



Обзорная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 60-7. 604

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.011

ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ БРУСНИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Марина Викторовна Николенко¹, Вера Викторовна Тригуб²,
Владимир Григорьевич Попов³, Светлана Александровна Белина⁴

^{1, 2, 3, 4} Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹ novopaschinamv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1099-0656>

² trigubvv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-7346>

³ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

⁴ belinasa@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0142-2905>

Аннотация. Представлен обзор научных работ отечественных и зарубежных ученых в приоритетном направлении биотехнологии. Перспективы фитобиотехнологии заключаются в разработке методологии массового воспроизводства ягодных, овощных, редких дикорастущих растений, а также ценного лекарственного растительного сырья и конструировании на его основе функциональных продуктов питания. Анализ состава и свойств биологически активных веществ, флоры Западно-Сибирского региона позволил выбрать объект для получения полифункциональных ингредиентов, а в дальнейшем – пищевых продуктов функционального назначения. Особое внимание в настоящее время привлекает метод микроклонального размножения растений *in vitro* для получения биологически активных микронутриентов. Клеточные культуры по сравнению с традиционным растительным сырьем имеют преимущества: возможность круглогодичного культивирования независимо от погодных условий региона, стандартизации условий выращивания, перспективы полной автоматизации процессов выращивания. Одной из моделей микроклонального размножения является каллусная культура. Растительное сырье брусники обыкновенной, выращенное *in vitro*, сможет стать перспективным источником пищевых ингредиентов, не зависящим от природных условий и обладающим всеми заданными свойствами. Ягоды брусники, полученные в условиях микроклонального размножения, обеспечат пищевую промышленность сырьем для производства продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: фитобиотехнология, клональное размножение, микронутриенты растений, брусника.

Для цитирования: Перспективы микроклонального размножения брусники для производства функциональных продуктов питания / М. В. Николенко [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 4. С. 81–89. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.011.

Original article

PROSPECTS FOR MICROPROPAGATION OF LINGONBERRY FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOOD

Marina V. Nikolenko¹, Vera V. Trigub², Vladimir G. Popov³,
Svetlana A. Belina⁴

^{1, 2, 3, 4} Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

¹ novopaschinamv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1099-0656>

² trigubvv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4464-7346>

³ popovvg@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5902-1768>

⁴ belinasa@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0142-2905>

Abstract. An overview of scientific works of domestic and foreign scientists in the priority area of biotechnology is presented. The prospects of phytobiotechnology are in the development of a methodology for the mass reproduction of berry, vegetable, rare wild plants, as well as valuable medicinal plant raw materials and the development of functional food products based on it. Analysis of the composition and properties of biologically active substances, flora of the West Siberian region made it possible to select an object for obtaining polyfunctional ingredients, and later functional food products. Special attention is currently being paid to the method of microclonal reproduction of plants in vitro to obtain biologically active micronutrients. Cell cultures have advantages in comparison with traditional plant raw materials: the possibility of year-round cultivation regardless of the weather conditions of the region, standardization of growing conditions, and the prospect of complete automation of growing processes. Callus culture is one of the models of micropropagation. Plant raw materials of common lingonberry grown in vitro can become a promising source of food ingredients that do not depend on natural conditions and have all the desired properties. Lingonberry berries obtained under microclonal conditions will provide the food industry with raw materials for the production of functional products.

Keywords: Phytobiotechnology, clonal reproduction, plant micronutrients, lingonberry.

For citation: Nikolenko, M. V., Trigub, V. V., Popov, V. G. & Belina, S. A. (2021). Prospects for micropropagation of lingonberry for the production of functional food. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 81-89. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.011.

ВВЕДЕНИЕ

Фитобиотехнология – это молодое и перспективное направление в биотехнологии, использующее клетки и ткани фотоавтотрофных эукариот, биоактивные вещества растительного происхождения (ферменты, нуклеиновые кислоты, стероиды, сложные органические соединения) [1, 2]. Данная отрасль технологии позволяет импортировать и интродуцировать растения в суровые климатические зоны, например, арктические регионы, а также получать из них супернатанты для пищевой промышленности. Растительные клетки – уникальная модель для исследований. Они обладают свойством тотипотентности и, как прокариоты, способны культивироваться в форме неорганизованной каллусной массы в жидкой питательной среде [3]. В последние десятилетия удалось массовое размножение культивируемых растений с уникальными характеристиками, а выращивание

растительных клеток стало основой для получения биологически активных соединений [4–7].

В последние годы пристальное внимание уделяется изучению биологически активных компонентов дикой флоры [8].

Ценность дикорастущих растений заключается в высокой адаптивности к условиям окружающей среды и толерантности ко многим заболеваниям. В связи с этим дикоросам присущи наиболее стабильные урожаи, а по пищевой ценности они превосходят культурные сорта [9]. Кроме того, дикорастущие вегетативные части, плоды и ягоды в настоящее время, в отличие от культивируемых растений, в период роста не обрабатываются химическими препаратами. Поэтому одним из приоритетных направлений фитобиотехнологии является разработка методологии массового воспроизводства декоративных, ягодных, овощных, редких дикорастущих растений, а также ценного лекарственного

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2021

ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ БРУСНИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

растительного сырья, и конструирование на его основе функциональных продуктов питания, обогащенных экологически чистыми биологически активными веществами дикорастущих растений [10].

Задачей исследования является анализ и обобщение отечественных и зарубежных исследований ученых в направлении биотехнологии для улучшения пищевого статуса и оздоровления населения.

МЕТОДЫ

В данной статье использованы методы анализа и систематизации научных данных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Рацион большинства населения, проживающего в крупных городах, дефицитен по микронутриентному составу продуктов питания. Обогащение продуктов массового потребления полезными нутриентами является решением этой проблемы и одним из приоритетных направлений [11, 12]. Информация о рекомендуемых величинах суточного потребления некоторых минорных биологически активных веществ (БАВ) растительного происхождения приведена в нормативной документации [13].

Обширное царство высших растений Западно-Сибирского региона – потенциальный источник биологически активных веществ, клеток и тканей, которые могут быть введены в культуру и, как следствие, существуют неограниченные возможности для создания новых биотехнологических процессов.

Флора Тюменской области многочисленная, разнообразная, уникальная и постоянно дополняется открытием новых видов [14, 15]. Авторами статьи проанализирован состав и свойства биологически активных веществ

растений Тюменского района, которые могут служить источниками для конструирования полифункциональных ингредиентов, а в дальнейшем – пищевых продуктов функционального назначения.

Доказано, что растения синтезируют первичные метаболиты (аминокислоты, органические кислоты, пищевые волокна, витамины, минеральные элементы и др.) и вторичные метаболиты (алкалоиды, изопреноидные соединения, флавоноиды, эфирные масла, сапонины и др.) [16]. Аминокислоты применяют в пищевой промышленности в качестве пищевых добавок, для усиления вкуса и как источник белка. Органические кислоты применяют в качестве окислителей и консервантов [17, 18]. Согласно данным Н. В. Загоскиной и Л. В. Назаренко, вторичные метаболиты растений могут придавать вкус и аромат приправам, пряностям, напиткам [19].

К основным классам вторичных метаболитов относятся алкалоиды, изопреноиды, фенольные соединения, в том числе флавоноиды [20].

Многие метаболиты используются в производстве биологически активных добавок. Например, флавоноиды *Rhodíola rósea L.* обладают адаптогенными и иммуномоделирующими свойствами, арбутин *Vaccinium vitis-idaea L.*, *Arctosaphylos uva-ursi L.* оказывает мочегонное и антисептическое действие, тимол *Thymus serpyllum L.*, *Origanum vulgare L.* обладают антисептическим и противомикробным действием [17]. В *Crataegus laevigata L.* много флавоноидов (гиперозид, кверцетин, кверцитрин, витексин, ацетилвитексин, пиннатифидин), эфирных масел, сапонинов, гликозидов, дубильных веществ [18, 21].

Таблица 1 – Состав и область действия растительного сырья

Table 1 - Composition and scope of vegetable raw materials

Наименование растения	Наименование микронутриента	Фармакологическое действие
Рябина обыкновенная (<i>Sórbus aucupária</i>) плоды	Каротин, аскорбиновая кислота, витамины группы В, Р, органические кислоты, дубильные вещества, горечи, флавоноиды	Поливитаминное, потогонное действие, диуретический, гипотензивный и желчегонный эффект
Шиповник майский (коричный) (<i>Rósa majális</i>) и шиповник иглистый (<i>Rosa acicularis Pall</i>) плоды	Витамин С, витамины В, Е, К, Р, каротиноиды, органические кислоты, пектиновые вещества	Желчегонное и противосклеротическое, адаптогенное действие
Брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) плоды	Каротиноиды, витамины С, РР, Е, калий, фосфор, железо, марганец, цинк, медь, органические кислоты, природные консерванты	Антисептическое, адаптогенное, поливитаминное, антиоксидантное действие, гетеропротектор
Черемуха обыкновенная (<i>Prúnus pádus</i>) плоды	Дубильные вещества, органические кислоты, жирные масла, флавоноиды	Кровоостанавливающее, вяжущее, мочегонное действие

В ягодах *Vaccinium uliginosum* L. и *Vaccinium myrtillus* L. содержатся флавоноиды (катехин, эпикатехин, мирецетин, кверцетин, каемпферол) и фенольные кислоты, обладающие бактерицидным и антиоксидантными свойствами [22, 23]. Антоцианы ягод *Vaccinium vitis-idaea* подтверждают их антиоксидантное действие [24, 25]. Сравнительный, комплексный биохимический анализ лекарственных растений, применяемых в фитотерапии, позволил выявить перспективные виды в Тюменском регионе, содержащие значительное количество БАВ (таблица 1) [26, 27].

На основе фармакологических и микробиологических испытаний плодов предложенных растений [28, 29] наибольший интерес исследователей разных стран и регионов вызывает брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L., 1753). Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L., 1753), подсемейства Брусничные (*Vaccinioideae*), семейства Вересковые (*Ericaceae*). Данное растение является универсальным объектом исследования, т. к. имеет широкий ареал распространения: от западных границ европейской территории России до Дальнего Востока, в Средней Азии, Центральной и Северной Америке [30]. В Тюменской области она произрастает в лесной и тундровой зонах, в сухих и сырых хвойных, смешанных и лиственных лесах, в зарослях кустарников, на торфяных болотах. Также *Vaccinium vitis-idaea* относительно резистентна к парентеральным и сосудистым бактериозам, вирусным поражениям; легко культивируется и дает высокие урожаи на плантациях; широко применяется в кулинарии и медицине [31]. Северные территории Тюменской области характеризуются мало загрязненными почвами, а растительное сырье не содержит веществ-загрязнителей (тяжелые металлы, пестициды, нитраты, ПХБ и др. [28, 29].

Корневище растения ползучее горизонтальное, с приподнимающимися ветвистыми побегами высотой 15–20 см, листья кожистые, на коротких черешках, яйцевидные или эллиптические, с цельными загнутыми краями, блестящие, длиной 0,5–3 см, шириной до 1,5 см, сверху темно-зеленые, снизу светло-зеленые, матовые, зимующие [32]. Цветки на коротких цветоножках обоеполые правильные, собранные по 10–20 в верхушечные густые проникающие кисти. Плоды – красные многосемянные шаровидные блестящие ягоды до 8 мм в диаметре, несущие на верхушке засохшую чашечку, кисло-сладкого вкуса. Плоды созревают в августе. Семена красновато-бурые, слегка полулунной формы.

По химическому составу все растение уникальное. Основные действующие вещества сырья – фенологликозиды, дубильные вещества, преимущественно конденсированной группы, флавоноловый гликозид гиперозид [33]. В листьях содержатся галловая, эллаговая, хинная, винная и урсоловая кислоты. Ягоды содержат сахар (до 10 %), органические кислоты (до 2 %), в числе которых лимонная, яблочная, бензойная, щавелевая, уксусная, глиоксиловая, пировиноградная, оксипировиноградная, альфа-кетоглутаровая, глюкозид вакцинин (до 0,1 %), идеинхлорид, ликопин, зеаксантин и другие. В семенах находится жирное масло (до 30 %), состоящее из глицеридов, линолевой и линоленовой кислот.

Из фенологликозидов в бруснике выявлен арбутин, который под действием фермента арбутазы расщепляется на глюкозу, гидрохинон и воду.

Показано, что арбутин подавляет перекисное окисление линолевой кислоты и утилизирует свободные радикалы в растениях, что влияет на качество продукции [34].

Фенольные соединения ягод брусники проявляют антиоксидантную активность, а содержание в них бензойной кислоты оказывает антимикробное действие [35].

Перспективным является применение биотехнологических методов для получения первичных и вторичных метаболитов растений [36, 37].

Авторы статьи изучили инновационные технологии получения нутриентов из каллусной ткани плодов брусники обыкновенной, культивируемой на жидкой или твердой питательной среде. Исследованы и модифицированы питательные среды. За основу взяты распространенные среды для культивирования клеток – MEM (Minimum Essential Medium), или среда Игла и (Dulbecco's Modified Eagle's Medium) модификация среды BME (Basal Medium Eagle). Среда MEM содержит 13 аминокислот, 6 водорастворимых витаминов, холин и инозит. Есть модификации среды MEM с солями Эрла и Хэнкса, а также α-модификация среды MEM с содержанием всех 21 аминокислот и солями Эрла. Среда DMEM содержит в четыре раза больше аминокислот и витаминов, а также различные добавки, улучшающие рост клеток. Для индукции пролиферативной активности культур клеток в среду MEM добавили кинетин и α-нафтилуксусную кислоту, среду DMEM обогатили 6-бензиламинопурином. Доказано, что обогащенные питательные

ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ БРУСНИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

среды активно стимулируют деления отдельных клеток изолированных протопластов.

В исследованиях А. Н. Федоровой с соавт. исходные клеточные суспензии обычно получали из рыхлых, обводненных каллусных тканей (2–3 г на 60–100 мл питательной среды), подвергнутых обработке пектиназой и полигалактуроназой и помещенных в жидкую питательную среду, лишенную ионов кальция, но содержащую ауксин-2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту. Условия выращивания поддерживали в периодическом или в непрерывном режиме, специально подобранном для конкретного биообъекта. В других случаях источниками суспензионных культур могут быть протопласты с реконструированными клеточными стенками. Колонии из отдельных клеток (клоны) могут быть субкультивированы один или более раз (при необходимости), а затем переведены в суспензионные культуры [8].

Данная технология имеет ряд преимуществ: стабильный выпуск продукции в течение года; уменьшение посадочной площади; экологически чистое производство; независимость от условий внешней среды.

Дальнейшее изучение методик клеточной инженерии рисует перспективы получать биоформу растения, имеющего повышенную устойчивость к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Тем не менее существует ряд острых проблем в этом направлении исследований, а именно: отсутствие эффективных методов отбора *in vitro* устойчивых к заболеваниям регенерантов, особенно с комплексной устойчивостью к нескольким патогенам; недостаточная способность к регенерации культивируемых клеток. Поэтому разработка нетрадиционных селективных систем и поиск методов, повышающих морфогенетическую активность клеток *in vitro*, являются актуальными проблемами.

Инновационным направлением считается разработка технологии выращивания цельного растения из отдельных его клеток. В рамках клеточной инженерии возможно культивирование клетки в стерильных условиях лаборатории, что обеспечивает получение новых жизненных форм растений с экологически чистыми параметрами выращивать новые растения без применения полового процесса. Другое направление – использование культуры изолированных тканей для оздоровления и размножения посадочного материала. Например, метод клонального микроразмножения (КМР) растений широко использовался при культивировании тропических, цветочных и декоративных растений [4, 7]. При разработке методических

подходов к клональному микроразмножению дикорастущих растений необходимо учитывать генотип исходных растений; условия асептики; подбор питательных сред и регуляторов роста, влияющих на процессы морфогенеза *in vitro* на разных этапах регенерации; физические факторы культивирования. В работах Н. П. Елинова (1990), Е. М. Серба с соавт. (2010) экспериментально определены условия стерилизации исходного растительного материала, концентрация и экспозиция стерилизующего реагента [3, 9]. В качестве стерилизующих веществ для освобождения от сопутствующей аутохтонной микробиоты сырья применяется 95 % этиловый спирт – C_2H_5OH , 0,08 % раствор нитрата серебра $AgNO_3$, твин 80 или твин 20.

В последние годы применяются емкости для изоляции в асептических условиях тканей из молодых растений (Sigina.USA). Их изготавливают из микропористой полипропиленовой мембраны, обработанной специальным ПАВ для улучшения прохождения питательных веществ. Мембранные наборы могут быть использованы при культивировании протопластов, при получении культур цветов и в других направлениях [38].

Применение метода КМР зачастую сопровождается оздоровлением видов растений. Выращенные таким образом клональные растения могут применяться для конструирования пищевых полифункциональных ингредиентов и дальнейшего использования для обогащения традиционных продуктов питания.

Сублимационное высушивание является эффективным способом продления срока годности продукта и увеличения содержания биологически активных веществ за счет концентрирования и уменьшения содержания влаги. Кроме того, удаление влаги при низкой температуре сублимации (минус 10 – минус 40 °С) позволяет значительно снизить окисление витамина С, флавоноидов, каротиноидов, а также сохранить около 95 % биологически активных веществ. После сублимационной сушки продукт сохраняет естественный цвет, запах, первоначальную форму.

Согласно исследованиям В. Б. Спиричева, В. В. Трихина, В. М. Позняковского, усвоение обогащенных витаминами продуктов выше натуральных витаминов.

Биологическая усвояемость, например, витамина B_6 в продуктах питания растительного происхождения составляет (в зависимости от вида продукта) от 5 до 75 %. Эти факторы необходимо учитывать при обогащении продуктов функциональными ингредиентами [17].

ВЫВОДЫ

Таким образом, перспективы фитобиотехнологии заключаются в разработке методологии массового воспроизводства ягодных, овощных, редких дикорастущих растений, а также ценного лекарственного растительного сырья и конструирование на его основе функциональных продуктов питания. Анализ состава и свойств биологически активных веществ, флоры Западно-Сибирского региона позволил выбрать объект для получения полифункциональных ингредиентов, а в дальнейшем – функциональных пищевых продуктов. Особое внимание в настоящее время привлекает метод микроклонального размножения растений *in vitro* для получения биологически активных микронутриентов. Клеточные культуры по сравнению с традиционным растительным сырьем имеют преимущества: возможность круглогодичного культивирования независимо от погодных условий региона, стандартизации условий выращивания, перспективы полной автоматизации процессов выращивания. Одной из моделей микроклонального размножения является каллусная культура. Растительное сырье брусники обыкновенной, выращенное *in vitro*, сможет стать перспективным источником пищевых ингредиентов, не зависящим от природных условий и обладающим всеми заданными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящужакова Ш., Катаргина Т.К. Фитобиотехнология как направление современной биотехнологии // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования: сб. статей V Международной научно-практической конференции. Пенза. 2019. Ч. 2. С. 27–29.
2. Мосин О.В. Фитобиотехнология и ее прикладные аспекты. URL: <http://read.newlibrary.ru/read.php/pdf=19936>. (дата обращения: 19.05.2021).
3. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. СПб.: Наука, 1995. 600 с.
4. Бабилова А.И., Горпенченко Т.Ю., Журавлев Ю.Н. Растение как объект биотехнологии // Комаровские чтения. Владивосток. 2007. № 55. С. 184–211.
5. Тимофеева С.Н. Изучение возможности размножения древесных растений методами клеточных культур // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. Саратов. 2007. № 6. С. 109–114.
6. Иванова Н.Н., Митрофанова И.В., Митрофанова О.В. Методические основы клонального микроразмножения некоторых декоративных культур // Никитский ботанический сад: сб. научных трудов ГИБС. 2014. Т. 13. С. 57–102.
7. Мурашкина И.А., Васильев И.Б., Гордеева В.В. Использование культуры клеток растений в

биотехнологии лекарственных средств: учеб. пособие. Иркутск: ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра технологии лекарственных форм, 2015. 83 с.

8. Федорова А.М., Дмитриева А.И., Дышлюк Л.С. Культивирование дикорастущих лекарственных растений СФО *in vitro* в целях накопления потенциальных герпротекторов // Научные труды: сб. статей. Северо-Кавказский Федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 30. С. 134–138.

9. Сербя Е.М., Волкова Г.С., Соколова Е.Н., Фурсова Н.А., Юраскина Т.В. Плоды брусники – перспективный источник биологически активных веществ // Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции. 2018. № 4. С. 48–58.

10. Лютикова М.Н. Изучение состава биологически активных компонентов дикорастущих ягод *Vaccinium vitisidaea* и *Oxycoccus palustris* в зависимости от степени их зрелости и условий хранения: дисс. ... канд. хим. наук. Сургут, 2013. 124 с.

11. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021–2030 гг.)»: утв. от 31 декабря 2020 г. № 3684-р. Москва, 2020. – 149 с.

12. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р. АО «Кодекс», 2016. 18 с.

13. МР 2.3.1.2432-08. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: утв. главным государственным санитарным врачом РФ 18.12.2008. М.: Минздрав России, 2008. 50 с.

14. Каприянова Л.М. О новых местонахождениях малоизвестных и редких для Западной Сибири водных растений // Бюллетень МОИП. Отд. биол. Москва, 2018. Т. 123. Вып. 3. С. 84–85.

15. Капитонова О.А. Дополнения к флоре Тюменской области // Бюллетень Моск. общ-ва природы отд. биол. Москва, 2019. Т. 124. Вып. 3. С. 71–72.

16. Гаврилова Ю.А., Бессонова О.В., Смирнова Н.А. Развитие концепции здорового питания в России: проблемы и перспективы // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 2. Ч. 3. С. 405–406.

17. Спиричев В.Б., Трихина В.В., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами – надежный путь оптимизации их потребления // Ползуновский вестник. 2012. № 2/2. С. 9–13.

18. Храмова Е.Ю., Плисов В.А. Целебные свойства фруктов и овощей. Москва: ОЛМА медиа групп. 2012. 223 с.

19. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Вторичные метаболиты растений: распространение, история изучения, практическое применение // Общ. биология. Москва. 2019. С. 8–19.

20. Пасешниченко В.А. Растения – продуценты биологически активных веществ // Сорский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 8. С. 13–19.

ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ БРУСНИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

21. Сурина Л.Н., Баранов А.А., Сурин-Левицкий С.В. Земли Тюменской травы целебные: изд. 2-е, перераб. Тюмень, 2002. 592 с.

22. Molan A.L., Lila M.A. Ravindran Blueberries G. Genotypedependent variation in antioxidant, free-radical scavenging, and prebiotic activities. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnol. Formatex*. 2010. № 7. С. 427–434.

23. Величко Н.А., Берикашвили З.Н. Исследование химического состава ягод голубики обыкновенной и разработка рецептур напитков на ее основе // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 7. С. 126–131.

24. Mane C., Loonis M., Juhel C., Dufour C., Malien-Aubert C. Food Grade Lingonberry Extract: Polyphenolic Composition and In Vivo Protective Effect against Oxidative Stress. *J. Agric. Food Chem.* 59 (7), 2011, P. 3330-3339.

25. Katarzyna Kowalska. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Fruit as a Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Effects-A Review. *Int J Mol Sci.* 22(10). 2021, P. 600-627.

26. Шутова А.Г. Оценка антиоксидантной активности экстрактов и эфирных масел пряно-ароматических и лекарственных растений // Растительные ресурсы. 2007. Т. 43. Вып. 1. С. 112–125.

27. Кулатаева А.К., Ермакбаева Б.А., Адекенов С.М., Пак Р.Н. Антимикробные и ранозаживляющие свойства комбинации этанольных экстрактов и эфирных масел лекарственных растений // Растительные ресурсы. 2006. Т. 41. Вып. 2. С. 102–109.

28. Hakkinen S. Flavonols and phenolic acids in berries and berry products. Kuopio University Publications D. Medical Sciences. 2020. № 221. P. 90.

29. Lyutikova M.N., Turov Y.P. The research of the component composition of the berries of local wild cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Eurasian Forests: Materials Of the All-Russian conference for young scientists with scientific education supplies, dedicated to the 90 th anniversary from the date of the Moscow State Forest University foundation and to the 170 th anniversary of Prof. M.K. Turuskys birth*. M.: MSFU., 2010. P. 353-356.

30. Lee J. & Finn C.E. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) grown in the Pacific Northwest of North America: Anthocyanin and free amino acid composition. *J. Funct. Foods.* (4), 2012, P. 213-218.

31. Вериейлен Нико. Полезные травы. Иллюстрированная энциклопедия. Москва: Лабиринт. 2002. 320 с.

32. Бурмистров А.Н., Никитина В.А. Медоносные растения и их пыльца. Москва: Росагропромиздат, 1990. 192 с.

33. Федосеева Г.М., Мирович В.М., Горячкина Е.Г., Переломова М.В. Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды: метод. пособие по фармакогнозии. Химический анализ лекарственных растений. Иркутск, 2009. 67 с.

34. Chemat F., Crsvotto G. Microwave-assisted extraction of bioactive compounds. Theory and practice. USA: Springer, 2013, P. 240.

35. Замбулаева Н.Д., Жасмаранова С.Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных

свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания // Исследование вузов. Прикладная химия и технология. Москва, 2018. Т. 8. № 1. С. 51–58.

36. Vinatoru, M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry.* (8), 2001, P. 303-313.

37. Григорьева Л.М. Ресурсы лекарственных растений юго-восточных районов Тюменской области и вопросы их рационального использования: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Санкт-Петербург, 1996. 24 с.

38. Носов А.М. Использование клеточных технологий для промышленного получения биологически активных веществ растительного происхождения // Биотехнология. 2010. № 5. С. 8–28.

Информация об авторах

М. В. Николенко – д.б.н., профессор кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

В. В. Тригуб – к.б.н., доцент кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

В. Г. Попов – д.т.н., профессор кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

С. А. Белина – старший преподаватель кафедры товароведения и технологии продуктов питания, Тюменский индустриальный университет.

REFERENCES

1. Yashuzakova, Sh. & Katargina, T.K. (2019). Phytobiotechnology as a direction of modern biotechnology. *Innovative development: potency of science and modern education: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference*. Penza, part 2. 27-29. (In Russ.).

2. Mosin, O.V. Phytobiotechnology and its applied aspects. <http://read.newlibrary.ru/read.php/pdf=19936>. (date of the application: 19.02.2021).

3. Elinov, N.P. (1995). Fundamentals of biotechnology. SPb.: Science. P. 600.

4. Babikova, A.I., Gorpinchenko, T.Yu. & Zhuravlev, Yu.N. (2007). A plant as an object of biotechnology. *Komarovsky readings. Vladivostok.* (55), 184- 211. (In Russ.).

5. Timofeeva, S.N. (2007). Studying the possibility of reproduction of woody plants by cell culture methods. *Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University. Saratov.* (6), 109-114. (In Russ.).

6. Ivanova, N.N., Mitrofanova, I.V. & Mitrofanova, O.V. (2014). Methodological foundations of clonal micro-reproduction of some ornamental crops. *Nikit-*

sky Botanical Garden: collection of scientific works of GIBS. (13), 57-102. (In Russ.).

7. Murashkina, I.A., Vasiliev, I.B. & Gordeeva, V.V. (2015). The use of plant cell culture in the biotechnology of medicines: a textbook. Irkutsk: GOU VPO IGMU of the Ministry of Health of Russia, Department of technology of dosage forms. P. 83. (In Russ.).

8. Fedorova, A.M., Dmitrieva, A.I. & Dyshlyuk, L.S. (2020). Cultivation of wild medicinal plants of the Siberian Federal District in vitro in order to accumulate potential geroprotectors geroprotectors. *North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Wine Gradstva, Winemaking Scientific Works: collection of articles. Articles.* Vol. 30. 134-138. (In Russ.).

9. Serba, E.M., Volkova, G.S., Sokolova, E.N., Fursova, N.A. & Yuraskina, T.V. (2018). Lingonberry fruits are a promising source of biologically active substances. *Theoretical aspects of storage and processing of agricultural products.* (4), 48-58. (In Russ.).

10. Lyutikova, M.N. (2013). Study of the composition of biologically active components of wild berries *Vaccinium vitis-idaea* and *Oxycoccus palustris* depending on the degree of their maturity and storage conditions. diss. ... candidate of Chemical Sciences M.N. Lyutikova. Surgut, P. 124. (In Russ.).

11. MP 2.3.1.2432-08. Rational nutrition. Norms of physiological needs for energy and food substances for various population groups of the Russian Federation: approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 18.12.2008. M. Ministry of Health of Russia. 2008. P. 50. (In Russ.).

12. Decree of the Government of the Russian Federation. On approval of the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for the Long-term Period (2021-2030): approved on December 31, 2020. No. 3684-R. Moscow, 2020, P. 149. (In Russ.).

13. Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1364-r dated June 29, 2016. JSC "Codex", 2016, P. 18. (In Russ.).

14. Kupriyanova, L.M. (2018). On new locations of little-known and rare aquatic plants in Western Siberia. *Bulletin of the Ministry of Agriculture. Department of Biol.* Moscow, Vol. 123. (3), 84-85. (In Russ.).

15. Kapitonova, O.A. (2019). Additions to the flora of the Tyumen region. *Bulletin of Moscow. o-va of nature otd. biol.* Moscow. Vol.124. (3), 71-72. (In Russ.).

16. Gavrilova, Yu.A., Bessonova, O.V. & Smirnova, N.A. (2015). Development of the concept of healthy nutrition in Russia: problems and prospects. *International Journal of Experimental Education.* (2), part 3. 405-406. (In Russ.).

17. Spirichev, V.B., Trichina, V.V. & Poznyakovsky, V.M. (2012). Fortification of food products with micronutrients - a reliable way to optimize their consumption. *Polzunovsky Vestnik.* № 2/2, 9-13. (In Russ.).

18. Khramova, E.Yu. & Plisov, V.A. (2012). Healing properties of fruits and vegetables. Moscow: OLMA Media Group, P. 223.

19. Zagoskina, N.V. & Nazarenko, L.V. (2019). Secondary metabolites of plants: distribution, history of study, practical application. *General biology,* Moscow, 8-19. (In Russ.).

20. Paseshnikhenko, V.A. (2001). Plants - producers of biologically active substances. *Soros Educational Journal.* Vol. 7. (8), 13-19. (In Russ.).

21. Surina, L.N., Baranov, A.A. & Surin-Levitsky, S.V. (2002). Lands of Tyumen medicinal herbs: 2nd edition, reprint. Tyumen, P. 592.

22. Molan, A.L., Lila, M.A. & Ravindran Bluebarries, G. (2010). Genotypedependent variation in antioxidant, free-radical scavenging, and prebiotic activities. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Formatex.* (7), 427-434.

23. Velichko, N.A. & Berikashvili, Z.N. (2016). Investigation of the chemical composition of blueberries and the development of formulations of beverages based on it. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University.* (7), 126-131. (In Russ.).

24. Mane, C., Loonis, M., Juhel, C., Dufour, C., Malien-Aubert, C. (2011). Food Grade Lingonberry Extract: Polyphenolic Composition and In Vivo Protective Effect against Oxidative Stress. *J. Agric. Food Chem.* 59 (7), 3330-3339.

25. Katarzyna, Kowalska. (2021). Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Fruit as a Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Effects-A Review. *Int J Mol Sci.* 22(10), 600-627.

26. Shutova, A.G. (2007). Evaluation of antioxidant activity of extracts and essential oils of spicy-aromatic and medicinal plants. *Plant resources.* Vol.43. issue 1, 112-125. (In Russ.).

27. Kulataeva, A.K., Ermekbayeva, B.A., Adekenov, S.M. & Pak, R.N. (2006). Antimicrobial and wound-healing properties of combinations of ethanol extracts and essential oils of medicinal plants. *Plant resources.* Vol. 41. issue.2, 102-109. (In Russ.).

28. Hakkinen, S. (2020). Flavonols and phenolic acids in berries and berry products. *Kuopio University Publications D. Medical Sciences* 221, P 90.

29. Lyutikova, M.N. & Turov, Y.P. (2010). The research of the component composition of the berries of local wild cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Eurasian Forests: Materials Of the All-Russian conference for young scientists with scientific education supplies, dedicated to the 90 th anniversary from the date of the Moscow State Forest University foundation and to the 170 th anniversary of Prof. M.K. Turksys birth.* M.: MSFU, 353-356.

30. Lee, J. & Finn, C.E. (2012). Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) grown in the Pacific Northwest of North America: Anthocyanin and free amino acid composition. *J. Funct. Foods.* (4), 213-218.

31. Vermeulen, Niko. (2002). Useful herbs. Illustrated Encyclopedia. Moscow: Labyrinth, P. 320.

32. Burmistrov, A.N. & Nikitina, V.A. (1990). Honey plants and their pollen. Moscow: Rosagropromizdat, P.192.

ПЕРСПЕКТИВЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ БРУСНИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

33. Fedoseeva, G.M., Mirovich, V.M., Goryachkina, E.G. & Perelomova, M.V. (2009). Phytochemical analysis of plant raw materials containing flavonoids. Methodical manual on pharmacognosy. Chemical analysis of medicinal plants Irkutsk, P. 67 (In Russ.).

34. Chemat, F. & Crsvotto, G. (2013). Microwave-assisted extraction of bioactive compounds. Theory and practice. USA: Springer, P. 240.

35. Zambulaeva, N.D. & Zhasmaranova, S.D. (2018). Research of antioxidant and antimicrobial properties of bioprotectors from juice production waste as ingredients for enrichment of food. *Research development of universities. Applied chemistry and technology*. Moscow, Vol. 8. (1), 51-58. (In Russ.).

36. Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*. (8), 303-313.

37. Grigorieva, L.M. (1996). Resources of medicinal plants of the south-eastern districts of the Tyumen region and issues of their rational use: avtoref. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences. St. Petersburg, P. 24. (In Russ.).

38. Nosov, A.M. (2010). The use of cell technologies for industrial production of biologically active

substances of plant origin. *Biotechnology*. (5), 8-28. (In Russ.).

Information about the authors

M. V. Nikolenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

V. V. Trigub - Candidat of Biological Sciences, Associate of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

V. G. Popov - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

S. A. Belina - Senior Lecturer at the Department of Commodity Science and Food Technology, Tyumen Industrial University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 29.11.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was received by the editorial board on 1 Nov 21; approved after reviewing on 29 Nov 21; accepted for publication on 30 Nov 21.