

УДК 615.322:547.9

## КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕМИ ВИДОВ *SAUSSUREA*\*

© *Е.Ю. Авдеева*<sup>1\*\*</sup>, *Л.Н. Зибарева*<sup>2</sup>, *Е.А. Кастерова*<sup>2</sup>, *Я.Е. Решетов*<sup>1</sup>, *М.Н. Шурупова*<sup>2</sup>, *М.В. Белоусов*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный медицинский университет, Московский тракт, 2, Томск, 634055 (Россия), e-mail: elenaavdeev@yandex.ru

<sup>2</sup>Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050 (Россия)

Методом ВЭЖХ проведено сравнительное изучение компонентного состава фенольных соединений фракций водно-этанольных экстрактов семи видов *Saussurea* DC, произрастающих в Сибири: *S. controversa* DC, *S. latifolia* Ledeb., *S. parviflora* (Poir.) DC, *S. frolovii* Ledeb., *S. amara* (L.) DC, *S. salicifolia* DC, *S. daurica* Adams. В образцах *S. amara*, *S. frolovii*, *S. daurica*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. controversa* установлено значительное количество сирингина (до 25.0 мг/г экстракта). Пул фенолкарбоновых кислот представлен хлорогеновой, кофейной, феруловой, сиринговой, оксибензойной и салициловой кислотами с преобладанием хлорогеновой кислоты (до 53.3 мг/г). В ряду флавоноидных гликозидов изокверцитрин идентифицирован в *S. parviflora*, *S. amara*, *S. salicifolia* и *S. frolovii*, цинарозид – в *S. daurica* и *S. frolovii*, гиперозид – в *S. salicifolia* и *S. parviflora*; рутин – в *S. amara*, *S. controversa* и *S. parviflora*. В этилацетатной фракции *S. salicifolia* впервые идентифицирован авикулярин. Содержание флавоноидов в семи видах *Saussurea* варьирует от 28.1 до 133.2 мг/г экстракта.

*Ключевые слова:* *Saussurea* DC, фенольные соединения, фенолокислоты, сирингин, флавоноиды, ВЭЖХ.

### Введение

Род *Saussurea* DC семейства Asteraceae включает 415 видов, преимущественно обитающих в Гималаях и Тибете. Сибирь, где произрастают 54 вида и 2 подвида, является центром видообразования *Saussurea* в России [1]. Несмотря на разнообразие видов, большинство имеют сходный химический состав и биологические свойства [2–5]. Различные виды соссуреи проявляют противовоспалительную, анальгезирующую, иммуномодулирующую, репаративную виды активности и имеют богатую историю применения в народной медицине Сибири, Бурятии, Монголии. В традиционной медицине Тибета и Китая успешно применяют средство «Tianshan Snow Lotus» на основе некоторых видов рода *Saussurea* [5]. Вид *S. lappa*

*Авдеева Елена Юрьевна* – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтического анализа, e-mail: elenaavdeev@yandex.ru

*Зибарева Лариса Николаевна* – доктор химических наук, заведующая лабораторией фитохимии, e-mail: zibareva.lara@yandex.ru

*Кастерова Евгения Александровна* – аспирант, e-mail: borisova200292@yandex.ru

*Решетов Ярослав Евгеньевич* – аспирант, e-mail: ferroplex2013@yandex.ru

*Шурупова Маргарита Николаевна* – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры ботаники, e-mail: rita.shurupova@inbox.ru

*Белоусов Михаил Валерьевич* – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтического анализа, e-mail: mvb63@mail.ru

включен в фармакопею Китая. На его основе получают препарат для лечения ревматоидного артрита, который стандартизуют по хлорогеновой кислоте и гликозидам кверцетина [4]. Флавоногликозиды *S. controversa* в исследовании *in vivo* проявили высокую остеогенную активность [6]. Китайскими учеными с помощью современных физико-химических методов (ЯМР, ВЭЖХ-МС) достоверно установлена структура ряда сесквитерпеновых и фенольных соединений видов, применяемых в традиционной национальной медицине. Установлен широкий набор фенилпропаноидов (сирингин, производные кофейной и хлорогеновой кислот), флавоноидов (гликозиды кверцетина, апигенина, лютеолина, хри-

\* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcrpm.2018044078s.

\*\* Автор, с которым следует вести переписку.

зина и др.), лигнанов и сесквитерпеновых лактонов [7–10]. Апигенин, лютеолин, кверцетин и их гликозиды обнаружены в ряде видов, произрастающих в Сибири *S. amara* (L.) DC., *S. salicifolia* DC., *S. parviflora* (Poir.) DC, *S. shanginiana* (Wydl.) Fisch. Ex Herd., *S. salsa* (Pall.) Spreng., *S. pricei* Simps. [11]. Однако в целом сведения о составе фенольных соединений видов *Saussurea*, произрастающих в сибирском регионе, недостаточны и фрагментарны. Несмотря на перспективы применения, ни один из 54 видов не является официальным ввиду малой изученности как химического состава, так и биологических свойств. Руководствуясь высокой биологической активностью природных фенольных соединений, можно заключить, что актуально их комплексное исследование в сибирских видах *Saussurea* как перспективных лекарственных кандидатов. Ранее методом хроматографии в тонком слое сорбента нами было проведено скрининговое исследование БАС семи видов *Saussurea* и показана перспектива изучения фенольных компонентов после их кумулирования в этилацетатных и бутанольных фракциях экстрактов [12].

Цель настоящего исследования – сравнительное изучение компонентного состава фенольных соединений семи видов *Saussurea*, произрастающих в Сибири: *S. controversa* DC, *S. latifolia* Ledeb., *S. parviflora* (секция *Saussurea*), *S. frolovii* Ledeb. (секция *Frolovia*), *S. amara* (секция *Theodorea*), *S. salicifolia*. (секция *Laguranthera*) и *S. daurica* Adams (секция *Benedicta*).

### Экспериментальная часть

В исследовании использовали надземные органы семи видов *Saussurea*, собранные в фазу цветения в 2016 г. в Хакасии: *S. controversa* и *S. salicifolia* (окрестности д. Ефремкино), *S. latifolia* и *S. frolovii* (окрестности д. Орлиг-Тасхы), *S. parviflora* (окрестности д. Тургаюл), *S. amara* и *S. daurica* (окрестности о. Беле). Видовая принадлежность образцов была установлена сотрудником кафедры ботаники ТГУ (г. Томск) Шуруповой М.Н., гербарные образцы хранятся в гербарии ТГУ им. П.Н. Крылова. Воздушно-сухое сырье (влажность 7.0–9.3 %) измельчали до размера частиц 1–3 мм и экстрагировали 40% этанолом (соотношение сырья и экстрагента 1 : 15) трижды при температуре 80 °С на водяной бане с обратным холодильником в течение 1 ч. Извлечения объединяли, фильтровали и концентрировали под вакуумом при температуре не выше 45 °С. После удаления этанола сгущенные экстракты последовательно обрабатывали хлороформом, этилацетатом и *n*-бутанолом. Полученные этилацетатные (ЭФ) и бутанольные (БФ) фракции обезвоживали с помощью безводного натрия сульфата и высушивали конвективным способом до полного удаления растворителей.

ВЭЖХ-анализ выполняли на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20AD (Япония) с хроматографической колонкой Perfect Sil Target ODS-3. Элюирование осуществляли смесью ацетонитрила, изопропилового спирта (5 : 2, v/v) и 0.1% раствора трифторуксусной кислоты (ТФУ) в градиенте от 15 до 35%, от 0 до 40 мин. Скорость элюирования – 1 мл/мин. Предварительно по 2 мг фракции растворяли в 0.5 мл 80% этанола, раствор фильтровали. Объем пробы – 5 мкл. В качестве стандартных образцов использовали индивидуальные фенольные соединения (*Lachema*, *Huiké Phytopharm*, *Geneham Pharmaceutical*). Идентификацию веществ во фракциях проводили сопоставлением времен удерживания и максимумов поглощения со стандартными образцами фенольных соединений (табл. 1). Содержание отдельных компонентов рассчитывали в мг/г сухого экстракта по площади пиков веществ во фракциях методом внутренней нормализации, учитывая выход фракций в экстракте. Хроматограммы приведены в электронном приложении к статье.

### Обсуждение результатов

Анализ хроматографической подвижности стандартных образцов фенольных соединений (табл. 1) показал возможность их разделения и идентификации в испытуемых образцах при заданных условиях ВЭЖХ-анализа. При этом в ряду простых фенолов наблюдали в первую очередь элюирование фенолов со свободными гидроксильными группами (галловая кислота, салицин, салидрозид, арбутин). Наличие метильных, этильных, уменьшение количества гидроксильных групп способствовало увеличению липофильности и времени удерживания веществ (анисовая, салициловая кислоты, этилгаллат). Аналогичный процесс происходил при элюировании фенолпропаноидов. Так, хлорогеновая кислота (ХГК), имеющая ряд гидроксильных групп, элюировалась значительно быстрее, чем метоксилированная феруловая или коричневая кислота, не содержащая их. В ряду флавоноидов время удерживания агликонов было значительно выше в сравнении с их гликозидами, что объясняется повышением гидрофильности и соответственно, хроматографической подвижности флавоноидов при увеличении количества сахарных остатков. Полярность агликонов флавоноидов и флавонов предсказуемо снижается при уменьшении количества ОН-групп [13], что значительно усиливало их удерживание в указанных хроматографических условиях.

Таблица 1. Хроматографическая характеристика стандартных образцов фенольных соединений

№	Соединение	t <sub>r</sub> , мин	λ <sub>max</sub> , нм
<i>Флавонолглизиды</i>			
1	Гиперозид	19.581	256/355
2	Рутин	19.846	256/355
3	Сумма флавоноидов, выделенных из <i>S. controversa</i>	20.378	256/355
4	Изокверцитрин	21.669	256/355
5	Авикулярин	25.373	256/352
<i>Флавонолы</i>			
6	Мирицетин	28.987	253/368
7	Кверцетин	39.498	255/369
8	Кемпферол	40.618	255/369
9	Дигидрокверцетин	20.886	289
<i>Флавоны</i>			
10	Цинарозид	20.223	254/348
11	Хризин-7-О-глюкозид	28.427	264/338
12	Байкалин	31.898	277/316
13	Лютеолин	41.278	254/348
14	Апигенин	50.361	267/338
<i>Простые фенолы</i>			
15	Галловая кислота	4.505	272
16	Арбутин	4.601	283
17	Салидрозид	5.618	276
18	Салицин	5.700	268
19	<i>n</i> -оксибензойная кислота	11.488	255
20	Гентизиновая кислота	12.219	236/331
21	Этиловый эфир галловой кислоты	15.864	272
22	<i>o</i> -метокси бензойная кислота	18.901	236/296
23	Анисовая кислота	28.891	255
24	Салициловая кислота	32.943	237/304
<i>Фенилпропаноиды</i>			
25	Сирингин	6.856	221/265
26	Сиринговая кислота	11.301	274
27	Хлорогеновая кислота	7.836	236/327
28	Кофейная кислота	12.061	236/323
29	Феруловая кислота	18.864	235/322
30	Коричная кислота	38.872	274

Все исследуемые виды *Saussurea* содержат широкий набор фенольных соединений, извлекаемых органическими растворителями из водно-спиртового экстракта. Количество пиков/веществ во фракциях, имеющих характерное поглощение, составило от 18 до 28. При этом состав ЭФ и БФ преимущественно был различным. БФ содержат преимущественно гидрофильные компоненты: полигликозиды флавоноидов, фенолкарбоновые кислоты. В ЭФ концентрируются простые, метилированные и этилированные фенолкарбоновые кислоты, агликоны и моногликозиды флавоноидов (табл. 2–3).

Анализ простых фенольных соединений во фракциях исследованных видов *Saussurea* показал наличие салициловой кислоты в *S. latifolia* и *S. parviflora*, салидрозиды и *n*-оксибензойной кислоты в *S. parviflora*, сиринговой кислоты в *S. amara* и *S. parviflora*, которые экстрагируются большей частью этилацетатом. Указанные соединения ранее не были идентифицированы в данных видах *Saussurea*.

В БФ всех исследуемых видов, кроме *S. parviflora*, обнаружен гликозилированный фенилпропаноид сирингин. Ранее сирингин был выделен из *S. controversa* [14], в остальных видах он был обнаружен впервые. Наиболее богаты по содержанию сирингина *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. frolowii* и *S. amara* (25.0, 18.1, 17.8, 14.3 мг/г экстракта соответственно), которые являются перспективными источниками сирингина и возможности исследования их с точки зрения новых видов биологической активности.

В ряду фенолоксилов обнаружено высокое содержание хлорогеновой кислоты (ХГК) в БФ всех видов. Содержание ХГК составило в *S. parviflora* (53.3 мг/г) > *S. amara* (33.3 мг/г) > *S. frolowii* (25.2 мг/г) > *S. daurica* (19.4 мг/г) > *S. salicifolia* (17.8 мг/г) > *S. latifolia* (14.5 мг/г) > *S. controversa* (5.7 мг/г). ХГК была выделена ранее из других видов *Saussurea* и является характерным метаболитом этого рода [2–4, 11]. Более липофильные кислоты – кофейная и феруловая обнаружены преимущественно в ЭФ. Кофейная кислота – в *S. controversa* и *S. frolowii*, феруловая – в *S. amara* и *S. frolowii*. Ранее состав фенолоксилов в исследуемых видах не изучался.

Таблица 2. Хроматографическая характеристика видов секции *Saussurea*

Компоненты фракций ( $\lambda_{\max}$ , нм)	<i>Saussurea controversa</i>		<i>Saussurea latifolia</i>		<i>Saussurea parviflora</i>	
	Фракции (содержание в экстракте, %)					
	ЭФ (2.2)	БФ (6.5)	ЭФ (3.2)	БФ (5.0)	ЭФ (4.9)	БФ (16.7)
$t_r$ , мин (содержание компонента во фракции, %)						
НИС (267)	–	3.495 (2.91)	–	3.506 (5.57)	–	3.447 (4.64)
Салидрозид	–	–	–	–	5.216 (0.01)*	–
Сирингин	–	6.839 (0.15)	–	6.371 (8.43)*	–	–
НИС (295/325)	–	–	–	–	–	6.009 (2.92)
НИС (259/293)	–	–	–	–	7.299 (1.61)	–
Хлорогеновая кислота	–	8.133 (8.82)*	–	8.433 (6.75)*	8.227 (2.33)*	8.109 (31.94)*
НИС (259/294)	9.381 (18.70)	–	–	–	–	–
Сиринговая кислота	–	–	–	–	10.752 (0.07)*	–
<i>n</i> -Оксибензойная кислота	–	–	–	–	11.602 (4.20)*	–
Кофейная кислота	13.394 (6.27)	–	–	–	–	–
Гиперозид	–	–	–	–	–	19.525 (8.56)*
СФСС	–	19.697 (38.40)	–	–	–	–
Рутин	–	21.061 (0.67)*	21.125 (1.23)*	–	20.060 (3.00)	–
Дигидрокверцетин	–	–	–	–	–	–
НИС (237/338)	–	–	21.569 (1.53)	21.287 (4.89)	–	–
Изокверцитрин	–	–	–	–	21.896 (11.31)	21.276 (20.94)
НИС (237/328)	23.477 (3.20)	23.607 (0.47)	23.452 (4.42)	23.582 (6.79)	23.393 (8.68)	23.484 (4.75)
НИС (237/329)	–	24.021 (9.48)	24.083 (16.05)	24.218 (5.03)	24.327 (10.56)	–
НИС (236/339)	24.406 (10.10)	24.635 (2.22)	24.692 (1.92)	–	–	–
НИС (237/328)	–	24.971 (1.34)	–	24.849 (3.03)	24.964 (1.10)	–
НИС (238/330)	26.964 (8.51)	26.637 (19.83)	25.977 (3.72)	–	–	–
НИФ (255/349)	–	–	26.486 (25.75)	–	26.832 (28.14)	–
НИС (239/330)	–	–	–	26.854 (9.61)	–	–
НИФ (267/337)	–	–	–	27.471 (30.16)	–	27.039 (10.82)
НИС (237/329)	29.937 (1.46)	29.678 (2.4)	29.727 (1.73)	29.905 (1.48)	–	–
НИС (238/330)	32.990 (3.90)	32.761 (7.11)	32.749 (4.71)	32.981 (2.04)	–	–
Салициловая кислота	–	–	33.203 (0.86)*	33.383 (0.51)*	33.003 (2.03)*	–
Кверцетин	39.766 (39.30)	–	–	–	–	–
НИС (237/344)	–	–	40.373 (2.18)	–	40.616 (1.04)	–
НИС (235/337)	–	–	49.146 (6.02)	–	49.321 (7.16)	–

Примечание: \* – обнаружено впервые для данного вида.

Сокращения в таблицах: ЭФ – этилацетатная фракция, БФ – бутанольная фракция, НИС – неидентифицированное соединение, НИФ – не идентифицированный флавоноид, СФСС – сумма флавоноидов *S. controversa*.

В исследованных видах *Saussurea* идентифицированы такие флавоноиды, как кверцетин, дигидрокверцетин, цинарозид, гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин. Кверцетин и частично его моногликозиды обнаружены в этилацетатных фракциях, а ди-, три-гликозиды кверцетина и моногликозиды лютеолина – в бутанольных фракциях. Изокверцитрин идентифицирован в *S. parviflora*, *S. amara*, *S. salicifolia* и *S. frolowii*, цинарозид – в *S. daurica* и *S. frolowii*, гиперозид – в *S. salicifolia* и *S. parviflora*; рутин – в *S. amara*, *S. controversa* и *S. parviflora*. В этилацетатной фракции *S. salicifolia* впервые идентифицирован авикулярин. Установлены видовые различия по составу агликонов флавогликозидов: гликозиды кверцетина накапливают все исследуемые виды, лютеолина – только *S. daurica* и *S. frolowii*.

Таблица 3. Хроматографическая характеристика видов *Saussurea*

Компоненты фракций ( $\lambda_{\max}$ , нм)	<i>Saussurea daurica</i>		<i>Saussurea frolowii</i>		<i>Saussurea salicifolia</i>		<i>Saussurea amara</i>	
	Фракции (содержание в экстракте, %)							
	ЭФ (1.2)	БФ (12.2)	ЭФ (3.7)	БФ (21.3)	ЭФ (5.8)	БФ (22.2)	ЭФ (1.2)	БФ (12.2)
	$t_r$ , мин (содержание компонента во фракции, %)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НИС (265/270)	–	3.762 (2.32)	–	3.511 (3.74)	–	3.453 (11.00)	–	3.520 (5.56)
Сирингин	–	6.662 (1.79)*	–	6.326 (8.37)*	–	6.257 (11.28)*	–	6.319 (11.7)*
Хлорогеновая кислота	–	8.374 (15.92)*	–	8.236 (11.82)*	–	8.069 (8.00)*	7.918 (6.60)	8.246 (27.3)*
НИС (231/323)	–	10.068 (3.78)	–	–	–	–	–	10.348 (4.71)
НИС (236/327)	–	–	11.595 (1.41)	11.556 (4.24)	–	–	–	–
Сиринговая кис- лота	–	–	–	–	–	–	11.703 (1.10)*	–
НИС (236/325)	–	–	–	11.970 (6.65)	–	–	–	–
Кофейная кислота	–	–	12.154 (4.77)*	–	–	–	–	–
НИС (297/323)	–	–	13.109 (0.51)	13.179 (2.38)	–	–	–	–
НИФ (255/351)	–	–	17.264 (2.97)	17.198 (37.64)	–	–	–	17.236 (7.48)
Феруловая кисло- та	–	–	18.667 (0.59)*	18.585 (0.89)*	–	–	18.167 (0.47)*	–
Гиперозид	–	–	–	–	–	19.255 (7.24)	–	–
Рутин	–	–	–	–	–	–	–	19.988 (7.99)
НИС (234/346)	–	–	–	19.957 (1.21)	–	–	20.070 (5.04)	–
Цинарозид	–	21.092 (24.20)*	20.504 (57.17)*	20.471 (10.59)*	–	–	–	–
НИС (237/325)	21.045 (6.11)	–	–	–	–	–	–	–
Дигидрокверцетин	–	–	21.342 (0.08)*	–	–	20.600 (0.75)*	–	–
Изокверцитрин	–	–	21.880 (3.03)*	21.300 (2.77)*	21.029 (18.39)	21.034 (3.65)	21.319 (12.29)	21.789 (13.00)
НИС (237/328)	23.001 (12.09)	–	23.375 (5.82)	–	–	23.185 (5.35)	23.193 (11.6)	–
НИС (236/329)	23.551 (5.15)	23.955 (7.48)	–	–	–	23.433 (7.25)	23.797 (29.14)	23.710 (1.89)
НИС (242/330)	24.003 (37.41)	–	–	–	–	–	–	–
НИФ (232/352)	–	–	–	–	24.221 (4.95)	24.229 (9.50)	–	24.027 (8.00)
Авикулярин	–	–	–	–	25.873 (34.12)*	–	–	–
НИС (237/329)	–	–	24.381 (6.76)	–	–	–	25.173 (2.00)	25.213 (1.10)
НИФ (266/336)	25.926 (5.57)	–	–	–	–	–	–	–
НИС (237/330)	26.287 (10.75)	–	26.248 (1.62)	–	–	26.005 (12.21)	–	–
НИС (237/329)	–	26.559 (14.13)	26.661 (2.74)	26.649 (0.98)	–	–	26.384 (5.85)	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
НИС (237/328)	27.051 (4.04)	–	–	–	–	–	27.187 (12.60)	–
НИФ (267/336)	–	27.218 (19.35)	–	–	–	–	–	–
НИФ (235/353)	–	–	–	–	–	29.605 (13.64)	–	–
НИС (237/328)	32.736 (0.62)	32.672 (1.86)	–	–	–	32.129 (2.50)	32.509 (1.79)	–
НИС (237/345)	–	–	–	–	38.410 (4.19)	–	–	–
НИС (236/348)	–	–	40.701 (3.28)	–	42.003 (3.87)	–	–	–

Структура флавоногликозидов *S. controversa* была ранее довольно хорошо изучена методом ЯМР с использованием  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  and  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  корреляций [6]. Индивидуальные гликозиды кверцетина *S. controversa* в указанных хроматографических условиях имеют довольно близкие  $t_r$  (7-О-рамнозил-3-О-ксилозид кверцетина 19.463; 7-О-рамнозил-3-О-глюкозид кверцетина 19.359; 7-О-глюкозил-3-О-рамнозил-глюкозид кверцетина 19.783; 3-О-диглюкозил-рамнозил кверцетина 20.245; рутин 19.846) и идентифицируются в БФ в виде одиночного пика с  $t_r$  19.697 (табл. 2).

Общее количество флавоноидов в ЭФ и БФ в пересчете на экстракт составило *S. frolowii* (133.2 мг/г) > *S. salicifolia* (127.1 мг/г) > *S. parviflora* (80.5 мг/г) > *S. daurica* (38.3 мг/г) > *S. amara* (36.2 мг/г) > *S. controversa* (33.6 мг/г) > *S. latifolia* (28.1 мг/г).

Суммарное количество фенольных соединений в экстрактах составило: *S. salicifolia* (280 мг/г) > *S. frolowii* (250 мг/г) > *S. parviflora* (216 мг/г) > *S. amara* и *S. daurica* (по 134 мг/г) > *S. controversa* (87 мг/г) > *S. latifolia* (82 мг/г).

Наряду с идентифицированными компонентами были выявлены фенольные соединения с  $\lambda_{\text{max}}$  237/330; 238/346; 255/348; 267/336; нм, в том числе имеющие довольно высокий удельный выход, которые пока не удалось идентифицировать. Вероятно, это различные метаболиты шикиматного пути биосинтеза, характерные для каждого вида. Разнообразный состав фенольных соединений видов *Saussurea* наряду с их высоким содержанием представляет интерес для дальнейшего выделения не идентифицированных индивидуальных соединений и установления их структуры.

## Выводы

1. Проведен сравнительный анализ фенольных соединений семи видов *Saussurea* методом ВЭЖХ. Их суммарное содержание в пересчете на сухой экстракт составило от 82–87 мг/г (*S. latifolia*, *S. controversa*) до 134–280 мг/г (*S. daurica*, *S. amara*, *S. parviflora*, *S. frolowii*, *S. salicifolia*).

2. В бутанольных фракциях водно-этанольных экстрактов (для *S. amara*, *S. frolowii*, *S. daurica*, *S. salicifolia*, *S. latifolia* впервые) обнаружено значительное количество синрингина (14.3–25.0 мг/г).

3. Фенолкарбоновые кислоты представлены хлорогеновой, кофейной, феруловой, синринговой, оксибензойной и салициловой кислотами с преобладанием хлорогеновой кислоты (5.7–53.3 мг/г).

4. Содержание флавоноидов семи видов *Saussurea* варьирует от 28.1 до 133.2 мг/г экстракта. Изокверцитрин идентифицирован в *S. parviflora*, *S. amara*, *S. salicifolia* и *S. frolowii*, цинарозид – в *S. daurica* и *S. frolowii*, гиперозид – в *S. salicifolia* и *S. parviflora*; рутин – в *S. amara*, *S. controversa* и *S. parviflora*. В *S. salicifolia* впервые обнаружен авикулярин. Установлены видовые различия по составу агликонов флавогликозидов, так, производные кверцетина накапливают все исследуемые виды, лютеолина – *S. daurica* и *S. frolowii*.

5. Исследуемые виды *Saussurea* по содержанию идентифицированных БАС являются перспективными источниками для получения биологически активных субстанций и изучения их противовоспалительных, иммуномодулирующих, капилляропротекторных, репаративных, остеопротективных свойств.

**Список литературы**

1. Shurupova M.N., Zverev A.A. Conservation categories and rarity types of Siberian Saussurea species // *Int. J. of Environmental Studies*. 2017. Vol. 74. N5. Pp. 724–731. DOI: 10.1080/00207233.2017.1283937.
2. Zahara K., Tabassum S., Sabir S., Arshad M., Qureshi R., Shoaib M.A., Chaudhari S.K. A review of therapeutic potential of Saussurea lappa – An endangered plant from Himalaya // *Asian Pac. J. Trop. Med.* 2014. Vol. 7. N1. Pp. 60–69. DOI: 10.1016/S1995-7645(14)60204-2.
3. Pandey M.M., Rastogi S., Singh Rawat A.K. Saussurea costus: Botanical, chemical and pharmacological review of an ayurvedic medicinal plant // *J. of Ethnopharmacol.* 2007. N110. Pp. 379–390. DOI: 10.1016/j.jep.2006.12.033.
4. Chik W-I, Zhu L., Fan L-L., Yi T., Zhu G-Y., Gou X-J., Tang Y-N., Xu J., Yeung W-P., Zhao Z-Z., Yu Z-L., Chen H-B. Saussurea involucre: A review of the botany, phytochemistry and ethnopharmacology of a rare traditional herbal medicine // *J. of Ethnopharmacol.* 2015. N172. Pp. 44–60. DOI: 10.1016/j.jep.2015.06.033.
5. Yi T., Zhao Z.Z., Yu Z.L., Chen H.B. Comparison of the anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of three medicinal plants known as "Snow Lotus" herb in traditional Uighur and Tibetan medicines // *J. of Ethnopharmacol.* 2010. N128. Pp. 405–411. DOI: 10.1016/j.jep.2010.01.037.
6. Avdeeva E., Shults E., Skorokhodova M., Reshetov Ya., Porokhova E., Sukhodolo I., Krasnov E., Belousov M. Flavonol glycosides from Saussurea controversa and their efficiency in experimental osteomyelitis // *Planta Med. Int. Open*. 2018. N5. Pp. e24-e29. DOI: 10.1055/s-0044-100799.
7. Matsuda H., Kageura T., Inoue Y., Morikawa T., Yoshikawa M. Absolute Stereostructures and Syntheses of Saussureamines A, B, C, D and E, Amino Acid- Sesquiterpene Conjugates with Gastroprotective Effect, from the Roots of Saussurea lappa // *Tetrahedron*. 2000. N56. Pp. 7763–7777. DOI: 10.1016/S0040-4020(00)00696-7.
8. Fan C-Q., Yue J-M. Biologically Active Phenols from Saussurea medusa // *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. 2003. N11. Pp. 703–708. DOI: 10.1016/S0968-0896(02)00470-4.
9. Dawa Z., Zhou Y., Bai Y., Gesang S., Bai B., Ding L. Development of an HPLC-DAD-ESI-MSn method for quantitative analysis of Saussurea tridactyla // *J. of Pharm. and Biomed. Anal.* 2008. N48. Pp. 1076–1081. DOI: 10.1016/j.jpba.2008.08.016.
10. Jia Z., Wu C., Jin H., Zhang J. Identification of the chemical components of Saussurea involucre by high-resolution mass spectrometry and the mass spectral trees similarity filter technique // *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2014. N28. Pp. 2237–2251. DOI: 10.1002/rcm.7014.
11. Погодин И.С., Лукша Е.А., Предейн Н.А. Химический состав растений рода Saussurea DC, произрастающих на территории Сибири (Обзор) // *Химия растительного сырья*. 2014. №3. С. 43–52. DOI: 10.14258/jcrpm.1403043.
12. Avdeeva E., Reshetov Ya., Shurupova M., Zibareva L., Borisova E., Belousov M. Chemical analysis of bioactive substances in seven siberian Saussurea species // *AIP Conference Proceedings*. 2017. Vol. 1899. 050001. DOI: 10.1063/1.5009864.
13. Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Блинова И.П., Костенко М.О., Олейниц Е.Ю. О хроматографическом поведении флавоноидов в условиях обращенно-фазовой ВЭЖХ // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2016. Т. 16. №3. С. 377–383.
14. Syrchina A.I., Chernousova A.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. The chemical composition of the extractive substances of Saussurea controversa // *Chemistry of Natural Compounds*. 1993. Vol. 29. N5. Pp. 686–687. DOI: 10.1007/BF00630230.

Поступила в редакцию 21 мая 2018 г.

После переработки 31 мая 2018 г.

Принята к публикации 27 июня 2018 г.

**Для цитирования:** Авдеева Е.Ю., Зибарева Л.Н., Кастерова Е.А., Решетов Я.Е., Шурупова М.Н., Белоусов М.В. Компонентный состав фенольных соединений семи видов *Saussurea* // *Химия растительного сырья*. 2018. №4. С. 197–204. DOI: 10.14258/jcrpm.2018044078.

Avdeeva E.Yu.<sup>1\*</sup>, Zibareva L.N.<sup>2</sup>, Kasterova E.A.<sup>2</sup>, Reshetov Ya.E.<sup>1</sup>, Shurupova M.N.<sup>2</sup>, Belousov M.V.<sup>1</sup> COMPONENT COMPOSITION OF PHENOLIC COMPOUNDS OF SEVEN SAUSSUREA SPECIES

<sup>1</sup>Siberian State Medical University, Moskovsky Trakt, 2, Tomsk, 634050 (Russia), e-mail: elenaavdeev@yandex.ru

<sup>2</sup>Tomsk State University, pr. Lenina, 36, Tomsk, 634050 (Russia)

Using HPLC method was studied the component composition of phenolic compounds of the fractions from extracts of the seven Saussurea DC species, grown in Siberia: *S. controversa* DC, *S. latifolia* Ledeb., *S. parviflora* (Poir.) DC, *S. frolovii* Ledeb., *S. amara* (L.) DC, *S. salicifolia* DC, *S. daurica* Adams. In samples *S. amara*, *S. frolovii*, *S. daurica*, *S. salicifolia*, *S. latifolia*, *S. controversa* a significant amount of syringin (up to 25.0 mg/g of extract) was found. Phenol carboxylic acids are chlorogenic, caffeic, ferulic, syringic, oxybenzoic and salicylic acids with a predominance of chlorogenic acid (up to 53.3 mg/g). Isocavercitrin is identified in *S. parviflora*, *S. amara*, *S. salicifolia* and *S. frolovii*, cynaroside in *S. daurica* and *S. frolovii*, hyperoside in *S. salicifolia* and *S. parviflora*; rutin in *S. amara*, *S. controversa* and *S. parviflora*. In *S. salicifolia* ethylacetate fractions avicularin was found for the first time. The content of flavonoids in seven Saussurea species from 28.1 to 133.2 mg/g of extract was changed.

**Keywords:** Saussurea DC, phenolic compounds, phenolic acids, syringin, flavonoids, HPLC.

### References

1. Shurupova M.N., Zverev A.A. *Int. J. of Environmental Studies*, 2017, vol. 74, no. 5, pp. 724–731. DOI: 10.1080/00207233.2017.1283937.
2. Zahara K., Tabassum S., Sabir S., Arshad M., Qureshi R., Shoaib M.A., Chaudhari S.K. *Asian Pac. J. Trop. Med.*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 60–69. DOI: 10.1016/S1995-7645(14)60204-2.
3. Pandey M.M., Rastogi S., Singh Rawat A.K. *J. of Ethnopharmacol.*, 2007, no. 110, pp. 379–390. DOI: 10.1016/j.jep.2006.12.033.
4. Chik W-I., Zhu L., Fan L-L., Yi T., Zhu G-Y., Gou X-J., Tang Y-N., Xu J., Yeung W-P., Zhao Z-Z., Yu Z-L., Chen H-B. *J. of Ethnopharmacol.*, 2015, no. 172, pp. 44–60. DOI: 10.1016/j.jep.2015.06.033.
5. Yi T., Zhao Z.Z., Yu Z.L., Chen H.B. *J. of Ethnopharmacol.*, 2010, no. 128, pp. 405–411. DOI: 10.1016/j.jep.2010.01.037.
6. Avdeeva E., Shults E., Skorokhodova M., Reshetov Ya., Porokhova E., Sukhodolo I., Krasnov E., Belousov M. *Planta Med. Int. Open.*, 2018, no. 5, pp. e24-e29. DOI: 10.1055/s-0044-100799.
7. Matsuda H., Kageura T., Inoue Y., Morikawa T., Yoshikawa M. *Tetrahedron*, 2000, no. 56, pp. 7763–7777. DOI: 10.1016/S0040-4020(00)00696-7.
8. Fan C-Q., Yue J-M. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 2003, no. 11, pp. 703–708. DOI: 10.1016/S0968-0896(02)00470-4.
9. Dawa Z., Zhou Y., Bai Y., Gesang S., Bai B., Ding L. *J. of Pharm. and Biomed. Anal.*, 2008, no. 48, pp. 1076–1081. DOI: 10.1016/j.jpba.2008.08.016.
10. Jia Z., Wu C., Jin H., Zhang J. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 2014, no. 28, pp. 2237–2251. DOI: 10.1002/rcm.7014.
11. Pogodin I.S., Luksha Ye.A., Predeyn N.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 43–52. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.1403043.
12. Avdeeva E., Reshetov Ya., Shurupova M., Zibareva L., Borisova E., Belousov M. *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1899, 050001, DOI: 10.1063/1.5009864.
13. Deyneka V.I., Deyneka L.A., Blinova I.P., Kostenko M.O., Oleynits Ye.Yu. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 377–383. (in Russ.).
14. Syrchina A.I., Chernousova A.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Chemistry of Natural Compounds*, 1993, vol. 29, no. 5, pp. 686–687. DOI: 10.1007/BF00630230.

Received May 21, 2018

Revised May 31, 2018

Accepted June 27, 2018

**For citing:** Avdeeva E.Yu., Zibareva L.N., Kasterova E.A., Reshetov Ya.E., Shurupova M.N., Belousov M.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 197–204. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018044078

\* Corresponding author.