



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

УДК: 615.322

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

(✉) Разгонова М.П.^{1, 2}, Сенотрусова Т.А.², Ли Н.Г.², Тимощенко Е.Е.³,
Мурзина О.Г.⁴, Русакова Е.А.⁴, Голохваст К.С.^{1, 5}

¹Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»

Санкт-Петербург, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

Владивосток, Россия

³Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Магадан, Россия

⁴Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Камчатский край, Россия

⁵Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: Razgonova.mp@dvfu.ru

Представлено видовое разнообразие дикорастущих ягодных растений Дальнего Востока. Рассмотрены перспективные источники биологически активных веществ, а также щадящие и эффективные способы экстрагирования данных веществ. В Дальневосточном регионе ежегодно произрастает значительное число возобновляемых растительных биоресурсов. Большинство описанных в работе ягодных растений обладают потенциалом для промышленной заготовки. Учеными региона проводятся селекционные работы по сохранению и увеличению сортового разнообразия жимолости камчатской. Продолжается перенос ценных форм жимолости из дикой природы в культуру для включения их в селекционный процесс. Представлены полученные сорта жимолости, их характеристика и урожайность. Растущий интерес вызывают антоциановые пигменты ягод и возможность использования их в качестве натуральных пищевых красителей. К числу видов дикорастущих растений Магаданской области и Чукотского автономного округа, которые представляют собой потенциальные источники антоцианов, относятся голубика болотная (*Vaccinium uliginosum*), различные виды смородины (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. dicuscha*, *R. triste* Pallas), жимолость (*L. chamissoi* Bunge ex kirillon, *L. edulis* Turczaninow ex Freyn) и другие дикорастущие ягоды. Значимой задачей является модификация и разработка новых способов экстрагирования биоактивных соединений из растительного сырья. Предложено использование высокоэффективного и экологически безопасного способа экстракции – сверхкритической флюидной CO₂-экстракции. Использование сверхкритического диоксида углерода в комплексе с другими растворителями позволяет с большей полнотой провести извлечение биологически активных соединений из растительных матриц. Исследования, посвященные интенсификации процессов извлечения экстрактивных соединений из дикорастущих ягод Дальнего Востока и их последующей идентификации, позволят сформировать научно обоснованный комплексный подход к переработке плодово-ягодного дикорастущего сырья для пищевой и биотехнологической промышленности.

Ключевые слова: дикорастущие ягодные растения Дальнего Востока, растительные полифенолы, растительные пигменты, антоцианы, антиоксиданты, жимолость

ASPECTS OF COMPLEX PROCESSING OF FAR EASTERN BERRY CROPS

✉ Razgonova M.P.^{1,2}, Senotrusova T.A.², Li N.G.², Timoschenko E.E.³,
Murzina O.G.⁴, Rusakova E.A.⁴, Golokhvast K.S.^{1,5}

¹Federal Research Center “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”
Saint Petersburg, Russia

²Far Eastern Federal University, Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology,
Bioengineering and Food Systems”
Vladivostok, Russia

³Magadan Research Institute of Agriculture
Magadan, Russia

⁴Kamchatka Research Institute of Agriculture
Kamchatka Territory, Russia

⁵Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: Razgonova.mp@dvfu.ru

The species diversity of wild berry plants of the Far East is presented. Promising sources of biologically active substances, as well as gentle and effective methods of extraction of these substances are considered. A significant number of renewable plant bioresources grow annually in the Far Eastern region, most of the berry plants described in this paper have the potential for industrial harvesting. Scientists of the region carry out breeding works on preservation and increase of the varietal diversity of Kamchatka honeysuckle. The transfer of valuable forms of honeysuckle from the wild to culture for inclusion in the breeding process is in progress. The obtained honeysuckle varieties, their characteristics and yields are presented. There is growing interest in the anthocyanin pigments of the berries and the possibility of using them as natural food colors. Wild plant species of the Magadan region and Chukotka Autonomous Okrug that represent potential sources of anthocyanins include bog blueberry (*Vaccinium uliginosum*), various currant species (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. ducosha*, *R. triste* Pallas), honeysuckle (*L. chamissoi* Bunge ex Kirillon, *L. edulis* Turczaninow ex Freyn) and other wild berries. A significant task is the modification and development of new methods of extraction of bioactive compounds from plant raw materials. The use of a highly efficient and environmentally safe extraction method – supercritical fluid CO₂ extraction – is proposed. The use of supercritical carbon dioxide in combination with other solvents allows for a more complete extraction of biologically active compounds from plant matrices. Studies devoted to the intensification of the processes of extractive compounds extraction from wild berries of the Far East and their subsequent identification will allow to form a scientifically grounded complex approach to the processing of wild fruit and berry raw materials for food and biotechnological industry.

Keywords: wild berry plants of the Far East, plant polyphenols, plant pigments, anthocyanins, antioxidants, honeysuckle

Для цитирования: Разгонова М.П., Сеноотрусова Т.А., Ли Н.Г., Тимошенко Е.Е., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Голохваст К.С. Аспекты комплексной переработки дальневосточных ягодных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 15–26. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

For citation: Razgonova M.P., Senotrusova T.A., Li N.G., Timoschenko E.E., Murzina O.G., Rusakova E.A., Golokhvast K.S. Aspects of complex processing of Far Eastern berry crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 15–26. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа поддержана ФБГНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» на средства гранта РФ № 23-74-00044 по Соглашению № 23-74-00044 от 13 апреля 2023 г.

Acknowledgements

This work was supported by the FSBSI FRC “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov” with the RSF grant No. 23-74-00044 under the Agreement No. 23-74-00044 dated April 13, 2023.

Одной из популярных групп съедобных дикорастущих растений среди населения являются ягодные, которые представляют интерес в качестве перспективного сырья для пищевой, биотехнологической, косметической, фармацевтической и других отраслей промышленности. Среди данных растений обладают приятными органолептическими характеристиками следующие виды: дикая земляника, ирга, черника, ежевика, малина и др.¹ [1, 2].

Большинство дикорастущих ягод и плодов богаты источниками биоактивных веществ (витамины, полифенольные комплексы, макро- и микроэлементы и др.). Например, клюква и дикая черника обладают высоким содержанием флавоноидов, которые могут оказывать протекторное действие на организм человека и использоваться в качестве нутрицевтиков и функциональных пищевых ингредиентов [1, 3]. В Дальневосточном регионе России ежегодно произрастает значительное число возобновляемых растительных биоресурсов. Биологические запасы плодов ягодных растений Магаданской области и Камчатского края, а также степень их использования человеком – важнейшие характеристики для оценки ресурсного потенциала и возможности комплексной переработки, в том числе использования в агро- и пищевых биотехнологиях.

Промышленная переработка плодов ягодных растений включает комплексный подход, что важно для рационального использования биологических ресурсов. Перспективно получать биологически активные вещества (БАВ) из плодов ягодных растений, в том числе не пригодных к употреблению по органолептическим признакам. В связи с этим необходимо определить наиболее перспективный способ экстрагирования БАВ, в том числе полифенольных комплексов, который позволит сохранить свойства БАВ и обеспе-

чить достаточный выход веществ. При определении наиболее перспективного способа экстрагирования существует ряд недостатков и ограничений: например, БАВ из растительных матриц довольно трудно извлекать ввиду небольшой массовой доли; примерами таких растительных матриц могут быть эфиромасличные и лекарственные растения. Также важно учитывать ограничения и недостатки при пробоподготовке в процессе жидкостной экстракции: длительный процесс, низкую производительность, необходимость дополнительного освобождения целевых веществ от растворителей, которые не допускаются к использованию в пищевой и кормовой промышленности, низкую селективность и ограниченные возможности управления ею в процессе экстракции, использование для анализа лишь небольшой части экстракта и др.

В связи этим перспективно применение метода сверхкритической флюидной экстракции. По сравнению с другими методами данный способ обладает рядом преимуществ: возможностью проводить селективную экстракцию путем изменения температуры и давления флюида; снижением риска искажения состава пробы за счет попадания различных примесей, привнесенных с растворителем (диоксид углерода, оксид азота (I)) в связи с тем, что его чистота значительно выше, чем любого органического растворителя; упрощением процесса экстрагирования и извлечения целевых веществ из экстракта^{2, 3}.

С целью использования БАВ, полученных из экстрактов в агро- и пищевых биотехнологиях, важно использовать наиболее безопасные для человека и животных экстрагенты. По сравнению с другими возможными сверхкритическими растворителями диоксид углерода обладает нетоксичностью, негорючестью, экологичностью и возобновляемостью данного ресурса (см. сноски 2, 3). В результате изложенного выше перспектив-

¹Хохряков А.П. Анализ флоры Колымского нагорья / отв. ред. В.Н. Павлов; ДОР АН СССР, Институт биологических проблем Севера. М.: Наука, 1989. 152 с.

²Касьянов Г.И., Стасьева О.Н., Латин Н.Н. До- и сверхкритическая экстракция: достоинства и недостатки // Пищевая промышленность. 2005. № 1. С. 36–39.

³Покровский О. Пробоподготовка в химическом анализе методом сверхкритической флюидной экстракции // Методология. 2013. № 6. С. 22–27.

но применять сверхкритическую флюидную CO₂-экстракцию.

Цель исследования – рассмотреть биопотенциал ягодных культур Магаданской области и Камчатского края.

Применены стандартные методы исследований, в том числе метод аналитической селекции, способы размножения зелеными черенками «с пяткой» и одревесневшими черенками с верхушкой. Содержание сухих

веществ (%) термогравиметрическим методом по ГОСТ 29031–91, растворимых сахаров (%) – перманганатным методом по ГОСТ 8756.13–87, аскорбиновой кислоты (%) – титриметрическим методом в пересчете на лимонную кислоту по ГОСТ 24556–89.

В настоящее время описаны перспективные к использованию в пищевых биотехнологиях дикорастущие ягодные растения Магаданской области, внешний вид которых представлен на рис. 1–8.



Рис. 1. Брусника (*Rhodococcum avrorin*)

Fig. 1. Lingonberry (*Rhodococcum avrorin*)



Рис. 4. Рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedlung)

Fig. 4. Siberian mountain ash (*Sorbus sibirica* Hedlung)



Рис. 2. Голубика (*Vaccinium uliginosum*)

Fig. 2. Bog Blueberry (*Vaccinium uliginosum*)



Рис. 5. Черемуха (*Padus* Miller)

Fig. 5. Bird cherry (*Padus* Miller)



Рис. 3. Малина обыкновенная (*Rubus stellatus* Smith)

Fig. 3. Common raspberry (*Rubus stellatus* Smith)

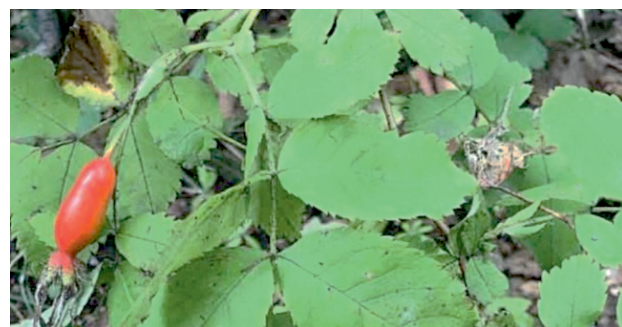


Рис. 6. Шиповник (*Rosa jacutica* Juzepczuk)

Fig. 6. Wild rose (*Rosa jacutica* Juzepczuk)



Рис. 7. Смородина черная (*Ribes nigrum* Sibilla)
Fig. 7. Black currant (*Ribes nigrum* Sibilla)



Рис. 8. Смородина печальная (*Ribes triste* Pallas)
Fig. 8. Swamp red currant (*Ribes triste* Pallas)

Также представляют интерес ягодные растения, произрастающие на полуострове (см. рис. 9–13).

Ежегодный биологический запас наиболее распространенных дикорастущих съедобных ягодных растений Магаданской области оценивается в пределах в 130 тыс. т – 6,2% от общего запаса ягод на всей территории Дальнего Востока России; в Чукотском крае запасы ягод производственного фонда составляют 14,5 тыс. т – 1% от общего запаса ягод на всей территории Дальнего Востока [2, 4].



Рис. 9. Малина приземистая, морошка (*Rubus chamaemorus* L.)
Fig. 9. Fen berry, cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.)

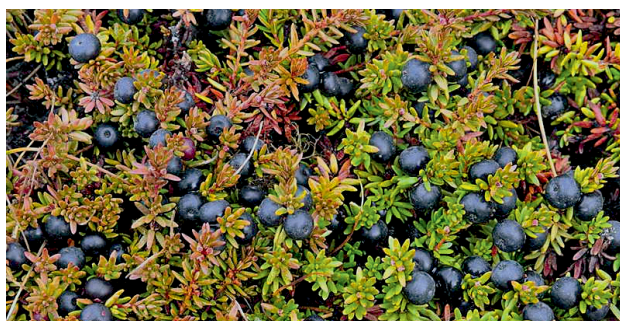


Рис. 10. Шикша водяная, сибирская (*Empetrum sibiricum* V. Vasiliev)

Fig. 10. Water crowberry, Siberian (*Empetrum sibiricum* V. Vasiliev)



Рис. 11. Смородина дикуша, алданский виноград (*Ribes dicuscha* Fischer ex Turczaninow)

Fig. 11. Dikusha currant, Aldan grape (*Ribes dicuscha* Fischer ex Turczaninow)



Рис. 12. Жимолость съедобная, камчатская (*Lonicera edulis* Turczaninow ex Freyn)

Fig. 12. Edible honeysuckle, Kamchatka (*Lonicera edulis* Turczaninow ex Freyn)



Рис. 13. Шиповник (*Rosa acicularis* Lindley)
Fig. 13. Wild rose (*Rosa acicularis* Lindley)

Известно, что плоды и ягоды дикорастущих ягодных растений, например, смородина, богаты провитаминами, витаминами, полифенольными комплексами и др. (см. табл. 1).

Можно сделать вывод, что сырьевой потенциал дикорастущих ягод Дальневосточного региона обладает достаточными объемами для промышленной переработки с целью выделения биологически активных соединений и их использования в разработке БАД, а также в биотехнологии пищевых продуктов.

Значимое место при выращивании и селекции ягод Дальневосточного региона занимает расположенный в юго-восточной зоне полуострова Камчатка опытный участок Камчатского научно-исследовательского института сельского хозяйства, где проводят многолетние исследования жимолости камчатской (*Lonicera kamtschatica* (Sevast.) Rojark), которая встречается во всех районах края⁴ [5].

Результаты современных научных исследований показывают высокую пищевую ценность и профилактические свойства жимолости камчатской. В ее плодах содержатся витамин С, каротиноиды, витамины группы В и Р-активные полифенолы, которые определяют высокую антиоксидантную активность. Десертный вкус плодов отдельных видов и форм жимолости обусловлен повышенным содержанием сахаров при довольно низкой кислотности. В состав сахаров входят глюкоза, фруктоза, галактоза и рамноза. В плодах жимолости присутствуют такие макроэлементы, как калий, фосфор, кальций,

натрий, магний, железо, кремний, а также микроэлементы медь, цинк, стронций, барий и йод [3, 5–7].

На базе Камчатского НИИСХ исследовательскую работу по изучению исходного материала жимолости и выделению высокоурожайных форм для введения жимолости в культуру проводят методом аналитической селекции (см. рис. 14).

В настоящее время продолжается перенос ценных форм жимолости из дикой природы в культуру для включения их в селекционный процесс. Главная задача селекции жимолости камчатской – сохранение и мобилизация ее биоразнообразия. Особая актуальность данной задачи обусловлена возрастающей антропогенной нагрузкой на места естественного произрастания жимолости на Камчатке [8, 9]. Цель селекционной работы в Камчатском НИИСХ – совершенствование сортимента жимолости и создание новых перспективных скороплодных сортов с высокой продуктивностью и качеством плодов.

Табл. 1. Химический состав смородины (*Ribes vulgare*), %

Table 1. Currant chemical composition (*Ribes vulgare*), %

Показатель	Содержание
Сухие вещества	14,26 ± 0,26
Углеводы	6,33 ± 0,21
Аскорбиновая кислота	34,83 ± 5,24
Растворимые пектины	0,13–0,18 ± 0,04



Рис. 14. Селекционный питомник Камчатского НИИСХ

Fig. 14. Selection nursery of the Kamchatka Research Institute of Agriculture

⁴Нечаев А.А. Видовой состав, ресурсы и освоение дикорастущих ягодных растений Российского Дальнего Востока // Лесной вестник. 2012. № 3. С. 127–131.

Новые сорта должны отличаться морозоустойчивостью, различными сроками созревания, высокой урожайностью (1,5–2,5 кг/куст), ранним вступлением в плодоношение (на 3-й год после посадки), обладать привлекательными, крупными (масса плода более 1 г), неосыпающимися плодами с легким отрывом, десертным вкусом, высоким содержанием сахаров, витамина С и Р-активных веществ и низкой кислотностью. Научно-исследовательскую работу выполняют по «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур», «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», «Методам биохимического исследования растений», «Классификатору рода *Lonicera* L. подсемейства *Caeruleae* Rehd» [7–10]. Основные биохимические соединения в ягодах жимолости оценивают по следующим показателям: содержанию сухих веществ (%) – термогравиметрическим методом, растворимых сахаров (%) – перманганатным методом, аскорбиновой кислоты (%) – титриметрическим методом в пересчете на лимонную кислоту.

В результате многолетней работы изучено 4000 сеянцев из различных мест произрастания на территории Камчатского края, исследована коллекция из 37 интродуцированных сортов, полученных из других селекционных учреждений России (Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, ОГУП «Бакчарское»). По оценке коллекционного изучения определены лучшие сорта инорайонной селекции жимолости. Особое внимание уделяется разработке технологических приемов возделывания жимолости и выявлению наиболее эффективных способов размножения в условиях Камчатского края. По результатам изучения методов черенкования выделены эффективные способы размножения зелеными черенками «с пяткой» и одревесневшими черенками с верхушкой.

В настоящее время селекционный материал планомерно обновляется, заложены новые питомники, где в изучении находится более

500 сеянцев дикорастущих форм посадки 2018–2022 гг. Для первичного сортоизучения по комплексу хозяйственно ценных признаков выделено в элиту 37 перспективных селекционно значимых форм (см. табл. 2).

Селекционно значимые формы жимолости богаты источниками биологически активных веществ, в том числе эссенциальных пищевых веществ. При употреблении 100 г жимолости удовлетворение адекватного уровня суточного потребления в аскорбиновой кислоте составляет 62%.

Сорта жимолости камчатской селекции

Атлант – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,0–1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,2 г), овальной формы, поверхность слабо бугристая, кожица тонкая, консистенция мякоти нежная. Отрыв легкий, сухой. Вкус кисло-сладкий с приятным ароматом. Содержание сухого вещества – 13,16%, сахаров – 6,78–9,05, аскорбиновой кислоты – 48,90–63,36% (см. рис. 15).

Сластена – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,0 кг/куст. Плоды крупные (1,6 г), удлинённо-овальной формы. Вкусовые качества высокие. Содержание саха-

Табл. 2. Характеристика перспективных селекционно значимых форм жимолости

Table 2. Characteristics of the promising breeding significant forms of honeysuckle

Показатель	Характеристика
Свойства перспективных селекционно значимых форм жимолости (Камчатский НИИСХ)	Высокая зимостойкость, ранний и среднеранний срок созревания, приятные по вкусовым характеристикам, привлекательные неосыпающиеся плоды
Масса плода	1,0–1,2 ± 0,03 г
Аскорбиновая кислота	50,8–56,9 ± 1,07%
Сухие вещества	15,2–15,6 ± 0,92%
Растворимые сахара	7,8–10,5 ± 0,41%
Органические кислоты	1,8–2,5 ± 0,06%

ров – 7,91%, сухого вещества – 12,91, аскорбиновой кислоты – 36,96–52,80%.

Соперница Горянка – сеянец жимолости алтайской от свободного опыления. Сорт позднего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 0,8–1,0 кг/куст. Плоды средней величины (0,66–0,92 г), удлинено-овальные. Вкус сладковатый с заметной горчинкой. Отрыв плода слегка затрудненный. Содержание сухого вещества – 13,98%, сахаров – 6,06–8,53, аскорбиновой кислоты – 21,10–38,72%.

Мильковчанка – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт среднераннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 0,8–1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,2 г), овальной формы. Вкус десертный. Отрыв легкий, сухой. Содержание сухого вещества – 12,5%, сахаров – 7,0–9,5, аскорбиновой кислоты – 38,7–50,9, кислотность – 1,7–2,4%.

Даринка – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки – 1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,0–1,2 г), удлинено-овальные. Вкус кис-

ло-сладкий с ароматом, освежающий. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сухого вещества – 12,9%, сахаров – 9,6, аскорбиновой кислоты – 50,8, кислотность – 1,7%.

Елена – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,7 кг/куст. Плоды крупные (1,1–1,3 г), удлинено-овальные, каплевидные. Отрыв слегка затрудненный без разрыва кожицы. Вкус десертный. Содержание сахаров – 9,4%, аскорбиновой кислоты – 47,8, кислотность – 1,5%.

В 2022 г. в результате многолетней работы выделены три новые перспективные элитные формы, которые готовят для передачи на государственное сортоиспытание.

Элитная форма 1–5 (сорт Малка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,12 кг/куст (прибавка 31,6%). Плоды крупные (1,3 г), ширококувшиновидной формы. Вкус десертный с выраженным ароматом. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,9%, аскорбиновой кислоты – 50,85, сухого вещества – 14,7%.

Элитная форма 1–20 (сорт Виллюка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт среднераннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,14 кг/куст (прибавка 38,8%). Плоды крупные (1,1 г), широковеретеновидной формы. Вкус кисло-сладкий с легкой пикантной горчинкой и выраженным ароматом. Характер отрыва слегка затрудненный без разрыва кожицы. Содержание сахаров – 7,2%, аскорбиновой кислоты – 46,09, сухого вещества – 12,4%.

Элитная форма 31–35 (сорт Ганалочка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,07 кг/куст (прибавка 18,4%). Плоды крупные (1,2 г), удлинено-овальной формы, привлекательные. Вкус кисло-сладкий, десертный с выраженным ароматом. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,5%, аскорбиновой кислоты – 47,46, сухого вещества – 15,3%.



Рис. 15. Жимолость сорта Атлант
Fig. 15. Atlant honeysuckle

Известно, что полифенольные соединения присутствуют во многих растениях и ягодах. Например, антоцианы придают яркие цвета фруктам, ягодам и овощам, а также отвечают за вкус и аромат. Проведенный метаанализ восьми научных исследований показал, что увеличение в рационе количества продуктов с большим содержанием полифенолов на 300 мг в день снижает риск развития сахарного диабета второго типа [5–7]. Результаты других авторов исследований позволяют предположить, что благодаря антиоксидантным свойствам полифенолы могут быть использованы при лечении некоторых раковых заболеваний желудочно-кишечного тракта [5–7]. Исследования Hossain et al., 2016 г. показывают, что употребление продуктов, содержащих полифенолы, помогает в профилактике и борьбе с ожирением. Ученые предполагают, что полифенолы подавляют активность клеток жировой ткани, отвечающих за воспаление [5–7].

В настоящее время происходит увеличение спроса среди производителей и потребителей на натуральные пищевые красители, среди которых лидирующие позиции по объему продаж занимают красные красители. Одними из наиболее распространенных среди них являются антоциановые пигменты. К числу видов растений Магаданской области и Чукотского автономного округа, которые представляют собой потенциальные источники антоцианов, относятся голубика болотная (*Vaccinium uliginosum*), различные виды смородины (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. discuscha*, *R. triste* Pallas), жимолость (*L. chamissoi* Bunge ex Kirillon, *L. edulis* Turczaninow ex Freyn) и другие дикорастущие ягоды.

Особый интерес у исследователей вызывают усовершенствование и разработка новых способов экстрагирования антоцианов из растительного сырья. Выбор подходящего метода экстракции с учетом оптимальных сочетаний экстракционных факторов для получения природных антоциановых красителей

имеет решающее значение для успеха процесса их выделения. В литературных источниках описано несколько способов выделения антоцианов из растительного сырья: мацерация, тепловая экстракция, экстракция катализатором-растворителем, ультразвуковая экстракция, экстракция с помощью микроволновой печи и сверхкритическая жидкостная экстракция. Перспективным направлением в области экстрагирования полифенольного комплекса является сверхкритическая жидкостная экстракция, которая используется с конца 1970-х годов для анализа пищевых продуктов, выделения биологически активных веществ и определения уровней липидов в продуктах питания, а также уровней токсичных веществ. У сверхкритической флюидной CO₂-экстракции существует ряд преимуществ: легкое удаление растворителя из конечного продукта, высокая селективность и использование умеренных температур в процессе экстракции, которые являются важными факторами при определении способа экстрагирования и проведения исследований в области пищевой и фармацевтической промышленности⁵ [11, 12].

Альтернатива использованию соразтворителей в случае плохо растворимых или практически нерастворимых соединений – полное изменение схемы процесса с использованием так называемой сверхкритической экстракции растворителем (SAE). Уже разработаны промышленные устройства с технологическими схемами, содержащие установки по переработке CO₂; следовательно, регенерируется большая часть растворителя/антирастворителя. Улучшение сверхкритической экстракции растворителем связано с теми же условиями процесса: давлением, температурой и концентрацией растворенных веществ в суспензии. Однако основным параметром является мольная доля CO₂. Данный параметр зависит от относительной скорости потока CO₂ и жидкости-растворителя, чтобы установить сверхкритический состав осадка для используемой смеси CO₂/растворитель

⁵Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

[12]. При сравнении возможных сверхкритических растворителей диоксид углерода имеет наиболее привлекательные преимущества: нетоксичность, негорючесть, экологичность и возобновляемость ресурса (см. сноску 5) [11–13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время увеличивается заинтересованность населения в обеспечении полноценного рациона питания, а также в поддержании необходимого качества продуктов в условиях санкционного режима. Изучение особенностей состава растительных ягодных ресурсов нужно для их комплексной переработки и получения на их основе новых пищевых ингредиентов. В связи с этим одним из актуальных направлений исследований в области пищевых биотехнологий являются фундаментальные и прикладные научные исследования особенностей химического состава и свойств дикорастущих ягодных растений, а также совершенствование процессов получения биологически активных веществ. Перспективно применение сверхкритической флюидной CO₂-экстракции. Дикорастущие ягодные растения – важный источник биоактивных веществ, в том числе витаминов, полифенольных и минеральных комплексов. Данное сырье возможно использовать для получения пищевых и технологических добавок с целью импортозамещения, что в настоящее время приобретает особую актуальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белова Е.А., Гуляев А.Е., Коваленко Л.В., Шульгау З.Т. Полифенольные компоненты северных дикорастущих ягод, антиоксидантный и противовоспалительный потенциал их экстрактов // Вестник СурГУ. Медицина. 2018. № 1 (35). С. 75–84.
2. Нечаев А.А. Ресурсы дикорастущих съедобных ягодных растений Магаданской области и Чукотского автономного округа // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20. № 1. С. 323–327. DOI: 10.14258/pbssm.2021064.
3. Boris Nemzer, Luis Vargas, Xiaoyan Xia, Marsha Sintara, Hao Feng. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods // Food Chemistry. 2018. Vol. 262. P. 242–250.
4. Мочалова О.А., Хорева М.Г., Андриянова Е.А. Новые местонахождения сосудистых растений из красной книги Магаданской области // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2022. № 2. С. 92–95.
5. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Районирование Дальнего Востока для оценки перспектив развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 61–65.
6. Jing Chen, Bingbing Ren, Chunyang Bian, Dong Qin, Lijun Zhang, Jiacheng Li, Jia Wei, Aoxue Wang, Junwei Huo, Huixin Gang. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal molecular mechanisms associated with the natural abscission of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) ripe fruits // Plant Physiology and Biochemistry. 2023. May 2. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.107740.
7. Vereshchagin J.S., Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Rodina O.A., Chernyshova I.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S., Britvin S.N. Microbial biomineralization under extreme conditions: Case study of basaltic rocks, Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia // CATENA. 2023. Vol. 226. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107048.
8. Senica 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. Vol. 238. P. 215–221.
9. Петруша Е.Н. Оценка исходного материала жимолости камчатской для селекции на крупноплодность и качество ягод // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 2 (54). С. 41–46. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12020.
10. Ryohei Fujita, Shigeki Jin, Kotaro Matoba, Yoichiro Hoshino. Novel production of β-cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization // Scientia Horticulturae. 2023. Vol. 308. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111547.
11. Razgonova M., Zakharenko A., Ercisli S., Grudev V., Golokhvast K. Comparative Analysis

of Far East Sikhotinsky Rhododendron (*Rh. sichotense*) and East Siberian Rhododendron (*Rh. adamsii*) Using Supercritical CO₂-Extraction and HPLC-ESI-MS/MS Spectrometry // *Molecules*. 2020. Vol. 25. N 17. P. 3774.

12. Razgonova M.P., Cherevach E.I., Tekutyeva L.A., Fedoreev S.A., Mishchenko N.P., Tarbeeva D.V., Demidova E.N., Kirilenko N.S., Golokhvast K.S. *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.: Supercritical CO₂-extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents // *Molecules*. 2023. Vol. 28. P. 2026. DOI: 10.3390/molecules28052026.
13. Baldino L., Reverchon E. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO₂ processing of vegetable matter // *Journal Supercrit. Fluids*. 2018. Vol. 134. P. 269–273.

REFERENCES

1. Belova E.A., Gulyaev A.E., Kovalenko L.V., Shul'gau Z.T. Polyphenolic components of Northern wild berries, antioxidant and anti-inflammatory potential of their extracts. *Vestnik SurGU. Medicina = Vestnik SurGU. Meditsina*, 2018, no. 1 (35), pp. 75–84. (In Russian).
2. Nechaev A.A. Resources of wild edible berry plants of Magadan region and Chukotka autonomous district. *Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii = Problems of Botany of Siberia and Mongolia*, 2021, vol. 20, no. 1, pp. 323–327. (In Russian). DOI: 10.14258/pbssm.2021064.
3. Boris Nemzer, Luis Vargas, Xiaoyan Xia, Marsha Sintara, Hao Feng. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 2018, vol. 262, pp. 242–250.
4. Mochalova O.A., Horeva M.G., Andriyanova E.A. New records of vascular plants from the Red Data Book of the Magadan oblast. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN = Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 2022, no. 2, pp. 92–95. (In Russian).
5. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Zoning of the Far East to assess the prospects for the development of agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2022, vol. 36, no. 4, pp. 61–65. (In Russian).
6. Jing Chen, Bingbing Ren, Chunyang Bian, Dong Qin, Lijun Zhang, Jiacheng Li, Jia Wei, Aoxue Wang, Junwei Huo, Huixin Gang. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal molecular mechanisms associated with the natural abscission of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) ripe fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2023, may 2. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.107740.
7. Vereshchagin J.S., Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Rodina O.A., Chernyshova I.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S., Britvin S.N. Microbial biomineralization under extreme conditions: Case study of basaltic rocks, Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia. *CATENA*, 2023, vol. 226. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107048.
8. Senica 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, vol. 238, pp. 215–221.
9. Petrusha E.N. Assessment of the source material of Kamchatka honeysuckle in order to breed for large-fruited berries with improved qualities. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2020, no. 2 (54), pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12020.
10. Ryohei Fujita, Shigeki Jin, Kotaro Matoba, Yoichiro Hoshino. Novel production of β-cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization. *Scientia Horticulturae*, 2023, vol. 308. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111547.
11. Razgonova M., Zakharenko A., Ercisli S., Grudev V., Golokhvast K. Comparative Analysis of Far East Sikhotinsky Rhododendron (*Rh. sichotense*) and East Siberian Rhododendron (*Rh. adamsii*) Using Supercritical CO₂-Extraction and HPLC-ESI-MS/MS Spectrometry. *Molecules*. 2020, vol. 25, no. 17, p. 3774.
12. Razgonova M.P., Cherevach E.I., Tekutyeva L.A., Fedoreev S.A., Mishchenko N.P., Tarbeeva D.V., Demidova E.N., Kirilenko N.S., Golokhvast K.S. *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.: Supercritical CO₂-extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents. *Molecules*, 2023, vol. 28, p. 2026. DOI: 10.3390/molecules28052026.
13. Baldino L., Reverchon E. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO₂ processing of vegetable matter. *Journal Supercrit. Fluids*, 2018, vol. 134, pp. 269–273.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Разгонова М.П.**, кандидат, технических наук, доцент, директор; **адрес для переписки:** Россия, 190031, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42; e-mail: m.razgonova@vir.nw.ru

Сенотрусова Т.А., кандидат технических наук, доцент

Ли Н.Г., кандидат технических наук, доцент

Тимошенко Е.Е., лаборант

Мурзина О.Г., младший научный сотрудник

Русакова Е.А., младший научный сотрудник

Голохваст К.С., доктор биологических наук, член-корреспондент РАО, профессор РАН, директор

AUTHOR INFORMATION

✉ **Maya P. Razgonova**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Director; **Address:** 42, Bolshaya Morskaya St., Saint Petersburg, 190031, Russia; e-mail: m.razgonova@vir.nw.ru

Tamara A. Senotrusova, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Natalia G. Li, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Elena E. Timoshchenko, Laboratory Assistant

Olga G. Murzina, Junior Researcher

Elena A. Rusakova, Junior Researcher

Kirill S. Golokhvast, Doctor of Science in Biology, Corresponding Member RAE, Professor RAS, Director

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.07.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023