов и других видов рода *Saussurea*, собранных на территории Южной Сибири ранее, идентичны по содержанию ряда веществ [14]. Наиболее характерные соединения рода горькуш — хлорогеновая кислота, этилгаллат, рутин и эриодиктиол. Флавоноидный фенотип видов отличается содержанием индивидуальных компонентов, так, уровень хлорогеновой кислоты и рутина выше в *S. jadrinzevii*, чем в двух других изученных видах. Этанольный экстракт *S. schanginiana* отличается наибольшим содержанием салипурпоза и этилгаллата. Содержание фенилпропаноида сирингина в *S. jadrinzevii* составляет 0.2 мас. %, тогда как хлорогеновая кислота в изученных видах варьирует в интервале 0.6–0.9 мас. %. Наибольшее содержание рутина установлено в *S. jadrinzevii* (0.4 мас. %), содержание других флавоноидов — цинарозида, авикулярина, кверцетина не превышает 0.08 мас. %.

Установлено высокое содержание фенольных соединений в надземной части всех изученных видов: в *S. jadrinzevii* — 3.1 мас. %, *S. schanginiana* — 3.7 мас. %, *S. krylovii* — 3.2 мас. %.

Ранее изучено содержание вторичных метаболитов для других видов рода *Saussurea*. Исследование показало, что состав и содержание полифенолов одноименных видов, собранных из географически удаленных популяций, заметно варьирует в зависимости от места произрастания [14]. Таким образом, условия произрастания играют существенную роль в биосинтезе и накоплении растительных полифенолов. Анализ литературных данных позволил выявить яркие примеры данного предположения. Так, в виде *S. amara*, по результатам ряда исследований, определено содержание фенольных соединений в достаточно широком интервале, от 0.5 до 8.6 мас. % [12–15]. Также по результатам исследований вида *S. frolowii* из различных географически удаленных популяций сумма полифенолов варьировала от 0.1 до 3.5%, в виде *S. salicifolia* от 0.7 до 2.7%, *S. controversa* — от 1.2 до 4.5%, *S. parviflora* — от 1.0 до 6.2%, *S. latifolia* — от 4.4 до 4.7% [12–15]. В целом литературные данные о количественном содержании фенольных соединений в видах *Saussurea* не-

многочисленны, показано, что для большинства видов данного рода суммарное содержание фенольных соединений, в том числе флавоноидов, колеблется в интервале 2.5–3.5% [12, 13, 15].

В видах, собранных на территории Южной Сибири, ранее идентифицировано 12 фенольных соединений, наиболее распространенными являются сирингин, содержание которого варьирует в пределах 0.03–0.4%, кофейная кислота (0.04–0.4%), этилгаллат (0.01–0.1%), флавоноиды — рутин (0.03–0.9%), изокверцитрин (0.1–0.3%), нарингенин (0.002–0.1%) и эриодиктиол (0.001–0.05%). В большинстве видов идентифицирована хлорогеновая кислота [14]. В надземной части *S. schanginiana* методом ВЭЖХ были идентифицированы производные флавонона (апигенин 6,8-С-глюкозид, изоориентин, изовитексин, лютеолин-7-галактозид, лютеолин 8-С-галактозид) и производные флавононола (гиперозид, рутин, изокверцетрин) [17].

Ввиду высокого уровня полиморфизма некоторых видов горькуш, получение данных о составе и содержании вторичных метаболитов будет способствовать выяснению целого ряда спорных вопросов о филогенетическом статусе некоторых видов, в связи с тем, что на сегодняшний день флавоноиды являются хемотаксономическими маркерами в ряде семейств [18]. Полученные данные о составе изученных вторичных метаболитов позволят приступить к решению проблемы критических видов, выработке объективных критериев сходства и различия таксонов.

ВЫВОДЫ

1. Полученные данные показали, что изученные виды характеризуются наличием ряда общих веществ (хлорогеновая кислота, рутин), а также видоспецифичных. В экстракте *S. jadrinzevii* обнаружено присутствие галловой кислоты и сирингина, *S. schanginiana* — цинарозида, авикулярина, эриодиктиола, *S. krylovii* — кверцетина. Содержание фенольных соединений в изученных видах *Saussurea* варьирует в интервале 3.1–3.7 мас. %.

2. Состав фенольных соединений изученных видов свидетельствует о перспективности их интродукции, в качестве источников искомым соединений, в том числе флавоноидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность*. 2013. Т. 5. Семейство Asteraceae (Compositae). СПб.; М. 312 с.
2. Wang Y., Ni Z., Dong M., Cong B., Shi Q., Gu Y., Kiyota H. 2010. Secondary metabolites of plants from the genus *Saussurea*: Chemistry and biological activity. — Chem. Biodivers. 7(11): 2623–2659. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900406>

3. Qiu J., Xue X., Chen F., Li C., Bolat N., Wang X., Baima Y., Zhao Q., Zhao D., Ma F. 2010. Quality evaluation of snow lotus (*Saussurea*): Quantitative chemical analysis and antioxidant activity assessment. — *Plant Cell Rep.* 29(12): 1325–1337. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0919-4>
4. Zhao T., Li S., Zhang Z., Zhang M., Shi Q., Gu Y., Dong M., Kiyota H. 2017. Chemical constituents from the genus *Saussurea* and their biological activities. — *Heterocycl. Commun.* 23(5): 331–358. <https://doi.org/10.1515/hc-2017-0069>
5. Kuo C. 2015. In vitro culture and production of syringin and rutin in *Saussurea involucreta* (Kar. et Kir.) — An endangered medicinal plant. — *Bot. Stud.* 56, 12. <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0092-8>
6. Анисимов Б.Н., Карбышева Н.В. Способ комплексного лечения больных паразитарными заболеваниями: Пат. 2491936, № 2011128421/15; Заявл. 11.07.11; Опубл. 10.09.13, Бюл. № 25. <https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2013FULL/2013.09.10/DOC/RUNWC2/000/000/002/491/936/DOCUMENT.PDF>
7. Нурмухаметова К.А. Средство на основе растений рода *Saussurea* DC., обладающее гепатопротекторным действием: Пат. 2464036, № 2011105238/15; Заявл. 14.02.11; Опубл. 20.10.12, Бюл. № 29. <https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2012FULL/2012.10.20/DOC/RUNWC1/000/000/002/464/036/DOCUMENT.PDF>
8. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдралилов Б.С., Музафаров Е.Н. 2013. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино. 310 с. <http://biophenols.ru/wp/wp-content/uploads/2013/11/Tarahovsky.pdf>
9. Флора Сибири. 1997. Т. 13. Asteraceae (Compositae). Нск. 472 с.
10. Басаргин Д.Д., Горовой П.Г. 2012. *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. (Asteraceae): химический состав, полезные свойства, таксономия. — *Turczaninowia.* 15(2): 102–113. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18253518>
11. Шурупова М.Н., Кукушкина Т.А., Петрук А.А., Щетинин П.П. 2015. Исследование химического состава некоторых видов *Saussurea*. — В сб.: Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: материалы II Междунар. науч. конф. Новосибирск. С. 131–133. <https://nsau.edu.ru/file/79311/>
12. Avdeeva E., Reshetov Y., Shurupova M., Zibareva L., Borisova E., Belousov M. 2017. Chemical analysis of bioactive substances in seven Siberian *Saussurea* species. — *AIP Conf. Proc.* 1899, 050001. <https://doi.org/10.1063/1.5009864>
13. Погодин И.С., Лукша Е.А., Предейн Н.А. 2014. Химический состав растений рода *Saussurea* DC., произрастающих на территории Сибири (обзор). — *Химия растительного сырья.* 3: 43–52. <https://doi.org/10.14258/jcprgm.1403043>
14. Kasterova E., Zibareva L., Revushkin A. 2019. Secondary metabolites of some Siberian species of plants tribe *Cynareae* (Asteraceae). — *S. Afr. J. Bot.* 125: 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.022>
15. Shurupova M.N., Kukushkina T.A., Petruk A.A., Shhetinin P.P. 2016. Content of biologically active substances in the raw materials of some Siberian *Saussurea* species. — *AIP Conf. Proc.* 1772, 050008. <https://doi.org/10.1063/1.4964578>
16. Iwashina T., Smirnov S., Damdinsuren O., Kondo. K. 2010. *Saussurea* species from the Altai Mountains and adjacent area, and their flavonoid diversity. — *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B.* 36(4): 141–154. https://www.kahaku.go.jp/research/publication/botany/download/36_4/BNMNS_B360402.pdf
17. Kusano K., Iwashina T., Kitajima J., Mishio T. 2007. Flavonoid diversity of *Saussurea* and *Serratula* species in Tien Shan Mountains. — *Nat. Prod. Commun.* 2(11): 1121–1128. <https://doi.org/10.1177/1934578X0700201115>
18. Высочина Г.И. 2004. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск. 240 с.

Phenolic Compounds in Some Rare *Saussurea* (Asteraceae) Species Growing in Mountain Altai

E. A. Kasterova^{a,*}, L. N. Zibareva^a, A. S. Revushkin^a, E. A. Pyak^a

^aNational Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

*e-mail: evgenia.kasterova@yandex.ru

Abstract—The study investigated the qualitative and quantitative composition of phenolic compounds in the aerial parts of rare *Saussurea* DC. species (*Saussurea jadrinzevii* Krylov, *S. krylovii* Schischk. et Serg., *S. schanginiana* (Wydler) Fisch. ex Serg.) growing in South Siberia. Biologically active substances were determined using a Shimadzu LC-20AD HPLC (Japan) equipped with diode array detector and PerfectSil Target ODS-3 HPLC Column. Two eluents were used: eluent A — mixture of acetonitrile and isopropyl alcohol

(5 : 2 v/v), and eluent B – 0.1% trifluoroacetic acid. Standard samples of phenolic compounds (Lachema, Huike Phytopharm, Geneham Pharmaceutical, Sigma Aldrich; purity $\geq 95.0\%$) were used for identification. Phenolic compounds of *Saussurea jadrinzevii* and *S. krylovii* were studied for the first. Using high performance liquid chromatography (HPLC) method 10 compounds of phenolic nature were identified. It is found that all studied species contain rutin (0.22–0.43%) and chlorogenic acid (0.63–0.87%). Gallic acid (0.83%) and syringin (0.22%) were identified only in *S. jadrinzevii*, quercetin (0.01%) – in *S. krylovii*, cinaroside (0.05%), avicularin (0.08%), and eriodictiol (0.01%) – in *S. schanginiana*. The studied species differ in the character of their natural ranges and typical habitats. *S. schanginiana* is South Siberian–Central Asian species, which often occurs in the herbaceous and shrub-lichen tundra of southern Siberia. *S. krylovii*, is a South Siberian endemic species, found in alpine meadows and rocky slopes. *S. jadrinzevii* is a local endemic of Central Altai, found on limestone outcrops. The results of the study revealed that despite these differences, the sum of phenolic compounds in the studied species is similar and is in the range of 3.11–3.66%. The studied species are the promising source of phenolic compounds; however, it has been noted, that due to the rare growth and small number of natural populations, further research requires their introduction.

Keywords: *Saussurea*, phenolic compounds, flavonoids, HPLC, South Siberia

REFERENCES

1. [Plant Resources of Russia: Wild flowering plants and their component composition and biological activity. Family Asteraceae (Compositae)]. 2013. Vol. 5. St. Petersburg; Moscow. 312 p. (In Russian)
2. Wang Y., Ni Z., Dong M., Cong B., Shi Q., Gu Y., Kiyota H. 2010. Secondary metabolites of plants from the genus *Saussurea*: Chemistry and biological activity. – Chem Biodivers. 7(11): 2623–2659. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900406>.
3. Qiu J., Xue X., Chen F., Li C., Bolat N., Wang X., Baima Y., Zhao Q., Zhao D., Ma F. 2010. Quality evaluation of snow lotus (*Saussurea*): Quantitative chemical analysis and antioxidant activity assessment. – Plant Cell Rep. 29(12): 1325–1337. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0919-4>.
4. Zhao T., Li S., Zhang Z., Zhang M., Shi Q., Gu Y., Dong M., Kiyota H. 2017. Chemical constituents from the genus *Saussurea* and their biological activities. – Heterocycl. Commun. 23(5): 331–358. <https://doi.org/10.1515/hc-2017-0069>
5. Kuo C. 2015. In vitro culture and production of syringin and rutin in *Saussurea involucreta* (Kar. et Kir.) – An endangered medicinal plant. – Bot. Stud. 56, 12. <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0092-8>
6. Anisimov B.N., Karbysheva N.V. [Method for complex treatment of patients with parasitic diseases]. Patent 2491936, № 2011128421/15; Declared 11.07.11; Publ. 10.09.13, Bull. № 25. <https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2013FULL/2013.09.10/DOC/RUNWC2/000/000/002/491/936/DOCUMENT.PDF> (In Russian)
7. Nurmuhametova K.A. [Genus *Saussurea* DC. plants-based remedy with hepatoprotective effect]. Patent 2464036, № 2011105238/15; Declared 14.02.11; Publ. 20.10.12, Bull. № 29. <https://www1.fips.ru/Archive/PAT/2012FULL/2012.10.20/DOC/RUNWC1/000/000/002/464/036/DOCUMENT.PDF> (In Russian)
8. Tarakhovskij Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov E.N. 2013. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino. 310 p. <http://biophenols.ru/wp/wp-content/uploads/2013/11/Tarahovsky.pdf> (In Russian)
9. [Flora of Siberia. Asteraceae (Compositae)]. 1997. Vol. 13. Novosibirsk. 472 p. (In Russian)
10. Basargin D.D., Gorovoy P.G. 2012. *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. (Asteraceae): chemical composition, useful properties, taxonomy. – Turczaninowia. 15(2): 102–113. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18253518> (In Russian)
11. Shurupova M.N., Kukushkina T.A., Petruk A.A., Shchetinin P.P. 2015. Study of *Saussurea* species chemical composition. In: [Medicinal plants: fundamental and applied problems: materials of the II International Scientific Conference]. Novosibirsk. C. 131–133. <https://nsau.edu.ru/file/79311/> (In Russian)
12. Avdeeva E., Reshetov Y., Shurupova M., Zibareva L., Borisova E., Belousov M. 2017. Chemical analysis of bioactive substances in seven Siberian *Saussurea* species. – AIP Conf. Proc. 1899, 050001. <https://doi.org/10.1063/1.5009864>
13. Pogodin I.S., Luksha E.A., Predeyn N.A. 2014. The chemical composition of plants of the genus *Saussurea* DC, growing over Siberian region. – Khimija Rastitel'nogo Syr'ja. 3: 43–52. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1403043> (In Russian)
14. Kasterova E., Zibareva L., Revushkin A. 2019. Secondary metabolites of some Siberian species of plants tribe *Cynareae* (Asteraceae). – S. Afr. J. Bot. 125: 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.022>

15. *Shurupova M.N., Kukushkina T.A., Petruk A.A., Shhetinin P.P.* 2016. Content of biologically active substances in the raw materials of some Siberian *Saussurea* species. – AIP Conf. Proc. 1772, 050008.
<https://doi.org/10.1063/1.4964578>
16. *Iwashina T., Smirnov S., Damdinsuren O., Kondo. K.* 2010. *Saussurea* species from the Altai Mountains and adjacent area, and their flavonoid diversity. – Bull. Natl. Mus. Nat. Sci. Ser. B. 36(4): 141–154.
https://www.kahaku.go.jp/research/publication/botany/download/36_4/BNMNS_B360402.pdf
17. *Kusano K., Iwashina T., Kitajima J., Mishio T.* 2007. Flavonoid diversity of *Saussurea* and *Serratula* species in Tien Shan Mountains. – Nat. Prod. Commun. 2(11): 1121–1128.
<https://doi.org/10.1177/1934578X0700201115>
18. *Vysochina G.I.* 2004. [Phenolic compounds in the taxonomy and phylogeny of the family Polygonaceae]. Novosibirsk. 240 p. (In Russian)