

Научная статья
УДК 634.739
EDN PBKGQX
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.05

Биохимический состав плодов *Vaccinium praestans* Lamb. в зависимости от продолжительности хранения при заморозке

Сергей Сергеевич Макаров¹

доктор сельскохозяйственных наук

Сергей Анатольевич Родин²

доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Антон Игоревич Чудецкий³

кандидат сельскохозяйственных наук

Юлия Сергеевна Черятова⁴

кандидат биологических наук

Аннотация. Для обеспечения продовольственной безопасности населения активно изучается содержание полезных биологически активных веществ в составе плодово-ягодной продукции в свежем и переработанном виде. Ягодные растения из рода *Vaccinium* известны содержанием важных биологически активных веществ в плодах, обладают антиоксидантными, антимицробными, противовоспалительными свойствами. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.) – ягодный кустарничек, плоды которого имеют высокое содержание аскорбиновой кислоты, богаты флавоноидами, марганцем, медью. Цель исследований – определение содержания питательных и биологически активных веществ в плодах *V. praestans* в процессе хранения замороженной продукции. Объекты исследования – ягоды *V. praestans*, собранные с растений 3-х отобранных форм из природных популяций и 2-х гибридных форм. Проведен биохимический анализ состава свежесобранных и замороженных плодов при разных сроках хранения (90, 180, 270, 360, 450, 540 сут). Определено содержание в плодах красники сахаров, сухого вещества, витамина С, макро- (К, Са, Mg, P) и микроэлементов (В, Fe, I, Mn, Cu), а также общая кислотность. Наибольшие потери витамина С (на 49,4–78,0% от изначального содержания в зависимости от формы) отмечены на 540-е сут хранения замороженных плодов. Оптимальный срок хранения плодов *V. praestans* при замораживании составляет 270 сут для максимального сохранения полезных нутриентов без существенного снижения пищевой ценности.

Ключевые слова: лесные ягодные растения, красника, плоды, замороженные ягоды, биологически активные вещества.

Для цитирования: Макаров С.С., Родин С.А., Чудецкий А.И., Черятова Ю.С. Биохимический состав плодов *Vaccinium praestans* Lamb. в зависимости от продолжительности хранения при заморозке – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2025. № 1. С. 49–61. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.05. <https://elibrary.ru/pbkgqx>.

¹ Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения (Москва, Российская Федерация), s.makarov@rgau-msha.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зам. директора, профессор (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), info@vniilm.ru

³ Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения (Москва, Российская Федерация), chudetski@rgau-msha.ru

⁴ Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, доцент (Москва, Российская Федерация), u.cheryatova@rgau-msha.ru

Original article

EDN PBKGQX

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.05

Biochemical Composition of the Fruits of *Vaccinium praestans* Lamb. Depending on the Duration of Storage during Freezing

Sergey S. Makarov¹

Doctor of Agricultural Sciences

Sergey A. Rodin²

Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Anton I. Chudetsky³

Candidate of Agricultural Sciences

Yulia S. Cheryatova⁴

Candidate of Biological Sciences

Abstract. In order to ensure food security of the population, the content of useful biologically active substances in the composition of fruits and berry products in fresh and processed form is actively studied. Berry plants of the genus *Vaccinium* are known for the content of important biologically active substances in fruits, have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory properties. Kamchatka bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) is a berry shrub, the fruits of which have a high content of ascorbic acid, are rich in flavonoids, manganese, copper. Purpose of the research is determination of the content of nutrients and biologically active substances in the fruits of *V. praestans* during storage of frozen products. The objects of the study are *V. praestans* berries collected from plants of 3 selected forms from natural populations and 2 hybrid forms. A biochemical analysis of the composition of freshly picked and frozen fruits was carried out for different storage periods (90, 180, 270, 360, 450, 540 days). The content of sugars, dry matter, vitamin C and total acidity, as well as macro- (K, Ca, Mg, P) and microelements (B, Fe, I, Mn, Cu) in the fruits of the red berry were determined. The greatest loss of vitamin C (by 49.4 ... 78.0% of the original content, depending on the form) was noted on the 540th day of storage of frozen fruits. The optimal shelf life of *V. praestans* fruits when frozen is 270 days for maximum preservation of useful nutrients without a significant decrease in nutritional value.

Key words: forest berry plants, Kamchatka bilberry, fruits, frozen berries, biologically active substances.

For citation: Makarov S., Rodin S., Chudetsky A., Cheryatova Yu. Biochemical Composition of the Fruits of *Vaccinium praestans* Lamb. Depending on the Duration of Storage during Freezing. – Text : electronic // Forestry Information. 2025. № 1. P. 49–61. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.05. <https://elibrary.ru/pbkgqx>.

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science (Moscow, Russian Federation), s.makarov@rgau-msha.ru

² All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Acting Director, Professor (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), info@vniilm.ru

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science (Moscow, Russian Federation), chudetski@rgau-msha.ru

⁴ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Associate Professor (Moscow, Russian Federation), u.cheryatova@rgau-msha.ru

В настоящее время в мире возрастает спрос на лесные ягодные растения, обладающие высокой пищевой и лекарственной ценностью. Род *Vaccinium* L., относящийся к семейству Вересковые (Ericaceae), подсемейству *Vaccinioideae*, насчитывает более 4 тыс. видов. Из них наибольшую ценность в хозяйственном отношении имеют представители рода, естественно произрастающие в Европе, Юго-Восточной и Центральной Африке, Азии, Северной и Центральной Америке. Ягодные растения семейства Ericaceae являются одними из лучших источников биологически активных соединений и представляют большой интерес для диетологов и технологов пищевой промышленности [1, 2]. К основным биологически активным веществам, выявленным у *Vaccinium* spp., относятся различные антоцианы, флавоноиды, фенольные кислоты, иридоиды, обладающие ярко выраженными антиоксидантными, антимикробными, противовоспалительными свойствами [3–7].

В последнее время внимание ученых к фенольным соединениям возросло, главным образом потому, что они являются эффективными антиоксидантами [8]. Благодаря антиоксидантным свойствам растительные фенольные соединения находят применение не только в пищевой промышленности (ингибирование окисления липидов), но и в физиологии (защита от окислительного стресса) и косметологии [9, 10]. Кроме того, все растения данного рода представляют собой один из богатейших источников дубильных веществ как гидролизуемого, так и конденсированного типа [11].

Одним из представителей рода *Vaccinium* является красника (*Vaccinium praestans* Lamb.) – листопадный вегетативно подвижный кустарничек, растение-эндемик, встречающийся на Дальнем Востоке [12, 13]. Плоды *V. praestans* служат богатым источником микроэлементов и фитохимических соединений, полезных для здоровья, таких как органические кислоты, сахара, витамины, клетчатка и фенольные соединения. Исследованиями установлено, что на органолептические свойства плодов красники влияет различное содержание указанных соединений,

а именно – сахаров и органических кислот [14–16]. Ягоды красники содержат витамин С: в зрелых плодах его накапливается до 192 мг%. Плоды также богаты флавоноидами, дубильными и другими биологически активными веществами. В ягодах красники обнаружены органические кислоты, клетчатка, семь незаменимых аминокислот и микроэлементы (медь, кобальт, марганец, цинк и хром). Содержание аминокислот в ягодах красники составляет в среднем около 8,42%. Среди заменимых аминокислот в плодах *V. praestans* преобладает глутаминовая кислота (19,0% общей суммы аминокислот), аспарагиновая кислота (10,1%) и аргинин (9,1%). Преобладающими незаменимыми аминокислотами ягод *V. praestans* являются лейцин (7,2%), лизин (5,5%) и валин (5%). Аминокислоты ягод *V. praestans* обладают ярко выраженным биологическим действием на различные системы органов человека. На сегодняшний день доказана антиоксидантная активность полифенольных соединений красники, важнейшими из которых являются флавоноиды и антоцианы [17, 18]. Красника представляет собой богатейший природный источник антоцианов, которые придают ягодам растения интенсивный красный цвет и обеспечивают их высокие антиоксидантные свойства. Содержание фенольных соединений в наземной части ягодных растений могут определять многие факторы, например: генотип, условия выращивания, скороспелость и условия хранения. Исследования показали, что плоды ягодных растений, выращенных в холодном климате с коротким вегетационным периодом, характеризуются более высоким содержанием фенольных соединений, чем произрастающие в умеренном климате. Установлено, что вегетационный период в условиях теплой солнечной погоды способствует большему накоплению аскорбиновой кислоты, а обильные осадки и облачная погода благоприятствуют синтезу антоцианов в плодах *V. praestans* [19].

На сегодняшний день на рынке представлено множество пищевых продуктов с добавлением ягод представителей рода *Vaccinium*, что подтверждает их питательные и лечебные

свойства, а также высокий антиоксидантный потенциал [10]. Наблюдается рост потребления не только свежих ягод *V. praestans*, но и переработанных. Переработка ягод красники в основном заключается в приготовлении сока и замораживании [20]. Однако обработанные продукты хранятся в течение длительного времени, а фитохимические вещества подвержены разложению во время хранения [21]. Свежие ягоды являются скоропортящимися из-за высокого содержания воды, поэтому для сохранения продукции необходима эффективная технология их консервации. Консервация замораживанием – один из наиболее популярных методов сохранения вкуса и пищевой ценности ягод, позволяющий сохранять первоначальные свойства свежесобранных ягод. В этом вопросе также очень важен подбор температуры и скорости замораживания, которая поможет максимально сохранить плоды и их органолептические характеристики [22, 23]. При замерзании большая часть воды превращается в лёд, что значительно снижает микробную и ферментативную активность. Окисление и дыхание также существенно ослабляются низкими температурами, однако замораживание почти всегда обуславливает физические и химические изменения в продуктах питания из-за образования льда и последующей потери качества. Физические изменения в замороженных ягодах часто вызывают вытеснение воды из клеток, механические повреждения и растрескивание плодов при замораживании [24]. Поэтому немаловажным вопросом является изучение биохимических изменений в ягодах, связанных с качеством плодов после замораживания, а также продолжительностью их хранения.

В отечественной и зарубежной научной литературе отсутствуют сведения о хранении замороженных плодов красники, а также динамике биохимических показателей ягод в процессе хранения. Поэтому детальные сведения о компонентном составе плодов красники необходимы для поиска оптимального метода их переработки и хранения. Более того, знания о влиянии обработки на качество продуктов из ягод красники

могут быть использованы для прогнозирования на молекулярном уровне изменения структуры термолабильных соединений. Принимая во внимание, что ягоды красники подвергаются переработке, применение методов послепослеуборочной обработки, позволяющих максимально сохранить весь спектр их питательных и биологически активных веществ, представляется важным фактором не только для потребителей, но и для сохранения продовольственной безопасности страны в целом [25].

Цель исследований – определить содержание питательных и биологически активных веществ в ягодах *V. praestans* в процессе хранения замороженной продукции.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2022–2024 гг. В качестве объектов исследования изучали ягоды красники *V. praestans* наиболее продуктивных форм, отобранных в местах естественного произрастания – Сахалинская (Корсаковский район Сахалинской обл.), Итурупская (Курильский район Сахалинской обл.), Хабаровская (Хабаровский край), а также созданных на их основе перспективных гибридных форм – 129634 и 235261 – кандидатов в сорта. Растения выращивали на сортоиспытательном участке в условиях Костромского района Костромской обл. (рис. 1). Для данных форм изучали морфологические признаки и урожайность [26].

Собранные ягоды хранили в морозильных камерах при температуре $-18...-23$ °С. Исходя из того что большое значение при определении пригодности плодов для замораживания имеет генотип растения и продолжительность хранения замороженного сырья, исследовали сохранность нутриентного состава ягод *V. praestans* в зависимости от различных сроков хранения замороженных плодов – 90, 180, 270, 360, 450, 540 сут. Определение биохимического состава свежесобранных (рис. 2а) и замороженных (рис. 2б) ягод проводили в соответствии с общепринятыми методиками [27]. При этом



Рис. 1. Общий вид плодоносящих растений *V. PRAESTANS* на сортоиспытательном участке



а



б

Рис. 2. Ягоды *V. PRAESTANS*: а – свежесобранные; б – после заморозки

учитывали: сумму сахаров (по методу Бертрана, ГОСТ 8756.13–87), общую кислотность (массовую долю титруемых кислот – титрованием водной вытяжки 0,1N раствором щелочи с последующим пересчетом на яблочную кислоту по

ГОСТ 25555.0–82), массовую долю растворимых сухих веществ (рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562–90), массовую долю витамина С (йодометрическим методом – по Б.П. Плешкову). Кроме того, определяли содержание

макро- (калий, кальций, магний, фосфор) и микроэлементов (бор, железо, йод, марганец, медь) методом зеемановской атомной абсорбции [28] с использованием спектрофотометра Shimadzu AA-7000F/ААС.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования по замораживанию плодов показали, что сохранность химического состава ягод изучаемых форм *V. praestans* зависела как от сортовых признаков, так и от продолжительности хранения замороженного сырья. На начало периода хранения наиболее высокие массовые концентрации сахаров (25,0%) и аскорбиновой кислоты (125,1 мг%) были зафиксированы в ягодах *V. praestans* гибридной формы 129634 (табл. 1). Содержание титруемых кислот в плодах исследуемых форм *V. praestans* в начале периода хранения варьировало от 5,3% (форма Сахалинская через) до 7,4% (гибридная форма 129634). Понижение концентрации сахаров за весь период наблюдения за замороженными ягодами *V. praestans* было весьма незначительным. Наибольшая потеря сахаров в конце срока хранения отмечена у гибридной формы 129634 (с 25,0 до 22,7%). Эксперимент показал, что наилучшей способностью к накоплению сухих веществ отличались ягоды *V. praestans* гибридной формы 235261 (22,3%). Содержание сухого вещества в плодах снизилось незначительно (на 0,3–0,5%).

В исследованных образцах ягод при всех вариантах продолжительности хранения наблюдалось постепенное уменьшение содержания витамина С (см. табл. 1). Наибольшие потери витамина С в ягодах *V. praestans* всех образцов были отмечены на 540-е сутки хранения. К этому времени содержание витамина С в ягодах гибридной формы 129634 снизилось на 60% от первоначального содержания, у гибридной формы 235261 – на 49,4%, у формы Сахалинская – на 78%, у формы Итурупская – на 67%, у формы Хабаровская – примерно на 52%. Таким образом, наилучшая сохранность витамина С

в конце периода хранения ягод была отмечена у *V. praestans* гибридной формы 235261 и формы Хабаровская, а наихудшая – у формы Итурупская.

Следует отметить, что потери аскорбиновой кислоты в замороженных ягодах *V. praestans* всех исследуемых образцов пропорциональны длительности их хранения. При этом значительное снижение содержания витамина С в ягодах было зафиксировано на 360-е сутки хранения. Витамин С чрезвычайно лабилен, поэтому его сохранность при быстром замораживании и последующем хранении в таком состоянии может служить тест-показателем качества замороженных ягод красники, т. е. индикатором, характеризующим щадящий эффект технологической обработки продукта. Известно, что самой большой проблемой при производстве замороженных ягод является максимальное сохранение витаминов, в том числе витамина С. Можно предположить, что основной причиной снижения содержания аскорбиновой кислоты в замороженных ягодах *V. praestans* стало нарушение течения ферментативных окислительно-восстановительных реакций. Так, при шоковом замораживании ягод очень многие ферменты, присутствующие в них, деструктурируются, что приводит к потере многих нутриентов.

Определение содержания микро- и макроэлементов в составе плодов всех исследуемых форм растений *V. praestans* в зависимости от продолжительности срока хранения в замороженном состоянии показало высокую сохранность их химического состава (табл. 2). Содержание таких макроэлементов, как кальций, калий, магний и фосфор, во всех образцах замороженных плодов красники на конец периода их хранения снизилось незначительно (от 0,01 до 0,02 мг/100 г) относительно первоначального количества. Отмечена также высокая сохранность микроэлементов на конец периода замораживания. Количество бора (В), меди (Сu), железа (Fe), йода (I) и марганца (Mn) во всех исследуемых образцах ягод тоже снизилось незначительно (от 0,01 до 0,02 мг/100 г) и не зависело от формы красники.

ТАБЛИЦА 1. ОБЩИЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТЕНИЙ *V. PRAESTANS* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ХРАНЕНИЯ ПРИ ЗАМОРОЗКЕ

ФОРМА	СРОК ХРАНЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПЛОДОВ, СУТ	ПОКАЗАТЕЛЬ			
		САХАРА, %	ОБЩАЯ КИСЛОТНОСТЬ, %	СУХОЕ ВЕЩЕСТВО, %	ВИТАМИН С, МГ/%
Гибридная форма 129634	0	25,0	7,4	12,3	125,1
	90	25,0	7,4	12,3	123,0
	180	25,0	7,4	12,3	119,2
	270	25,0	7,4	12,3	100,4
	360	23,6	7,0	12,1	90,1
	450	22,9	6,9	12,1	75,0
	540	22,7	6,7	11,9	50,2
Гибридная форма 235261	0	11,9	6,8	22,3	119,3
	90	11,9	6,8	22,3	115,1
	180	11,9	6,8	22,3	105,3
	270	11,9	6,8	22,3	98,4
	360	11,7	6,8	22,1	81,6
	450	11,7	6,8	22,0	72,3
	540	11,7	6,6	22,0	60,4
Сахалинская	0	17,0	5,3	10,2	46,5
	90	17,0	5,3	10,2	41,1
	180	17,0	5,3	10,2	35,2
	270	17,0	5,3	10,2	29,4
	360	16,8	5,1	9,8	21,1
	450	16,8	5,1	9,8	17,4
	540	16,8	5,1	9,8	10,2
Итурупская	0	14,3	5,4	9,6	57,2
	90	14,3	5,4	9,6	50,1
	180	14,3	5,4	9,6	47,1
	270	14,3	5,4	9,6	39,0
	360	14,0	5,2	9,2	30,2
	450	14,0	5,2	9,2	25,4
	540	14,0	5,2	9,2	19,1
Хабаровская	0	20,2	6,2	11,4	99,6
	90	20,2	6,2	11,4	90,2
	180	20,2	6,2	11,4	85,6
	270	20,2	6,2	11,4	77,9
	360	20,0	5,9	10,9	69,6
	450	20,0	5,9	10,9	54,3
	540	20,0	5,9	10,9	48,2

Снижение содержания макро- и микроэлементов в ягодах красники всех исследуемых образцов было зафиксировано лишь на 450-е сутки хранения замороженного сырья плодов.

Свежесобранные плоды природных форм *V. praestans*, выращенных в культуре в условиях Костромской обл., по содержанию сахара, витамина С и общей кислотности

Таблица 2. СОДЕРЖАНИЕ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ ПЛОДОВ ИССЛЕДУЕМЫХ РАСТЕНИЙ *V. PRAEASTANS* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ХРАНЕНИЯ ПРИ ЗАМОРОЗКЕ, МГ/100 Г

ФОРМА	СРОК ХРАНЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПЛОДОВ, СУТ	МАКРОЭЛЕМЕНТЫ				МИКРОЭЛЕМЕНТЫ				
		Са	К	Mg	P	B	Cu	Fe	I	Mn
Гибридная форма 129634	0	0,45	0,92	0,23	0,22	9,32	4,30	240,1	0,11	89,2
	90	0,45	0,92	0,23	0,22	9,32	4,30	240,1	0,11	89,2
	180	0,45	0,92	0,23	0,22	9,32	4,30	240,1	0,11	89,2
	270	0,45	0,92	0,23	0,22	9,32	4,30	240,1	0,11	89,2
	360	0,45	0,92	0,23	0,22	9,32	4,30	240,1	0,11	89,2
	450	0,44	0,92	0,22	0,20	9,30	4,28	240,1	0,10	89,1
	540	0,44	0,91	0,22	0,20	9,30	4,28	240,0	0,10	89,1
Гибридная форма 235261	0	0,45	0,90	0,20	0,23	9,30	4,20	238,2	0,09	86,6
	90	0,45	0,90	0,20	0,23	9,30	4,20	238,2	0,09	86,6
	180	0,45	0,90	0,20	0,23	9,30	4,20	238,2	0,09	86,6
	270	0,45	0,90	0,20	0,23	9,30	4,20	238,2	0,09	86,6
	360	0,45	0,90	0,20	0,23	9,30	4,20	238,2	0,09	86,6
	450	0,44	0,89	0,20	0,22	9,28	4,18	238,2	0,09	86,5
	540	0,44	0,89	0,19	0,22	9,28	4,18	238,0	0,08	86,5
Сахалинская	0	0,31	0,89	0,19	0,15	9,26	3,82	236,4	0,10	85,4
	90	0,31	0,89	0,19	0,15	9,26	3,82	236,4	0,10	85,4
	180	0,31	0,89	0,19	0,15	9,26	3,82	236,4	0,10	85,4
	270	0,31	0,89	0,19	0,15	9,26	3,82	236,4	0,10	85,4
	360	0,31	0,89	0,19	0,15	9,26	3,82	236,4	0,10	85,4
	450	0,30	0,88	0,17	0,14	9,24	3,81	236,3	0,09	85,3
	540	0,30	0,88	0,17	0,14	9,24	3,81	236,2	0,09	85,3
Итурупская	0	0,36	0,98	0,18	0,19	9,19	4,0	234,2	0,11	88,3
	90	0,36	0,98	0,18	0,19	9,19	4,0	234,2	0,11	88,3
	180	0,36	0,98	0,18	0,19	9,19	4,0	234,2	0,11	88,3
	270	0,36	0,98	0,18	0,19	9,19	4,0	234,2	0,11	88,3
	360	0,36	0,98	0,18	0,19	9,19	4,0	234,2	0,11	88,3
	450	0,34	0,96	0,17	0,18	9,17	3,8	234,1	0,10	88,2
	540	0,34	0,96	0,17	0,18	9,17	3,8	234,0	0,10	88,2
Хабаровская	0	0,27	0,83	0,15	0,12	9,01	3,76	217,2	0,06	80,5
	90	0,27	0,83	0,15	0,12	9,01	3,76	217,2	0,06	80,5
	180	0,27	0,83	0,15	0,12	9,01	3,76	217,2	0,06	80,5
	270	0,27	0,83	0,15	0,12	9,01	3,76	217,2	0,06	80,5
	360	0,27	0,83	0,15	0,12	9,01	3,76	217,2	0,06	80,5
	450	0,25	0,82	0,15	0,11	8,99	3,74	217,2	0,06	80,5
	540	0,25	0,82	0,14	0,11	8,99	3,74	217,1	0,05	80,4

практически не отличаются от природных форм, произрастающих в естественных условиях на юге о. Сахалин [13]. При этом изучение

биохимических показателей замороженных ягод *V. praestans* в наших исследованиях проведено впервые.

Выводы

Таким образом, в результате комплексной оценки качества замороженных плодов исследуемых форм *V. praestans* установлена достаточно высокая криорезистентность образцов, что позволяет рекомендовать хранение ягодной продукции в течение не более 270 сут. Такой оптимальный срок хранения ягод

красники дает возможность максимально сохранить все нутриенты, существенно не снижая при этом пищевую ценность плодов. Полученные экспериментальные данные по оценке микро- и макроэлементного состава ягод *V. praestans* позволяют рекомендовать замороженные плоды растения в качестве потенциального источника биологически важных микроэлементов для диетического питания.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dunford, N.T. Blueberries and Health. – Текст : электронный / N.T. Dunford // Functional Food Science. – 2022. – Vol. 2. – № 1. – P. 1–15. DOI: 10.31989/ffs.v2i1.875. – Режим доступа: <https://ffhdj.com/index.php/FunctionalFoodScience/article/view/875>.
2. *Vaccinium uliginosum* and *Vaccinium myrtillus* – Two Species-One Used as a Functional Food. – Текст : электронный / A. Kopystecka, I. Kozioł, D. Radomska [et al.] // Nutrients. – 2023. – Vol. 15. – № 19. – Art. 4119. DOI: 10.3390/nu15194119. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/19/4119>.
3. Golovinskaia, O. Review of Functional and Pharmacological Activities of Berries. – Текст : электронный / O. Golovinskaia, C. K. Wang // Molecules. – 2021. – Vol. 26. – № 13. – Art. 3904. DOI: 10.3390/molecules26133904. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/13/3904>.
4. Kowalska, K. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Fruit as a Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Effects-A Review. – Текст : электронный / K. Kowalska // Int J Mol Sci. – 2021. – Vol. 22. – № 10. – Art. 5126. DOI: 10.3390/ijms22105126. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/10/5126>.
5. Phytochemical and Pharmacological Anti-diabetic Properties of Bilberries (*Vaccinium myrtillus*), Recommendations for Future Studies. – Текст : электронный / A. Chehri, R. Yarani, Z. Yousefi [et al.] // Prim Care Diabetes. – 2022. – Vol. 16. – № 1. – P. 27–33. DOI: 10.1016/j.pcd.2021.12.017. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751991821002333>.
6. *Vaccinium* as a Comparative System for Understanding of Complex Flavonoid Accumulation Profiles and Regulation in Fruit. – Текст : электронный / N.W. Albert, M. Iorizzo, M.F. Mengist [et al.] // Plant Physiol. – 2023. – Vol. 192. – № 3. – P. 1696–1710. DOI: 10.1093/plphys/kiad250. – Режим доступа: <https://academic.oup.com/plphys/article/192/3/1696/7147756>.
7. Alsharairi, N.A. Experimental Studies on the Therapeutic Potential of *Vaccinium* Berries in Breast Cancer-A Review. – Текст : электронный / N.A. Alsharairi // Plants (Basel). – 2024. – Vol. 13. – № 2. – Art. 153. DOI: 10.3390/plants13020153. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/2/153>.
8. Cheryatova, Yu. Morphological and Anatomical Study of Medicinal Plant Material *Myrtus communis* L. / Yu. Cheryatova // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2023. – Vol. 575. – P. 2302–2308. DOI: 10.1007/978-3-031-21219-2_258.
9. Effects of *Vaccinium* Berries (Blueberries, Cranberries and Bilberries) on Oxidative Stress, Inflammation, Exercise Performance, and Recovery – A Systematic Review / A. Prieto Martínez, M. Coutiño Diaz, L. Anaya Romero [et al.] // Food Funct. – 2024. – Vol. 15. – № 2. – P. 444–459. DOI: 10.1039/d3fo04435a.
10. *Vaccinium myrtillus* L. Fruits as a Novel Source of Phenolic Compounds with Health Benefits and Industrial Applications – A Review / T. C. S. Pires, C. Caleja, C. Santos-Buelga [et al.] // Curr Pharm Des. – 2020. – Vol. 26. – № 16. – P. 1917–1928. DOI: 10.2174/1381612826666200317132507.
11. Review of the Fruit Volatiles Found in Blueberry and other *Vaccinium* Species / H.M. Sater, L.N. Bizzio, D.M. Tieman, P.D. Muñoz // J. Agric Food Chem. – 2020. – Vol. 68. – № 21. – P. 5777–5786. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c01445.
12. Красикова, В.И. Биология и рациональное использование красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) на Сахалине / В.И. Красикова. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1987. – 108 с.
13. Красикова, В.И. Изучение брусничных на Сахалине / В.И. Красикова, И.Г. Корнева, Л.М. Алексеева // Брусничные в СССР : сб. науч. тр. – Новосибирск : Наука, СО РАН, 1990. – С. 28–32.
14. Крышняя, С.В. Химический состав плодов и листьев *Vaccinium praestans* / С.В. Крышняя, В.И. Красикова // Наземные экосистемы острова Сахалина: современное состояние, природно-антропогенное изменение, охрана и рациональное использование природных ресурсов. – Южно-Сахалинск, 1999. – С. 121–128.

15. Саликова, А.А. Изучение химического состава плодов дальневосточных видов растений семейства Вересковых (Ericaceae) / А.А. Саликова, С.Г. Пономарчук, Н.В. Плаксен // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2021. – № 3 (85). – С. 40–44. DOI: 10.34215/1609-1175-2021-3-40-44.
16. Микрোকлональное размножение и особенности адаптации к условиям *ex vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* / А.И. Чудецкий, С.А. Родин, Л.В. Зарубина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – № 3. – С. 570–581. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-3-2386.
17. Плаксен, Н. В. Гепатопротекторное действие сиропа из плодов вакциниума превосходного / Н.В. Плаксен, С.В. Степанов, Л.В. Устинова // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2014. – № 2 (56). – С. 59–61.
18. Саликова, А.А. Аминокислотный состав плодов представителей дальневосточной флоры / А.А. Саликова, С.Г. Пономарчук, Н.В. Плаксен // Дальневосточный медицинский журнал. – 2023. – № 2. – С. 69–73. DOI: 10.35177/1994-5191-2023-2-12.
19. Влияние метеоусловий на накопление антиоксидантов в плодах *Vaccinium praestans* / А.А. Саликова, Л.В. Устинова, Н.В. Плаксен, С.В. Степанов // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 5. – С. 6–10. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-17006.
20. Кострыкина, С.А. Проблемы и возможности использования пищевых лесных ресурсов дальневосточного региона для производства инновационных продуктов питания / С.А. Кострыкина // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 9 (122). – С. 424–427. DOI: 10.34925/EIP.2020.122.9.087.
21. Storage Effects on Anthocyanins, Phenolics and Antioxidant Activity of Thermally Processed Conventional and Organic Blueberries / R.M. Syamaladevi, P.K. Andrews, N.M. Davies [et al.] // J. Sci Food Agric. – 2012. – Vol. 92. – № 4. – P. 916–924. DOI: 10.1002/jsfa.4670.
22. Effects of Freezing Conditions on Quality Changes in Blueberries / X. Cao, F. Zhang, D. Zhao [et al.] // J. Sci Food Agric. – 2018. – Vol. 98. – № 12. – P. 4673–4679. DOI: 10.1002/jsfa.9000.
23. Assessment of Freeze Damage in Fruits and Vegetables / P.K. Jha, E. Xanthakis, S. Chevallier [et al.] // Food Res Int. – 2019. – Vol. 121. – P. 479–496. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.12.002.
24. Конюхова, О.М. Изучение состава биологически активных веществ в дикорастущих ягодах рода *Vaccinium* в зависимости от условий хранения / О.М. Конюхова, Н.Н. Меркушева // Вестник Поволжского гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2021. – № 3 (51). – С. 100–108. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.100.
25. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20.
26. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность / С.С. Макаров, А.И. Чудецкий, Ю.С. Черятова, И.Б. Кузнецова // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 5 (206). – С. 42–51. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-42-51.
27. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
28. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – Москва : Брандес – Медицина, 1998. – С. 183–195.

References

1. Dunford, N.T. Blueberries and Health. – Текст : электронnyj / N.T. Dunford // Functional Food Science. – 2022. – Vol. 2. – № 1. – P. 1–15. DOI: 10.31989/ffs.v2i1.875. – Rezhim dostupa: <https://ffhdj.com/index.php/FunctionalFoodScience/article/view/875>.

2. *Vaccinium uliginosum* and *Vaccinium myrtillus* – Two Species-One Used as a Functional Food. – Tekst : elektronnyj / A. Kopystecka, I. Kozioł, D. Radomska [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15. – № 19. – Art. 4119. DOI: 10.3390/nu15194119. – Rezhim dostupa: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/19/4119>.
3. Golovinskaia, O. Review of Functional and Pharmacological Activities of Berries. – Tekst : elektronnyj / O. Golovinskaia, C.K. Wang // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26. – № 13. – Art. 3904. DOI: 10.3390/molecules26133904. – Rezhim dostupa: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/13/3904>.
4. Kowalska, K. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Fruit as a Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Effects-A Review. – Tekst : elektronnyj / K. Kowalska // *Int J Mol Sci*. – 2021. – Vol. 22. – № 10. – Art. 5126. DOI: 10.3390/ijms22105126. – Rezhim dostupa: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/10/5126>.
5. Phytochemical and Pharmacological Anti-diabetic Properties of Bilberries (*Vaccinium myrtillus*), Recommendations for Future Studies. – Tekst : elektronnyj / A. Chehri, R. Yarani, Z. Yousefi [et al.] // *Prim Care Diabetes*. – 2022. – Vol. 16. – № 1. – P. 27–33. DOI: 10.1016/j.pcd.2021.12.017. – Rezhim dostupa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751991821002333>.
6. *Vaccinium* as a Comparative System for Understanding of Complex Flavonoid Accumulation Profiles and Regulation in Fruit. – Tekst : elektronnyj / N.W. Albert, M. Iorizzo, M.F. Mengist [et al.] // *Plant Physiol*. – 2023. – Vol. 192. – № 3. – P. 1696–1710. DOI: 10.1093/plphys/kiad250. – Rezhim dostupa: <https://academic.oup.com/plphys/article/192/3/1696/7147756>.
7. Alsharairi, N.A. Experimental Studies on the Therapeutic Potential of *Vaccinium* Berries in Breast Cancer-A Review. – Tekst : elektronnyj / N.A. Alsharairi // *Plants (Basel)*. – 2024. – Vol. 13. – № 2. – Art. 153. DOI: 10.3390/plants13020153. – Rezhim dostupa: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/2/153>.
8. Cheryatova, Yu. Morphological and Anatomical Study of Medicinal Plant Material *Myrtus communis* L. / Yu. Cheryatova // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2023. – Vol. 575. – P. 2302–2308. DOI: 10.1007/978-3-031-21219-2_258.
9. Effects of *Vaccinium* Berries (Blueberries, Cranberries and Bilberries) on Oxidative Stress, Inflammation, Exercise Performance, and Recovery – A Systematic Review / A. Prieto Martínez, M. Coutiño Diaz, L. Anaya Romero [et al.] // *Food Funct*. – 2024. – Vol. 15. – № 2. – P. 444–459. DOI: 10.1039/d3fo04435a.
10. *Vaccinium myrtillus* L. Fruits as a Novel Source of Phenolic Compounds with Health Benefits and Industrial Applications – A Review / T. C. S. P. Pires, C. Caleja, C. Santos-Buelga [et al.] // *Curr Pharm Des*. – 2020. – Vol. 26. – № 16. – P. 1917–1928. DOI: 10.2174/1381612826666200317132507.
11. Review of the Fruit Volatiles Found in Blueberry and Other *Vaccinium* Species / H.M. Sater, L.N. Bizzio, D.M. Tieman, P.D. Muñoz // *J. Agric Food Chem*. – 2020. – Vol. 68. – № 21. – P. 5777–5786. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c01445.
12. Krasikova, V.I. Biologiya i racional'noe ispol'zovanie krasniki (*Vaccinium praestans* Lamb.) na Sahaline / V.I. Krasikova. – Vladivostok : DVNC AN SSSR, 1987. – 108 s.
13. Krasikova, V.I. Izuchenie brusnichnyh na Sahaline / V.I. Krasikova, I.G. Korneva, L.M. Alekseeva // *Brusnichnye v SSSR : sb. nauch. tr.* – Novosibirsk : Nauka, SO, 1990. – S. 28–32.
14. Kryshnyaya, S.V. Himicheskij sostav plodov i list'ev *Vaccinium praestans* / S.V. Kryshnyaya, V.I. Krasikova // *Nazemnye ekosistemy ostrova Sahalina: sovremennoe sostoyanie, prirodno-antropogennoe izmenenie, ohrana i racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov.* – Yuzhno-Sahalinsk, 1999. – S. 121–128.
15. Salikova, A.A. Izuchenie himicheskogo sostava plodov dal'nevostochnyh vidov rastenij semejstva Vereskovyh (Ericaceae) / A.A. Salikova, S.G. Ponomarchuk, N.V. Plaksen // *Tihokeanskij medicinskij zhurnal*. – 2021. – № 3 (85). – S. 40–44. DOI: 10.34215/1609-1175-2021-3-40-44.
16. Mikroklonal'noe razmnozhenie i osobennosti adaptacii k usloviyam ex vitro lesnyh yagodnyh rastenij roda *Vaccinium* / A.I. Chudeckij, S.A. Rodin, L.V. Zarubina [i dr.] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv.* – 2022. – T. 52. – № 3. – S. 570–581. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-3-2386.

17. Plaksen, N.V. Gepatoprotektoornoe dejstvie siropa iz plodov vacciniuma prevoskhodnogo / N.V. Plaksen, S.V. Stepanov, L.V. Ustinova // Tihookeanskij medicinskij zhurnal. – 2014. – № 2 (56). – S. 59–61.
18. Salikova, A.A. Aminokislotnyj sostav plodov predstavitelej dal'nevostochnoj flory / A.A. Salikova, S.G. Ponomarchuk, N.V. Plaksen // Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal. – 2023. – № 2. – S. 69–73. DOI: 10.35177/1994-5191-2023-2-12.
19. Vliyanie meteoslovij na nakoplenie antioksidantov v plodah *Vaccinium praestans* / A.A. Salikova, L.V. Ustinova, N.V. Plaksen, S.V. Stepanov // Problemy regional'noj ekologii. – 2019. – № 5. – S. 6–10. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-17006.
20. Kostrykina, S.A. Problemy i vozmozhnosti ispol'zovaniya pishchevyh lesnyh resursov dal'nevostochnogo regiona dlya proizvodstva innovacionnyh produktov pitaniya / S.A. Kostrykina // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2020. – № 9 (122). – S. 424–427. DOI: 10.34925/EIP.2020.122.9.087.
21. Storage Effects on Anthocyanins, Phenolics and Antioxidant Activity of Thermally Processed Conventional and Organic Blueberries / R.M. Syamaladevi, P.K. Andrews, N.M. Davies [et al.] // J. Sci Food Agric. – 2012. – Vol. 92. – № 4. – P. 916–924. DOI: 10.1002/jsfa.4670.
22. Effects of Freezing Conditions on Quality Changes in Blueberries / X. Cao, F. Zhang, D. Zhao [et al.] // J Sci Food Agric. – 2018. – Vol. 98. – № 12. – P. 4673–4679. DOI: 10.1002/jsfa.9000.
23. Assessment of Freeze Damage in Fruits and Vegetables / P.K. Jha, E. Xanthakis, S. Chevallier [et al.] // Food Res Int. – 2019. – Vol. 121. – P. 479–496. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.12.002.
24. Konyuhova, O.M. Izuchenie sostava biologicheski aktivnyh veshchestv v dikorastushchih yagodah roda *Vaccinium* v zavisimosti ot uslovij hraneniya / O.M. Konyuhova, N.N. Merkusheva // Vestnik Povolzhskogo gos. tekhnol. un-ta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. – 2021. – № 3 (51). – S. 100–108. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.100.
25. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii. Utverzhdena Ukazom Prezidenta RF ot 21.01.2020 № 20.
26. Krasnika (*Vaccinium praestans* Lamb.): razrabotka metodiki provedeniya ispytanij na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' / S.S. Makarov, A.I. Chudeckij, Yu.S. Cheryatova, I.B. Kuznecova // Vestnik KrasGAU. – 2024. – № 5 (206). – S. 42–51. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-42-51.
27. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / pod obshch. red. E.N. Sedova, T.P. Ogo'covej. – Orel : VNIISPK, 1999. – 606 s.
28. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevyh produktov / pod red. I.M. Skurihina, V.A. Tutel'yana. – Moskva : Brandes – Medicina, 1998. – S. 183–195.