

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 634.74:631.526.32:57

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-53-69



Исследование комплекса биологически активных веществ в плодах перспективных сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.)

И. Б. Перова¹, К. И. Эллер¹, М. А. Герасимов^{1,2}, В. А. Батурина¹,
М. Ю. Акимов³, О. М. Акимова³, А. М. Миронов³, В. А. Кольцов³

¹ Федеральное исследовательское учреждение питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

³ Федеральное научное учреждение имени И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Борисовна Перова, Erin.Feather@yandex.ru

Актуальность. Жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) является ценным источником биологически активных веществ (БАВ) полифенольной природы и редких для плодовых культур иридоидов, обладающих антиоксидантными, противовоспалительными, антимикробными и другими свойствами и широко применяемых в пищевой, медицинской и косметической промышленности.

Материалы и методы. В работе представлено исследование плодов 20 селекционных сортов жимолости российского, канадского и американского происхождения, репродуцированных в Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина в Тамбовской области, на содержание основных групп БАВ с использованием современных методов (спектрофотометрия, ВЭЖХ с фото-, рефракто- и масс-спектрометрическим детектированием).

Результаты и обсуждение. Детально изучены основные группы БАВ (содержание и профиль антоцианиновых пигментов, проантоцианидинов, флавонолов и флавонов, гидроксикоричных кислот, иридоидов, органических кислот), а также моно- и дисахариды. Проведено сравнительное исследование биологической ценности отечественных и зарубежных сортов жимолости. **Заключение.** По результатам исследования определены наиболее перспективные сорта жимолости в аспекте содержания основных групп БАВ.

Ключевые слова: жимолость, антоцианины, проантоцианидины; флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, иридоиды

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания по части 5 «Разработка методов выделения, идентификации и оценка биологической активности антоцианинов отечественного ягодного сырья» комплексной научной темы № 0410-2022-0003 «Разработка комплексной системы оценки безопасности пищевых ингредиентов, БАВ и пищевой продукции нового вида, полученной из нетрадиционных и новых источников».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Перова И.Б., Эллер К.И., Герасимов М.А., Батурина В.А., Акимов М.Ю., Акимова О.М., Миронов А.М., Кольцов В.А. Исследование комплекса биологически активных веществ в плодах перспективных сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):53-69. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-53-69

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-53-69

A study of a complex of bioactive compounds in the fruits of promising blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) cultivars**Irina B. Perova¹, Konstantin I. Eller¹, Makar A. Gerasimov^{1, 2}, Vera A. Baturina¹, Mikhail Yu. Akimov³, Olga M. Akimova³, Alexey M. Mironov³, Vladimir A. Koltsov³**¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia.³ I.V. Michurin Federal Science Center, Michurinsk, Russia**Corresponding author:** Irina B. Perova, Erin.Feather@yandex.ru

Background. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) is a valuable source of bioactive compounds (BAC) of polyphenolic nature and rare for horticultural berries iridoids, which have antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and other properties and are widely used in the food, medical and cosmetic industries.

Materials and methods. The berries of 20 released honeysuckle cultivars of Russian, Canadian and U.S. origin, reproduced at the I.V. Michurin Federal Science Center in Tambov Province, were studied for the content of the main BAC groups using modern methods (spectrophotometry, HPLC-UV, HPLC-RID, and HPLC-DAD-MS).

Results and discussion. The main BAC groups (the content and profile of anthocyanins, proanthocyanidins, flavonols and flavones, hydroxycinnamic acids (HCA), iridoids, and organic acids) as well as mono- and disaccharides were studied in detail. A comparative study of the biological value of domestic and foreign honeysuckle cultivars was carried out.

Conclusions. The study resulted in identifying the most promising cultivars of honeysuckle according to the content of the main BAC groups.

Keywords: honeysuckle, anthocyanins, proanthocyanidins, flavonoids, hydroxycinnamic acids, iridoids

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the state task in Part 5 “Development of methods for the isolation, identification and bioactivity evaluation of anthocyanins in domestic berry raw materials” of the complex scientific topic (No. 0410-2022-0003) “Development of a comprehensive system for assessing the safety of food ingredients, bioactive compounds and new types of food products obtained from nontraditional and new sources”.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Perova I.B., Eller K.I., Gerasimov M.A., Baturina V.A., Akimov M.Yu., Akimova O.M., Mironov A.M., Koltsov V.A. A study of a complex of bioactive compounds in the fruits of promising blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) cultivars. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):53-69. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-53-69

Введение

Жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) является многолетним плодоносящим растением, принадлежащим к семейству Caprifoliaceae (Жимолостные). С 1960-х годов на территории России ведется активная работа по селекции жимолости. На протяжении многих лет жимолость рассматривалась в основном как культура для приусадебных участков (Zhiduyokhina et al., 2016). В России выращиванием жимолости, как правило, занимаются мелкие хозяйства. Особенностью плодов жимолости является сравнительно короткий срок транспортировки ягод после уборки, в связи с чем производители сталкиваются с трудностями в реализации свежей ягоды (Zhiduyokhina et al., 2016; Grobelna et al., 2019; Bryksin, 2019). Вместе с тем, несмотря на скоропортящийся характер ягод, благодаря специфическому вкусу, раннему созреванию, зимостойкости, небольшому количеству вредителей, а также естественной адаптацией к северным климатическим условиям и пригодностью для механической уборки урожая выращивание жимолости в промышленных масштабах получило широкое распространение в России, Японии, Канаде, северных районах Китая и США (Caprioli et al., 2016). Основное мировое производство жимолости голубой сосредоточено на территории Польши и Канады (Caprioli et al., 2016). Основные отечественные центры промышленного культивирования жимолости находятся на территории южной Сибири и Урала.

Интерес к жимолости голубой обусловлен высоким уровнем накопления в плодах антоцианинов, проантоцианидинов, иридоидов и других биологически активных веществ (БАВ) (Caprioli et al., 2016; Kucharska et al., 2017; Perova et al., 2019; Molina et al., 2019; Gawroński et al., 2020; Česonienė et al., 2021; Orsavová et al., 2022). По количеству антоцианинов и проантоцианидинов плоды жимолости не уступают таким ценным дикорастущим плодам, как черника, голубика и вороника, превосходя их по экономичности, раннему созреванию, возможности

культивирования и механизированного сбора урожая в садовых хозяйствах. Для этих групп полифенольных соединений показан широкий спектр биологической активности: антиоксидантная, противовоспалительная, антимикробная, гиполипидемическая, гипогликемическая (Molina et al., 2019; Danielewski et al., 2020; Danielewski et al., 2021; Česonienė et al., 2021; Qi et al., 2022). В отличие от полифенольных соединений иридоиды редко встречаются в пищевых плодовых культурах. Жимолость голубая, наряду с кизилом обыкновенным, являются наиболее значимыми источниками иридоидных и секоиридоидных гликозидов в России, имеющими похожие профили (логаниновая кислота, логанин и сверозид) и содержащими приблизительно одинаковые количества иридоидов (78,0–406,4 мг/100 г) (Perova et al., 2014; Kucharska et al., 2017; Perova et al., 2019). В литературе сообщается о противовоспалительной, гепато- и нейропротекторной, антиноцицептивной, антимикробной активности иридоидов, содержащихся в жимолости и кизиле (Perova et al., 2014; Danielewski et al., 2020; Wang et al., 2020; Danielewski et al., 2021). Содержание нутриентов в плодах жимолости связано с ареалом произрастания, сортом и агротехническими приемами возделывания (Caprioli et al., 2016; Molina et al., 2019).

Целью работы является детальное качественное и количественное исследование основных биологически активных веществ в промышленных сортах генетической коллекции ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» и ряде зарубежных сортов жимолости и поиск на этой основе наиболее перспективных сортов.

Материалы и методы

Растительный материал

Исследовано 20 сортов жимолости голубой (табл. 1), собранных в ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» (Тамбовская область, Мичуринск) в 2021 г. Объекты хранились в замороженном виде при температуре -18°C непосредственно до приготовления экстрактов.

Таблица 1. Исследованные сорта жимолости голубой
Table 1. The studied blue honeysuckle cultivars

Наименование сорта	Происхождение сорта	Место селекции	Страна селекции
Авача	Неизвестно	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Аврора	'Соловей' (<i>L. kamschatika</i>) × МТ46.55	University of Saskatchewan	Канада
Бакчарский великан	Гибридный сеянец F ₃ , полученный из семьи 1-39-23 (<i>L. venulosa</i> subsp. <i>edulis</i>) × Роксана (<i>L. kamschatika</i>)	ОГУП «Бакчарское»	Россия
Барышня	Сеянец от свободного опыления формы 4-83-2 (<i>L. kamschatika</i>)	ФНЦ имени И.В. Мичурина	Россия
Блю Банана	Гибрид F4 <i>L. caerulea</i> subsp. <i>turczaninowii</i> Pojark (группа сортов Blue Moose селекции Lydia Stewart)	Berries Unlimited, Арканзас	США
Бореал Бист	Киев № 7 × Томичка	University of Saskatchewan	Канада
Бореал Близзард	Сеянец от свободного опыления сорта 'Соловей' (<i>L. kamschatika</i>)	University of Saskatchewan	Канада

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

Наименование сорта	Происхождение сорта	Место селекции	Страна селекции
Бореал Бьюти	Гибрид японских и российских (континентальных и курильских) сортов	University of Saskatchewan	Канада
Волхова	Сеянец от свободного опыления сорта 'Павловская' (<i>L. kamtschatica</i>)	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Индиго Гем	Киев № 8 × Томичка	University of Saskatchewan	Канада
Княгиня	Сеянец от свободного опыления сорта 'Богдана' (<i>L. kamtschatica</i>)	ФНЦ имени И.В. Мичурина	Россия
Маша	Васюганская (<i>L. venulosa</i>) × элитная форма <i>L. kamtschatica</i> 102	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Морена	Скращивание элитных форм № 110 и № 21-5	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Нимфа	Гамма-сеянец от свободного опыления сорта 'Ленинградский великан' (<i>L. kamtschatica</i>)	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Огненный опал	От свободного опыления отборной формы жимолости второго поколения <i>L. altaica</i> Pall. из Казахстана	НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко	Россия
Синий утес	Сеянец от свободного опыления 2-64-32	ОГУП «Бакчарское»	Россия
Славянка	Элитная формы № 21-5 (<i>L. kamtschatica</i>) из Приморской края × Ленинградский великан (<i>L. kamtschatica</i>)	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Содружество	Камчадалка (<i>L. kamtschatica</i>) × элитная форма 1-39-29	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Сувенир	Неизвестно	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова	Россия
Темная ночь	Отборный сеянец 18-94 (<i>L. kamtschatica</i>)	ФНЦ имени И.В. Мичурина	Россия

Климат Мичуринского района Тамбовской области умеренно-континентальный. Почвы – выщелоченный чернозем. Сумма осадков, выпавших в первые три квартала 2021 г., значительно превышала многолетние среднегодовые показатели, в то время как сумма осадков, выпавших в марте 2021 г., была значительно меньше многолетних среднегодовых показателей. Температуры воздуха первого и второго кварталов 2021 г. отличались повышением среднемесячной температуры воздуха на 3,28°C и 2,25°C соответственно по сравнению с многолетними среднегодовыми показателями. Данные предоставлены сотрудниками Мичуринской М2 Тамбовского ЦГМС филиала ФГБУ «Центрально-Черноземного УГМС».

Пробоподготовка

Замороженные ягоды измельчали и гомогенизировали в ступке до получения ягодной пасты.

Определение профиля и суммы антоцианов

Навеску 2,5 г ягодной пасты помещали в центрифужную пробирку на 50 мл, добавляли 30 мл 70% этанола, подкисленного 1 мл 0,1М водного раствора соляной кис-

лоты, экстрагировали в ультразвуковой бане в течение 20 мин при комнатной температуре. Полученный экстракт центрифугировали при 4000 об/мин в течение 10 мин, супернатант переливали в мерную колбу на 100 мл. Процедуру повторяли три раза. Объединенный экстракт доводили до метки подкисленным 70% этанолом, перемешивали. Аликвоту 2 мл центрифугировали при 15 000 об/мин в течение 10 мин. Надосадочную жидкость анализировали.

Определение проантоцианидинов, флавоноидов, гидроксикоричных кислот (ГКК), иридоидов

5 г ягодной пасты переносили в грушевидную колбу на 100 мл, добавляли 35 мл 60% метанола, выдерживали на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 1 часа. После охлаждения до комнатной температуры экстракт переносили в мерную колбу на 50 мл, доводили до метки 60% метанолом. Аликвоту 2 мл центрифугировали при 15 000 об/мин в течение 10 мин, 1 мл надосадочной жидкости переносили в виалу для автосамплера.

Определение органических, аскорбиновой кислот и сахаров

Навеску 5,0 г ягодной пасты помещали в центрифужную пробирку на 50 мл, добавляли 25 мл воды и экстрагировали в ультразвуковой бане в течение 30 мин при комнатной температуре. Затем экстракт центрифугировали в течение 10 мин при 4000 об/мин, надосадочную жидкость переносили в мерную колбу на 25 мл, доводили до метки водой, перемешивали. 1,5 мл полученного экстракта центрифугировали в течение 10 мин при 15 000 об/мин. Супернатант использовался непосредственно для анализа.

Оборудование и реактивы

Исследования проводились с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-1800 (Shimadzu Corporation, Япония) с диапазоном длин волн 190–1100 нм, жидкостного хроматографа Agilent 1100 (Agilent Technologies, США) с диодно-матричным спектрофотометрическим детектором (ДМД), жидкостного хроматографа Ultimate 3000 с ДМД и тройным квадрупольным масс-спектрометрическим детектором (МСД) TSQ Endura. В качестве стандартных образцов были использованы коммерчески доступные чистые вещества: процианидин

B2 ($\geq 90\%$, INDOFINE Chemical Company), рутин тригидрат ($\geq 95\%$, Roth), гиперозид ($\geq 95\%$, HWI ANALYTIK GMBH), изокверцитрин ($\geq 94\%$, HWI ANALYTIK GMBH), лютеолин-7-глюкозид ($\geq 98\%$, Extrasynthese), кемпферол-3-глюкозид ($\geq 95\%$, PhytoLab), логанин ($\geq 97,0\%$, Sigma), неохлорогеновая кислота ($\geq 98\%$, Sigma), хлорогеновая кислота ($\geq 95\%$, Sigma), лимонная кислота ($\geq 99,5\%$, Sigma), яблочная кислота ($\geq 99,5\%$, Fluka), аскорбиновая кислота ($\geq 99\%$, Fluka), фруктоза ($\geq 99\%$, Sigma), глюкоза ($\geq 99,5\%$, Sigma), сорбит ($\geq 98\%$, Sigma).

Методики определения

Содержание мономерных антоцианинов в пересчете на цианидин-3-глюкозид определяли методом pH-дифференциальной спектрофотометрии (GOST 32709-2014..., 2014), содержание проантоцианидинов в пересчете на процианидин B2 – модифицированным методом Бейта-Смита (Tutelyan, Eller, 2010), профиль органических кислот и профиль сахаров и сахароспиртов – методом обращенно-фазовой ВЭЖХ (GOST 32771-2014..., 2014; GOST 31669-2012..., 2019). Исследование профилей антоцианинов, флавоноидов, ГКК, иридоидов проводили с помощью оригинальных разработанных ВЭЖХ-ДМД-МСД методик (табл. 2).

Таблица 2. Условия определения профилей антоцианинов, флавоноидов, ГКК и иридоидов методом ВЭЖХ-ДМД-МСД

Table 2. HPLC-DAD-MSD conditions for determining profiles of anthocyanins, flavonoids, HCA and iridoids

Определяемый показатель	Профиль антоцианинов	Профиль флавоноидов	Профиль ГКК	Профиль иридоидов
Условия ВЭЖХ-ДМД:				
колонка	Phenomenex Luna C18(2) 250×4,6 мм с размером частиц 5 мкм			
подвижная фаза А	1% муравьиной кислоты в воде	0,1% раствор муравьиной кислоты в воде		
подвижная фаза В	1% муравьиной кислоты в ацетонитриле	0,1% муравьиной кислоты в ацетонитриле		метанол
градиентное элюирование	0 мин – 10% В 10 мин – 12% В 20 мин – 15% В 30–32 мин – 30% В 33–45 мин – 10% В	0 мин – 15% В 35–40 мин – 60% В 41–50 мин – 15% В	0 мин – 10% В 18 мин – 25% В 30 мин – 40% В 35 мин – 60% В 36–45 мин – 10% В	0 мин – 10% В 30–32 мин – 70% В 33–40 мин – 10% В
скорость подачи подвижной фазы	0,5 мл/мин			
температура колонки	40°C	30°C		
объем введенной пробы	10 мкл	5 мкл		
длины волн ДМД	520 нм	370 и 350 нм	330 нм	235 нм
Условия масс-спектрометрического детектирования (МСД):				
источник ионизации	Прогреваемый электроспрей (HESI)			
режим регистрации ионов	Положительный (HESI/MS ⁺)		Отрицательный (HESI/MS ⁻)	Положительный (HESI/MS ⁺)
напряжение	3500 В		2500 В	3500 В
температура испарителя	350°C	325°C	275°C	300°C
температура трубки переноса электронов	325°C	300°C	275°C	300°C

Результаты и обсуждение**Антоцианины**

Результаты определения суммарного количества мономерных антоцианинов приведены в таблице 3. Сумма антоцианинов варьировала в диапазоне от 201,2 мг/100 г в сорте 'Бореал Бист' до 553,9 мг/100 г в сорте 'Темная ночь' (см. табл. 3), при этом в 14 из 20 сортов оно превышало 300 мг/100 г. Среднее содержание антоцианинов составило 381,1 мг/100 г. К наиболее перспективным по содержанию антоцианинов относятся сорта 'Темная ночь', 'Волхова', 'Аврора', 'Синий утес', 'Нимфа', 'Индиго Гем', 'Бакчарский великан' и 'Славянка'. Результаты сопоставимы с литературными данными по выращенным в Польше, Чехии и Литве сортам жимолости российского, польского, чешского, канадского и словацкого происхождения, в которых было найдено от 150,3 до 655,2 мг/100 г антоцианинов (Kucharska et al., 2017; Molina et al., 2019; Česonienė et al., 2021; Orsavová et al., 2022).

Профиль антоцианинов в исследованных образцах (табл. 4) идентичен профилю антоцианинов ранее исследованных образцов жимолости (Perova et al., 2019). Цианидин-3-глюкозид составлял от 82,1% до 89,2% общего количества антоцианинов. Минорные цианидин-3-рутинозид, цианидин-3,5-диглюкозид и пеонидин-3-глюкозид присутствовали на уровне 2,4–7,2%, 1,5–7,1% и 2,1–6,7% соответственно. Содержание пеларгонидин-3-глюкозида, 3-рутинозида и 3,5-диглюкозида пеонидина – от 0,2% до 2,2% от суммы антоцианинов.

Проантоцианидины

В исследованных сортах жимолости обнаружено от 483,2 мг/100 г до 1576,9 мг/100 г проантоцианидинов (см. табл. 3). Среднее содержание проантоцианидинов составило 970,1 мг/100 г. Наибольшими количествами проантоцианидинов отличались сорта 'Содружество', 'Темная ночь', 'Аврора', 'Бакчарский великан', 'Синий утес', 'Волхова', 'Нимфа' и 'Индиго Гем', наименьшими – сорта 'Морена', 'Княгиня' и 'Барышня'.

Таблица 3. Содержание антоцианинов и проантоцианидинов в жимолости
Table 3. The content of anthocyanins and proanthocyanidins in honeysuckle

Сорт жимолости	Содержание, мг/100 г сырого веса, М ± m, n = 3	
	Сумма антоцианинов	Сумма проантоцианидинов
Авача	271,3 ± 8,0	678,7 ± 28,5
Аврора	508,6 ± 14,4	1416,2 ± 42,1
Бакчарский великан	485,4 ± 15,3	1355,9 ± 34,9
Барышня	260,7 ± 9,3	595,4 ± 21,7
Блю Банана	323,4 ± 10,4	938,9 ± 35,7
Бореал Бист	201,2 ± 7,8	774,1 ± 27,2
Бореал Близзарт	420,7 ± 11,6	766,9 ± 25,0
Бореал Бьюти	240,3 ± 7,2	757,8 ± 22,2
Волхова	529,5 ± 13,8	1295,5 ± 50,7
Индиго Гем	493,4 ± 12,5	1121,7 ± 48,5
Княгиня	321,6 ± 10,1	547,8 ± 25,3
Маша	301,2 ± 8,5	618,7 ± 30,3
Морена	242,3 ± 9,2	483,8 ± 20,4
Нимфа	503,1 ± 11,3	1142,3 ± 49,9
Огненный опал	263,4 ± 9,5	844,3 ± 29,1
Синий утес	505,8 ± 12,0	1319,3 ± 42,4
Славянка	478,1 ± 13,1	769,8 ± 33,9
Содружество	389,9 ± 9,2	1576,9 ± 50,4
Сувенир	327,8 ± 9,5	873,5 ± 31,1
Темная ночь	553,9 ± 12,7	1524,6 ± 46,7

Таблица 4. Профиль антоцианинов жимолости
Table 4. The profile of anthocyanins in honeysuckle

Сорт жимолости	Содержание, % от суммы антоцианинов, М ± m (n = 3)						
	Cyd-3,5-diglu*	Pnd-3,5-diglu*	Cyd-3-glu*	Cyd-3-rut*	Pgd-3-glu*	Pnd-3-glu*	Pnd-3-rut*
Авача	7,1 ± 0,3	0,9 ± 0,1	85,0 ± 0,5	2,4 ± 0,1	0,6 ± 0,02	3,7 ± 0,2	0,3 ± 0,02
Аврора	3,0 ± 0,2	0,5 ± 0,1	89,2 ± 0,4	2,7 ± 0,2	0,5 ± 0,02	3,6 ± 0,2	0,5 ± 0,02
Бакчарский великан	3,4 ± 0,2	0,5 ± 0,1	88,0 ± 0,6	4,7 ± 0,2	0,6 ± 0,03	2,5 ± 0,1	0,3 ± 0,02
Барышня	3,2 ± 0,2	0,8 ± 0,1	84,9 ± 0,6	5,3 ± 0,3	0,4 ± 0,02	4,7 ± 0,2	0,7 ± 0,02
Блю Банана	1,8 ± 0,1	0,3 ± 0,04	87,6 ± 0,4	4,4 ± 0,2	0,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	0,6 ± 0,03
Бореал Бист	4,1 ± 0,2	следы (<0,1)	86,2 ± 0,7	6,0 ± 0,3	0,9 ± 0,1	2,4 ± 0,2	0,4 ± 0,02
Бореал Близзард	5,4 ± 0,3	1,0 ± 0,1	84,1 ± 0,5	4,2 ± 0,2	0,7 ± 0,04	4,1 ± 0,2	0,5 ± 0,01
Бореал Бьюти	3,3 ± 0,2	0,7 ± 0,1	83,3 ± 0,5	6,8 ± 0,3	0,7 ± 0,03	4,3 ± 0,3	0,8 ± 0,03
Волхова	3,2 ± 0,1	0,6 ± 0,05	83,6 ± 0,6	7,2 ± 0,3	0,5 ± 0,02	4,0 ± 0,2	0,9 ± 0,03
Индиго Гем	4,4 ± 0,3	0,5 ± 0,03	86,7 ± 0,4	4,1 ± 0,1	1,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	0,4 ± 0,02
Княгиня	3,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	82,1 ± 0,5	5,4 ± 0,2	0,2 ± 0,03	6,7 ± 0,2	1,1 ± 0,1
Маша	3,7 ± 0,2	0,6 ± 0,04	88,2 ± 0,4	3,2 ± 0,2	0,2 ± 0,02	3,7 ± 0,2	0,4 ± 0,02
Морена	1,7 ± 0,1	0,4 ± 0,02	86,5 ± 0,6	5,7 ± 0,2	0,7 ± 0,04	4,3 ± 0,3	0,7 ± 0,03
Нимфа	1,5 ± 0,1	следы (<0,1)	89,4 ± 0,5	4,0 ± 0,2	1,6 ± 0,1	3,0 ± 0,2	0,5 ± 0,02
Огненный опал	6,0 ± 0,3	0,5 ± 0,03	85,9 ± 0,4	3,7 ± 0,2	1,4 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,3 ± 0,02
Синий утес	2,3 ± 0,2	0,4 ± 0,02	86,9 ± 0,6	3,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2	4,5 ± 0,2	0,5 ± 0,02
Славянка	3,4 ± 0,1	0,7 ± 0,04	85,3 ± 0,5	5,2 ± 0,2	0,4 ± 0,02	4,3 ± 0,2	0,6 ± 0,03
Содружество	4,1 ± 0,2	0,7 ± 0,05	87,8 ± 0,6	2,5 ± 0,2	0,5 ± 0,03	3,9 ± 0,2	0,5 ± 0,02
Сувенир	5,4 ± 0,3	0,6 ± 0,03	87,4 ± 0,5	2,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	0,3 ± 0,01
Темная ночь	2,0 ± 0,1	0,5 ± 0,03	83,9 ± 0,3	6,6 ± 0,3	0,4 ± 0,02	5,5 ± 0,3	1,1 ± 0,1

Примечание: Cyd-3,5-diglu* – цианидин-3,5-диглюкозид; Pnd-3,5*-diglu – пеонидин-3,5-диглюкозид; Cyd-3-glu* – цианидин-3-глюкозид; Cyd-3-rut* – цианидин-3-рутинозид; Pgd-3-glu* – пеларгонидин-3-глюкозид; Pnd-3-glu* – пеонидин-3-глюкозид; Pnd-3-rut* – пеонидин-3-рутинозид
Note: Cyd-3,5-diglu* – cyanidin-3,5-diglucozide; Pnd-3,5*-diglu – peonidin-3,5-diglucozide; Cyd-3-glu* – cyanidin-3-glucozide; Cyd-3-rut* – cyanidin-3-rutinoside; Pgd-3-glu* – pelargonidin-3-glucozide; Pnd-3-glu* – peonidin-3-glucozide; Pnd-3-rut* – peonidin-3-rutinoside

Флавонолы и флавоны

Длины волн максимумов поглощения (λ_{max}), времена удерживания (Rt), детектируемые массы флавоноидов и соответствующие им ионы представлены в таблице 5. Профиль флавоноидов исследованных в данной работе сортов жимолости несколько отличался от ранее изучен-

ных нами образцов (Perova et al., 2019). Идентифицированы два новых флавоноида – тригликозид рутин-рамнозид и 7-рутинозид лютеолина. В то же время ни в одном из 20 сортов не был обнаружен авикулярин. Во всех сортах, за исключением сорта 'Нимфа', основным флавоноидом был рутин, содержание которого составило 2,3–

Таблица 5. Идентификация флавоноидов жимолости с помощью ВЭЖХ-ДМД-МС

Table 5. Identification of flavonoids in honeysuckle by HPLC-DAD-MS

Флавоноид	λ_{\max} , нм	Rt, мин	HESI/MS ⁺	Детектируемый ион
Рутин рамнозид	256 266 350	12,7	757.30 611.15 465.08 303.24	[M + H] ⁺ [M – рамноза*] ⁺ [M – 2 рамнозы] ⁺ [M – рамноза – рутиноза] ⁺
Мирицетин-3- глюкозид	256 268 360	13,6	481,15 319,14	[M + H] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
Кверцетин-3- вицианозид	256 266 354	14,2	597,24 465,15 303,03	[M + H] ⁺ [M – арабиноза] ⁺ [M – вицианоз ^a] ⁺
Лютеолин-7- рутинозид	255 267 347	15,2	595.24 449.13 287.09	[M + H] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
Рутин	256 266 354	15,3	611,20 465,15 303,10	[M + H] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
Изорамнетин-3- вицианозид	256 268 354	16,1	611,35 479,50 317,09	[M + H] ⁺ [M – арабиноза] ⁺ [M – вицианоза] ⁺
Лютеолин-7- глюкозид (цинарозид)	255 267 348	16,6	449,17 287,05	[M + H] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
Изокверцитрин	256 266 354	16,7	465,14 303,06	[M + H] ⁺ [M – глюкоза] ⁺
Кемпферол-3- рутинозид (никотифлорин)	266 348	17,0	595,25 449,23 287,14	[M + H] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
Изорамнетин-3- рутинозид (нарциссин)	256 268 354	17,2	625,22 449,23 317,18	[M + H] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺

Примечание: * Здесь и далее: остаток дегидратированного сахара (молекула воды высвобождается при образовании гликозидной связи)

Note: * Here and afterwards: dehydrated sugar moiety (a water molecule is released during formation of a glycosidic bond)

25,8 мг/100 г (табл. 6). Преобладание рутина среди флавонол- и флавоногликозидов отмечено в большинстве сортов жимолости российского, словацкого, польского, американского, чешского и швейцарского происхождения, выращенных в Польше и Чехии (Kucharska et al., 2017; Orsavová et al., 2022). В сорте 'Нимфа' основным флавоноидом являлся кверцетин-3-вицианозид (3,9 мг/100 г), а количество рутина было приблизительно в 1,5 раза меньше (2,5 мг/100 г). Преобладание кверцетин-3-вицианозида над рутином наблюдалось в ряде российских ('Бакчарская юбилейная', 'Камчадалка', 'Крупноплодная', 'Роксана') и польских ('Клон 44') сортов жимолости, репродуцированных в Польше (Kuchar-

ska et al., 2017). Вероятно, профиль флавоноидов в большей степени связан с сортовыми особенностями, чем с регионом культивирования. Общее содержание флавоноидов варьировало в достаточно широком диапазоне – от 6,6 мг/100 г в сортах 'Бореал Бьюти' и 'Морена' до 41,6 мг/100 г в сорте 'Барышня'. Полученные данные сопоставимы с результатами зарубежных исследований, где флавонол- и флавоногликозиды были найдены в количестве 3,0–35,8 мг/100 г (Kucharska et al., 2017; Orsavová et al., 2022). Среднее содержание флавоноидов составило 18,5 мг/100 г. Наибольшее количество флавоноидов найдено в сортах 'Барышня', 'Волхова', 'Огненный опал' и 'Индиго Гем'.

Таблица 6. Профиль флавоноидов жимолости
Table 6. The profile of flavonoids in honeysuckle

Сорт жимолости	Содержание, мг/100 г сырого веса, М±m (n = 3)										
	Рутин рамнозид	Мирицетин-3- глюкозид	Кверцетин-3- випианозид	Лютеолин-7- рутинозид	Рутин	Изорамнетин-3- випианозид	Цинарозид	Изокверцетрин	Никотифлорин	Нарциссин	Сумма флавоноидов
Авача	н/о*	0,2 ± 0,01	2,3 ± 0,2	следы**	3,6 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	1,7 ± 0,2	н/о	0,1 ± 0,01	8,2 ± 0,2
Аврора	0,3 ± 0,01	0,8 ± 0,02	1,9 ± 0,2	0,3 ± 0,01	5,2 ± 0,2	н/о	0,5 ± 0,01	2,9 ± 0,2	н/о	н/о	11,9 ± 0,3
Бакчарский великан	н/о	0,4 ± 0,01	0,7 ± 0,02	1,1 ± 0,1	7,3 ± 0,2	следы	0,5 ± 0,02	0,8 ± 0,03	0,2 ± 0,02	0,5 ± 0,02	11,5 ± 0,2
Барышня	3,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	2,7 ± 0,2	2,8 ± 0,2	25,8 ± 0,5	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,01	1,9 ± 0,2	0,2 ± 0,01	2,8 ± 0,2	41,6 ± 0,7
Блю Банана	н/о	0,7 ± 0,03	4,5 ± 0,3	н/о	4,4 ± 0,1	0,3 ± 0,01	0,1 ± 0,01	1,6 ± 0,1	н/о	0,2 ± 0,01	11,8 ± 0,2
Бореал Бист	2,0 ± 0,1	0,4 ± 0,01	1,0 ± 0,1	0,2 ± 0,01	15,1 ± 0,4	следы	0,6 ± 0,02	0,8 ± 0,02	0,4 ± 0,02	1,1 ± 0,1	21,6 ± 0,4
Бореал Близаард	0,3 ± 0,02	0,4 ± 0,02	1,1 ± 0,1	следы	6,9 ± 0,2	следы	0,2 ± 0,01	0,9 ± 0,03	0,2 ± 0,01	0,5 ± 0,03	10,5 ± 0,2
Бореал Бьюти	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,02	2,5 ± 0,2	0,2 ± 0,02	2,3 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,8 ± 0,02	следы	н/о	6,6 ± 0,2
Волхова	0,6 ± 0,02	1,6 ± 0,2	8,2 ± 0,3	0,2 ± 0,01	22,1 ± 0,4	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,02	2,9 ± 0,2	0,2 ± 0,02	1,5 ± 0,1	38,0 ± 0,6
Индиго Гем	н/о	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,02	3,0 ± 0,2	23,3 ± 0,5	н/о	0,5 ± 0,01	2,8 ± 0,2	0,5 ± 0,02	0,4 ± 0,02	32,3 ± 0,5
Княгиня	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,02	1,3 ± 0,1	0,8 ± 0,03	10,8 ± 0,2	0,1 ± 0,02	0,3 ± 0,01	0,8 ± 0,03	н/о	0,9 ± 0,02	16,7 ± 0,3
Маша	1,4 ± 0,1	0,4 ± 0,02	2,6 ± 0,2	следы	6,7 ± 0,2	следы	0,1 ± 0,02	0,9 ± 0,02	н/о	0,4 ± 0,02	12,5 ± 0,2
Морена	н/о	0,2 ± 0,01	0,5 ± 0,02	следы	4,6 ± 0,1	следы	0,1 ± 0,01	0,5 ± 0,02	н/о	0,7 ± 0,02	6,6 ± 0,2
Нимфа	0,3 ± 0,01	0,3 ± 0,01	3,9 ± 0,3	н/о	2,5 ± 0,1	0,2 ± 0,01	следы	1,6 ± 0,1	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	9,1 ± 0,3
Огненный опал	н/о	1,2 ± 0,1	10,3 ± 0,2	0,2 ± 0,02	15,5 ± 0,3	н/о	0,7 ± 0,02	6,3 ± 0,2	0,8 ± 0,02	0,2 ± 0,02	35,2 ± 0,5
Синий утес	0,5 ± 0,01	1,6 ± 0,1	4,1 ± 0,1	0,2 ± 0,01	16,0 ± 0,3	следы	0,2 ± 0,01	2,5 ± 0,1	0,8 ± 0,03	0,6 ± 0,02	26,5 ± 0,4
Славянка	н/о	0,8 ± 0,03	1,3 ± 0,1	3,1 ± 0,3	15,0 ± 0,2	следы	0,6 ± 0,02	1,2 ± 0,1	0,4 ± 0,01	0,6 ± 0,02	23,0 ± 0,4
Содружество	следы	0,7 ± 0,02	3,8 ± 0,2	0,7 ± 0,02	8,9 ± 0,1	0,2 ± 0,01	1,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,7 ± 0,02	18,1 ± 0,3
Сувенир	следы	0,3 ± 0,01	3,6 ± 0,3	следы	4,3 ± 0,1	0,3 ± 0,02	0,1 ± 0,01	1,7 ± 0,1	0,1 ± 0,02	0,2 ± 0,01	10,6 ± 0,2
Темная ночь	н/о	0,8 ± 0,02	2,6 ± 0,2	0,2 ± 0,01	11,5 ± 0,2	н/о	0,3 ± 0,02	1,1 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,4 ± 0,01	17,0 ± 0,3

Примечание: * Здесь и далее: <0,1 мг/кг; ** Здесь и далее: <1 мг/кг
Note: * Here and afterwards: <0.1 mg/kg; ** Here and afterwards: <1 mg/kg

ГКК

Профиль ГКК жимолости представлен кофеилхинными кислотами, преимущественно хлорогеновой кислотой (табл. 7). Также идентифицирована дикофеоилхинная кислота. Общее содержание ГКК варьировало от 18,0 мг/100 г ('Маша') до 63,1 мг/100 г ('Темная ночь') при среднем значении 32,4 мг/100 г. Наибольшее количество ГКК найдены в сортах 'Темная ночь', 'Содружество', 'Волхова', 'Бакчарский великан', 'Нимфа' и 'Аврора'. Хлорогеновая кислота составляла от 50,2% ('Огненный опал') до 81,6% ('Темная ночь') от суммы ГКК. В существенно меньших количествах в жимолости были найдены неохлорогеновая (0,9–8,6 мг/100 г) и дикофеоилхинная (3,8–7,6 мг/100 г) кислоты. В целом количество ГКК в исследованных сортах жимолости сопоставимы с изученными нами ранее сортами (16,3–79,8 мг/100 г) и литературными данными (27,1–115,5 мг/100 г) (Kucharska et al., 2017; Perova et al., 2019; Molina et al., 2019; Orsavová et al., 2022).

Иридоиды

Состав иридоидов в изученных сортах жимолости оказался более сложным по сравнению с ранее изученными образцами (Perova et al., 2019). Времена удерживания, максимумы поглощения и детектируемые массы иридоидов приведены в таблице 8. Обнаружено 17 иридоидных и секоиридоидных гликозидов, идентификация которых осуществлялась на основе данных ВЭЖХ-ДМД-МСД и литературных данных (Kucharska et al., 2017). Логанин был представлен в виде четырех изомеров (№ 3, № 8, № 12 и № 15), логаниновая кислота и ее пентозид – в виде трех изомеров, пентозид логанина и секологанин – в виде двух изомеров. Поскольку изомеры иридоидов № 1, № 3, № 5–9 присутствовали с сырье в незначительных или следовых количествах, либо были найдены в единичных сортах, то они не были включены в общую таблицу 9, но их содержание было учтено при расчете суммарного содержания иридоидов.

Таблица 7. Профиль ГКК в жимолости
Table 7. The profile of HCA in honeysuckle

Наименование сорта	Содержание, мг/100 г сырого веса, $M \pm m$ (n = 3)			
	Неохлорогеновая кислота	Хлорогеновая кислота	Дикофеоилхинная кислота	Сумма ГКК
Авача	2,9 ± 0,1	16,5 ± 0,2	3,8 ± 0,1	23,2 ± 0,2
Аврора	4,5 ± 0,1	31,6 ± 0,3	5,1 ± 0,1	41,2 ± 0,4
Бакчарский великан	1,7 ± 0,05	36,5 ± 0,4	7,5 ± 0,2	45,7 ± 0,5
Барышня	1,0 ± 0,03	18,4 ± 0,2	4,9 ± 0,1	24,3 ± 0,3
Блю Банана	1,7 ± 0,1	16,7 ± 0,2	4,9 ± 0,2	23,3 ± 0,3
Бореал Бист	0,9 ± 0,03	11,9 ± 0,1	7,6 ± 0,2	20,4 ± 0,2
Бореал Близзарт	7,2 ± 0,2	19,8 ± 0,2	4,6 ± 0,1	31,6 ± 0,4
Бореал Бьюти	2,5 ± 0,05	14,7 ± 0,2	5,5 ± 0,1	22,7 ± 0,2
Волхова	8,6 ± 0,2	33,9 ± 0,3	6,2 ± 0,2	48,7 ± 0,4
Индиго Гем	4,6 ± 0,1	10,9 ± 0,1	3,8 ± 0,05	19,3 ± 0,2
Княгиня	1,1 ± 0,03	26,1 ± 0,3	5,5 ± 0,1	32,7 ± 0,3
Маша	1,0 ± 0,05	12,8 ± 0,1	4,2 ± 0,05	18,0 ± 0,2
Морена	6,3 ± 0,1	19,3 ± 0,2	4,4 ± 0,1	30,0 ± 0,3
Нимфа	7,2 ± 0,2	30,7 ± 0,2	7,6 ± 0,2	45,5 ± 0,4
Огненный опал	6,6 ± 0,2	11,4 ± 0,2	4,7 ± 0,2	22,7 ± 0,3
Синий утес	3,6 ± 0,1	18,0 ± 0,3	4,2 ± 0,1	25,8 ± 0,3
Славянка	4,0 ± 0,1	15,9 ± 0,2	4,5 ± 0,1	24,4 ± 0,2
Содружество	6,7 ± 0,2	44,1 ± 0,4	5,8 ± 0,2	56,6 ± 0,5
Сувенир	3,5 ± 0,1	21,8 ± 0,2	4,3 ± 0,1	29,6 ± 0,3
Темная ночь	6,0 ± 0,2	51,5 ± 0,3	5,6 ± 0,2	63,1 ± 0,4

Таблица 8. Идентификация иридоидов жимолости с помощью ВЭЖХ-ДМД-МС

Table 8. Identification of iridoids in honeysuckle by HPLC-DAD-MS

Иридоид	λ_{\max} , нм	Rt, мин	HESI/MS ⁺	Детектируемый ион
8-эпи-логаниновая кислота	-	16,8	399,24 215,15	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺
Логаниновая кислота	235	19,2	775,26 399,18 215,13 197,13 179,13	[2M + Na] ⁺ [M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺ [M - glu - 2H ₂ O + H] ⁺
Изомер логанина	235	19,6	413,21 211,15	[M + Na] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺
Пентозид логаниновой кислоты	230	20,0	531,24 377,18 215,13 197,14 179,14	[M + Na] ⁺ [M - пентоза + H] ⁺ [M - пентоза - glu + H] ⁺ [M - пентоза - glu - H ₂ O + H] ⁺ [M - пентоза - glu - 2H ₂ O + H] ⁺
7-эпи-логаниновая кислота	235	20,7	399,20 215,18 197,17 179,18	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺ [M - glu - 2H ₂ O + H] ⁺
7-О-пентозид логаниновой кислоты	-	21,4	531,25 377,29 215,17 197,19 179,07	[M + Na] ⁺ [M - пентоза + H] ⁺ [M - пентоза - glu + H] ⁺ [M - пентоза - glu - H ₂ O + H] ⁺ [M - пентоза - glu - 2H ₂ O + H] ⁺
7-О-пентозид 7-эпи-логаниновой кислоты	235	21,7	531,24 377,27 215,16 197,13 179,11	[M + Na] ⁺ [M - пентоза + H] ⁺ [M - пентоза - glu + H] ⁺ [M - пентоза - glu - H ₂ O + H] ⁺ [M - пентоза - glu - 2H ₂ O + H] ⁺
8-эпи-логанин	-	21,9	413,17 229,19	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺
Изомер секологанина	235	22,9	411,20 227,14 209,12	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺
Сверозид	244	23,4	381,17 197,11 127,15	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - C ₄ H ₆ O + H] ⁺
Пентозид логанина	235	23,7	545,26 391,25 229,14	[M + Na] ⁺ [M - пентоза + H] ⁺ [M - пентоза - glu + H] ⁺
Логанин	235	23,8	413,21 229,15 211,14	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺
Логанин-7-О-пентозид	-	24,0	545,27 391,25 229,14	[M + Na] ⁺ [M - пентоза + H] ⁺ [M - пентоза - glu + H] ⁺
Секологанин	235	24,6	411,18 227,12	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺
7-эпи-логанин	-	25,6	413,21 229,16 211,18	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺
Изомер секологанина	-	26,0	411,21 227,15	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺
Секоксилоганин	-	26,2	427,22 243,19 225,10	[M + Na] ⁺ [M - glu + H] ⁺ [M - glu - H ₂ O + H] ⁺

Таблица 9. Профиль основных иридоидов жимолости
Table 9. The profile of basic iridoids in honeysuckle

Наименование сорта	Содержание, мг/100 г сырого веса, М±m (n=3)											
	Логаниновая кислота	Пентозид логаниновой кислоты	7-эпи-логаниновой кислоты	Сверозид	Пентозид логанина	Логанин	Логанин-7-О-пентозид	Секологанин	7-эпи-логанин	Измер секологанина	Секологанин	Сумма иридоидов
Авача	74,7 ± 0,5	7,4 ± 0,2	4,2 ± 0,1	3,7 ± 0,1	35,5 ± 0,4	7,3 ± 0,1	0,7 ± 0,02	0,4 ± 0,01	0,8 ± 0,02	0,3 ± 0,01	следы	135,5 ± 1,5
Аврора	10,2 ± 0,1	3,5 ± 0,1	6,9 ± 0,2	3,2 ± 0,1	14,6 ± 0,2	4,6 ± 0,1	1,1 ± 0,03	0,4 ± 0,01	1,4 ± 0,05	0,3 ± 0,02	н/о	46,5 ± 0,6
Бакчарский великан	52,6 ± 0,5	0,9 ± 0,1	6,1 ± 0,1	2,5 ± 0,1	86,7 ± 0,6	48,7 ± 0,3	0,7 ± 0,03	0,7 ± 0,02	1,6 ± 0,1	0,5 ± 0,02	0,4 ± 0,01	202,2 ± 1,9
Барышня	40,9 ± 0,3	37,3 ± 0,2	5,2 ± 0,1	6,3 ± 0,2	63,0 ± 0,4	3,3 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,6 ± 0,02	0,8 ± 0,02	0,5 ± 0,01	следы	160,8 ± 0,8
Блю Банана	24,2 ± 0,2	19,0 ± 0,2	2,8 ± 0,1	1,2 ± 0,02	22,0 ± 0,2	2,5 ± 0,1	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,2 ± 0,01	следы	72,9 ± 0,5
Бореал Бист	26,4 ± 0,2	8,2 ± 0,1	7,8 ± 0,3	3,4 ± 0,1	50,6 ± 0,3	5,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	0,7 ± 0,02	1,6 ± 0,06	0,7 ± 0,03	0,2 ± 0,01	107,3 ± 0,7
Бореал Близзард	156,5 ± 1,8	н/о	7,4 ± 0,2	7,4 ± 0,2	0,2 ± 0,01	19,5 ± 0,2	следы	0,6 ± 0,02	2,1 ± 0,1	0,5 ± 0,02	0,9 ± 0,03	197,2 ± 1,3
Бореал Бьюги	66,1 ± 0,6	78,1 ± 0,4	4,5 ± 0,1	6,9 ± 0,1	45,8 ± 0,3	7,3 ± 0,2	5,0 ± 0,2	1,0 ± 0,03	1,9 ± 0,1	0,9 ± 0,02	1,4 ± 0,03	220,4 ± 1,6
Волхова	155,3 ± 2,0	30,5 ± 0,2	9,7 ± 0,2	10,3 ± 0,2	85,5 ± 0,4	10,6 ± 0,2	2,6 ± 0,1	0,6 ± 0,01	2,1 ± 0,1	0,7 ± 0,02	0,4 ± 0,01	309,4 ± 2,2
Индиго Гем	188,7 ± 2,2	н/о	11,7 ± 0,2	10,9 ± 0,2	следы	72,1 ± 0,6	следы	1,8 ± 0,1	4,9 ± 0,2	1,6 ± 0,04	1,7 ± 0,05	295,6 ± 2,1
Княгиня	39,8 ± 1,1	54,6 ± 0,3	4,7 ± 0,1	5,9 ± 0,1	79,0 ± 0,5	4,0 ± 0,1	2,6 ± 0,1	0,5 ± 0,02	0,9 ± 0,02	0,4 ± 0,02	н/о	193,3 ± 1,4
Маша	46,6 ± 1,3	17,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2	3,7 ± 0,1	49,1 ± 0,3	9,3 ± 0,2	0,9 ± 0,02	0,9 ± 0,02	1,0 ± 0,02	0,8 ± 0,03	н/о	138,9 ± 0,8
Морена	116,1 ± 1,8	29,9 ± 0,2	6,0 ± 0,1	4,4 ± 0,1	48,4 ± 0,2	4,2 ± 0,2	2,5 ± 0,1	0,5 ± 0,01	2,5 ± 0,1	0,5 ± 0,02	0,1 ± 0,01	215,8 ± 1,6
Нимфа	154,2 ± 2,3	н/о	6,9 ± 0,1	9,9 ± 0,2	н/о	108,3 ± 0,9	следы	2,0 ± 0,1	4,6 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,5 ± 0,03	290,2 ± 2,7
Огненный опал	106,5 ± 1,4	23,8 ± 0,2	6,0 ± 0,1	3,7 ± 0,1	34,1 ± 0,2	3,8 ± 0,1	3,1 ± 0,2	0,9 ± 0,03	2,5 ± 0,1	0,7 ± 0,02	3,0 ± 0,1	189,0 ± 1,6
Синий утес	171,1 ± 1,7	29,4 ± 0,3	6,9 ± 0,2	5,1 ± 0,1	81,3 ± 0,6	17,8 ± 0,2	1,5 ± 0,1	0,6 ± 0,02	1,5 ± 0,04	0,4 ± 0,01	0,1 ± 0,01	316,5 ± 3,5
Славянка	84,7 ± 0,6	н/о	н/о	17,9 ± 0,3	н/о	26,0 ± 0,2	следы	0,6 ± 0,02	3,6 ± 0,2	0,5 ± 0,02	1,6 ± 0,03	136,2 ± 1,8
Содружество	83,5 ± 0,5	следы	6,6 ± 0,2	1,8 ± 0,02	0,9 ± 0,03	4,1 ± 0,1	следы	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,1 ± 0,01	133,4 ± 1,5
Сувенир	109,6 ± 1,7	13,3 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,8 ± 0,2	43,3 ± 0,3	8,9 ± 0,2	1,0 ± 0,03	0,6 ± 0,01	1,3 ± 0,04	0,3 ± 0,01	следы	188,0 ± 2,3
Темная ночь	71,3 ± 0,6	20,5 ± 0,2	н/о	1,4 ± 0,02	58,2 ± 0,3	7,9 ± 0,1	1,3 ± 0,03	0,8 ± 0,03	0,8 ± 0,02	0,7 ± 0,02	0,3 ± 0,01	165,6 ± 1,9

Содержание основных иридоидов и суммарное содержание иридоидов в исследованных образцах представлено в таблице 9. Общее содержание иридоидов варьировало в широком диапазоне: от 46,5 мг/100 г ('Аврора') до 316,5 мг/100 г ('Синий утес'). Также значительным количеством иридоидов отличались сорта 'Волхова', 'Индиго Гем' и 'Нимфа'. Преобладающим компонентом в составе иридоидов была логаниновая кислота, количество которой варьировало от 10,2 мг/100 г ('Аврора') до 188,7 мг/100 г ('Индиго Гем'). В достаточно больших количествах содержались логанин (2,5–108,3 мг/100 г), пентозид логанина (14,6–86,7 мг/100 г) и пентозид логаниновой кислоты (3,5–78,1 мг/100 г). Для российских, словацких, польских и американских сортов жимолости, выращенных в Польше, были установлены более узкие границы варьирования иридоидов – от 119,9 до 276,4 мг/100 г, основными из которых были логаниновая кислота, сумма логанина и сверозида, а также 7-эпилоганиновой кис-

лоты 7-О-пентозид (Kucharska et al., 2017). Сорт 'Содружество' отличался от других исследованных сортов жимолости наличием значимых количеств изомера логанина № 3 (24,6 ± 0,4 мг/100 г), найденного нами ранее в сортах 'Синичка', 'Берель' и 'Голубое веретено', и изомера секологанина №9 (10,6 ± 0,2 мг/100 г).

Сахара и сорбит

Во всех исследованных образцах найдены фруктоза в количестве 2,31–4,63%, глюкоза – 1,81–3,54% и сорбит – 0,12–0,73% (табл. 10). В большинстве сортов преобладала фруктоза. Соотношение глюкоза/фруктоза в жимолости составило 0,68–0,99. Сахароза обнаруживалась в отдельных образцах в следовых количествах (0,02–0,06 г/100 г). В ранее изученных нами ягодах жимолости сахароза отсутствовала (Perova et al., 2019). Суммарное содержание сахаров варьировало от 4,12% в жимолости 'Аврора' до 8,17% в жимолости 'Волхова', среднее содержание сахаров составило 6,30%. В целом полученные

Таблица 10. Содержание сахаров и сорбита в жимолости

Table 10. The content of sugars and sorbitol in honeysuckle

Сорт	Содержание, г/100 г сырого веса, M ± m (n = 3)					Соотношение глюкоза/ фруктоза
	Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сумма сахаров	Сорбит	
Авача	3,71 ± 0,12	2,89 ± 0,08	0,03 ± 0,001	6,63 ± 0,20	0,23 ± 0,01	0,78
Аврора	2,31 ± 0,08	1,81 ± 0,06	н/о*	4,12 ± 0,14	0,48 ± 0,01	0,78
Бакчарский великан	2,84 ± 0,08	2,27 ± 0,07	0,05 ± 0,002	5,16 ± 0,15	0,52 ± 0,02	0,80
Барышня	3,90 ± 0,17	2,85 ± 0,08	н/о	6,75 ± 0,25	0,73 ± 0,02	0,73
Блю Банана	3,55 ± 0,13	3,23 ± 0,08	н/о	6,78 ± 0,21	0,64 ± 0,02	0,91
Бореал Бист	3,12 ± 0,10	2,64 ± 0,08	н/о	5,76 ± 0,18	0,22 ± 0,01	0,85
Бореал Близзард	3,47 ± 0,11	3,44 ± 0,10	0,02 ± 0,001	6,93 ± 0,21	0,37 ± 0,01	0,99
Бореал Бьюти	3,23 ± 0,11	2,53 ± 0,07	н/о	5,76 ± 0,18	0,12 ± 0,003	0,78
Волхова	4,63 ± 0,17	3,49 ± 0,10	0,05 ± 0,002	8,17 ± 0,27	0,58 ± 0,02	0,75
Индиго Гем	3,74 ± 0,14	2,96 ± 0,09	н/о	6,70 ± 0,23	0,61 ± 0,01	0,79
Княгиня	3,92 ± 0,13	2,65 ± 0,07	н/о	6,57 ± 0,20	0,70 ± 0,02	0,68
Маша	3,32 ± 0,12	2,95 ± 0,07	н/о	6,27 ± 0,19	0,46 ± 0,01	0,89
Морена	3,76 ± 0,12	3,18 ± 0,09	0,04 ± 0,001	6,98 ± 0,21	0,42 ± 0,01	0,85
Нимфа	3,78 ± 0,15	2,92 ± 0,08	н/о	6,70 ± 0,23	0,58 ± 0,02	0,77
Огненный опал	3,13 ± 0,10	2,86 ± 0,08	н/о	4,99 ± 0,18	0,45 ± 0,01	0,91
Синий утес	3,67 ± 0,14	3,54 ± 0,09	н/о	7,21 ± 0,23	0,49 ± 0,01	0,96
Славянка	3,54 ± 0,13	2,74 ± 0,09	н/о	6,28 ± 0,22	0,45 ± 0,01	0,77
Содружество	3,64 ± 0,11	2,72 ± 0,08	н/о	6,36 ± 0,19	0,65 ± 0,02	0,75
Сувенир	3,28 ± 0,10	2,46 ± 0,07	0,06 ± 0,002	5,80 ± 0,17	0,24 ± 0,01	0,75
Темная ночь	3,40 ± 0,12	2,65 ± 0,08	н/о	6,05 ± 0,20	0,71 ± 0,02	0,78

Примечание: * Здесь и далее: < 0,1 г/кг

Note: * Here and after: < 0.1 g/kg

нами данные по содержанию моно- и дисахаридов в исследованных плодах жимолости близки к литературным данным по содержанию углеводов в сортах жимолости российского, чешского и польского происхождения, репродуцированных в Литве и Польше (Molina et al., 2019; Česonienė et al., 2021). Относительно низкое содержание сахаров при высоком содержании антоцианинов и проантоцианидинов по сравнению с другими популярными антоцианинсодержащими ягодами (например, красный и черный виноград, а также черешня содержат в среднем около 16% сахаров) является одним из факторов, определяющих перспективность жимолости как сырья для производства обогащенной пищевой продукции со сниженным содержанием углеводов, в том числе БАД к пище (Usenik et al., 2007; Ivanova et al., 2018).

Органические кислоты

Профиль органических кислот жимолости представлен лимонной, яблочной и хинной кислотами (табл. 11). Выявлены существенные различия в их накоплении между сортами. Преобладала лимонная кислота, содержания которой составили от 1027,7 мг/100 г в сорте 'Сувенир' до 2258,0 мг/100 г в сорте 'Огненный опал' при среднем уровне содержания лимонной кислоты

1642,9 г/100 г. Яблочную и хинную кислоту следует рассматривать как минорные (210,3–685,5 мг/100 г и 154,2–421,2 мг/100 г при среднем содержании 447,9 мг и 287,7 мг/100 г сырья соответственно). Различия в содержании органических кислот наблюдаются также в работах зарубежных авторов. В сортах жимолости российской, канадской и чешской селекции, выращенных в Литве и Словении (Šenica et al., 2018; Česonienė et al., 2021), были найдены более низкие количества лимонной, яблочной и хинной кислот (430,9–979,9 мг/100 г, 135,8–389,5 мг/100 г и 15,1–102,7 мг/100 г соответственно) по сравнению с изученными в данной работе сортами. В то же время в польской жимолости 'Войтек' содержание лимонной и яблочной кислот несколько превышало найденные нами максимальные уровни накопления этих кислот (Molina et al., 2019). Аскорбиновая кислота была обнаружена в незначительных количествах – от 3,55 до 5,50 мг/100 г в отдельных сортах ('Индиго Гем', 'Темная ночь', 'Бореал Бьюти', 'Авача' и 'Барышня'), в остальных сортах она присутствовала в следовых концентрациях. На основании этих данных жимолость не следует рассматривать как существенный источник аскорбиновой кислоты.

Таблица 11. Содержание органических кислот в жимолости

Table 11. The content of organic acids in honeysuckle

Сорт жимолости	Содержание, мг/100 г сырого веса, $M \pm m$ (n = 3)		
	Лимонная кислота	Яблочная кислота	Хинная кислота
Авача	1355,3 ± 94,9	298,4 ± 20,9	195,3 ± 13,7
Аврора	1253,6 ± 87,7	401,1 ± 28,1	203,7 ± 14,3
Бакчарский великан	1218,5 ± 85,3	354,6 ± 24,8	261,5 ± 18,3
Барышня	1650,7 ± 115,5	318,2 ± 22,3	378,3 ± 26,5
Блю Банана	1365,1 ± 95,5	226,8 ± 15,9	353,0 ± 24,7
Бореал Бист	1489,8 ± 104,3	327,6 ± 22,9	234,1 ± 16,4
Бореал Близзард	1307,2 ± 91,5	455,9 ± 31,9	272,5 ± 19,1
Бореал Бьюти	2140,3 ± 149,8	446,4 ± 31,2	421,2 ± 29,5
Волхова	1156,7 ± 80,9	229,5 ± 16,1	154,2 ± 10,8
Индиго Гем	1521,2 ± 106,5	433,1 ± 30,3	329,6 ± 23,1
Княгиня	1506,1 ± 105,4	307,6 ± 21,5	289,5 ± 20,3
Маша	1204,5 ± 84,3	210,3 ± 14,7	292,7 ± 20,5
Морена	1322,6 ± 92,6	330,2 ± 23,1	182,5 ± 12,8
Нимфа	1193,9 ± 83,6	331,0 ± 23,2	244,4 ± 17,1
Огненный опал	2258,0 ± 158,1	610,2 ± 42,7	307,9 ± 21,5
Синий утес	1802,2 ± 126,2	304,4 ± 21,3	345,2 ± 24,2
Славянка	1449,1 ± 101,4	685,5 ± 48,0	235,4 ± 16,5
Содружество	1560,4 ± 109,2	397,3 ± 27,8	395,4 ± 27,7
Сувенир	1027,7 ± 71,9	320,1 ± 22,4	229,0 ± 16,0
Темная ночь	1406,5 ± 98,5	659,8 ± 46,2	308,8 ± 21,6

Заключение

С помощью ВЭЖХ-ДМД-МСД детально изучен качественный и количественный состав антоцианинов, флавонолов и флавонов, ГКК и иридоидов плодов 20 сортов жимолости голубой *Lonicera caerulea*. Самыми значимыми с точки зрения биологической ценности группами БАВ в плодах жимолости являются антоцианины, проантоцианидины и иридоиды. Наиболее перспективными по содержанию трех вышеперечисленных групп БАВ сортами жимолости оказались 'Волхова', 'Синий утес', 'Индиго Гем' и 'Нимфа'. Жимолость 'Волхова' отличается от других сортов высокими уровнями накопления всех исследованных групп БАВ. Сорта 'Темная ночь', 'Аврора' и 'Бакчарский великан' характеризуются высоким содержанием антоцианинов, проантоцианидинов, ГКК при сниженном содержании иридоидов. Отдельные сорта могут рассматриваться как перспективные по накоплению антоцианинов ('Славянка') или проантоцианидинов и ГКК ('Содружество'). Выбранный химико-таксономический подход может быть использован как объективный критерий для рекомендации сортов жимолости для промышленного выращивания в качестве доступного высококачественного сырья для повышения биологической ценности специализированных пищевых продуктов и БАД к пище. Кроме того, данные по профилю антоцианинов, иридоидов, сахаров и сорбита, органических кислот могут быть использованы для разработки критериев подлинности продуктов переработки ягод жимолости.

References / Литература

- Bryksin D.M. Peculiarities of biochemical productivity and the most important economical and biological characteristics of the honeysuckle varieties received in N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2019;59:279-285. [in Russian] (Брыксин Д.М. Особенности биохимической продуктивности и важнейших хозяйственно-биологических признаков сортов жимолости селекции ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2019;59:279-285). DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-279-285
- Caprioli G., Iannarelli R., Innocenti M., Bellumori M., Fiorini D., Sagratini G. et al. Blue honeysuckle fruit (*Lonicera caerulea* L.) from eastern Russia: phenolic composition, nutritional value and biological activities of its polar extracts. *Food and Function*. 2016;7(4):1892-1903 DOI: 10.1039/c6fo00203j
- Česonienė L., Labokas J., Jasutienė I., Šarkinas A., Kaškonienė V., Kaškonas P. et al. Bioactive compounds, antioxidant, and antibacterial properties of *Lonicera caerulea* berries: evaluation of 11 cultivars. *Plants*. 2021;10(4):624. DOI: 10.3390/plants10040624
- Danielewski M., Matuszewska A., Nowak B., Kucharska A.Z., Sozański T. The effects of natural iridoids and anthocyanins on selected parameters of liver and cardiovascular system functions. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020;2020:2735790. DOI: 10.1155/2020/2735790
- Danielewski M., Matuszewska A., Szelağ A., Sozański T. The impact of anthocyanins and iridoids on transcription factors crucial for lipid and cholesterol homeostasis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(11):6074. DOI: 10.3390/ijms22116074
- Gawroński J., Żebrowska J., Pabich M., Jackowska I., Kowalczyk K., Dydych-Siemińska M. Phytochemical characterization of blue honeysuckle in relation to the genotypic diversity of *Lonicera* sp. *Applied Sciences*. 2020;10(18):6545. DOI: 10.3390/app10186545
- GOST 31669-2012. Interstate standard. Juice products. Determination of sucrose, glucose, fructose and sorbite by high performance liquid chromatography (HPLC). Moscow: Standartinform; 2019. [in Russian] (ГОСТ 31669-2012. Межгосударственный стандарт. Продукция соковая. Определение сахарозы, глюкозы, фруктозы и сорбита методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Москва: Стандартинформ; 2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095347> [дата обращения: 11.08.2022].
- GOST 32709-2014. Interstate standard. Juice products. Methods for determination of Anthocyanins. Moscow: Standartinform; 2014. [in Russian] (ГОСТ 32709-2014. Межгосударственный стандарт. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. Москва: Стандартинформ; 2014). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200111757> [дата обращения: 10.08.2022].
- GOST 32771-2014. Interstate standard. Juice products. Determination of organic acids by reversed-phase High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Moscow: Standartinform; 2014. [in Russian] (ГОСТ 32771-2014. Межгосударственный стандарт. Продукция соковая. Определение органических кислот проводили методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии. Москва: Стандартинформ; 2014). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200112771> [дата обращения: 10.08.2022].
- Grobelna A., Kalisz S., Kieliszek M. Effect of processing methods and storage time on the content of bioactive compounds in blue honeysuckle berry purees. *Agronomy*. 2019;9(12):860. DOI: 10.3390/agronomy9120860
- Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Grape juice nutritional profile. *Problems of Nutrition*. 2018;87(6):95-105. [in Russian] (Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б., Эллер К.И. Нутриентный профиль виноградного сока. *Вопросы питания*. 2018;87(6):95-105). DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10071
- Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka I. Iridoids, phenolic compounds and antioxidant activity of edible honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevast.). *Molecules*. 2017;22(3):405. DOI: 10.3390/molecules22030405
- Molina A.K., Vega E.N., Pereira C., Dias M.I., Heleno S.A., Rodrigues P. et al. Promising antioxidant and antimicrobial food colourants from *Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*. *Antioxidants*. 2019;8(9):394. DOI: 10.3390/antiox8090394
- Orsavová J., Sytařová I., Miček J., Mišurcová L. Phenolic compounds, vitamins C and E and antioxidant activity of edible honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Pojark) in relation to their origin. *Antioxidants*. 2022;11(2):433. DOI: 10.3390/antiox11020433
- Perova I.B., Rylina 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. *Problems of Nutrition*. 2019;88(6):88-92. [in Russian] (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;88(6):88-92). DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10069
- 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.) *Problems of Nutrition*. 2014;83(5):86-93. [in Russian] (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. *Вопросы питания*. 2014;83(5):86-93).
- Qi Q., Chu M., Yu X., Xie Y., Li Y., Du Y. et al. Anthocyanins and proanthocyanidins: chemical structures, food sources, bioactivities, and product development. *Food Reviews International*. 2022;38:1-29. DOI: 10.1080/87559129.2022.2029479
- Šenica M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. subs. *edulis*) berry; a rich source of some nutrients and their differences among four different cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2018;238:215-221. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.04.056
- Tutelyan V.A., Eller K.I. (eds). Methods of analysis of minor biologically active substances of food (Metody analiza minornykh biologicheskikh aktivnykh veshchestv pishchi). Moscow: Dinastiya; 2010. [in Russian] (Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / под ред. В.А. Тутельяна, К.И. Эллера. Москва: Династия; 2010).
- Usenik V., Fabčić J., Štampar F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*. 2007;107(1):185-192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.004
- Wang C., Gong X., Bo A., Zhang L., Zhang M., Zang E. et al. Iridoids: research advances in their phytochemistry, biological activities, and pharmacokinetics. *Molecules*. 2020;25(2):287. DOI: 10.3390/molecules25020287
- Zhidyokhina T.V., Koveshnikova Y.Yu., Bryksin D.M., Rodyukova O.S., Khromov N.V., Guryeva I.V. The main achievements on breeding and variety study of small-fruits and non-traditional horticultural crops in I.V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture. *Horticulture and viticulture*. 2016;(1):12-19. [in Russian] (Жидехина Т.В., Ковешникова Е.Ю., Брыксин Д.М., Родюкова О.С., Хромов Н.В., Гурьева И.В. Основные достижения в селекции и сортоизучении ягодных и нетрадиционных садовых культур во ВНИИС им. И.В. Мичурина. *Садоводство и виноградарство*. 2016;(1):12-19). DOI: 10.31676/0235-2591-2016-1-12-19

Информация об авторах

Ирина Борисовна Перова, кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240 Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14, Erin.Feather@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Константин Исаакович Эллер, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240 Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14, Ellki42@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

Макар Алексеевич Герасимов, лаборант-исследователь, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240 Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14, аспирант, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, 119991 Россия, Москва, ул. Трубецкая, 8., стр. 2, makar.geras.98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0181-284X>

Вера Александровна Батурина, ведущий инженер-исследователь, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240 Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14, baturina-vera@mail.ru

Михаил Юрьевич Акимов, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, misha_mich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Ольга Михайловна Акимова, научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, akimova_68@mail.ru

Алексей Михайлович Миронов, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, sigurd32@gmail.com

Владимир Александрович Кольцов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, 393774 Россия, Тамбовская область, Мичуринск, ул. Мичурина, 30, kolcov.mich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2841-6126>

Information about the authors

Irina B. Perova, Cand. Sci. (Pharmacy), Senior Researcher, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky Proezd, Moscow 109240, Russia, Erin.Feather@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5975-1376>

Konstantin I. Eller, Dr. Sci. (Chemistry), Chief Researcher, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky Proezd, Moscow 109240, Russia, Ellki42@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1046-4442>

Makar A. Gerasimov, Laboratory Research Assistant, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky Proezd, Moscow 109240, Russia, Postgraduate Student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Bldg. 2. 8 Trubetskaya St., Moscow 119991, Russia, makar.geras.98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0181-284X>

Vera A. Baturina, Leading Research Engineer, Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky Proezd, Moscow 109240, Russia, baturina-vera@mail.ru

Mikhail Yu. Akimov, Dr. Sci. (Agriculture), Head of a Laboratory, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, misha_mich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1990-4902>

Olga M. Akimova, Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, akimova_68@mail.ru

Alexey M. Mironov, Associate Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, sigurd32@gmail.com

Vladimir A. Koltsov, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, I.V. Michurin Federal Science Center, 30 Michurina St., Michurinsk, Tambov Province 393774, Russia, kolcov.mich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2841-6126>

Вклад авторов: Эллер К.И., Перова И.Б., Акимов М.А. – концепция и дизайн исследования. Перова И.Б., Герасимов М.А., Батурина В.А., Акимова О.М., Миронов А.М., Кольцов В.А. – сбор материалов. Перова И.Б., Эллер К.И., Герасимов М.А., Кольцов В.А. – подготовка текста статьи. Перова И.Б., Эллер К.И., Кольцов В.А. – редактирование и утверждение окончательного варианта статьи.

Contribution of the authors: Eller K.I., Perova I.B., Akimov M.Yu. – research concept and design. Perova I.B., Gerasimov M.A., Baturina V.A., Akimova O.M., Mironov A.M., Koltsov V.A. – data collection. Perova I.B., Eller K.I., Gerasimov M.A., Koltsov V.A. – writing of the article. Perova I.B., Eller K.I., Koltsov V.A. – editing and approval of the article's final version.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; одобрена после рецензирования 02.02.2023; принята к публикации 02.03.2023.
The article was submitted on 24.10.2022; approved after reviewing on 02.02.2023; accepted for publication on 02.03.2023.