

М.П. Разгонова<sup>1, 2</sup>, ✉  
 А.Ш. Сабитов<sup>1</sup>,  
 Т.А. Сенотрусова<sup>2</sup>,  
 Н.Г. Ли<sup>2</sup>,  
 О.Г. Мурзина<sup>3</sup>,  
 Е.А. Русакова<sup>3</sup>,  
 Е.Н. Петруша<sup>3</sup>,  
 Н.Г. Тихонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

<sup>3</sup> Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Сосновка, Елизовский р-н, Камчатский край, Россия

✉ m.razgonova@vir.nw.ru

Поступила в редакцию:  
29.06.2022

Одобрена после рецензирования:  
14.08.2023

Принята к публикации:  
30.08.2023

Mayya P. Razgonova<sup>1, 2</sup>, ✉  
 Andrey Sh. Sabitov<sup>1</sup>,  
 Tamara A. Senotrusova<sup>2</sup>,  
 Natalia G. Lee<sup>2</sup>,  
 Olga G. Murzina<sup>3</sup>,  
 Elena A. Rusakova<sup>3</sup>,  
 Elena N. Petrusha<sup>3</sup>,  
 Nadezhda G. Tikhonova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Far Eastern Federal University, Russian Island, village Ajax, Vladivostok, Russia

<sup>3</sup> Kamchatka Research Institute of Agriculture, village Sosnovka, Elizovskiy District, Kamchatka Territory, Russia

✉ m.razgonova@vir.nw.ru

Received by the editorial office:  
29.06.2022

Accepted in revised:  
14.08.2023

Accepted for publication:  
30.08.2023

## *Lonicera caerulea* L.: Сравнительное метаболомное исследование полифенольного состава методом тандемной масс-спектрометрии четырех сортов дальневосточной жимолости

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В статье приведено сравнительное метаболомное исследование ягод жимолости синей (*L. caerulea*), сортообразцы Волхова, Томичка, Голубое веретено, Амфора, представленные в коллекции Дальневосточной опытной станции ВИР.

**Методы.** Для определения комплекса вторичных метаболитов в экстрактах ягод жимолости синей. использовали метод тандемной масс-спектрометрии. Для получения высококонцентрированных экстрактов применяли метод фракционной мацерации. В экстрактах ягод *L. caerulea* методом тандемной масс-спектрометрии достоверно идентифицировано 75 соединений полифенольной группы.

**Результаты.** По результатам качественной идентификации компонентного состава экстрактов ягод жимолости синей построена диаграмма Венна, показывающая сходство и различие по полифенольным группам различных сортообразцов *L. caerulea*. Ягоды *L. caerulea* содержат много биологически активных веществ, в частности имеют большое количество соединений с антиоксидантной активностью. Выделенный полифенольный комплекс включал в себя соединения следующих групп: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, антоцианы, стильбены, кумарины, фенольные кислоты. Впервые в экстрактах ягод *L. caerulea* идентифицировано 30 химических соединений полифенольной группы (флавоны пентагидроксидиметоксифлавоны, цирсиллиол, яцеозидин, софороизофлаван А, дигидрокситетраметоксифлавоны, хризозеириол-О-гексозид, формононетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпиафзелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносильвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.), не упоминавшихся ранее в исследованиях по *L. caerulea*.

**Ключевые слова:** жимолость синяя, *Lonicera caerulea*, тандемная масс-спектрометрия, ВЭЖХ, полифенолы, метаболом, фракционная мацерация

**Для цитирования:** Разгонова М.П. и др. *Lonicera caerulea* L. Сравнительное метаболомное исследование полифенольного состава методом тандемной масс-спектрометрии четырех сортов дальневосточной жимолости. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 171–178. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-171-178>

© Разгонова М.П., Сабитов А.Ш., Сенотрусова Т.А., Ли Н.Г., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Петруша Е.Н., Тихонова Н.Г.

## *Lonicera caerulea* L. Comparative metabolomic study of polyphenolic composition by tandem mass spectrometry of four varieties of Far Eastern honeysuckle

### ABSTRACT

**Relevance.** The article presents a comparative metabolomic study of blue honeysuckle (*L. caerulea*) berries, varieties Volhova, Tomichka, Goluboe vereteno, Amfora, presented in the collection of the Far Eastern Experimental Station of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources.

**Methods.** To determine the complex of secondary metabolites in extracts of blue honeysuckle berries. used the method of tandem mass spectrometry. Fractional maceration was used to obtain highly concentrated extracts. In extracts of *L. caerulea* berries, 75 compounds of the polyphenol group were reliably identified by tandem mass spectrometry.

**Results.** Based on the results of the qualitative identification of the component composition of blue honeysuckle berry extracts, a Venn diagram was constructed showing the similarity and difference in polyphenol groups of various *L. caerulea* varieties. Berries of *L. caerulea* contain a large amount of biologically active substances, in particular, they have a large number of compounds with antioxidant activity. The isolated polyphenol complex included compounds of the following groups: flavones, flavonols, flavan-3-ols, flavanones, anthocyanins, stilbenes, coumarins, phenolic acids. Also, for the first time in the extracts of *L. caerulea* berries, 30 chemical compounds of the polyphenol group were identified (flavones Pentahydroxydimethoxyflavone, Cirsiliol, jaceosidin, Sophoraisoflavone A, Dihydroxy tetramethoxyflavone, Chrysoeriol-O-hexoside, Formononetin-7-O-glucoside, flavon-3-ols (epi)-Afzelechin, (epi)-Catechin gallate, stilbenes Pinosylvin, Resveratrol, Dihydroresveratrol, coumarins Fraxetin, Umbelliferone, etc.), not previously mentioned in studies on *L. caerulea*.

**Key words:** honeysuckle blue, *Lonicera caerulea*, tandem mass spectrometry, HPLC, polyphenols, metabolome, fractional maceration

**For citation:** Razgonova M.P. et al. *Lonicera caerulea* L. Comparative metabolomic study of polyphenolic composition by tandem mass spectrometry of four varieties of Far Eastern honeysuckle. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 171–178 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-171-178>

© Razgonova M.P., Sabitov A.S., Senotrusova T.A., Lee N.G., Murzina O.G., Rusakova E.A., Petrusha E.N., Tikhonova N.G.

## Введение/Introduction

По современным представлениям ботанического сообщества под названием жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.) подразумевается весьма изменчивый вид, произрастающий на обширной территории Российской Федерации от самых западных районов до островов Курильской гряды. Из представителей рода жимолостных наиболее известны и широко используются в селекционной работе жимолость камчатская (*Lonicera kamtschatica* P.), жимолость съедобная (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), жимолость алтайская (*Lonicera altaica* Pall.) и жимолость Турчанинова (*L. turczaninowii* Pojark.) [1].

Стратегии метаболизма растений основаны на двух аналитических технологиях — масс-спектрометрии (МС) и ядерном магнитном резонансе (ЯМР). Однако подходы, основанные на ЯМР, уступают подходам, основанным на МС, из-за меньшего количества соединений, которые можно разделить, учитывая его относительно более низкую чувствительность. Несмотря на непрерывный прогресс в технологии МС, изучение метаболома растений является серьезной проблемой в исследованиях метаболизма растений. В настоящее время можно измерить только несколько тысяч метаболитов (> 14 тыс.), в то время как в царстве растений ожидается от 200 тыс. до 1 млн метаболитов, и его анализ зависит от концентрации. Из-за широкого динамического диапазона концентрации растительных метаболитов и высокого химического разнообразия ни одна аналитическая технология не может охватить весь растительный метаболом, поэтому для анализа часто используются различные методы экстракции и комбинация дополнительных аналитических технологий.

Использование tandemного масс-спектрометра позволяет исследовать структурные особенности извлечений на основании масс-спектров, получаемых за счет различных типов фрагментации, без предварительного выделения индивидуальных соединений. Высокая селективность и чувствительность этого метода позволяют во многих случаях избежать (или существенно облегчить) выполнение трудоемких процедур выделения, очистки и концентрирования целевых компонентов. В исследовании использовали метод tandemной масс-спектрометрии для определения комплекса вторичных метаболитов. Были обнаружены полифенольные комплексы в экстрактах ягод жимолости синей

*L. caerulea* (сортообразцы Амфора, Голубое веретено, Томичка, Волхова), культивируемых на Дальневосточной опытной станции — филиале ВИР.

## Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объектом исследования были ягоды жимолости синей *L. caerulea* (сортообразцы Амфора, Голубое веретено, Томичка, Волхова) урожая 2022 года. Все образцы морфологически аутентифицированы в соответствии с действующим стандартом Фармакопеи Евразийского экономического союза<sup>1</sup>.

Химические вещества и реагенты. Ацетонитрил для ВЭЖХ (Fisher Scientific, Великобритания), муравьиная кислота (Sigma-Aldrich, Германия). Сверхчистую воду готовили из SIEMENS ULTRA clear (SIEMENS, Германия), все остальные реагенты имели аналитическую чистоту.

Для получения высококонцентрированных экстрактов применяли метод фракционной мацерации [2]. Из 500 г ягод жимолости синей *L. caerulea* (Волхова, Томичка, Голубое веретено, Амфора) для мацерации случайным образом отбирали по 50 г ягод каждого сорта. Общее количество экстрагента (спирт этиловый х.ч.) делили на три части, причем последовательно настаивали с первой, второй и третьей частями. Соотношение твердое вещество — растворитель — 1:20. Настаивание каждой части экстрагента продолжалось семь дней при комнатной температуре.

ВЭЖХ проводили с использованием ВЭЖХ Shimadzu LC-20 Prominence (Shimadzu, Киото, Япония), оснащенной УФ-датчиком и обращенно-фазовой колонкой с двуокисью кремния C18 (4,6 × X150 мм, размер частиц — 2,7 мкм) для разделения многокомпонентных смесей. Программа градиентного элюирования двумя подвижными фазами (А — деионизированная вода, Б — ацетонитрил с муравьиной кислотой 0,1 % по объему) была следующей: 0–2 мин., 0 % В; 2–50 мин., 0–100% В; контрольная промывка — 50–60 мин., 100% Б. Весь ВЭЖХ-анализ проводили с использованием видимого УФ-детектора SPD-20A (Shimadzu, Киото, Япония) при длине волны 230 нм для идентификации соединений; температура составляла 50°C, а общая скорость потока — 0,25 мл/мин. Объем инъекции — 10 µL. Кроме того, жидкостная хроматография была объединена с масс-спектрометрической ионной ловушкой для идентификации соединений.

Масс-спектрометрический анализ проводили на ионной ловушке amaZon SL (BRUKER DALTONIKS, Германия), оснащенной источником ESI в режиме отрицательных ионов. Оптимизированные параметры получены следующим образом: температура источника ионизации — 70 °C, расход газа — 4 л/мин., распыляющий газ (распылитель) — 7,3 psi, капиллярное напряжение: 4500 В, напряжение изгиба торцевой пластины — 1500 В, фрагментарное — 280 В, энергия столкновения — 60 эВ. Ионная ловушка использовалась в диапазоне сканирования m/z 100–1.700

**Рис. 1.** А — ягоды *L. caerulea* (сортообразец Томичка); Б — ягоды *L. caerulea* (сортообразец Голубое веретено). Источник: фотоархив Дальневосточной опытной станции — филиала ВИР

**Fig. 1.** А — Berries of *L. caerulea* (variety specimen Tomichka); В — Berries of *L. caerulea* (varietal specimen Blue spindle). Source: photo archive of the Far Eastern Experimental Station of VIR



а)

б)

<sup>1</sup> Фармакопея Евразийского экономического союза, утверждено Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии No. 100 (11.08.2020). <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/LSMI/Documents/Фармакопея%20Союза%201%2008.pdf>

для МС и МС/МС. Химические компоненты идентифицировали путем сравнения их индекса удерживания, масс-спектров и масс-спектрометрической фрагментации с базой данных библиотеки, созданной Группой биотехнологии, биоинженерии и пищевых систем Дальневосточного федерального университета (Россия) на основе данных других спектроскопических методов, таких как ядерный магнитный резонанс (ЯМР), ультрафиолетовая спектроскопия и МС, а также данных из научной литературы, которые постоянно обновляются и пересматриваются. Скорость захвата составляла 1 спектр/с для МС и 2 спектра/с для МС/МС. Сбор данных контролировался программным обеспечением Windows для BRUKER DALTONIKS («Биллерика», Массачусетс, США).

Все опыты повторялись трижды. Реализован четырехстадийный режим разделения ионов (режим МС/МС).

Структурную идентификацию каждого соединения проводили на основе их точной массы и фрагментации МС/МС с помощью ВЭЖХ–ЭСИ–ионная ловушка–МС/МС.

## Результаты и обсуждения / Results and discussion

В результате исследований предварительно идентифицировано 75 соединений полифенольного класса из экстрактов ягод *L. caerulea*. Все идентифицированные полифенолы и другие соединения, а также молекулярные формулы и данные МС/МС для *L. caerulea* приведены в таблице 1. Полифенолы представлены следующими химическими группами: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, фенольные кислоты, антоцианы, стильбены, кумарины. Впервые в ягодах *L. caerulea* идентифицировано 30 новых соединений из группы полифенолов. Это флавоны: пентагидроксидиметоксифлаван, цирсилиол, яцеозидин, софораизофлаван А, дигидрокситетраметоксифлаван, хризоэриол-О-гексозид, формонетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпиафзелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносильвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.

**Таблица 1.** Химические соединения полифенольной группы, идентифицированные в экстракте ягод *L. caerulea* в позитивной и негативной ионизационных модах методом тандемной масс-спектрометрии

**Table 1.** Chemical compounds of the polyphenol group identified in the extract of *L. caerulea* berries in positive and negative ionization modes by tandem mass spectrometry

\*Полифенольные соединения, впервые упомянутые в экстрактах *L. caerulea*.

N	Класс соединения	Идентификация	Химическая формула	Молярная масса	Аддукт-ион [M-H] <sup>-</sup>	Аддукт-ион [M+H] <sup>+</sup>	Фрагментация 1-го порядка МС/МС	Фрагментация 2-го порядка МС/МС	Фрагментация 3-го порядка МС/МС	Источники
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Флаван	Апигенин [5,7-дигидрокси-2-(4-гидроксибензил)-4Н-хромен-4-он]	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	270,236		271	225	179		<i>Phlomis</i> (Lamiaceae) [2]; мята [3]; <i>Lonicera henryi</i> [4]
2	Флаван	Тригидрокси(изо)флаван	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	270,236		271	197	129		Прополис [5]
3	Флаван	5,6,4-тригидрокси-7,8-диметоксифлаван	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330,288		331	303; 185	203	157	Мята [3, 6]; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. herrerae</i> [7]
4	Флаван	Яцеозидин [5,7,4-тригидрокси-6',5'-диметоксифлаван]*	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330,288		331	303; 203	203; 157	175	Мята [3, 6]
5	Флаван	Цирсилиол*	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330,288	329		229; 311	211	211	<i>Ocimum</i> [8]
6	Флаван	Софораизофлаван А*	C <sub>20</sub> H <sub>16</sub> O <sub>6</sub>	352,337		353	335; 294; 235; 195	317; 277; 229		Китайская травяная формула Цзянь-Пи-И-Шэнь [9]
7	Флаван	Пентагидроксидиметоксифлаван*	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>9</sub>	362,287		363	344; 300; 256	238; 146		<i>G. linguiforme</i> [7]
8	Флаван	Дигидрокси-тетраметоксифлаван*	C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>	374,341		375	345	245	175; 227	Прополис [5]
9	Флаван	Лютеолин 7-О-глюкозид [цинарозид]	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	448,376		449	297	269	241	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
10	Флаван	Хризоэриол О-гексозид*	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	462,403		463	445; 243			<i>Triticum aestivum</i> L. [12]
11	Флаван	Формонетин-7-О-глюкозид-6-О-малонат*	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>	516,450		517	271	243		Корень астрагала [13]
12	Флаван	Акацетин 8-С-глюкозид малонилированный*	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>13</sub>	532,450		533	471; 411; 315	424; 281	305; 263	Мексиканские виды люпина [14]
13	Флаван	Каликозин-7-О-бета-Д-глюкозид-6-О-малонат*	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>13</sub>	532,450		533	287	273; 236		Корень астрагала [13]
14	Флаван	Производное хризина	C <sub>26</sub> H <sub>24</sub> O <sub>14</sub>	560,460	559		277	233; 177		<i>Embelia</i> [15]
15	Флаван	С-гексозил-апигенин О-рамнозид*	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub>	578,518		579	561; 337; 317	319; 262	161	<i>Triticum aestivum</i> [16]
16	Флаван	Лоницерин [лютеолин-7-О-рамнозид; лютеолин-7-рамноглюкозид]	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub>	594,518		595	449; 287	287	287; 153	<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Exocarpium Citri Grandis</i> [17]
17	Флаван	Лютеолин 7-О-(6-О-арабинозилглюкозид)	C <sub>26</sub> H <sub>28</sub> O <sub>15</sub>	580,491		581	287	153; 241; 287		<i>Lonicera henryi</i> [4]
18	Флавонол	Кемпферол	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	286,236		287	269; 149	239; 181		<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]
19	Флавонол	Дигидроккемпферол	C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	288,252	287		259	215	173	Андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Camellia kucha</i> [20]
20	Флавонол	Рамноцитрин*	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	300,262		301	273	245	217; 177; 131	Корень астрагала [13]; мята [21]
21	Флавонол	Кверцетин	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	302,235		303	257; 146	229	201; 145	<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10; 22]; <i>Ribes meyeri</i> [18]
22	Флавонол	Гербацетин [3,5,7,8-тетрагидрокси-2-(4-гидроксибензил)-4Н-хромен-4-он]*	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	302,235		303	203	175		<i>Ocimum</i> [8]
23	Флавонол	Рамнетин II *	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	316,262		317	302	274; 153; 121	229; 153; 121	<i>Spondias purpurea</i> [23]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	Флавонол	Изорамнетин [кверцетин 3'-метилловый эфир; 3-метилкверцетин]	$C_{16}H_{12}O_7$	316,262	315		283	255; 211	227	<i>Vaccinium meridionale</i> [19]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [22]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
25	Флавонол	Кемпферол-3-О- $\alpha$ -L-рамнозид*	$C_{21}H_{20}O_{10}$	432,377		433	287	187		<i>C. edulis</i> ; <i>F. glaucescens</i> [7]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
26	Флавонол	Кверцетин 3-О-глюкозид [изокверцитрин; кверцетин-3-О-глюкопиранозид; 3-глюкозилкверцетин]	$C_{21}H_{20}O_{12}$	464,376		465	303	229; 165	201; 161	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; клюква [25]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
27	Флавонол	Кемпферол 3-О-рутинозид	$C_{27}H_{30}O_{15}$	594,518		595	449; 287	287	287	<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
28	Флавонол	Кверцетин 3-О-пентозилгексозид	$C_{26}H_{28}O_{16}$	596,490		597	303; 257; 211	257; 195; 165	229	<i>F. pottsi</i> [7]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
29	Флавонол	Рутин (кверцетин 3-О-рутинозид)	$C_{27}H_{30}O_{16}$	610,517		611	303	257; 165	229	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
30	Флавонол	Изорамнетин 3-О-(6"-О-рамнозил-гексозид)	$C_{28}H_{32}O_{16}$	624,544		625	317	302		<i>Lonicera henryi</i> [4]
31	Флавонол	Диметилкверцетин-3-О-дигексозид*	$C_{29}H_{34}O_{17}$	654,570	653		507; 353; 311	329	287; 190	<i>Capsicum annum</i> [27]
32	Флавонол	Производное рамнозилгексозид а кверцетина	$C_{36}H_{46}O_{22}$	830,737	829		609	301	300	База данных химических соединений Pubchem
33	Флаван-3-ол	Эпиафзелехин [(эпи)афзелехин]*	$C_{15}H_{14}O_5$	274,268		275	245; 219; 175	215; 193; 175; 157; 127	175; 157; 145	<i>A. cordifolia</i> ; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. herreriae</i> [7]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
34	Флаван-3-ол	Эпикатехин	$C_{15}H_{14}O_6$	290,268		291	273; 137			<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
35	Флаван-3-ол	Галлокатехин	$C_{15}H_{14}O_7$	306,267		307	261; 243; 163; 137	187; 159	131	<i>G. linguiforme</i> [7]; <i>Embellia</i> [15]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
36	Флаван-3-ол	Производное афзелехина	$C_{18}H_{16}O_{10}$	392,313		393	275; 245; 215	245; 175	175; 127	<i>Zostera marina</i> [28]
37	Флаван-3-ол	Производное эпикатехина	$C_{18}H_{16}O_{11}$	408,313		409	291; 275	261; 242; 208; 173	244; 214; 191; 173; 160; 124	База данных химических соединений Pubchem
38	Флаван-3-ол	Эпикатехин галлат [(-)-эпикатехин-3-О-галлат; L-эпикатехин галлат]*	$C_{22}H_{18}O_{10}$	442,372	441		330; 139	150		Китайская травяная формула Цзянь-Пи-И-Шэнь [9]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Camellia kucha</i> [20]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
39	Флаванон	Нарингенин [нарингетол] *	$C_{15}H_{12}O_5$	272,522		273	153; 189	111		<i>G. linguiforme</i> [7]; мексиканские виды люпина [14]; <i>Exocarpium Citri Grandis</i> [17]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]
40	Флаванон	Бутин [7,3,4-тригидроксифлаванон]	$C_{15}H_{12}O_5$	272,068		273	153	171	153	<i>Ribes meyeri</i> [18]
41	Антоциан	Антоцианидин [хлорид цианидина; цианидин]	$C_{15}H_{11}O_6$	287,244		287	286; 270; 247; 205	221		<i>F. herreriae</i> [7]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]
42	Антоциан	Петунидин	$C_{16}H_{13}O_7$	317,270		318	256	238; 113	238	<i>A. cordifolia</i> ; <i>C. edulis</i> [7]
43	Антоциан	Пеларгонидин-3-О-глюкозид (каллистефин)	$C_{21}H_{21}O_{10}$	433,385		431	257; 331	227	215	<i>Rubus ulmifolius</i> [29]; черная смородина, бузина [30]
44	Антоциан	Дельфинидин 3-О-глюкозид	$C_{21}H_{21}O_{12}$	465,390		465	303	257; 165	229; 201	<i>Berberis lycium</i> [31]; <i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> ; <i>Ribes maellanicum</i> ; <i>Ribes cucullatum</i> ; <i>Myrteola nummularia</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
45	Антоциан	Пеларгонидин -О-(6-О-малонил- $\beta$ -D-глюкозид)	$C_{24}H_{23}O_{13}$	519,438		519	271	243	197	<i>Gentiana lutea</i> [34]; <i>Triticum aestivum</i> [35]
46	Антоциан	Дельфинидин 3-О- $\beta$ -D-самбубиозид	$C_{26}H_{29}O_{16}$	597,498		597	303; 465; 229	229; 165	201; 172	<i>Berberis microphylla</i> [32, 33]; <i>Triticum aestivum</i> [35]
47	Антоциан	Дельфинидин 3-О-рутинозид [дельфинидин 3-рамнозилглюкозид]	$C_{27}H_{31}O_{16}$	611,525		611	303	257; 165	229	<i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> ; <i>Ribes maellanicum</i> ; <i>Ribes cucullatum</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
48	Антоциан	Петунидин-3-рутинозид	$C_{28}H_{33}O_{16}$	625,552		625	317; 479	302; 139	274; 229; 153	<i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
49	Гидроксibenзойная кислота	Протокатеховая кислота	$C_7H_6O_4$	154,120		155	127			<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [14]; <i>Ribes meyeri</i> [25]
50	Гидроксикоричная кислота	Кофейная кислота [(2E)-3-(3,4-дигидроксибензил)акриловая кислота]	$C_9H_8O_4$	180,157		181	135	119		<i>Vaccinium macrocarpon</i> [13]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
51	Метилбензойная кислота	Метилгалловая кислота [метилгаллат]*	$C_8H_8O_5$	184,146		185	139	111		Эвкалипт [36]
52	Транс-коричная кислота	Феруловая кислота	$C_{10}H_{10}O_4$	194,184	193		176	132		<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Ribes nigrum</i> [37]
53	Фенольная кислота	Гидроксиметоксидиметил бензойная кислота*	$C_{10}H_{12}O_4$	196,199		197	188	179		<i>F. herreriae</i> ; <i>F. glaucescens</i> [7]
54	Фенольная кислота	2,3,4,5,6-пентагидроксibenзойная кислота*	$C_7H_6O_7$	202,118		203	156	129		<i>Jatropha</i> [38]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55	Гидрокси-коричная кислота	Гидроксиферуловая кислота*	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	210,183		211	193	75; 147	157; 129	Андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Rosa davurica</i> [39]
56	Гидрокси-коричная кислота	Синаповая кислота	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	224,21		225	207; 179	151; 123	123	<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]
57	Фенольная кислота	2,4,6-тригидрокси-3,5-диметоксибензойная кислота*	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	230,171		230	212	195		Актинидия [40]
58	Гидрокси-бензойная кислота	Эллаговая кислота [бензоаровая кислота; элагостазин]	C <sub>14</sub> H <sub>6</sub> O <sub>8</sub>	302,192	301		257	229	201	Эвкалипт [36]
59	Фенольная кислота	6-Гидрокси-3-метокси-4-О-β-D-гликопиранозид*	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	348,302	347		301; 165	165; 137		Актинидия [40]
60	Гидрокси-коричная кислота	Хлорогеновая кислота [3-О-кофеиллиновая кислота]	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	354,308	353		191	127		<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [10; 21]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; андская голубика ( <i>Vaccinium meridionale</i> ) [19]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
61	Гидрокси-коричная кислота	3-О-гидроксидигидрокофеиллиновая кислота	C <sub>16</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	372,324	371		191	173; 127		<i>Lonicera henryi</i> [4]
62	Фенольная кислота	Производное кофеиллиновой кислоты		382,663	381		179; 135	135		<i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
63	Флавоноид	п-кумароилгексоза-4-О-гексозид*	C <sub>25</sub> H <sub>28</sub> O <sub>10</sub>	488,483		489	327	299; 253	253; 225	<i>Gmelina arborea</i> [41]
64	Фенольная кислота	3,4-О-дикафеоиллиновая кислота [изохлорогеновая кислота В]	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>	516,450	515		353	191	173	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
65	Фенольная кислота	4,5-О-дикафеоиллиновая кислота [изохлорогеновая кислота С]	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>	516,450	515		353	191	171	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
66	Фенольная кислота	р-кумароил малонилдигексоза		574,831		575	413; 335; 188	395; 340; 226; 188	346; 290; 211	<i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
67	Фенольная кислота	Дикафеоилферуоиллиновая кислота*		692,22		693	353; 261	335; 261; 135	243; 149	<i>Artemisia annua</i> [42]
68	Стильбен	пиносильвин [3,5-стильбендиол]*	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	212,243		213	167; 139	139		<i>Pinus resinosa</i> [43]; <i>Pinus sylvestris</i> [44]
69	Стильбен	Ресвератрол [транс-ресвератрол; 3,4,5-тригидроксистильбен]*	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	228,243		229	211	183; 127	138	<i>A. cordifolia</i> ; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. herrerae</i> [7]; <i>Embelia</i> [15]; корень горца многоцветкового [45]
70	Стильбен	Дигидроресвератрол [α, β-дигидроресвератрол]*	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	230,259		231	214; 158	196; 168		<i>Maackia amurensis</i> [46]
71	Гидрокси-кумарин	Умбеллиферон [скимметин]*	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	162,142		163	145	117		<i>F. glaucescens</i> [7]; <i>Zostera marina</i> [28]; актинидия [40]; <i>Sanguisorba officinalis</i> [47]
72	Кумарин	Фраксетин*	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>5</sub>	208,167		209	191	117		<i>Embelia</i> [15]; <i>Jatropha</i> [38]; актинидия [40]
73	Кумарин	3,4/6,8-дигидро-5,7-дигидрокси-2-оксо-2Н-1-бензо-пиран-3-уксусная кислота	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>	238,193		239	221	203	185	Актинидия [40]
74	Кумарин	Умбеллиферона гексозид *	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>8</sub>	324,282		325	289; 127	271; 127	253; 146	<i>G. linguiforme</i> [7]
75	Кумарин	7-(β-D-гликопиранозид/галактопиранозид)-2-оксо-2Н-1-бензопирано-4-уксусная кислота	C <sub>17</sub> H <sub>18</sub> O <sub>10</sub>	382,318		383	163; 365	145		Актинидия [40]

\* Полифенольные соединения, впервые упомянутые в экстрактах *L. caerulea*.

**Рис. 2.** Из экстрактов *L. caerulea* (отношение массы иона к его заряду) (*m/z*) 229.18  
**Fig. 2.** CID — spectrum of resveratrol isolated from *L. caerulea* extracts (ratio of ion mass to its charge) (*m/z*) 229.18

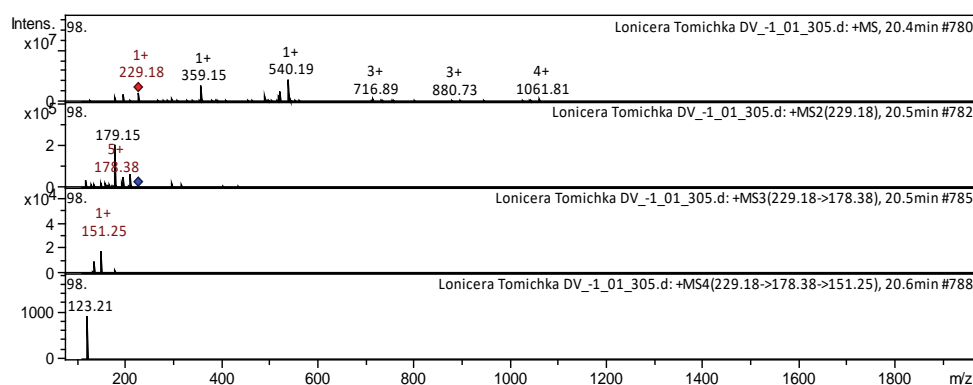
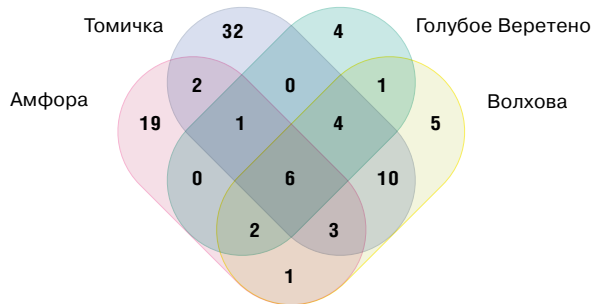


Рисунок 2 представляет расшифровку спектра (CID — спектр) хроматограммы, полученной методом tandem-масс-спектрометрии. CID — спектр, представленный в позитивных модах, стильбена ресвератрола, выделенного из экстрактов *L. caerulea* (рис. 2).

[M+H]<sup>+</sup> ион продуцирует один фрагментарный ион с *m/z* 178.38 (рис. 2). Фрагментарный ион с *m/z* 178.38 продуцирует следующий дочерний ион с *m/z* 151.25. В свою очередь, фрагментарный ион с *m/z* 151.25 продуцирует один дочерний ион с *m/z* 123.21. Данная

**Рис. 3.** Диаграмма Венна, показывающая сходство и различие по полифенольным группам различных сортообразцов *L. caerulea*. Автор: Разгонова М.П.

**Fig. 3.** Venn diagram showing the similarities and differences in polyphenol groups of various *L. caerulea* accessions. Author: Razgonova M.P.



**Таблица 2.** Количество элементов, анализируемых в отдельном сортообразце и общее количество анализируемых элементов.  
**Table 2.** The number of elements analyzed in a separate variety sample and the total number of analyzed elements.

Название сортообразца	Количество элементов, анализируемых в отдельном сортообразце	Количество анализируемых элементов
Амфора	34	34
Голубое веретено	58	58
Томичка	18	18
Волхова	32	32
Общее количество анализируемых элементов		90

фрагментация в научной литературе идентифицируется как фрагментация ресвератрола. Подобные фрагментации указаны в литературе в следующих растительных матрицах: *A. cordifolia*, *F. glaucescens*, *F. herrerae* [7], *Embelia* [15], *Radix polygoni multiflori* [45].

Построена диаграмма Венна<sup>2</sup>, которая показывает совпадения и различия по различным полифенольным группам из экстрактов *L. caerulea* (сортообразцы Амфора, Голубое веретено, Волхова, Томичка) (рис.3).

В таблице 2 представлены количество элементов, анализируемых в отдельных сортообразцах (Амфора, Томичка, Голубое веретено, Волхова) и общее количество анализируемых элементов.

В таблице 3 детально проанализированы данные по диаграмме Венна.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о достаточно большом количестве совпадений по полифенольной группе, представленных для анализа сортообразцов (Амфора, Томичка, Голубое веретено, Волхова).

### Выводы/Conclusions

Ягоды *L. caerulea* содержат большое количество биологически активных веществ, в частности имеют большое полифенольное содержание. Методами tandemной масс-спектрометрии было достоверно выделено 75 соединений полифенольного комплекса из сортообразцов жимолости синей *L. caerulea* (сортообразцы Амфора,

**Таблица 3.** Анализ диаграммы Венна.

**Table 3.** Venn diagram analysis.

Сорто-образцы	Совпадения	Название соединения
Амфора; Голубое веретено; Томичка; Волхова	6	Кемпферол; гербациетин; 2,3,4,5,6-пентагидроксibenзойная кислота; Изопрениловый эфир кофейной кислоты; Гистидин; Анонаин
Амфора; Голубое веретено; Томичка	1	Гидроксиферуловая кислота
Амфора; Томичка; Волхова	3	Кверцетин; гидроксидодекановая кислота; Рамноцитрин
Амфора; Голубое веретено; Волхова	2	Яцеозидин; 8,9,10-пентагидроксибензо[bd]пиран-6-он
Амфора; Томичка	2	Сеспендол; фраксетин
Томичка; Волхова	8	Гидроксиметоксидиметилбензойная кислота; метилгалловая кислота; изорамнетин 3-О-(6"-О-рамнозил-гексозид); ресвератрол; изорамнетин; р-кумарил малонилдигексоза; эллаговая кислота; дельфинидин 3-О-глюкозид
Голубое веретено; Волхова	1	Производное эпиафзелехина
Амфора	12	Тригидроксиизофлаван; 6-гидрокси-3-метокси-4-О-β-D-глюкопиранозид; галлокатехин; пеларгонидин-3-О-глюкозид; хризозеиол-О-гексозид; пеларгонидин 3-О-(6-О-malonyl-β-D-глюкозид); 7-дигидрокси-2-оксо-2Н-1-бензопиран-3-этановая кислота; формоннетин-7-О-глюкозид-6-О-малонат; диметилкверцетин-3-О-дегексозид; С-гексозил-апигенин О-рамнозил; цирсилиол; апигенин
Томичка	22	Рутин; умбеллиферон; кофейная кислота; петунидин-3-рутинозид; кверцетин 3-О-глюкозид; синаповая кислота; дельфинидин 3-О-рутинозид; (-)-эпикатехин галлат; нарингенин; пентагидрокси-метоксифлаван; 5-О-дикофеилхиновая кислота; гексозид умбеллиферона; феруловая кислота; производное кофейлихиновой кислоты; п-кумарилгексоза-4-О-гексозид; 7-(β-D-глюкопиранозид/галактопиранозид)-2-оксо-2Н-1-бензопиран-4-этановая кислота; дикафеоилферуоилхиновая кислота; лоницерин; дельфинидин 3-О-β-D-самбубиозид; кемпферол 3-О-рутинозид; хлорогеновая кислота; кверцетин 3-О-пентозил гексозид
Голубое веретено	3	Дигидрокси-тетраметоксиизофлаван; пиносилъвин; каликозин-7-О-β-D-глюкозид-6"-О-малонат;
Волхова	3	Бутин; 4-О-дикофеилхиновая кислота; производное от кверцетин рамнозил гексозид

Томичка, Голубое веретено, Волхова), произрастающих на плантациях Дальневосточной опытной станции — филиала ВИР. Выделенный полифенольный комплекс включал в себя соединения следующих групп: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, антоцианы, стильбены, кумарины, фенольные кислоты.

Следует отметить, что была обнаружена большая группа полифенольных соединений (30 соединений), ранее не отмеченная другими исследователями в роду *L. caerulea*. Это пентагидрокси-метоксифлаван, цирсилиол, яцеозидин, софороизофлаван А, дигидрокси-тетраметоксифлаван, хризозеиол-О-гексозид, формоннетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпиафзелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносилъвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

<sup>2</sup> <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/%D1%81%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B-%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0-d746a2ce-ed61-47a7-93fe-7c101940839d>

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» за счет средств гранта РФНФ № 23-74-00044

## FUNDING

The study was carried out at the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after V.I. N.I. Vavilov" at the expense of the RNF grant No. 23-74-00044,

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Azmir J. *et al.* Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 2013; 117(4): 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Aghakhani F., Kharazin N., Gooini Z.L. Flavonoid Constituents of *Phlomis* (Lamiaceae) Species Using Liquid Chromatography Mass Spectrometry. *Phytochemical Analysis*. 2018; 29(2): 180–195. <https://doi.org/10.1002/pca.2733>
- Marzouk M.M., Hussein S.R., Elkhateeb A., El-shabrawy M., Abdel-Hameed E.-S.S., Kawashty S.A. Comparative study of *Mentha* species growing wild in Egypt: LC-ESI-MS analysis and chemosystematic significance. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2018; 8(08): 116–122. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.8816>
- Jaiswal R., Müller H., Müller A., Karar M.G.E., Kuhnert N. Identification and characterization of chlorogenic acids, chlorogenic acid glycosides and flavonoids from *Lonicera henryi* L. (Caprifoliaceae) leaves by LC-MS<sup>n</sup>. *Phytochemistry*. 2014; 108: 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.08.023>
- Belmehdi O. *et al.* Synergistic interaction between propolis extract, essential oils, and antibiotics against *Staphylococcus epidermidis* and methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Secondary Metabolite*. 2021; 8(3): 195–213. <https://doi.org/10.21448/ijsm.947033>
- Xu L.-L. *et al.* Analysis of Non-Volatile Chemical Constituents of *Menthae Haplocalycis* Herba by Ultra-High Performance Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry. *Molecules*. 2017; 22(10): 1756. <https://doi.org/10.3390/molecules22101756>
- Hamed A.R., El-Hawary S.S., Ibrahim R.M., Abdelmohsen U.R., El-Halwany A.M. Identification of Chemopreventive Components from Halophytes Belonging to Aizoaceae and Cactaceae Through LC/MS–Bioassay Guided Approach. *Journal of Chromatographic Science*. 2021; 59(7): 618–626. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmaa112>
- Pandey R., Kumar B. HPLC–QTOF–MS/MS-based rapid screening of phenolics and triterpenic acids in leaf extracts of *Ocimum* species and their interspecies variation. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 2016; 39(4): 225–238; <https://doi.org/10.1080/10826076.2016.1148048>
- Wang F. *et al.* Chemical characterisation and quantification of the major constituents in the Chinese herbal formula Jian-Pi-Yi-Shen pill by UPLC-Q-TOF-MS/MS and HPLC-QQQ-MS/MS. *Phytochemical Analysis*. 2020; 31: 915–929. <https://doi.org/10.1002/pca.2963>
- Abeywickrama G., Debnath S.C., Ambigaipalan P., Shahidi F. Phenolics of selected cranberry genotypes (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) and their antioxidant efficacy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(49): 9342–9351. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04291>
- Cai Z. *et al.* Comparison of Multiple Bioactive Constituents in the Flower and the Caulis of *Lonicera japonica* Based on UFLC-QTRAP-MS/MS Combined with Multivariate Statistical Analysis. *Molecules*. 2019; 24(10): 1936. <https://doi.org/10.3390/molecules24101936>
- Wojakowska A., Perkowski J., Góról T., Stobiecki M. Structural characterization of flavonoid glycosides from leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.) using LC/MS/MS profiling of the target compounds. *Journal of Mass Spectrometry*. 2013; 48(3): 329–339. <https://doi.org/10.1002/jms.3160>
- Zhang J., Xu X.-J., Xu W., Huang J., Zhu D.-y., Qiu X.-H. Rapid Characterization and Identification of Flavonoids in *Radix Astragalii* by Ultra-High-Pressure Liquid Chromatography Coupled with Linear Ion Trap-Orbitrap Mass Spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*. 2015; 53(6): 945–952. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmu1155>
- Wojakowska A. *et al.* Structural analysis and profiling of phenolic secondary metabolites of Mexican lupine species using LC–MS techniques. *Phytochemistry*. 2013; 92: 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.04.006>
- Vijayan K.P.R., Raghu A.V. Tentative characterization of phenolic compounds in three species of the genus *Embelia* by liquid chromatography coupled with mass spectrometry analysis. *Spectroscopy Letters*. 2019; 52(10): 653–670. <https://doi.org/10.1080/00387010.2019.1682013>
- Cavaliere C., Foglia P., Pastorini E., Samperi R., Laganà A. Identification and mass spectrometric characterization of glycosylated flavonoids in *Triticum durum* plants by high-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2005; 19(21): 3143–3158. <https://doi.org/10.1002/rcm.2185>
- Zeng X. *et al.* UFLC-Q-TOF-MS/MS-Based Screening and Identification of Flavonoids and Derived Metabolites in Human Urine after Oral Administration of *Exocarpium Citri Grandis* Extract. *Molecules*. 2018; 23(4): 895. <https://doi.org/10.3390/molecules23040895>
- Zhao Y. *et al.* Rapid qualitative profiling and quantitative analysis of phenolics in *Ribes meyeri* leaves and their antioxidant and antidiabetic activities by HPLC-QTOF-MS/MS and UHPLC-MS/MS. *Journal of Separation Science*. 2021; 44(7): 1404–1420. <https://doi.org/10.1002/jssc.202000962>
- Aita S.E. *et al.* Andean Blueberry of the Genus *Disterigma*: A High-Resolution Mass Spectrometric Approach for the Comprehensive Characterization of Phenolic Compounds. *Separations*. 2021; 8(5): 58. <https://doi.org/10.3390/separations8050058>
- Qin D. *et al.* Identification of key metabolites based on non-targeted metabolomics and chemometrics analyses provides insights into bitterness in *Kucha* [*Camellia kucha* (Chang et Wang) Chang]. *Food Research International*. 2020; 138(B): 109789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109789>
- Li X., Tian T. Phytochemical Characterization of *Mentha spicata* L. Under Differential Dried-Conditions and Associated Nephrotoxicity Screening of Main Compound With Organ-on-a-Chip. *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9: 1067. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01067>
- Rafsanjany N., Senker J., Brandt S., Dobrindt U., Hensel A. In Vivo Consumption of Cranberry Exerts ex Vivo Antiadhesive Activity against *FimH*-Dominated Uropathogenic *Escherichia coli*: A Combined in Vivo, ex Vivo, and in Vitro Study of an Extract from *Vaccinium macrocarpon*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63(40): 8804–8818. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03030>
- Engels C., Gräter D., Esquivel P., Jiménez V.M., Gänzle M.G., Schieber A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Food Research International*. 2012; 46(2): 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.003>
- Sobeh M., Mahmoud M.F., Abdelfattah M.A.O., Cheng H., El-Shazly A.M., Wink M. A proanthocyanidin-rich extract from *Cassia abbreviata* exhibits antioxidant and hepatoprotective activities in vivo. *Journal of Ethnopharmacology*. 2018; 213: 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.007>
- Wang Y., Vorsa N., Harrington P.d.B., Chen P. Nontargeted Metabolomic Study on Variation of Phenolics in Different Cranberry Cultivars Using UPLC-IM — HRMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018; 66(46): 12206–12216. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05029>
- Liu P., Lindstedt A., Markkinen N., Sinkkonen J., Suomela J.-P., Yang B. Characterization of Metabolite Profiles of Leaves of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014; 62(49): 12015–12026. <https://doi.org/10.1021/jf503521m>
- Pascale R. *et al.* Profiling of quercetin glycosides and acyl glycosides in sun-dried pepperoni di Senise peppers (*Capsicum annuum* L.) by a combination of LC-ESI(-)-MS/MS and polarity prediction in reversed-phase separations. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2020; 412(12): 3005–3015. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02547-2>
- Razgonova M.P., Tekutyeva L.A., Podvolotskaya A.B., Stepanchikina V.D., Zakharenko A.M., Golokhvast K. *Zostera marina* L.: Supercritical CO<sub>2</sub>-Extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents Recovered from Seagrass. *Separations*. 2022; 9(7): 182. <https://doi.org/10.3390/separations9070182>
- Da Silva L.P. *et al.* *Rubus ulmifolius* Schott fruits: A detailed study of its nutritional, chemical and bioactive properties. *Food Research International*. 2019; 119: 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.052>
- Wu X., Gu L., Prior R.L., McKay S. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004; 52(26): 7846–7856. <https://doi.org/10.1021/jf0486850>
- Pradhan P.C., Saha S. Anthocyanin profiling of *Berberis lycium* Royle berry and its bioactivity evaluation for its nutraceutical potential. *Journal of Food Science and Technology*. 2016; 53(2): 1205–1213. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2117-4>
- Ruiz A. *et al.* Anthocyanin profiles in south Patagonian wild berries by HPLC-DAD-ESI-MS/MS. *Food Research International*. 2013; 51(2): 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.043>
- Ruiz A. *et al.* Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(10): 6081–6089. <https://doi.org/10.1021/jf100173x>
- Diretto G., Jin X., Capell T., Zhu C., Gomez-Gomez L. Differential accumulation of pelargonidin glycosides in petals at three different developmental stages of the orange-flowered gentian (*Gentiana lutea* L. var. *aurantiaca*). *PLoS ONE*. 2019; 14: e0212062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212062>
- Garg M. *et al.* Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science*. 2016; 71: 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.08.004>
- Santos S.A.O., Freire C.S.R., Domingues P.R.M., Silvestre A.J.D., Neto C.P. Characterization of Phenolic Components in Polar Extracts of *Eucalyptus globulus* Labill. Bark by High-Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011; 59(17): 9386–9393. <https://doi.org/10.1021/jf201801q>
- Ieri F., Martini S., Innocenti M., Mulinacci N. Phenolic Distribution in Liquid Preparations of *Vaccinium myrtillus* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. *Phytochemical Analysis*. 2013; 24: 467–475. <https://doi.org/10.1002/pca.2462>
- Zengin G. *et al.* Chemical Composition and Biological Properties of Two *Jatropha* Species: Different Parts and Different Extraction Methods. *Antioxidants*. 2021; 10(5): 792. <https://doi.org/10.3390/antiox10050792>
- Razgonova M.P. *et al.* *Rosa davurica* Pall., *Rosa rugosa* Thunb., and *Rosa acicularis* Lindl. originating from Far Eastern Russia: Screening of 146 Chemical Constituents in Tree Species of the Genus *Rosa*. *Applied Sciences*. 2022; 12(19): 9401. <https://doi.org/10.3390/app12199401>
- Chen Yu. *et al.* Chemical constituents of *radix Actinidia chinensis* planch by UPLC–QTOF–MS. *Biomedical Chromatography*. 2021; 35(7): e5103. <https://doi.org/10.1002/bmc.5103>
- N'gaman-Kouassi K.C.C., Kabran G.R.M., Kadja A.B., Mamyrbékova-Békro J.A., Pirat J.L., Békro Yu.A. Phenolic phytoconstituents from *Gmelina arborea* leaves hydroacetic crude extract: UPLC-MS/MS analysis. *Der Chemica Sinica*. 2016; 7(4): 1–4.
- Han J., Ye M., Qiao X., Xu M., Wang B.-r., Guo D.-A. Characterization of phenolic compounds in the Chinese herbal drug *Artemisia annua* by liquid chromatography coupled to electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2008; 47(3): 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2008.02.013>

43. Simard F., Legault J., Lavoie S., Mshvidadze V., Pichette A. Isolation and Identification of Cytotoxic Compounds from the Wood of *Pinus resinosa*. *Phytotherapy Research*. 2008; 22(7): 919–922. <https://doi.org/10.1002/ptr.2416>
44. Ekeberg D., Flåte P.-O., Eikenes M., Fongen M., Naess-Andresen C.F. Qualitative and quantitative determination of extractives in heartwood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2006; 1109(2): 267–272. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.01.027>
45. Zhu Z.-w. *et al.* Simultaneous determination of stilbenes, phenolic acids, flavonoids and anthraquinones in *Radix polygoni multiflori* by LC–MS/MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2012; 62: 162–166. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.11.002>

## ОБ АВТОРАХ

**Майя Петровна Разгонова<sup>1, 2</sup>**,  
кандидат технических наук, доцент  
m.razgonova@vir.nw.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9732-1649>

**Андрей Шамильевич Сабитов<sup>1</sup>**,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
andrsabitov@rambler.ru  
<https://orcid.org/0009-0007-8798-6464>

**Тамара Алексеевна Сенотрусова<sup>2</sup>**,  
кандидат технических наук, доцент  
Senotrusova.tale@dvfu.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

**Наталья Гаврошевна Ли<sup>2</sup>**,  
кандидат технических наук, доцент  
li.ng@dvfu.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

**Ольга Геннадьевна Мурзина<sup>3</sup>**,  
научный сотрудник  
olyaska93@mail.ru

**Елена Анатольевна Русакова<sup>3</sup>**,  
научный сотрудник  
rubusarcticus@mail.ru

**Елена Николаевна Петруша<sup>3</sup>**,  
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник  
khasbiullina@kamniish.ru

**Надежда Геннадьевна Тихонова<sup>4</sup>**,  
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник  
n.g.tikhonova@vir.nw.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

<sup>1</sup> Дальневосточная опытная станция — филиал ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», ул. Вавилова, 9, Владивосток, 690024, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, 10, о. Русский, Владивосток, 690922, Россия

<sup>3</sup> Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Центральная, 4, пос. Сосновка, Петропавловск-Камчатский, 684033, Россия

<sup>4</sup> ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», ул. Большая Морская, 42/44, Санкт-Петербург, 190000, Россия

46. Fedoreyev S.A. *et al.* Isoflavonoid production by callus cultures of *Maackia amurensis*. *Fitoterapia*. 2000; 71(4): 365–272. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00129-5](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00129-5)

47. Kim S. *et al.* In Vitro Antioxidant and Anti-*Propionibacterium acnes* Activities of Cold Water, Hot Water, and Methanol Extracts, and Their Respective Ethyl Acetate Fractions, from *Sanguisorba officinalis* L. Roots. *Molecules*. 2018; 23(11): 3001. <https://doi.org/10.3390/molecules23113001>

## ABOUT THE AUTHORS

**Mayya Petrovna Razgonova<sup>1, 2</sup>**,  
candidate of technical sciences, Associate Professor  
m.razgonova@vir.nw.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9732-1649>

**Andrey Shamilevich Sabitov<sup>1</sup>**,  
Candidate of Agricultural Sciences  
andrsabitov@rambler.ru  
<https://orcid.org/0009-0007-8798-6464>

**Tamara Alekseevna Senotrusova<sup>2</sup>**,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senotrusova.  
tale@dvfu.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

**Natalya Gavrosheva Lee<sup>2</sup>**,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
li.ng@dvfu.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

**Olga Gennadievna Murzina<sup>3</sup>**,  
Research Associate  
olyaska93@mail.ru

**Elena Anatolyevna Rusakova<sup>3</sup>**,  
Research Associate,  
rubusarcticus@mail.ru

**Elena Nikolaevna Petrusheva<sup>3</sup>**,  
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher  
khasbiullina@kamniish.ru

**Nadezhda Gennadievna Tikhonova<sup>4</sup>**,  
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher  
n.g.tikhonova@vir.nw.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

<sup>1</sup> Far Eastern Experimental Station — branch of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, 9 Vavilova Str., Vladivostok, 690024, Russia

<sup>2</sup> Far Eastern Federal University, 10, Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

<sup>3</sup> Kamchatsky Scientific Research Institute of Agriculture, 4 Centralnaya Str., Sosnovka, Petropavlovsk-Kamchatsky, 684033, Russia

<sup>4</sup> Federal Research Center «N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources», 42/44 Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, 190000, Russia