

Для корреспонденции

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболизма и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-60
 E-mail: Erin.Feather@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Перова И.Б.¹, Рылина Е.В.¹, Эллер К.И.¹, Акимов М.Ю.²

Исследование полифенольного комплекса и иридоидных гликозидов в различных сортах плодов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn

The study of the polyphenolic complex and iridoid glycosides in various cultivars of edible honeysuckle fruits *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn

Perova I.B.¹, Rylyina E.V.¹, Eller K.I.¹, Akimov M.Yu.²

- ¹ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, Россия
² ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина», Мичуринск, Тамбовская область, Россия
¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia
² Federal State Scientific I.V. Michurin Institution Federal Scientific Centre, Michurinsk, Tambov Region, Russia

Высокое содержание минорных биологически активных веществ в плодах дико-растущих и культивируемых сортов жимолости наряду с малой изученностью химического состава отечественных сортов обуславливает актуальность проведения исследования их качественного и количественного состава.

Целью работы было исследование подробного состава основных групп биологически активных полифенольных соединений [антоцианины, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты (ГКК), проантоцианидины] и иридоидов в различных сортах отечественных плодов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn).

Материал и методы. Исследовано 15 образцов замороженных плодов жимолости съедобной, собранных в Тамбовской, Воронежской, Московской областях и Карелии. Суммарное содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли модифицированным методом Фолина–Чокальтеу, суммарное содержание мономерных антоцианинов в пересчете на цианидин-3-глюкозид – методом рН-дифференциальной спектрофотометрии, проантоцианидинов в пересчете на процианидин В₂ – модифицированным методом Бейта–Смита. Профили антоцианинов, иридоидов, флавоноидов и ГКК определяли с помощью коэффeктивной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектором на диодной матрице и времяпролетным масс-

Для цитирования: Перова И.Б., Рылина Е.В., Эллер К.И., Акимов М.Ю. Исследование полифенольного комплекса и иридоидных гликозидов в различных сортах плодов жимолости съедобной *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn // *Вопросы питания*. 2019. Т. 88, № 6. С. 88–99. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10069

Статья поступила в редакцию 24.07.2019. **Принята в печать** 19.11.2019.

For citation: Perova I.B., Rylyina E.V., Eller K.I., Akimov M.Yu. The study of the polyphenolic complex and iridoid glycosides in various cultivars of edible honeysuckle fruits *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2019; 88 (6): 88–99. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10069 (in Russian)

Received 24.07.2019. **Accepted** 19.11.2019.

спектрометрическим детектором. Определены профиль углеводов методом капиллярного электрофореза и антирадикальная активность в DPPH-тесте *in vitro*.

Результаты и обсуждение. Основными группами полифенольных соединений были антоцианины и проантоцианидины. Содержание антоцианинов варьировало от 162,2 до 622,2 мг на 100 г, проантоцианидинов – от 498,3 до 1804,0 мг на 100 г свежих плодов. Среди антоцианинов преобладал цианидин-3-глюкозид (>85% суммы антоцианинов). В исследованных плодах жимолости обнаружено значительное количество иридоидов (от 78,0 до 341,8 мг/100 г), среди которых преобладали логаниновая кислота и логанин. Суммарное содержание флавоноидов варьировало в диапазоне 9,2–46,6 мг/100 г, основным из них был рутин. Среди ГКК преобладала хлорогеновая кислота, на долю которой приходилось 85,7–90,4% суммы ГКК (45,9–79,8 мг/100 г). Обнаружена корреляция между количеством полифенольных соединений и антирадикальными свойствами плодов жимолости в DPPH-тесте.

Заключение. На основании результатов исследования были впервые определены наиболее перспективные сорта жимолости с точки зрения содержания полифенольных антиоксидантов и иридоидов, обладающих потенциальной противовоспалительной, гипогликемической, гиполипидемической, противомикробной и другими видами биологической активности.

Ключевые слова: жимолость съедобная (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), антоцианины, иридоиды, проантоцианидины, флавоноиды, хлорогеновая кислота

The high content of minor biologically active substances in the fruits of wild-growing and cultivated varieties of honeysuckle, along with the low knowledge of the chemical composition of domestic varieties, determines the relevance of the study of their qualitative and quantitative composition.

The aim of the work was to study the detailed composition of the main groups of biologically active polyphenolic compounds [anthocyanins, flavonoids, hydroxycinnamic acids (HCAs), proanthocyanidins] and iridoids in various cultivars of domestic edible honeysuckle fruits (*Lonicera edulis* Turcz. Ex Freyn).

Material and methods. 15 samples of frozen fruits of edible honeysuckle harvested in Tambov, Voronezh, Moscow regions and Karelia were investigated. The total content of polyphenolic compounds (in terms of gallic acid equivalents) was determined by the modified Folin–Ciocalteu method, the total content of monomeric anthocyanins (in terms of cyanidin-3-glucoside) – by pH-differential spectrophotometry, proanthocyanidins (in terms of procyanidin B₂) – by the modified Bate-Smith method. The profiles of individual anthocyanins, iridoids, flavonoids and HCAs was determined by HPLC-DAD/TOF-MS. The carbohydrate profile by capillary electrophoresis and antiradical activity in DPPH test *in vitro* were investigated as well.

Results and discussion. The main groups of polyphenolic compounds were anthocyanins and proanthocyanidins. Cyanidin-3-glucoside was found as predominant among anthocyanins (>85% of their sum). Substantial amounts of iridoids (from 78.0 till 341.8 mg/100 g) were found in the honeysuckle examined. The loganic acid and loganine prevailed among iridoids. The total content of flavonoids varied in the range of 9.2–46.6 mg/100 g, the main of which was rutin. Among HCAs chlorogenic acid prevailed, which accounted for 85.7–90.4% of the total amount of HCAs (45.9–79.8 mg/100 g). A correlation was found between the amount of polyphenolic compounds and the antiradical properties of honeysuckle fruits in DPPH test.

Conclusion. Based on the results of the study the most promising varieties of domestic honeysuckle in terms of the highest content of polyphenolic antioxidants and iridoids with potential anti-inflammatory, hypoglycemic, hypolipidemic, antimicrobial and other types of biological activity were determined for the first time.

Keywords: blue honeysuckle (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), anthocyanins, iridoids, proanthocyanidins, flavonoids, chlorogenic acid, DPPH

Важным аспектом здорового образа жизни и профилактики заболеваний населения алиментарной природы является сбалансированное питание с использованием местных сырьевых ресурсов, особенно дикорастущих и культивируемых плодов, содержа-

щих помимо макрокомпонентов значительное количество минорных биологически активных веществ (БАВ). В настоящей работе оценены перспективы использования плодов жимолости съедобной в качестве потенциально богатого и коммерчески доступного источника БАВ.

Таблица 1. Сведения об исследованных плодах жимолости

Образец	Регион сбора	Год сбора
1. Берель	Тамбовская область, Мичуринск	2014
2. Голубое веретено	Тамбовская область, Мичуринск	2014
3. Синичка	Тамбовская область, Мичуринск	2014
4. Голубой десерт	Тамбовская область, Мичуринск	2016
5. Северное сияние	Тамбовская область, Мичуринск	2016
6. Памяти Куминова	Тамбовская область, Мичуринск	2016
7. Леня	Тамбовская область, Мичуринск	2016
8. Дельфин	Тамбовская область, Мичуринск	2016
9. Трое друзей	Тамбовская область, Мичуринск	2016
10. Признание	Тамбовская область, Мичуринск	2016
11. Юбилейная	Тамбовская область, Мичуринск	2016
12. Фиалка	Воронежская область	2014
13. Соседка	Воронежская область	2014
14. Бакчарский великан	Московская область, Домодедовский район	2014
15. Дикорастущая жимолость	Карелия, Костомукша	2013

Жимолость съедобная *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn [синоним *Lonicera caerulea* ssp. *edulis* (Turcz. & Freyn) Hulten] – декоративный листопадный кустарник семейства Жимолостные *Caprifoliaceae* с плодами синего цвета типа сочной ягоды. Благодаря своей неприхотливости, морозоустойчивости, а также устойчивости к болезням и вредителям широко культивируется в средней полосе России, в Сибири, на Урале, в Приморском крае. Так, в 2019 г. в Государственном реестре селекционных достижений РФ зарегистрировано 120 сортов жимолости, выведенных в различных регионах России.

Таблица 3. Результаты высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектором на диодной матрице и масс-спектрометрическим детектором анализа антоцианинов плодов жимолости

Антоцианин	λ_{\max} , нм	K*	m/z	Детектируемый ион
1. Цианидин-3,5-диглюкозид	280 514	2,86	611,16 287,05	[M] ⁺ [M – 2 глюкозы] ⁺
2. Пеонидин-3,5-диглюкозид	280 516	4,49	625,18 301,07	[M] ⁺ [M – 2 глюкозы] ⁺
3. Цианидин-3-глюкозид	280 514	4,86	449,10 287,05	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
4. Цианидин-3-рутинозид	280 517	5,37	595,17 449,10 287,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
5. Пеларгонидин-3-глюкозид	279 500	6,14	433,11 271,06	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
6. Пеонидин-3-глюкозид	280 516	6,91	463,12 301,07	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
7. Пеонидин-3-рутинозид	280 515	7,05	625,16 463,12 301,7	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺

Примечание. * – K – коэффициент емкости; ** – здесь и далее: молекулярная масса моно- или дисахарида минус 18 а.е.м. (молекула воды, образующаяся при формировании гликозидной связи).

Таблица 2. Суммарное содержание антоцианинов и проантоцианидинов в плодах жимолости, мг/100 г свежих плодов (M±m)

Образец	Сумма антоцианинов	Сумма проантоцианидинов
1. Берель	474,3±24,7	1119,5±53,7
2. Голубое веретено	323,0±17,8	1270,2±52,1
3. Синичка	622,2±26,1	1804,0±74,0
4. Голубой десерт	269,5±12,9	831,3±30,8
5. Северное сияние	162,2±8,9	542,6±23,9
6. Памяти Куминова	338,4±13,5	1185,5±59,3
7. Леня	297,7±11,6	992,8±46,7
8. Дельфин	289,7±10,1	1107,2±56,5
9. Трое друзей	272,5±12,5	1049,5±40,9
10. Признание	443,9±20,9	1214,7±52,2
11. Юбилейная	555,0±19,4	1366,0±49,2
12. Фиалка	344,7±14,1	1215,4±54,7
13. Соседка	197,8±9,7	498,3±18,9
14. Бакчарский великан	581,5±23,3	1351,1±56,7
15. Дикорастущая жимолость	444,2±16,9	1103,5±40,8

Плоды жимолости употребляются в пищу как в свежем виде, так и в виде соков, компотов, варенья, джемов и др. В свежем виде плоды жимолости хранятся в течение 2–8 дней. Промышленная переработка свежего сырья жимолости в России ограничивается недостаточной изученностью химического состава и технологических свойств.

За последние 15 лет значительно возрос интерес отечественных и зарубежных ученых как к химическому составу, так и к потенциальному биологическому действию плодов жимолости. Показана выраженная противовоспалительная активность, способность ингибировать перекисное окисление липидов клеточных мембран, гасить свободные радикалы, эффективно защищать клетки от повреждений, вызванных ультрафиолетовыми (УФ-А и УФ-В) излучениями [1, 2]. Отмечена гепатопротекторная активность экстракта плодов жимолости, проявляющаяся, в частности, в снижении общего содержания липидов и восстановлении активности ферментов печени [3]. Выявлено бактерицидное действие более чем на 10 штаммов патогенных микроорганизмов, в том числе стрептококков групп А, В и G, пневмококков, коринебактерий дифтерии, и бактериостатическое действие, в том числе на менингококки и *Helicobacter pylori* [4]. Высокую биологическую ценность жимолости связывают с наличием в плодах различных классов полифенольных соединений [антоцианинов, проантоцианидинов, катехинов, флавонолов и флавонов, гидроксикоричных кислот (ГКК) и др.], иридоидных гликозидов, аскорбиновой кислоты, пектинов [2, 4–10]. Следует отметить, что химический состав плодов жимолости отечественных сортов сравнительно мало изучен, что обуславливает актуальность проведения исследования качественного и количественного состава БАВ жимолости.

Цель данной работы – изучение содержания и состава полифенольных соединений (антоцианинов, проантоци-

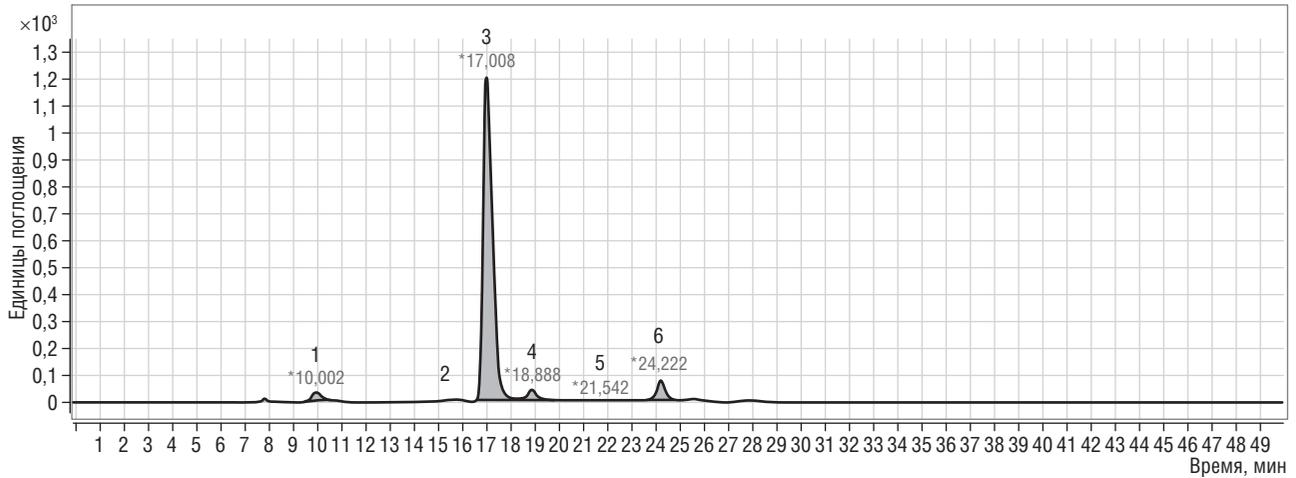


Рис. 1. Хроматограмма извлечения из плодов жимолости № 12

Номера пиков антоцианинов на хроматограмме соответствуют номерам антоцианинов в табл. 3.

Таблица 4. Профиль антоцианинов в плодах жимолости

Образец	Содержание, % суммы антоцианинов ($M \pm m$)						
	цианидин-3,5-диглюкозид	пеонидин-3,5-диглюкозид	цианидин-3-глюкозид	цианидин-3-рутинозид	пеларгонидин-3-глюкозид	пеонидин-3-глюкозид	пеонидин-3-рутинозид
1. Берель	5,6±0,3	1,3±0,1	84,3±1,4	4,8±0,2	0,4±0,02	3,6±0,1	Следы
2. Голубое веретено	4,6±0,2	1,4±0,1	84,4±1,7	4,9±0,2	0,3±0,02	4,4±0,1	–
3. Синичка	5,1±0,2	1,2±0,1	83,9±1,3	5,5±0,2	0,5±0,03	3,8±0,1	Следы
4. Голубой десерт	2,9±0,1	0,7±0,04	85,3±1,7	4,8±0,2	1,5±0,1	4,4±0,2	0,4±0,02
5. Северное сияние	6,1±0,3	1,3±0,1	75,9±1,6	10,4±0,3	2,1±0,1	3,2±0,1	1,0±0,1
6. Памяти Куминова	3,0±0,2	0,7±0,05	86,6±1,8	4,8±0,2	0,5±0,03	4,0±0,2	0,4±0,02
7. Леня	2,4±0,1	0,3±0,02	85,2±1,9	6,8±0,3	1,0±0,1	3,4±0,1	0,7±0,04
8. Дельфин	1,9±0,1	0,5±0,03	85,7±1,2	6,4±0,2	0,8±0,05	4,1±0,2	0,6±0,05
9. Трое друзей	3,0±0,1	0,7±0,04	85,1±1,0	6,6±0,2	1,1±0,1	2,9±0,1	0,5±0,04
10. Признание	3,4±0,2	0,8±0,05	83,0±1,4	7,3±0,3	1,1±0,1	3,6±0,1	0,7±0,04
11. Юбилейная	3,2±0,1	0,8±0,05	86,0±1,6	4,3±0,1	0,9±0,1	3,9±0,2	0,3±0,02
12. Фиалка	1,5±0,1	0,5±0,03	88,3±1,5	4,6±0,2	0,2±0,02	4,9±0,2	–
13. Соседка	1,1±0,1	0,3±0,02	87,7±1,7	5,5±0,2	0,2±0,02	5,2±0,2	–
14. Бакчарский великан	3,5±0,2	0,5±0,03	86,2±1,1	5,8±0,3	2,3±0,1	1,7±0,1	Следы
15. Дикорастущая жимолость	3,2±0,1	0,7±0,04	86,5±1,5	5,5±0,2	3,0±0,1	1,1±0,1	Следы

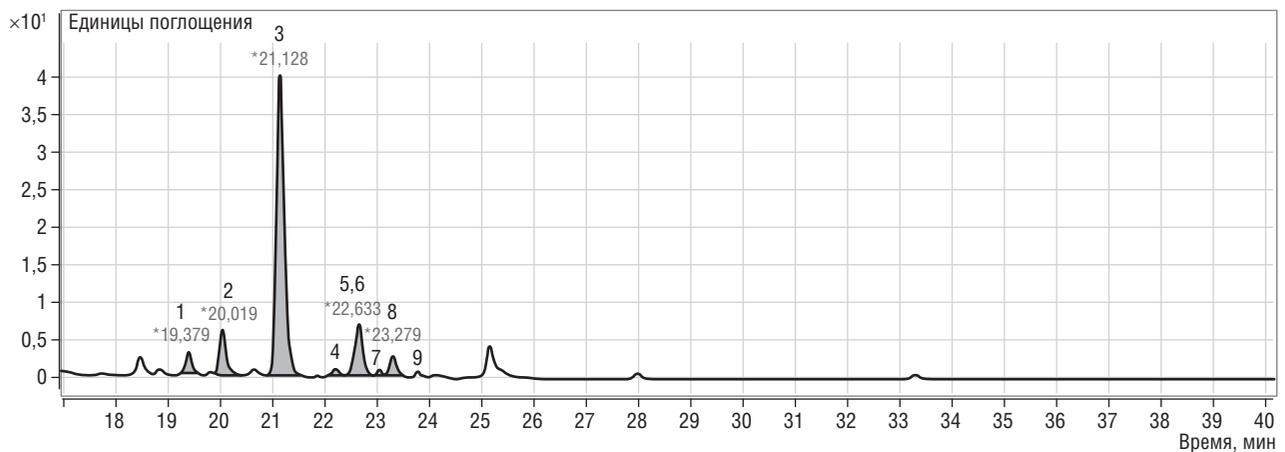


Рис. 2. Хроматограмма извлечения из плодов жимолости № 15

Номера пиков флавоноидов на хроматограмме соответствуют номерам флавоноидов в табл. 5.

Таблица 5. Результаты высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофотометрическим детектором на диодной матрице и масс-спектрометрическим детектором анализа антоцианинов плодов жимолости

Флавоноид	λ_{max} , нм	K	m/z	Детектируемый ион
1. Мирицетин-3-глюкозид	256 268 360	4,08	481,13 319,08	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
2. Кверцетин-3-вицианозид	256 266 354	4,27	597,15 465,10 303,05	[M] ⁺ [M – арабиноза] ⁺ [M – вицианоза] ⁺
3. Рутин (кверцетин-3-рутинозид)	256 266 354	4,56	611,15 465,10 303,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
4. Изорамнетин-3-вицианозид	256 268 354	4,84	611,17 479,11 317,05	[M] ⁺ [M – арабиноза] ⁺ [M – вицианоза] ⁺
5. Цинарозид (лютеолин-7-глюкозид)	255 267 348	4,96	449,10 287,05	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
6. Изокверцитрин (кверцетин-3-глюкозид)	256 266 354		465,10 303,05	[M] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
7. Кемпферол-3-рутинозид	266 348	5,06	595,16 449,10 287,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
8. Изорамнетин-3-рутинозид	256 268 354	5,13	625,18 449,18 317,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
9. Авикулярин (кверцетин-3-арабинозид)	256 266 356	5,25	435,09 303,05	[M] ⁺ [M – арабиноза] ⁺

анидинов, флавонолов и флавонов, ГКК) и иридоидных гликозидов различных сортов плодов жимолости съедобной, произрастающей в средней и черноземной полосах европейской части России.

Материал и методы

Исследовано 15 образцов замороженных свежесобранных плодов жимолости съедобной (табл. 1).

При проведении исследований использовали спектрофотометр Shimadzu «UV-1800» (Shimadzu Corporation, Япония) с диапазоном длин волн 190–1100 нм, систему жидкостной хроматографии Agilent 1100 (Agilent Technologies, США) со спектрофотометрическим детектором на диодной матрице (ДМД), времяпролетным (ВЭЖХ-ВП-МС) и тройным квадрупольным масс-спектрометрическим детектором (ВЭЖХ-МС/МС), систему капиллярного электрофореза Agilent 7100 (Agilent Technologies, США) с ДМД. В качестве стандартных образцов были использованы коммерчески доступные индивидуальные вещества: процианидин В₂ (≥90%, INDOFINE Chemical Company), рутин (≥94%, Sigma), гиперозид (≥95%, HWI ANALYTIK GMBH), изокверцитрин (≥94%, HWI ANALYTIK GMBH), лютеолин-7-глюкозид (≥98%, Extrasynthese), кемпферол-3-глюкозид (≥95%, PhytoLab), логанин (≥97,0%, Sigma), хлорогеновая кислота (≥95%, Sigma), кофейная кислота (≥98%, Sigma), фруктоза (≥99%, Sigma), глюкоза (≥99,5%, Sigma), сорбит (≥98%, Sigma), галловая кислота (≥99%, Sigma-Aldrich), тролокс (≥97%, Aldrich).

Таблица 6. Содержание и состав флавоноидов в плодах жимолости съедобной

Образец	Содержание, мг/100 г свежих плодов (M±m)									
	мирицетин-3-глюкозид	кверцетин-3-вицианозид	рутин	изорамнетин-3-вицианозид	лютеолин-7-глюкозид	изокверцитрин	кемпферол-3-рутинозид	изорамнетин-3-рутинозид	кверцетин-3-арабинозид	суммарное содержание
1. Берель	1,1±0,1	1,1±0,1	12,1±0,3	–	Следы	3,4±0,1	–	–	–	17,7±0,6
2. Голубое веретено	0,7±0,03	0,8±0,04	11,5±0,2	–	Следы	3,1±0,1	–	–	–	16,1±0,4
3. Синичка	1,5±0,1	1,2±0,1	15,7±0,4	–	0,3±0,02	4,5±0,2	–	–	–	23,2±0,7
4. Голубой десерт	0,6±0,03	1,1±0,1	12,7±0,3	0,3±0,02	0,2±0,02	3,0±0,1	0,4±0,03	0,9±0,06	0,2±0,02	19,4±0,5
5. Северное сияние	0,5±0,04	0,4±0,03	6,2±0,2	–	–	1,9±0,1	–	–	–	9,2±0,3
6. Памяти Кумина	0,8±0,03	1,2±0,1	9,5±0,3	0,2±0,02	0,5±0,02	2,1±0,1	0,2±0,02	0,3±0,02	0,2±0,02	15,0±0,5
7. Леня	0,9±0,05	0,8±0,03	11,6±0,4	0,3±0,02	0,7±0,03	2,5±0,1	–	0,4±0,02	–	17,2±0,6
8. Дельфин	0,4±0,02	1,0±0,1	7,4±0,3	–	–	3,5±0,1	–	–	–	12,3±0,4
9. Трое друзей	1,2±0,1	1,1±0,1	10,9±0,4	0,2±0,02	0,3±0,02	2,0±0,1	0,1±0,01	0,2±0,02	0,1±0,01	16,1±0,5
10. Признание	0,4±0,02	0,5±0,03	12,5±0,4	0,3±0,02	0,4±0,03	4,2±0,2	0,2±0,02	1,3±0,1	0,1±0,02	19,9±0,6
11. Юбилейная	0,7±0,04	0,7±0,03	16,3±0,4	0,2±0,02	0,1±0,01	3,7±0,2	0,1±0,02	0,3±0,02	0,1±0,01	22,2±0,1
12. Фиалка	1,1±0,1	2,4±0,1	12,0±0,3	–	–	2,6±0,1	–	–	–	18,1±0,4
13. Соседка	0,4±0,02	1,4±0,1	7,3±0,3	–	–	0,9±0,1	–	–	–	10,0±0,3
14. Бакчарский великан	2,3±0,1	4,9±0,2	30,5±0,7	0,5±0,02	0,4±0,02	6,0±0,2	0,7±0,03	1,1±0,1	0,2±0,02	46,6±0,9
15. Дикорастущая жимолость	2,0±0,1	4,1±0,2	27,0±0,7	0,7±0,04	0,5±0,02	4,8±0,2	0,5±0,03	1,8±0,1	0,5±0,02	41,9±0,8

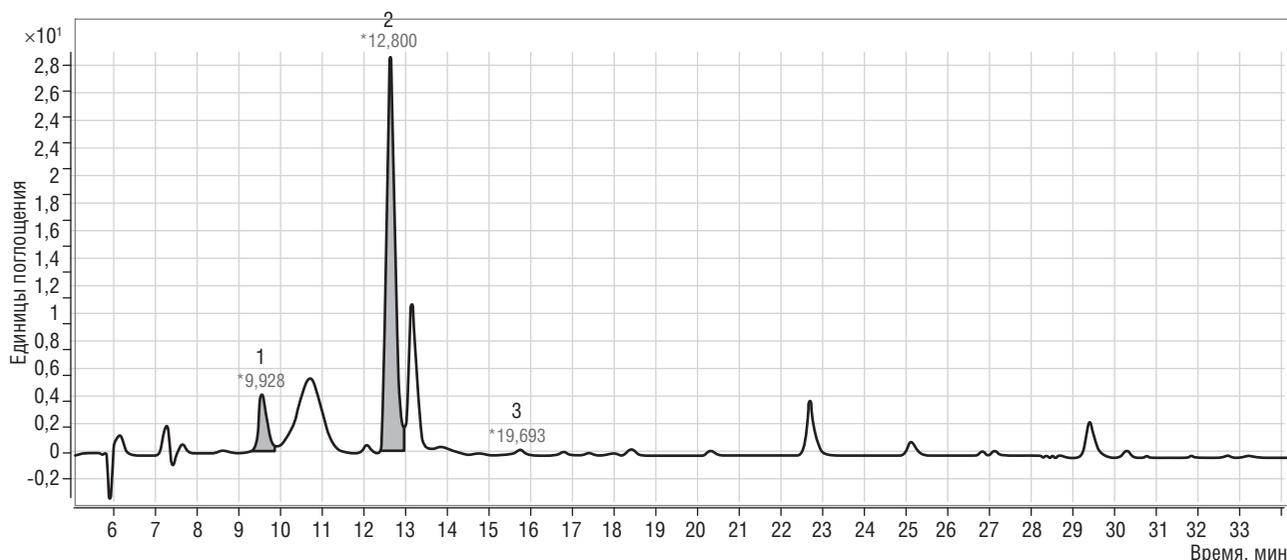


Рис. 3. Хроматограмма извлечения из плодов жимолости № 1 при $\lambda=330$ нм

1 – неохлорогеновая кислота; 2 – хлорогеновая кислота; 3 – кофейная кислота.

Суммарное содержание полифенольных соединений (ПФ) в пересчете на галловую кислоту оценивали модифицированным методом Фолина–Чокальтеу [11], проантоцианидинов в пересчете на процианидин В₂ – модифицированным методом Бейта–Смита [11], суммарное содержание мономерных антоцианинов в пересчете на цианидин-3-глюкозид – методом рН-дифференциальной спектрофотометрии [11]. Определение профиля антоцианинов, флавоноидов, ГКК, иридоидов проводили с помощью оригинальных разработанных ВЭЖХ-методик [12–14]. Содержание и состав моно- и дисахаридов определяли методом капиллярного электрофореза [14]. Оценку антирадикальных свойств в DPPH-тесте *in vitro* проводили по методике, приведенной ранее [15].

Результаты и обсуждение

Антоцианины. Количество антоцианинов в плодах жимолости варьировало от 162,2 до 622,2 мг/100 г (табл. 2), при этом в 9 из изученных 15 образцов количество антоцианинов превышало 300 мг/100 г. Полученные результаты позволяют поставить жимолость в один ряд с такими традиционными источниками антоцианинов, как черника (332–807 мг/100 г), арония (447–1480 мг/100 г), бузина черная (106–1374 мг/100 г) [2, 8, 16, 17]. Для сравнения образцы свежих плодов жимолости съедобной, заготовленные в Польше, содержали всего 96,3–235,4 мг/100 г антоцианинов [18].

Состав антоциановых пигментов определяли методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с онлайн ДМД- и МС-

Таблица 7. Содержание гидроксикоричных кислот в плодах жимолости голубой

Образец	Содержание, мг/100 г свежих плодов ($M \pm m$)			
	неохлорогеновая кислота	хлорогеновая кислота	кофейная кислота	суммарное содержание
1. Берель	8,1±0,3	53,2±1,5	0,8±0,04	62,1±1,7
2. Голубое веретено	7,8±0,2	50,2±1,2	0,5±0,02	58,5±1,5
3. Синичка	8,5±0,3	67,4±1,7	0,5±0,02	76,4±1,9
4. Голубой десерт	6,2±0,2	36,5±0,9	0,4±0,02	43,1±1,1
5. Северное сияние	3,9±0,2	30,3±0,7	0,8±0,04	35,0±0,8
6. Памяти Куминова	7,6±0,3	48,8±1,1	0,6±0,03	57,0±1,3
7. Леня	6,7±0,3	47,2±1,2	0,3±0,02	54,2±1,4
8. Дельфин	4,7±0,2	45,3±1,0	0,7±0,03	50,7±1,2
9. Трое друзей	8,2±0,3	39,6±0,6	0,5±0,02	48,3±0,9
10. Признание	6,8±0,3	55,4±1,3	0,6±0,02	62,8±1,6
11. Юбилейная	7,3±0,3	67,0±1,7	0,8±0,03	75,1±1,8
12. Фиалка	6,6±0,2	72,1±1,6	1,1±0,03	79,8±1,7
13. Соседка	1,6±0,1	14,2±0,3	0,5±0,02	16,3±0,4
14. Бакчарский великан	5,5±0,2	42,8±0,9	0,4±0,02	48,7±0,7
15. Дикорастущая жимолость	4,8±0,2	40,6±0,6	0,5±0,02	45,9±0,8

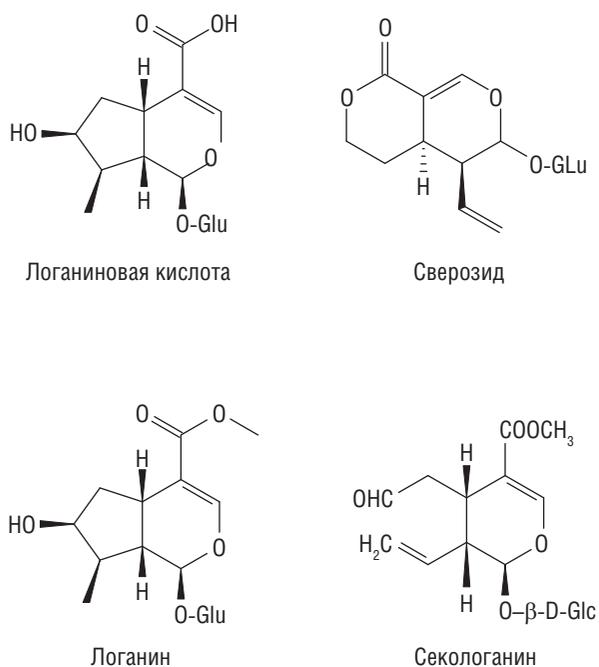


Рис. 4. Химические структуры иридоидов жимолости

Таблица 8. Результаты ВЭЖХ-УФ/МС анализа иридоидов плодов жимолости голубой

Иридоид	K	λ_{max} (нм)	M	Детектируемый ион [M + Na] ⁺
Логаниновая кислота	0,87	235	376	399,12
Изомер логанина	0,97	236	390	413,13
Секологанин	1,60	235	388	411,13
Сверозид	1,73	244	358	381,11
Логанин	1,87	236	390	413,13

детектированием по методике, разработанной ранее для анализа индивидуальных антоцианинов в плодах кизила обыкновенного [14]. Коэффициенты емкости, максимумы поглощения в УФ- и видимой области спектра, детектируемые массы антоцианинов жимолости представлены в табл. 3.

Типичная хроматограмма антоцианинов жимолости съедобной изображена на рис. 1. Профиль антоцианинов жимолости представлен гликозидами цианидина, основным из которых во всех образцах является цианидин-3-глюкозид (75,9–88,3% суммы антоцианинов) – антоцианиновый маркер плодов данного вида (табл. 4). Идентифицированы минорные антоцианины: цианидин-3-рутинозид (4,3–10,4%), цианидин-3,5-диглюкозид (1,1–6,1%), пеонидин-3-глюкозид (1,1–5,2%), пеонидин-3,5-диглюкозид (0,3–1,4%), пеларгонидин-3-глюкозид (0,2–3,0%) и пеонидин-3-рутинозид (0–1,0%).

Проантоцианидины. Содержание проантоцианидинов в плодах жимолости варьировало в широком диапазоне: от 498,3 до 1804,0 мг/100 г (см. табл. 2). При этом в 11 из 15 исследуемых образцов накапливалось больше 1% проантоцианидинов. Согласно данным литературы, в плодах жимолости, заготовленных в различных регионах России (от Карелии до Курильских островов), было найдено меньшее количество проантоцианидинов (252–694 мг/100 г), как и в образцах жимолости съедобной из Словакии (470–616 мг/100 г) [2].

Флавоноиды. Содержание и состав флавоноидов в плодах жимолости исследовали методом ВЭЖХ-ДМД-МС-TOF по методике, разработанной ранее для анализа флавоноидов в траве пустырника [13]. Типичная ВЭЖХ-УФ-хроматограмма флавоноидов плодов жимолости изображена на рис. 2.

Коэффициент емкости, максимумы поглощения в УФ-области и детектируемые массы флавоноидов ягод жимолости представлены в табл. 5.

Профиль флавоноидов в плодах жимолости представлен главным образом флавонольными гликозидами –

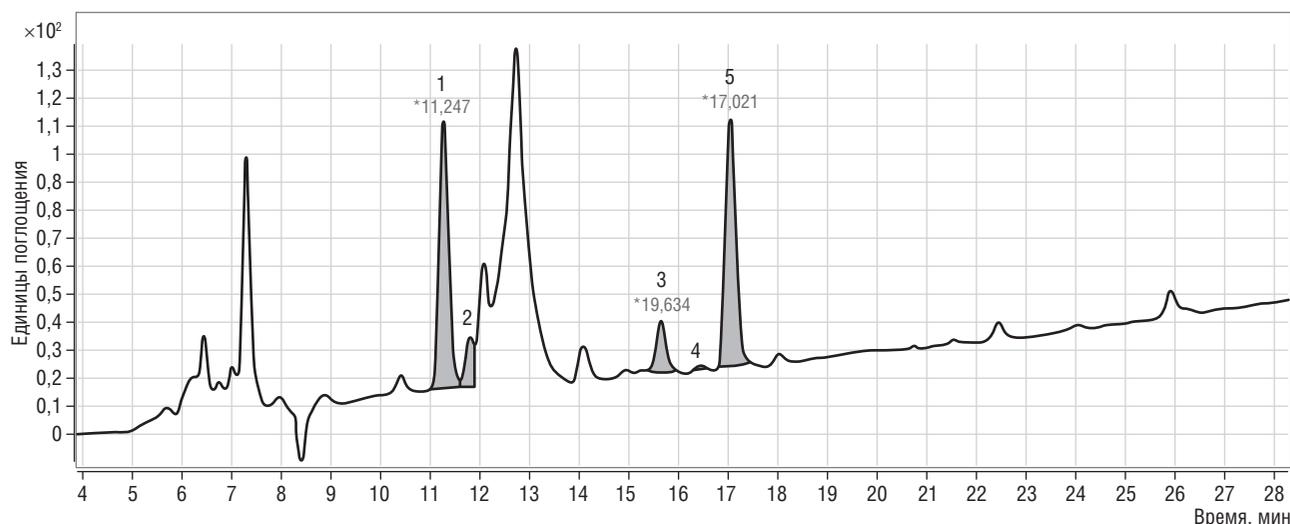


Рис. 5. Хроматограмма извлечения из плодов жимолости № 2 при $\lambda=235$ нм

1 – логаниновая кислота; 2 – изомер логанина; 3 – секологанин; 4 – сверозид, 5 – логанин.

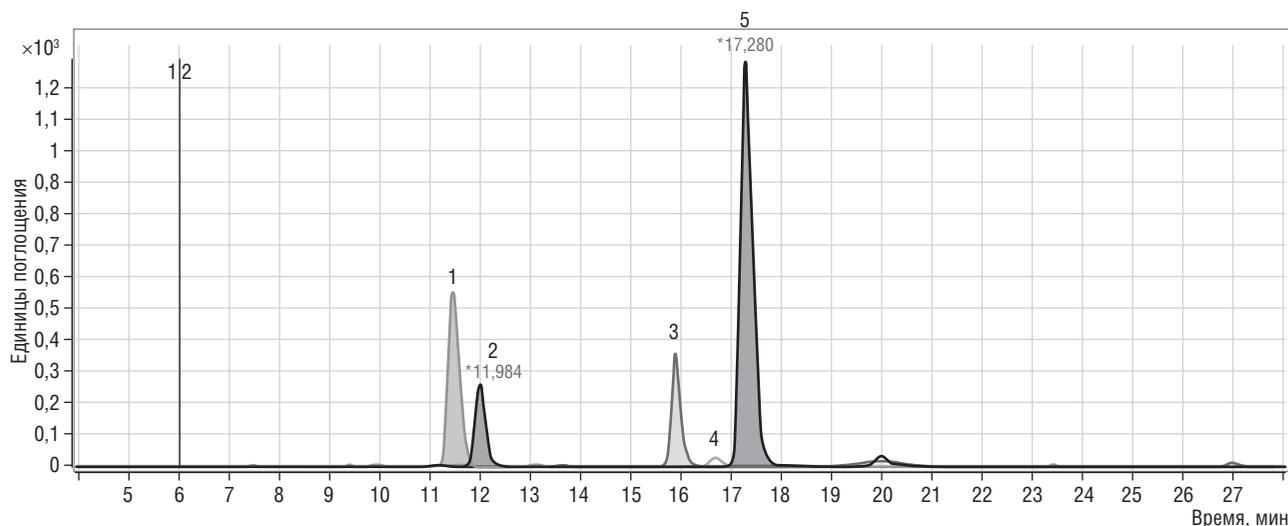


Рис. 6. Хроматограмма высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором выделенных ионов $[M + Na]^+$ иридоидов плодов жимолости № 2

1 – логаниновая кислота; 2 – изомер логанина; 3 – секологанин; 4 – сверозид; 5 – логанин.

преимущественно производными кверцетина, а также изорамнетина и кемпферола. Основным флавонольным гликозидом во всех образцах был рутин, содержание которого составило 6,2–30,5 мг/100 г (табл. 6).

Максимальное количество рутина обнаружено в образцах № 14 и 15. По данным литературы, приблизительно такое же количество рутина содержалось в плодах жимолости съедобной (13–41 мг/100 г) и некоторых других видов рода Жимолость, произрастающих в Словакии (27–48 мг/100 г) [2]. В плодах жимолости голубой, заготовленных в Украине, также были обнаружены флавоновые гликозиды – 7-глюкозид (8,2–10,3 мг/100 г) и 7-рутинозид лютеолина [2]. В исследованных нами образцах содержание лютеолин-7-глюкозида было существенно ниже

(0,7 мг/100 г и менее), а лютеолин-7-рутинозид отсутствовал. Суммарное содержание флавоноидов в изученных образцах составило 9,2–46,6 мг/100 г.

Гидроксикоричные кислоты. Типичный профиль ГКК плодов жимолости отражен на рис. 3.

Среди ГКК во всех образцах преобладала хлорогеновая кислота, также обнаружены неохлорогеновая и кофейная кислоты. Результаты количественного определения ГКК представлены в табл. 7.

Суммарное содержание ГКК варьировало от 16,3 мг/100 г в образце № 13 до 79,8 мг/100 г в образце № 12 со значительным преобладанием хлорогеновой кислоты (от 85,7 до 90,4% общего содержания).

Иридоиды. Для идентификации и количественного определения иридоидов была использована методика

Таблица 9. Содержание иридоидов в плодах жимолости голубой

Образец	Содержание, мг/100 г свежих плодов ($M \pm m$)					
	логаниновая кислота	изомер логанина	секологанин	сверозид	логанин	суммарное содержание
1. Берель	27,8±1,3	74,1±3,0	21,7±1,0	1,9±0,1	76,5±3,1	202,0±8,5
2. Голубое веретено	152,4±7,1	23,1±0,9	28,6±1,3	3,0±0,1	134,7±5,4	341,8±14,8
3. Синичка	33,6±1,6	89,0±3,6	18,0±1,0	2,4±0,1	79,3±3,2	222,3±9,5
4. Голубой десерт	80,0±3,8	–	7,0±0,4	7,0±0,3	40,0±1,6	134,0±6,1
5. Северное сияние	57,0±2,7	–	22,0±1,0	4,0±0,2	18,0±0,8	101,0±4,7
6. Памяти Куминова	73,0±3,4	–	11,0±0,5	5,0±0,2	20,0±0,8	109,0±4,9
7. Леня	148,0±7,0	–	5,0±0,3	6,0±0,3	63,0±2,4	222,0±10,0
8. Дельфин	40,0±1,9	–	5,0±0,3	7,0±0,3	26,0±1,0	78,0±3,6
9. Трое друзей	53,0±2,5	–	9,0±0,5	2,0±0,1	14,0±0,6	78,0±3,6
10. Признание	96,0±4,5	–	17,0±0,9	11,0±0,5	51,0±2,0	175,0±7,9
11. Юбилейная	197,0±9,3	–	24,0±1,1	9,0±0,4	86,0±3,4	316,0±14,2
12. Фиалка	148,6±7,0	–	–	8,0±0,4	43,8±1,8	200,4±9,2
13. Соседка	95,9±4,5	–	–	0,9±0,1	38,4±1,6	135,2±6,2
14. Бакчарский великан	75,7±3,6	–	–	4,9±0,3	92,4±3,7	173,0±7,6
15. Дикорастущая жимолость	60,0±2,9	–	–	4,0±0,2	77,6±3,1	141,6±6,2

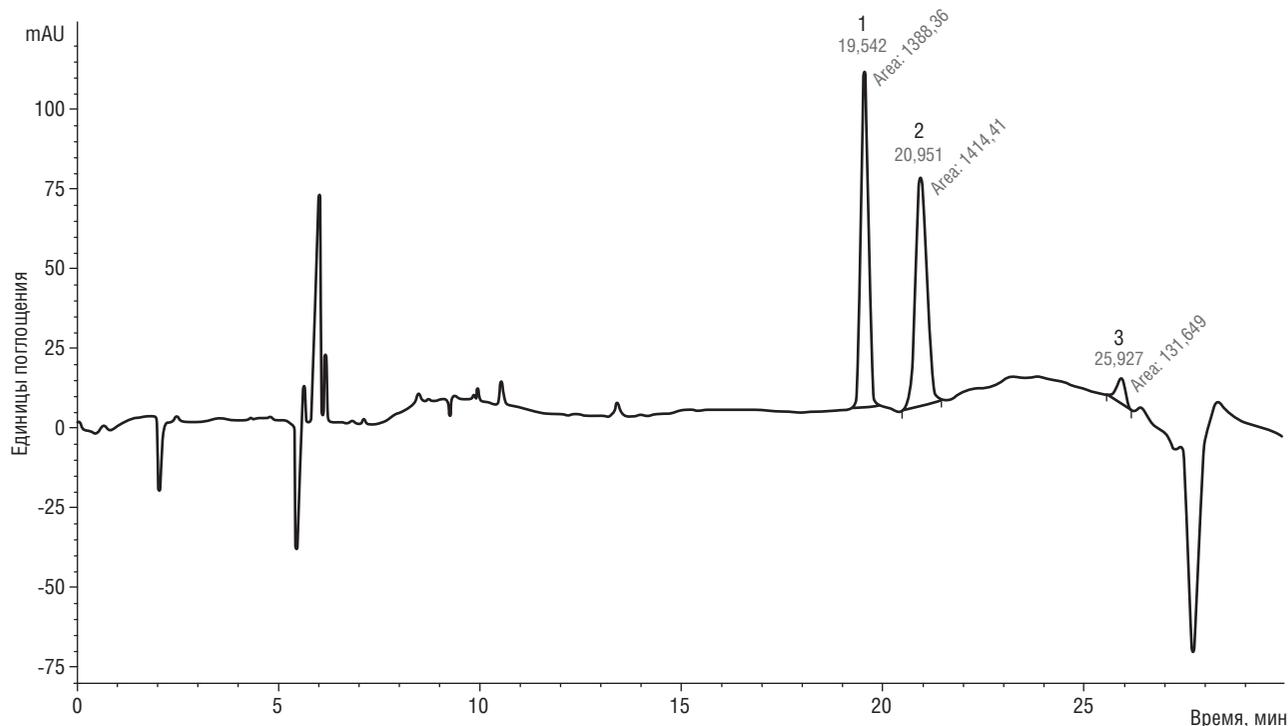


Рис. 7. Электрофореграмма извлечения из плодов жимолости голубой

1 – фруктоза; 2 – глюкоза; 3 – сорбит.

ВЭЖХ с УФ- и МС-детектированием, разработанная нами ранее для анализа иридоидов этого класса в листьях вахты трехлистной и плодах кизила обыкновенного [13, 14]. В исследованных плодах жимолости съедобной идентифицированы С10-иридоидные гликозиды логанинового типа (логаниновая кислота, логанин) и секоиридоиды (секологанин, сверозид) (рис. 4). Иридоиды данного типа были обнаружены в плодах других видов рода жимолость [5–7, 9]. Данные о составе иридоидов жимолости съедобной в литературе отсутствуют.

Параметры удерживания, максимумы поглощения в УФ-области и детектируемые массы иридоидов представлены в табл. 8.

Спектрофотометрическое детектирование иридоидов при ВЭЖХ-анализе проводили при длине волны 235 ± 2 нм, соответствующей основному максимуму поглощения данного класса иридоидов в УФ-области (рис. 5). ВЭЖХ-МС-хроматограмма выделенных ионов $[M + Na]^+$ иридоидов плодов жимолости голубой представлена на рис. 6.

Таблица 10. Содержание моносахаридов и сорбита в плодах жимолости голубой

Образец	Содержание, г/100 г свежих плодов ($M \pm m$)				
	фруктоза	глюкоза	суммарное содержание	соотношение глюкоза/фруктоза	сорбит
1. Берель	4,14±0,14	4,43±0,17	8,57±0,31	1,07	1,49±0,06
2. Голубое веретено	4,55±0,17	4,95±0,20	9,50±0,37	1,09	0,77±0,03
3. Синичка	4,53±0,17	5,10±0,21	9,63±0,38	1,13	1,85±0,09
4. Голубой десерт	4,96±0,20	5,36±0,22	10,32±0,42	1,08	2,12±0,10
5. Северное сияние	4,08±0,14	4,20±0,14	8,28±0,28	1,03	1,32±0,06
6. Памяти Куминова	4,78±0,19	5,24±0,21	10,02±0,40	1,10	1,68±0,07
7. Леня	4,16±0,14	4,25±0,15	8,41±0,29	1,02	0,89±0,04
8. Дельфин	4,46±0,17	5,07±0,21	9,53±0,38	1,13	1,88±0,08
9. Трое друзей	4,82±0,19	5,12±0,21	9,94±0,40	1,06	0,76±0,03
10. Признание	4,72±0,18	5,03±0,20	9,75±0,38	1,07	1,25±0,06
11. Юбилейная	4,12±0,14	4,55±0,17	8,67±0,31	1,10	0,86±0,04
12. Фиалка	3,28±0,11	3,37±0,11	6,65±0,22	1,02	0,06±0,01
13. Соседка	2,85±0,10	2,81±0,10	5,66±0,20	0,99	0,17±0,01
14. Бакчарский великан	3,62±0,12	3,80±0,13	7,42±0,25	1,05	0,24±0,01
15. Дикорастущая жимолость	2,73±0,09	2,80±0,10	5,53±0,19	1,02	0,12±0,01

Результаты количественного определения иридоидов в образцах плодов жимолости голубой представлены в табл. 9.

Во всех образцах обнаружены значительные количества логаниновой кислоты (33,6–197,0 мг/100 г) и логанина (14,0–134,7 мг/100 г). Содержание сверозидов варьировало от 0,9 до 11,0 мг/100 г. Иридоидный состав образцов № 1–11 относительно богат: идентифицированы также секологанин (5,0–28,6 мг/100 г) и вещество, изомерное логанину (на основании совпадения УФ- и масс-спектров) (23,1–89,0 мг/100 г). Суммарное содержание иридоидов в плодах жимолости голубой составило от 78,0 в образцах № 8 и 9 до 341,8 мг/100 г в образце № 2.

Профиль углеводов. Электрофореграмма сахаров плодов жимолости голубой представлена на рис. 7.

Результаты количественного определения моносахаридов и многоатомного спирта сорбита в жимолости голубой представлены в табл. 10.

Во всех исследованных образцах найдены фруктоза в количестве 2,73–4,96%, глюкоза – 2,80–5,36% и сорбит – 0,06–2,12%. Соотношение глюкоза/фруктоза в образцах составило 0,99–1,10. Сахароза в исследованных образцах не обнаружена.

Полифенольные соединения и антирадикальная активность. Общее содержание полифенольных соединений, а также результаты исследования плодов жимолости на антирадикальные свойства в DPPH-тесте *in vitro* приведены в табл. 11.

Как видно из табл. 11, содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту варьировало от 508,8 мг/100 г в образце № 13 до 927,0 мг/100 г в образце № 3. В сортах жимолости голубой российского происхождения, культивируемых в Чехии, сумма полифенольных соединений находилась в похожем диапазоне – 575–903 мг/100 г свежих плодов [10].

Антирадикальная активность плодов жимолости варьировала от 503,8 мг ТЭ/100 г свежих плодов в образце № 5 до 1197,5 мг ТЭ/100 г свежих плодов в образце № 3. При этом прослеживается четкая зависимость между общим содержанием полифенольных соединений, накоплением в первую очередь преобладающих классов полифенольных соединений – антоцианинов и проантоцианидинов, в меньшей степени флавоноидов и ГКК и выраженностью антирадикальных свойств изученных плодов жимолости в DPPH-тесте *in vitro*. В то же время корреляции между содержанием иридоидов и антирадикальной активностью плодов жимолости нами отмечено не было.

Таблица 11. Суммарное содержание полифенольных соединений и антирадикальная активность плодов жимолости ($M \pm m$)

Образец	Суммарное содержание полифенольных соединений, мг/100 г свежих плодов	Антирадикальная активность, мг ТЭ/100 г свежих плодов ($n=3$)
1. Берель	717,3±26,5	916,2±34,6
2. Голубое веретено	631,6±24,0	762,5±29,7
3. Синичка	927,0±35,2	1197,5±41,9
4. Голубой десерт	596,6±21,5	684,3±28,7
5. Северное сияние	525,7±20,0	503,8±20,2
6. Памяти Куминова	641,9±23,8	774,0±28,6
7. Леня	605,2±23,6	723,7±29,7
8. Дельфин	588,1±20,3	692,8±28,4
9. Трое друзей	562,0±20,2	661,4±27,2
10. Признание	728,4±27,0	902,6±30,4
11. Юбилейная	793,9±27,5	924,2±31,6
12. Фиалка	674,2±25,6	787,3±25,3
13. Соседка	508,8±17,3	520,9±21,9
14. Бакчарский великан	840,9±30,2	955,1±34,1
15. Дикорастущая жимолость	762,6±26,7	899,0±30,3

Заключение

Впервые подробно изучен полифенольный комплекс и профиль иридоидов плодов жимолости съедобной, произрастающей в различных регионах России. Полученные данные позволяют отнести жимолость к перспективным источникам вышеперечисленных минорных БАВ, особенно антоцианинов, проантоцианидинов и иридоидов, которые редко присутствуют в других видах плодов в столь существенном количестве и которые обладают целым рядом потенциально полезных для здоровья свойств. Широкое распространение на всей территории России, легкость выращивания, раннее созревание в сочетании с высоким содержанием БАВ делают целесообразным использование плодов жимолости в качестве сырья при производстве пищевых продуктов профилактической направленности и биологически активных добавок к пище. К перспективным источникам антоцианинов и проантоцианидинов относятся плоды жимолости Синичка, Юбилейная, Берель, Голубое веретено, Признание, Памяти Куминова, иридоидов – Голубое веретено, Юбилейная, Синичка, Леня, Берель.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Сведения об авторах

Перова Ирина Борисовна (Perova Irina B.) – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболического и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)
E-mail: Erin.Feather@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Рылина Елена Валерьевна (Rylyna Elena V.) – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

E-mail: hellch@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9375-309X>

Эллер Константин Исаакович (Eller Konstantin I.) – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Россия)

E-mail: ellki42@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

Акимов Михаил Юрьевич (Akimov Mikhail Yu.) – кандидат сельскохозяйственных наук, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская область, Россия)

E-mail: info@fnc-mich.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Литература

- Bonarska-Kujawa D., Pruchnik H., Cyboran S. Biophysical mechanism of the protective effect of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevest.) polyphenols extracts against lipid peroxidation of erythrocyte and lipid membranes // *J. Membrane Biol.* 2014. Vol. 247. P. 611–625.
- Jurikova T., Rop O., Mlcek J. et al. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects // *Molecules.* 2012. Vol. 17. P. 61–79.
- Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Момот Т.В. Гепатопротекторная активность экстракта из ягод жимолости при интоксикации четыреххлористым углеродом у крыс // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2014. Vol. 77, N 10. P. 26–30.
- Kula M., Majdan M., Radwańska A. et al. Chemical composition and biological activity of the fruits from *Lonicera caerulea* var. *edulis* «Wojtek» // *AJMP (Academia Journal of Medicinal Plants)*. 2013. Vol. 1, N 8. P. 141–148.
- Dinda B., Chowdhury D. R., Mohanta B.C. Naturally occurring iridoids, secoiridoids and their bioactivity. An updated review, part 3 // *Chem. Pharm. Bull.* 2009. Vol. 57, N 8. P. 765–796.
- Ren M.-T., Chen J., Song Y. et al. Identification and quantification of 32 bioactive compounds in *Lonicera* species by high performance liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2008. Vol. 48. P. 1351–1360.
- Whitehead S.R., Bowers M.D. Iridoid and secoiridoid glycosides in a hybrid complex of bush honeysuckles (*Lonicera* spp., *Caprifoliaceae*): Implications for evolutionary ecology and invasion biology // *Phytochemistry.* 2013. Vol. 86. P. 57–63.
- Wu X., Gu L., Prior R.L. et al. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity // *J. Agric. Food Chem.* 2004. Vol. 52. P. 7846–7856.
- Ye J., Su J., Chen K. et al. Comparative investigation on chemical constituents of flower bud, stem and leaf of *Lonicera japonica* Thunb. by HPLC-DAD-ESI-MS/MS and GC-MS // *J. Anal. Chem.* 2014. Vol. 69, N 8. P. 777–784.
- Rop O., Reznicek V., Mlcek J. et al. Antioxidant and radical oxygen species scavenging activities of 12 cultivars of blue honeysuckle fruit // *Hort. Sci. (Prague)*. 2011. Vol. 38, N 2. P. 63–70.
- Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / под ред. В.А. Тутельяна, К.И. Эллера. М.: Династия, 2010. С. 28–41.
- Жогова А.А., Перова И.Б., Самылина И.А., Эллер К.И., Раменская Г.В. Идентификация и количественное определение основных биологически активных веществ травы пустырника с помощью ВЭЖХ-масс-спектрометрии // *Хим.-фарм. журн.* 2014. Т. 48, № 7. С. 54–59.
- Жогова А.А., Самылина И.А., Эллер К.И. Изучение иридоидов в листьях вахты трехлистной // *Фармация.* 2013. № 6. С. 17–20.
- Перова И.Б., Жогова А.А., Полякова А.В., Эллер К.И., Раменская Г.В., Самылина И.А. Биологически активные вещества плодов кизила обыкновенного *Cornus mas* L. // *Вопр. питания.* 2014. Т. 83, № 5. С. 86–93.
- Bondet V., Brand-Williams W., Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method // *Lebensm. Wiss. Technol.* 1997. Vol. 30. P. 609–615.
- Перова И.Б. Исследование содержания и специфического профиля антоцианинов лекарственного растительного сырья: автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук. М., 2015.
- Lee J., Finn C.E. Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars // *J. Sci. Food Agric.* 2007. Vol. 87. P. 2665–2675.
- Malodobry M., Bieniasz M., Dziedzic E. Evaluation of the yield and some components in the fruit of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *edulis* Turcz. Freyn.) // *Folia Horticulturae Ann.* 2010. Vol. 22, N 1. P. 45–50.

References

- Bonarska-Kujawa D., Pruchnik H., Cyboran S. Biophysical mechanism of the protective effect of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevest.) polyphenols extracts against lipid peroxidation of erythrocyte and lipid membranes. *J Membrane Biol.* 2014; 247: 611–25.
- Jurikova T., Rop O., Mlcek J., et al. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects. *Molecules.* 2012; 17: 61–79.
- Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Sprygin V.G., et al. Hepatoprotective activity of honeysuckle fruit extract in carbon tetrachloride intoxicated rats. *Ekspierimental'naia i Klinicheskaia Farmakologija [Experimental and Clinical Pharmacology]*. 2014; 77 (10): 26–30. (in Russian)
- Kula M., Majdan M., Radwańska A., et al. Chemical composition and biological activity of the fruits from *Lonicera caerulea* var. *edulis* «Wojtek». *AJMP (Academia Journal of Medicinal Plants)*. 2013; 1 (8): 141–8.
- Dinda B., Chowdhury D. R., Mohanta B.C. Naturally occurring iridoids, secoiridoids and their bioactivity. An updated review, part 3. *Chem Pharm Bull.* 2009; 57 (8): 765–96.
- Ren M.-T., Chen J., Song Y., et al. Identification and quantification of 32 bioactive compounds in *Lonicera* species by high performance liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *J Pharm Biomed Anal.* 2008; 48: 1351–60.
- Whitehead S.R., Bowers M.D. Iridoid and secoiridoid glycosides in a hybrid complex of bush honeysuckles (*Lonicera* spp., *Caprifoliaceae*): Implications for evolutionary ecology and invasion biology // *Phytochemistry.* 2013. Vol. 86. P. 57–63.

- caceae): Implications for evolutionary ecology and invasion biology. *Phytochemistry*. 2013; 86: 57–63.
8. Wu X., Gu L., Prior R.L., et al. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity. *J Agric Food Chem*. 2004; 52: 7846–56.
 9. Ye J., Su J., Chen K., et al. Comparative investigation on chemical constituents of flower bud, stem and leaf of *Lonicera japonica* Thunb. by HPLC-DAD-ESI-MS/MS and GC-MS. *J Anal Chem*. 2014; 69 (8): 777–84.
 10. Rop O., Reznicek V. Mlcek J., et al. Antioxidant and radical oxygen species scavenging activities of 12 cultivars of blue honeysuckle fruit. *Hort Sci (Prague)*. 2011; 38 (2): 63–70.
 11. Methods of analysis of minor biologically active substances of food. Edited by V.A. Tutelyan, K.I. Eller. Moscow: *Dynastiya*, 2010: 28–41. (in Russian)
 12. Zhogova A.A., Perova I.B., Samylina I.A., Eller K.I., Ramenskaya G.V. Identification and quantitative determination of the main biologically active substances in motherwort herb by HPLC-mass spectrometry. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Chemical-Pharmaceutical Journal]. 2014; 48 (7): 54–9. (in Russian)
 13. Zhogova A.A., Samylina I.A., Eller K.I. Investigation of iridoids in buckbean (*Menyanthes trifoliata*) leaves. *Farmatsiya (Pharmacy)*. 2013; (6): 17–20. (in Russian)
 14. Perova I.B., Zhogova A.A., Polyakova A.V., Eller K.I., Ramenskaya G.V., Samylina I.A. Biologically active substances of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; 83 (5): 86–93. (in Russian)
 15. Bondet V., Brand-Williams W., Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *Lebensm Wiss Technol*. 1997; 30: 609–15.
 16. Perova I.B. Investigation of the content and specific profile of medicinal plant anthocyanins: Diss. Moscow, 2015. (in Russian)
 17. Lee J., Finn C.E. Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *J Sci Food Agric*. 2007; 87: 2665–75.
 18. Malodobry M., Bieniasz M., Dziedzic E. Evaluation of the yield and some components in the fruit of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *edulis* Turcz. Freyn.). *Folia Horticulturae Ann*. 2010; 22 (1): 45–50.