

УДК 663.05, 633.8, 615.32

Биоактивные соединения в экстрактах из листьев облепихи и смородины: от химического состава до практического применения

Э. В. Сынгеева*, Г. П. Ламажапова

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия;
e-mail: syngeeva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4001-4047>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
25.02.2025;

получена
после доработки
14.04.2025;

принята
к публикации
30.04.2025

Ключевые слова:

смородина,
облепиха,
водно-спиртовые
экстракты,
биологически активные
вещества,
витамин С,
дубильные вещества,
флавоноиды,
витамины,
суммарное содержание
антиоксидантов,
функциональный
ингредиент

Для цитирования

В статье представлены результаты исследования биологически активных веществ (БАВ) в листьях облепихи и смородины, произрастающих в Республике Бурятия. Проведен анализ содержания витамина С, дубильных веществ, флавоноидов и общего количества антиоксидантов в водно-спиртовых экстрактах, полученных с использованием этанола различной концентрации. Установлено, что для максимального извлечения отдельных БАВ требуются специфические условия экстракции, включая оптимальную концентрацию спирта и продолжительность процесса. Например, наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в листьях облепихи достигается при использовании 60%-го этанола и настаивании в течение 120 ч, а для дубильных веществ оптимальным является 70%-й раствор спирта с кипячением в течение 45 мин. В листьях смородины максимальная концентрация витамина С наблюдалась после 120 ч мацерации с 50%-м этанолом, а наибольший выход флавоноидов – при экстракции 70%-м спиртом в течение 60 мин. Наибольшее содержание антиоксидантов в листьях облепихи достигалось при использовании 60%-го спирта, а в листьях смородины – 50%-го. Также в экстрактах определено содержание водорастворимых витаминов. Экстракт из листьев облепихи содержит витамин С – 0,805 мг/г, экстракт из листьев смородины – 0,105 мг/г. В экстрактах из листьев облепихи и смородины определено содержание витаминов группы В. Полученные данные подтверждают перспективность использования растительного сырья Бурятии и его экстрактов для разработки биологически активных добавок, фармацевтических препаратов и функциональных ингредиентов для пищевой промышленности. Исследование подчеркивает важность оптимизации технологических процессов для сохранения биологической активности экстрактов и их дальнейшего применения в различных отраслях.

Сынгеева Э. В. и др. Биоактивные соединения в экстрактах из листьев облепихи и смородины: от химического состава до практического применения. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 175–185. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-175-185>.

Bioactive compounds in extracts from sea buckthorn and currant leaves: From chemical composition to practical application

Erzhena V. Syngeeva*, Galina P. Lamazhapova

*East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia;
e-mail: syngeeva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4001-4047>

Article info

Received
25.02.2025;

received
in revised form
14.04.2025;

accepted
30.04.2025

Key words:

currant,
sea buckthorn,
hydroalcoholic extracts,
biologically active
substances,
vitamin C,
tannins,
flavonoids,
vitamins,
total antioxidant content,
functional ingredient

For citation

Abstract

The paper presents the results of studying biologically active substances (BAS) in the leaves of sea buckthorn and black currant growing in the Republic of Buryatia. The analysis of the content of vitamin C, tannins, flavonoids, and the total amount of antioxidants in water-alcohol extracts obtained using ethanol of various concentrations has been carried out. It has been established that specific extraction conditions, including the optimal alcohol concentration and duration of the process, are required for the maximum extraction of individual BAS. For example, the highest content of ascorbic acid in sea buckthorn leaves is achieved using 60 % ethanol and maceration for 120 hours, while for tannins, the optimal condition is a 70 % alcohol solution with boiling for 45 minutes. In black currant leaves, the maximum concentration of vitamin C is observed after 120 hours of maceration with 50 % ethanol, and the highest yield of flavonoids has been achieved by extraction with 70 % alcohol for 60 minutes. The highest content of antioxidants in sea buckthorn leaves has been achieved using 60 % alcohol, while in black currant leaves, it has been achieved with 50 % alcohol. The content of water-soluble vitamins has also been determined in the extracts. The extract from sea buckthorn leaves contains vitamin C – 0,805 mg/g, while the extract from black currant leaves – 0,105 mg/g. Additionally, the content of B-group vitamins has been determined in the extracts from sea buckthorn and black currant leaves. The obtained data confirm the potential of using plant raw materials from Buryatia and their extracts for the development of dietary supplements, pharmaceutical preparations, and functional ingredients for the food industry. The study emphasizes the importance of optimizing technological processes to preserve the biological activity of extracts and their further application in various fields.

Syngeeva, E. V. et al. 2025. Bioactive compounds in extracts from sea buckthorn and currant leaves: From chemical composition to practical application. *Vestnik of MSTU*, 28(2), pp. 175–185. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-175-185>.

Введение

В настоящее время традиционно выращенные растения, богатые ценными биоактивными соединениями, привлекают внимание благодаря растущему спросу потребителей на здоровую и натуральную продукцию. В качестве таких продуктов могут использоваться обогащенные фенольными соединениями пищевые продукты, проявляющие антиоксидантную, противовоспалительную и иную биологическую активность. В соответствии с российскими нормами питания взрослому человеку в день требуется до 30 мг флавононов и 30 мг флавонолов, до 200 мг флаван-3-олов, а также по 200 мг конденсированных и гидролизуемых танинов¹. В обзоре *Тутельяна В. А. и др. (2013)* приведены обширные данные о содержании флавононов и флавонолов в различных группах продуктов, включая овощи, фрукты, ягоды, бобовые, чай и вино. Кроме того, представлена информация об уровне потребления этих соединений в разных странах, таких как Нидерланды, Хорватия, Сербия, Греция, Италия, Германия, Дания, США, Китай, Япония, Австралия и Великобритания. Анализ литературных источников выявил отсутствие данных о количественном потреблении флавоноидов населением Российской Федерации. Также на отечественном рынке в настоящее время не представлены функциональные продукты, способные полностью удовлетворить суточную потребность организма в этих биологически активных соединениях. Уникальный питательный состав облепихи и смородины позволяет использовать все части этих растений в безотходных технологиях, а также перерабатывать питательные побочные продукты и остатки для создания высококачественных нутрицевтиков.

Облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides L.*) является уникальным растением и на данный момент становится все более популярным объектом аграриев для выращивания с целью получения сырья для пищевой и нутрицевтической промышленности. Bei-Bei Ran в своих исследованиях показал, что ягоды и листья облепихи имеют схожий состав и содержание флавоноидов, тритерпенов, стероидов, органических кислот и летучих масел, при этом имеют некоторые различия, однако содержание флавоноидов в листьях облепихи больше, чем в ягодах (*Ran et al., 2019*).

Raghunath Pariyani с коллегами исследовали листья двух сортов облепихи, выращенных на юге и севере Финляндии в течение двух сезонов роста. Благодаря нецелевому методу метаболомики с использованием протонного ядерного магнитного резонанса (ЯМР) ими было обнаружено, что наибольшая вариация метаболического профиля связана со стадией роста: листья в первые 7 недель сбора урожая содержат много полифенолов, в то время как углеводы и сахара становятся более распространенными в последующие недели роста. Место произрастания кустарников также оказывает значительное влияние на метаболический профиль – сравнение севера и юга показало различия в жирных кислотах и сахарах. Была обнаружена потенциальная связь метаболома и с естественными абиотическими стрессорами – показана обратная корреляция между содержанием углеводов/сахаров и жирных кислот с более длинными цепями углерода, а также установлена связь с температурными переменными (*Pariyani et al., 2020*).

Nicole Ollinger с коллегами изучали воздействие облепихового масла, экстрактов плодов, листьев и жмыха на метаболизм глюкозы после приема пищи. В результате исследований выявлено, что облепиха в опытах *in vivo* стимулировала перемещение GLUT4 в плазматическую мембрану, сравнимую с инсулином, что приводило к увеличению выведения глюкозы из кровотока за счет присутствия в ней изорамнетина. Биологическую активность изорамнетина, обнаруженного во всех исследованных образцах облепихи, авторы связали с его способностью вызывать транслокацию GLUT4 из цитоплазмы на поверхность клеток (*Ollinger et al., 2022*).

В Селенгинском районе Республики Бурятия (2023) был запущен завод по промышленной переработке облепихи. Предприятие специализируется на производстве высококачественного облепихового масла, однако ассортимент продукции из других ценных частей растения остается пока ограниченным (*Котова и др., 2023*). В связи с этим перспективным направлением представляется исследование листьев облепихи, которые также содержат ценные биологически активные соединения и могут расширить линейку функциональных продуктов предприятия.

Черная смородина (*Ribes nigrum L.*) – это небольшой многолетний кустарник, естественно произрастающий в Центральной Европе и Северной Азии. Кроме традиционного применения в народной медицине, современные исследования выявили у черной смородины значительные противовоспалительные, антиоксидантные и антимикробные свойства. Эти свойства обусловлены биохимическим составом ягод, который включает антоцианы (в частности, дельфинидин-3-О-глюкозид, дельфинидин-3-О-рутинозид, цианидин-3-О-глюкозид и цианидин-3-О-рутинозид), флавонолы, фенольные кислоты и полиненасыщенные жирные кислоты (*Bilici, 2021*). Также исследования сосредоточены на терапевтическом потенциале черной смородины в отношении гипертонии и других сердечно-сосудистых заболеваний, онкологических, нейродегенеративных и глазных болезней, нефролитиаза и диабетической нейропатии. Рассматривались вопросы безопасности и будущие направления исследований, включая необходимость тщательного изучения

¹ МР 2.3.1.0253-21. Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания / приказ Минздрава РФ от 19.08.2016. № 614. М. : Вестник образования России, 2021. № 19. 72 с.

точных механизмов действия, специфических антиоксидантных свойств черной смородины и важность проведения хорошо спланированных клинических испытаний для успешного применения черной смородины в клинической практике (Garbacki et al., 2004). Листья смородины богаты флавоноидами (кемпферол, кверцетин и мирицетин), эфирными маслами (сабинен, фенол, нафтол, карен, кариофиллен, цимен, линалоол, гераниол, лимонен, пеландрен, метилсалицилат, бензальдегид и метилэтилбензоат), иридоидами (асперулин), цианогенными соединениями и катехинами (катехин, раллокатехин), углеводами (глюкоза, фруктоза, сахарозаны и пентозаны), фенолкарбоновыми и другими карбоновыми кислотами (Стрельцина и др., 2010; Paniagua-Zambrana et al., 2024).

Антиоксидантные свойства экстракта листьев *R. nigrum* были дополнительно изучены на моделях микроглиальных клеток BV-2. Исследования показали, что экстракт влияет на активность ключевых ферментов, таких как каталаза и АсuI-CoA оксидаза 1 (ACOX1), а также на экспрессию связанных генов (*Cat*, *iNos*, *Il-1β*, *Tnf-α*, *Abcd1*) в микроглиальных клетках Wt. В клетках Wt после 24-часовой обработки экстрактом активность ACOX1 снижалась, тогда как активность каталазы оставалась неизменной. При более длительном воздействии наблюдалось снижение активности как каталазы, так и ACOX1. В клетках, которые служат моделью окислительного стресса, увеличение активности каталазы отмечалось только через 48 ч после обработки. При этом экстракт способствовал снижению образования активных форм кислорода и оксида азота (NO), что подтверждает его выраженные антиоксидантные свойства в исследуемых клеточных моделях (Minasyan et al., 2025).

В настоящее время одной из актуальных задач в области переработки растительного сырья является эффективное извлечение и сохранение ценных БАВ. При переработке, например, в экстракты полезные соединения из листьев становятся более доступными для усвоения организмом, что позволяет максимизировать их пользу без риска побочных эффектов.

Цель данного исследования состояла в анализе химического состава экстрактов, полученных из листьев облепихи и смородины, для оценки их потенциала в качестве функциональных компонентов в пищевой промышленности.

Материалы и методы исследования

Растительный материал для исследования был собран на территории республики Бурятия в период с 2022 по 2024 гг. Для приготовления водно-спиртовых экстрактов (ВСЭ) листья смородины и облепихи измельчали до размера частиц 2 ± 1 мм. Экстракция проводилась методом дробной мацерации при температурах от 20 до 80 °С с использованием этанола различной концентрации от 40 до 70 % (Сынгеева и др., 2023).

Содержание аскорбиновой кислоты (АК) и витаминов группы В определялось методом капиллярного электрофореза (ГОСТ 31483-2012. Премикусы. Определение содержания витаминов: В1 (тиаминхлорида), В2 (рибофлавина), В3 (пантотеновой кислоты), В5 (никотиновой кислоты и никотиамида), В6 (пиридоксина), Вс (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза²) на анализаторе "Капель 105 М" в Центре коллективного пользования "Прогресс" Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (ВСГУТУ).

Содержание дубильных веществ (ДВ) устанавливали в соответствии с ОФС 1.5.3.000.15 в пересчете на танин, содержание флавоноидов (ФЛ) – спектрофотометрическим методом в пересчете на рутин на основе реакции образования комплекса с $AlCl_3$ на Spectrophotometer Cary 300 (Varian) при длине волны 430 нм. Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в исследуемом сырье и полученных экстрактах определяли амперометрическим методом в пересчете на кверцетин с использованием анализатора "Цвет-Яуза 01-АА" (НПО "Химавтоматика") в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54037-2010. Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках³. В исследуемом сырье и полученных экстрактах было измерено суммарное содержание антиоксидантов (ССА) амперометрическим методом в пересчете на кверцетин на приборе "Цвет-Яуза 01-АА" НПО "Химавтоматика" в соответствии с ГОСТ Р 54037-2010.

Эксперименты проводились с пятикратной повторностью для обеспечения достоверности результатов. Полученные данные обработаны и проанализированы с использованием статистических программ Statistica 10.0 и MS Excel, что позволило провести корректную интерпретацию результатов и выявить значимые закономерности.

² ГОСТ 31483-2012. Премикусы. Определение содержания витаминов: В1 (тиаминхлорида), В2 (рибофлавина), В3 (пантотеновой кислоты), В5 (никотиновой кислоты и никотиамида), В6 (пиридоксина), Вс (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза. М., 2020.

³ ГОСТ Р 54037-2010. Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках. М., 2019.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены данные о содержании некоторых биологически активных соединений в исходном растительном сырье – листьях облепихи и смородины.

Таблица 1. Содержание дубильных веществ, флавоноидов, суммарного содержания антиоксидантов и аскорбиновой кислоты в листьях облепихи и смородины

Table 1. Content of tannins, flavonoids, and total antioxidant content in sea buckthorn and black currant leaves

Содержание БАВ	Листья облепихи	Листья смородины
Дубильные вещества (танин), %	14,46 ± 1,63	11,17 ± 0,68
Флавоноиды (рутин), %	3,16 ± 0,22	0,77 ± 0,52
ССА (кверцетин), мг/г	0,352 ± 0,08	2,80 ± 0,08
Аскорбиновая кислота, мг/г	16,08 ± 2,37	32,24 ± 3,61

Содержание ДВ в листьях облепихи составило 14,46 ± 1,31 %, содержание ФЛ – 3,16 ± 0,09 %. Литературные данные указывают на содержание ФЛ в листьях облепихи в диапазоне 2,8–3,5 % (Новрузов и др., 2018). Содержание кверцетина составило 1,76 ± 0,24 мг/г. В обзоре Zuzana Ciesarová (2020) содержание кверцетина в листьях облепихи находится в пределах 1,5–2,0 мг/г. Содержание аскорбиновой кислоты (АК) составило 16,08 ± 2,37 мг/г. Литературные данные указывают на содержание АК в листьях облепихи в диапазоне 10–20 мг/г (Скуридин и др., 2014).

Содержание ДВ в листьях смородины составило 11,17 ± 0,68 %. Согласно литературным данным содержание танинов в листьях смородины варьируется в пределах 8–12 % (Петрова и др., 2014). Полученные значения соответствуют верхнему диапазону литературных данных, что указывает на высокое качество сырья. Содержание ФЛ составило 0,77 ± 0,52 %. Литературные данные указывают на содержание ФЛ в листьях смородины в диапазоне 0,5–1,21 % (Попова и др., 2011; Михайлова и др., 2021). ССА в пересчете на кверцетин в листьях смородины составило 2,80 ± 0,08 мг/г. В обзоре Paunovic S. M. et al. (2020) содержание кверцетина в листьях смородины до 3,0 мг/г, в исследованиях Аджаахметовой С. Л. и др. (2021) суммарное содержание антиоксидантов в пересчете на кверцетин – от 0,6 мг/г. Содержание АК в листьях смородины – 32,24 ± 3,61 мг/г. Литературные данные указывают на содержание АК в листьях смородины в диапазоне 25–35 мг/г (Петрова и др., 2014).

Извлечение БАВ осуществлялось методом дробной мацерации, включающей настаивание (1 этап) и кипячение с принудительной циркуляцией экстрагента (2 этап). Период смачивания растительного материала спиртовым экстрагентом был определен экспериментальным путем, проведена серия опытов по определению содержания витамина С в водно-спиртовых (ВС) вытяжках, экстрагируемых в течение 72, 120, 168, 240 ч в соотношении 1 : 10 с концентрацией этанола от 40 до 70 % при комнатной температуре (22 ± 3 °C). Данные представлены на рис. 1.

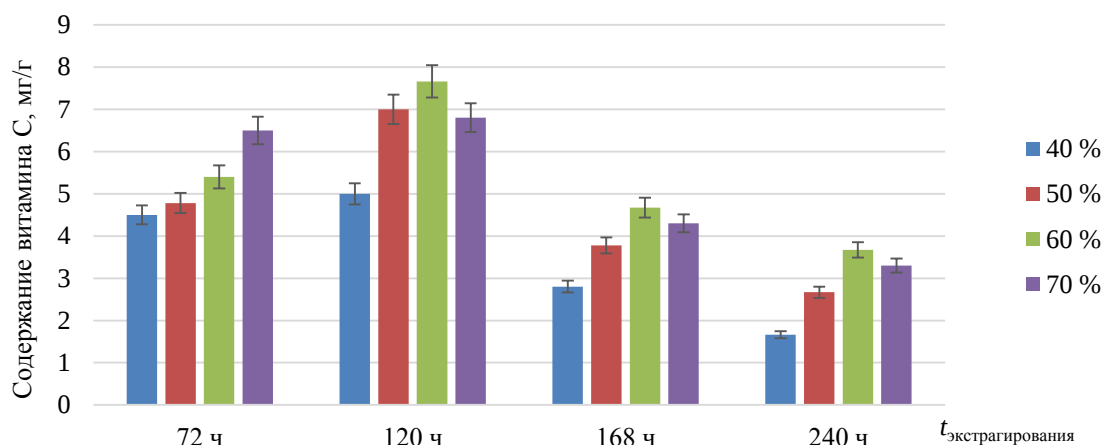


Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи

Fig. 1. Ascorbic acid content in hydroalcoholic extracts from sea buckthorn leaves

Наибольшее количество АК из листьев облепихи было получено в ВС растворе с 60%-й концентрацией C₂H₅OH после 120 ч экстракции. Данные о концентрации аскорбиновой кислоты в различных ВСЭ, полученных из листьев смородины, приведены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, максимальное количество аскорбиновой кислоты из листьев смородины переходило в экстракт через 5 суток (120 ч) мацерации с использованием 50%-го раствора этанола. Однако при дальнейшем увеличении продолжительности экстракции наблюдалось снижение концентрации АК в экстракте. Это может быть обусловлено процессами окисления аскорбиновой кислоты при длительном контакте с растворителем, что приводит к ее частичному разрушению. Таким образом, оптимальным временем для экстракции АК из листьев смородины является 120 ч, так как именно в этот период достигается максимальный выход вещества без значительных потерь его активности. Данные результаты подчеркивают важность контроля времени экстракции для сохранения биологической активности целевых компонентов.

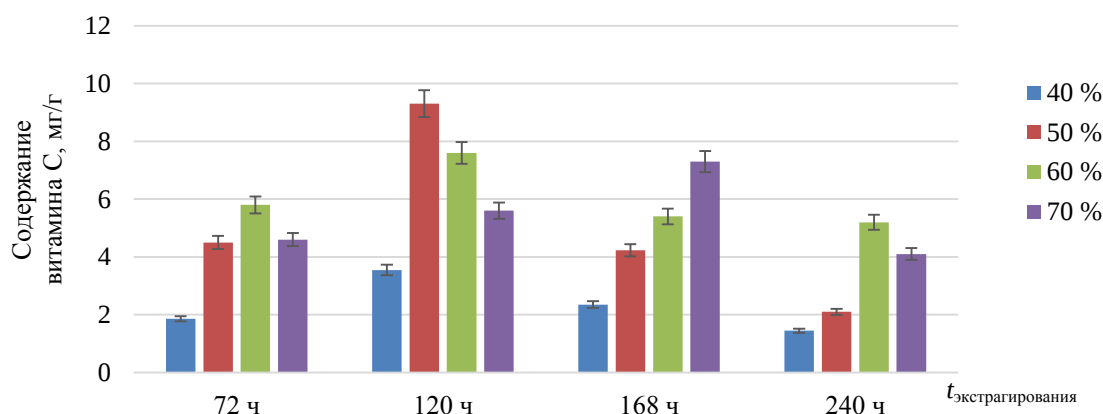


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в водно-спиртовых экстрактах из листьев смородины
Fig. 2. Ascorbic acid content in hydroalcoholic extracts from currant leaves

После завершения первой экстракции экстракт был отфильтрован, и получена первая вытяжка. Оставшийся шрот повторно залили спиртом тех же концентраций в соотношении 1 : 15 и подвергли кипячению в ротаторном испарителе RI-213b при скорости вращения 80 об/мин и температуре 80 °С в течение 15, 30, 45 и 60 мин. Разные временные интервалы позволяют оценить как изменяется выход целевых компонентов со временем. Слишком короткая экстракция (<15 мин) может быть недостаточной для достижения равновесия. Короткие интервалы (15–30 мин) могут показать начальную стадию экстракции, тогда как более длительные (45–60 мин) – выход на плато, когда дальнейшее увеличение времени не дает значимого прироста экстрагируемых веществ. Слишком долгая экстракция (например, >60 мин) может привести к деградации термолабильных соединений (при 80 °С некоторые вещества могут разрушаться), а также к избыточному расходу энергии (Chemat et al., 2017).

Данные по содержанию ДВ в ВСЭ из листьев облепихи с различными концентрациями спирта в зависимости от времени экстракции представлены на рис. 3.

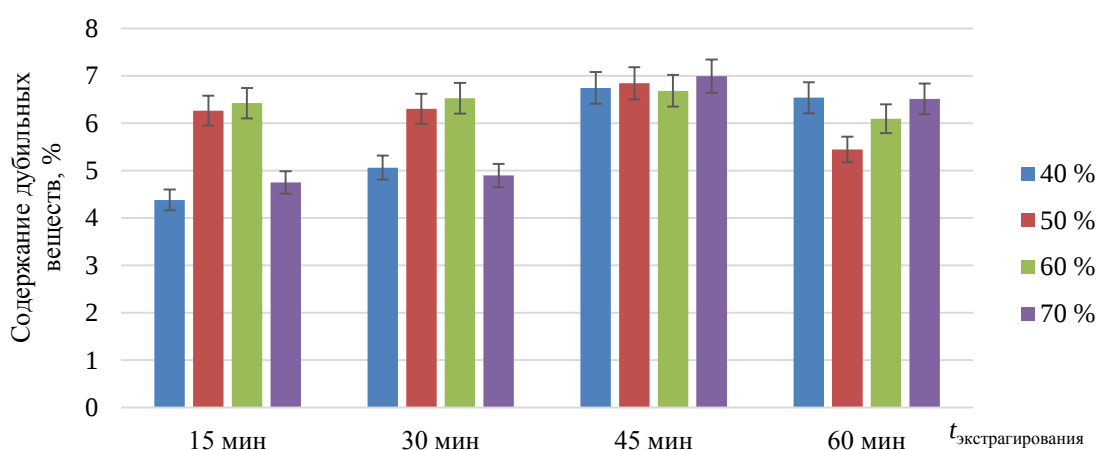


Рис. 3. Содержание дубильных веществ (%) в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи
Fig. 3. Tannin content (%) in hydroalcoholic extracts from sea buckthorn leaves

Повышение концентрации экстрагента выше указанных значений не привело к увеличению выхода ДВ. Возможно, это связано с тем, что коэффициент диффузии веществ из растительного сырья в раствор

снижался при дальнейшем увеличении концентрации спирта. Коэффициент диффузии можно описать с помощью уравнения Фика

$$J = \frac{\partial C}{\partial x},$$

где J – поток вещества, $\frac{\partial C}{\partial x}$ – градиент концентрации.

При увеличении концентрации спирта выше определенного уровня градиент концентрации может уменьшаться, что приводит к снижению эффективности экстракции (Cussler, 2009).

Согласно результатам исследований максимальное извлечение ДВ из листьев облепихи достигалось при использовании 70%-го раствора этилового спирта и кипячении в течение 45 мин. При этом статистически значимых различий между значениями в различных пробах при 45-минутном кипячении не было выявлено, что свидетельствует о стабильности и оптимальности данных условий для экстракции. Это подтверждает, что указанные параметры (70%-й этанол и 45 мин кипячения) являются наиболее эффективными для извлечения дубильных веществ из листьев облепихи, что важно для дальнейшего применения экстрактов.

Показатели степени извлечения ДВ из листьев смородины этанолом различных концентраций представлены на рис. 4.

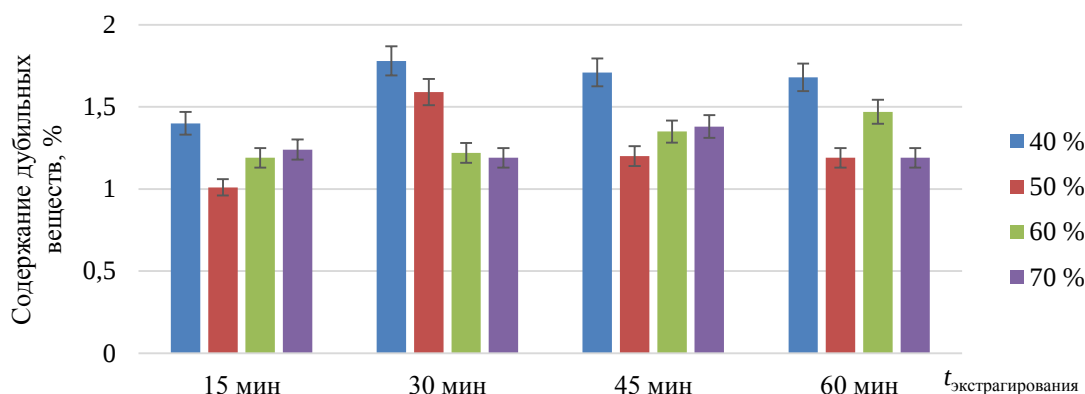


Рис. 4. Содержание дубильных веществ (%) в водно-спиртовых экстрактах из листьев смородины
Fig. 4. Tannin content (%) in hydroalcoholic extracts from black currant leaves

Как показано на рис. 4, наиболее эффективное извлечение ДВ наблюдалось при использовании 40%-го ВС экстрагента и кипячении в течение получаса. Полученные данные свидетельствуют о том, что именно эти условия обеспечивают максимальный выход ДВ, что подтверждается статистически значимыми различиями по сравнению с другими вариантами экстракции. Это подчеркивает важность подбора оптимальных параметров (концентрация экстрагента и время обработки) для повышения эффективности извлечения БАВ.

Далее в полученных экстрактах было определено содержание ФЛ, данные представлены на рис. 5.

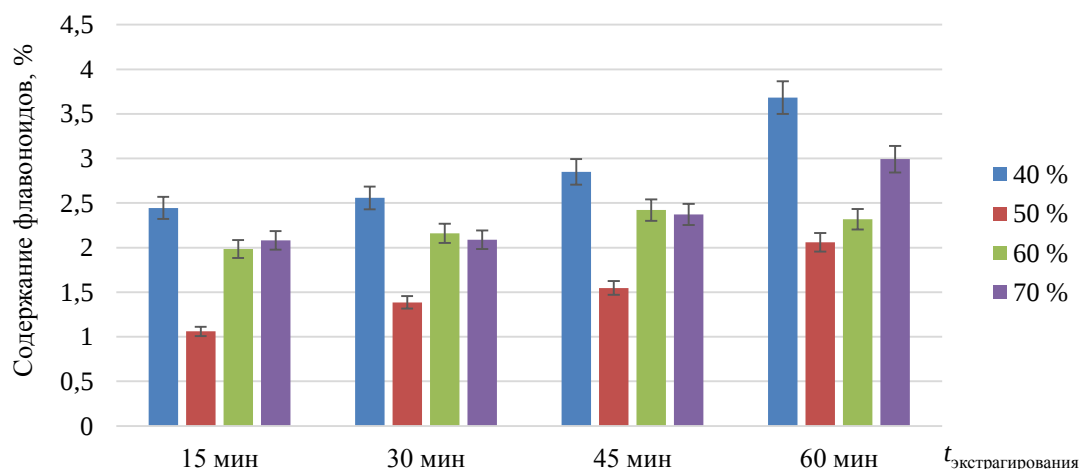


Рис. 5. Содержание флавоноидов в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи, %
Fig. 5. Flavonoid content in hydroalcoholic extracts from sea buckthorn leaves, %

Из рис. 5 видно, что наибольший выход ФЛ из листьев облепихи в экстракт происходил после 60 мин кипячения 40%-м раствором спирта. При этом наблюдалась тенденция роста исследуемого показателя с увеличением времени экстрагирования, что требует дополнительных исследований.

На рис. 6 представлено содержание ФЛ в ВСЭ из листьев смородины с концентрациями спирта 40, 50, 60 и 70 %.

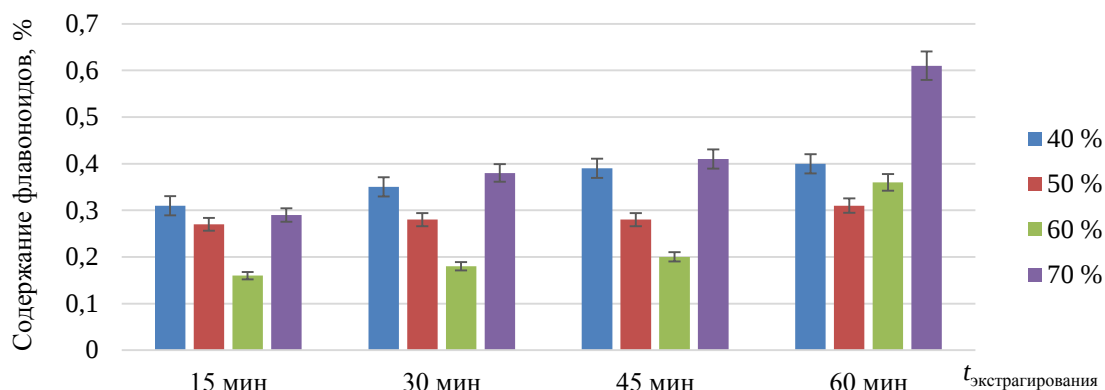


Рис. 6. Содержание флавоноидов в водно-спиртовых экстрактах из листьев смородины, %
Fig. 6. Flavonoid content in hydroalcoholic extracts from black currant leaves, %

Достоверно максимальное содержание ФЛ в экстрактах из листьев смородины наблюдалось после экстрагирования в течение 1 ч с концентрацией спирта 70 %.

Данный подход к двухэтапной экстракции обеспечивает более полное извлечение биологически активных веществ, что подтверждается анализом их содержания в полученных вытяжках. Это подчеркивает эффективность использования повторной экстракции для повышения выхода целевых компонентов. Затем вытяжку 1 и вытяжку 2 объединяли, и в объединенных экстрактах было определено суммарное содержание антиоксидантов (ССА).

Результаты измерений ССА в образцах экстрактов из листьев облепихи и смородины представлены в табл. 2.

Таблица 2. Суммарное содержание антиоксидантов в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи и смородины

Table 2. Total antioxidant content in hydroalcoholic extracts from sea buckthorn and currant leaves

Концентрация спирта (%)	ССА в экстрактах из листьев облепихи (мг/г)	ССА в экстрактах из листьев смородины (мг/г)
40	$1,83 \pm 0,29$	$2,94 \pm 0,33$
50	$1,89 \pm 0,15$	$3,27 \pm 0,25$
60	$1,92 \pm 0,18$	$3,02 \pm 0,19$
70	$1,78 \pm 0,22$	$1,51 \pm 0,21$

Таким образом, статистически значимые различия в ССА в экстракте из листьев смородины были установлены для 70%-го спирта. При использовании 40, 50 и 60%-го спирта достоверных различий в содержании ССА в экстрактах из листьев смородины не выявлено, так и для всех исследуемых концентраций спирта экстрактов из листьев облепихи.

Проведенные эксперименты показали, что для эффективного извлечения БАВ из растительного сырья необходим индивидуальный подбор условий ВСЭ для каждого вида растений. В случае листьев облепихи максимальная концентрация АК была достигнута при использовании 60%-го спиртового раствора и настаивании в течение 120 ч. Для извлечения ДВ из облепиховых листьев оптимальными условиями оказались 70%-й раствор этилового спирта и 45 мин кипячения, что обеспечило наибольшее содержание экстрактивных веществ среди всех исследованных концентраций. Максимальный выход ФЛ из листьев облепихи наблюдался после 60 мин кипячения в 40%-м спиртовом растворе.

Для листьев смородины наилучшие условия экстракции АК были достигнуты при настаивании в 50%-м растворе этанола в течение 120 ч. Наибольшее извлечение ДВ происходило при использовании

40%-го спиртового раствора и кипячении в течение 30 мин. Повышенное содержание ФЛ в экстрактах из листьев смородины наблюдалось после 1 ч экстракции с применением 70%-го спирта.

Что касается общего содержания антиоксидантов, оптимальные результаты для листьев облепихи были получены при использовании 60%-го спиртового раствора, а для листьев смородины – 50%-го экстрагента.

С использованием указанных концентраций экстрагента были получены сухие экстракты. Для этого ВС растворы подвергались удалению растворителя на ротаторном испарителе, после чего образцы дополнительно высушивались в сушильном шкафу при температуре 37 ± 2 °С до постоянной массы.

В полученных экстрактах было определено содержание водорастворимых витаминов и сахаров, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание водорастворимых витаминов в экстрактах из листьев облепихи и смородины
Table 3. The content of water-soluble vitamins in extracts from sea buckthorn and currant leaves

Содержание водорастворимых витаминов (мг/г)	Экстракт из листьев облепихи (мг/г)	Экстракт из листьев смородины (мг/г)
Витамин С	0,805	0,105
Витамин В2	0,181	0,022
Витамин В3	0,349	–
Витамин В5	0,279	0,677
Витамин Вс	0,040	0,013
Витамин В6	–	0,899

Экстракт из листьев облепихи содержит значительно большее количество витамина С (0,805 мг/г) по сравнению с экстрактом из листьев смородины (0,105 мг/г). Витамин В2 (рибофлавин) также присутствует в большем количестве в экстракте из листьев облепихи (0,181 мг/г) по сравнению с экстрактом из листьев смородины (0,022 мг/г). Витамин В3 (ниацин) обнаружен только в экстракте из листьев облепихи (0,349 мг/г), в то время как в экстракте из листьев смородины он отсутствует. Витамин В5 (пантотеновая кислота) содержится в большем количестве в экстракте из листьев смородины (0,677 мг/г) по сравнению с экстрактом из листьев облепихи (0,279 мг/г). Витамин Вс (фолиевая кислота) присутствует в обоих экстрактах, но его содержание выше в экстракте из листьев облепихи (0,040 мг/г) по сравнению с экстрактом из листьев смородины (0,013 мг/г). Витамин В6 (пиридоксин) обнаружен только в экстракте из листьев смородины (0,899 мг/г), в то время как в экстракте из листьев облепихи он отсутствует.

Заключение

Экстракт из листьев облепихи является более богатым источником витаминов С, В2, В3 и Вс, тогда как экстракт из листьев смородины содержит больше витаминов В5 и В6. Оба экстракта могут быть полезны для восполнения дефицита различных водорастворимых витаминов, но их применение зависит от конкретных потребностей организма.

Создание микса из экстрактов листьев облепихи и смородины может быть эффективным способом объединить их полезные свойства и создать продукт с более сбалансированным содержанием водорастворимых витаминов. Содержание витаминов в комбинированном экстракте, полученном путем смешивания экстрактов облепихи и смородины в соотношении 1 : 1, было рассчитано методом усреднения данных по индивидуальным экстрактам. Предполагаемые значения составили: витамин С – 0,455 мг/г; витамин В2 – 0,1015 мг/г; витамин В3 – 0,1745 мг/г; витамин В5 – 0,478 мг/г; витамин В9 (фолат) – 0,0265 мг/г; витамин В6 – 0,4495 мг/г. Следует отметить, что приведенные данные носят ориентировочный характер, так как фактическое содержание витаминов в смеси может отличаться от расчетных значений вследствие возможных синергетических или антагонистических взаимодействий между биологически активными компонентами исходных экстрактов. Для получения точных данных необходимо проведение экспериментальных исследований с использованием современных аналитических методов.

Данные витаминные миксы из экстрактов листьев смородины и облепихи можно добавлять в напитки, сиропы, БАДы или функциональные продукты питания. Возможно их использование в составе кремов, сывороток или масок для кожи, так как витамины группы В и С обладают антиоксидантными свойствами.

Таким образом, создание микса из экстрактов листьев облепихи и смородины является перспективным решением для получения продукта с более широким спектром полезных свойств.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств гранта "Молодые ученые ВСГУТУ 2024" и в рамках программы "Приоритет-2036" № 075-15-2025-049.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Аджихметова С. Л., Червонная Н. М., Поздняков Д. И., Оганесян Э. Т. Изучение суммарного содержания антиоксидантов, полисахаридов, элементного состава и аминокислот растительного сырья смородины черной // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 265–274. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcrpm.2021037774>. EDN: LSLMM.
- Котова Т. И., Хантургаева В. А., Цыцыков В. А., Лубсанов Э. Ю. [и др.]. Исследование процесса получения густых экстрактов из листьев облепихи // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 1(88). С. 29–35. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2023_1_29. EDN: GQVEMJ.
- Михайлова И. В., Филиппова Ю. В., Кузьмичева Н. А., Винокурова Н. В. [и др.]. Смородина черная как перспективный источник полифенольных антиоксидантов // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7–2(109). С. 28–32. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.038. EDN: CWSKZP.
- Новрузов Э. Н., Мамедов З. Г., Мустафаева Л. А., Мирюсифова Х. М. [и др.]. Состав и содержание флавоноидов листьев *Hippophae rhamnoides* L., произрастающих в Азербайджане // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 209–214. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcrpm.2018033772>. EDN: YABUYH.
- Петрова С. Н., Кузнецова А. А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* (обзор) // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 43–50. EDN: TQBWMT.
- Попова Т. С., Потанина О. Г. Флавоноиды листьев и почек черной смородины // Фармация. 2011. № 6. С. 19–21. EDN: OEELAB.
- Скуридин Г. М., Чанкина О. В., Легкодимов А. А., Багинская Н. В. [и др.]. Элементарный состав и интенсивность накопления химических элементов в листьях сибирской облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. № 22. С. 301–305. EDN: SMJZEV.
- Стрельцина С. А., Тихонова О. А. Питательные и биологически активные вещества ягод и листьев смородины черной (*Ribes nigrum* L.) в условиях Северо-Запада России // Аграрная Россия. 2010. № 1. С. 24–31. EDN: TNCMWL.
- Сынгеева Э. В., Ламажапова Г. П., Шенаршеева А. А., Ламаханова Б. Ж. Определение биологически активных веществ в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи и смородины // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 3(90). С. 44–51. DOI: 10.53980/24131997_2023_3_44. EDN: NHWJGZ.
- Тутельян В. А., Лашнева Н. В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // Вопросы питания. 2013. Т. 82, № 1. С. 4–22. EDN: PYATND.
- Bilici M. The effect of currant (ribes) on human health and determination of certain antioxidant activities // Eastern Journal of Medicine. 2021. Vol. 26, Iss. 3. P. 470–474. DOI: <https://doi.org/10.5505/ejm.2021.89725>.
- Chemat F., Rombaut N., Sicaire A.-G., Meullemiestre A. [et al.]. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review // Ultrasonics Sonochemistry. 2017. Vol. 34. P. 540–560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>.
- Ciesarová Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F. [et al.]. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review // Food Research International. 2020. Vol. 133. Article number: 109170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
- Cussler E. L. Diffusion: Mass transfer in fluid systems. Cambridge : Cambridge University Press, 2009.
- Garbacki N., Tits M., Angenot L., Damas J. Inhibitory effects of proanthocyanidins from *Ribes nigrum* leaves on carrageenin acute inflammatory reactions induced in rats // BMC Pharmacology. 2004. Vol. 4. Article number: 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2210-4-25>.
- Minasyan A., Pires V., Gondcaille C., Ginovyan M. [et al.]. *Ribes nigrum* leaf extract downregulates pro-inflammatory gene expression and regulates redox balance in microglial cells // BMC Complementary Medicine and Therapies. 2025. Vol. 25. Article number: 49. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-025-04780-7>.
- Ollinger N., Neuhauser C., Schwarzingen B., Wallner M. Anti-hyperglycemic effects of oils and extracts derived from sea buckthorn – A comprehensive analysis utilizing in vitro and in vivo models. 2022. Vol. 66, Iss. 12. Article number: 2101133. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101133>.
- Paniagua-Zambrana N. Y., Bussmann R. W., Kikvidze Z., Khojimatov O. K. *Ribes alpinum* L. *Ribes nigrum* L. *Ribes rubrum* L. *Ribes uva-crispa* L. GROSSULARIACEAE // Ethnobotany of the Mountain Regions of Eastern Europe. Ethnobotany of Mountain Regions / eds.: R. W. Bussmann, N. Y. Paniagua-Zambrana, Z. Kikvidze. Springer, Cham., 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-98744-2_247-1.
- Pariyani R., Kortessniemi M., Liimatainen J., Sinkkonen J. [et al.]. Untargeted metabolic fingerprinting reveals impact of growth stage and location on composition of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves // Journal of Food Science. 2020. Vol. 85, Iss. 2. P. 364–373. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15025>.

- Paunović S. M., Mašković P. Phenolic compounds, antioxidant and cytotoxic activity in berry and leaf extracts of black currant (*Ribes nigrum* L.) as affected by Soil Management Systems // *Erwerbs-Obstbau*. 2020. Vol. 62. P. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00491-0>.
- Ran B. B., Li W.-D. Research progress on chemical constituents and their differences between sea buckthorn berries and leaves // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2019. Vol. 44, Iss. 9. P. 1767–1773. 2019. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20190222.002.

References

- Adzhiakhmetova, S. L., Chervonnaia, N. M., Pozdniakov, D. I., Oganessian, E. T. 2021. Study of the total content of antioxidants, polysaccharides, elemental composition, and amino acids in black currant plant raw materials. *Chemistry of Plant Raw Material*, 3, pp. 265–274. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021037774>. EDN: LSLMM. (In Russ.)
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, V. A., Tsytikov, V. A., Lubanov, E. Yu. et al. 2023. Study of the process of obtaining thick extracts from sea buckthorn leaves. *ESSUTM Bulletin*, 1(88), pp. 29–35. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2023_1_29. EDN: GQVEMJ. (In Russ.)
- Mikhailova, I. V., Filippova, Yu. V., Kuzmicheva, N. A., Vinokurova, N. V. et al. 2021. Black currant as a promising source of polyphenolic antioxidants. *International Research Journal*, 7–2(109), pp. 28–32. DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.038. EDN: CWSKZP. (In Russ.)
- Novruzov, E. N., Mamedov, Z. G., Mustafayeva, L. A., Mirusifova, Kh. M. et al. 2018. Composition and content of flavonoids in leaves of *Hippophae rhamnoides* L. growing in Azerbaijan. *Chemistry of plant raw material*, 3, pp. 209–214. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033772>. EDN: YABUYH. (In Russ.)
- Petrova, S. N., Kuznetsova, A. A. 2014. Composition of fruits and leaves of black currant *Ribes nigrum*. *Khimiya Rastitelnogo Syrya*, 4, pp. 43–50. EDN: TQBWMT. (In Russ.)
- Popova, T. S., Potanina, O. G. 2011. Flavonoids of leaves and buds of black currant. *Farmatsiya*, 6, pp. 19–21. EDN: OEELAB. (In Russ.)
- Skuridin, G. M., Chankina, O. V., Legkodymov, A. A., Baginskaya, N. V. et al. 2014. Elemental composition and accumulation intensity of chemical elements in leaves of Siberian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Chemistry for Sustainable Development*, 22, pp. 301–305. EDN: SMJZEV. (In Russ.)
- Streletsina, S. A., Tikhonova, O. A. 2010. Nutrients and biologically active substances in berries and leaves of black currant (*Ribes nigrum* L.) in the conditions of the North-West of Russia. *Agrarian Russia*, 1, pp. 24–31. EDN: TNCMWL. (In Russ.)
- Syngееva, E. V., Lamazhapova, G. P., Shenarsheeva, A. A., Lamakhanova, B. Zh. et al. 2023. Determination of biologically active substances in water-alcohol extracts from sea buckthorn and currant leaves. *ESSUTM Bulletin*, 3(90), pp. 44–51. DOI: 10.53980/24131997_2023_3_44. EDN: NHWJGZ. (In Russ.)
- Tutelian, V. A., Lashneva, N. V. 2013. Bioactive compounds of plant origin: Flavonols and flavones – prevalence. *Problems of Nutrition*, 82(1), pp. 4–22. EDN: PYATND. (In Russ.)
- Bilici, M. 2021. The effect of currant (ribes) on human health and determination of certain antioxidant activities. *Eastern Journal of Medicine*, 26(3), pp. 470–474. DOI: <https://doi.org/10.5505/ejm.2021.89725>.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A. et al. 2017. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, pp. 540–560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>.
- Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F. et al. 2020. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133. Article number: 109170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
- Cussler, E. L. 2009. Diffusion: Mass transfer in fluid systems. Cambridge: Cambridge University Press.
- Garbacki, N., Tits, M., Angenot, L., Damas, J. 2004. Inhibitory effects of proanthocyanidins from *Ribes nigrum* leaves on carrageenin acute inflammatory reactions induced in rats. *BMC Pharmacology*, 4. Article number: 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2210-4-25>.
- Minasyan, A., Pires, V., Gondcaille, C., Ginovyan, M. et al. 2025. *Ribes nigrum* leaf extract downregulates pro-inflammatory gene expression and regulates redox balance in microglial cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 25. Article number: 49. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-025-04780-7>.
- Ollinger, N., Neuhauser, C., Schwarzing, B., Wallner, M. 2022. Anti-hyperglycemic effects of oils and extracts derived from sea buckthorn – A comprehensive analysis utilizing in vitro and in vivo models, 66(12). Article number: 2101133. DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101133>.
- Paniagua-Zambrana, N. Y., Bussmann, R. W., Kikvidze, Z., Khojimatov, O. K. 2024. *Ribes alpinum* L. *Ribes nigrum* L. *Ribes rubrum* L. *Ribes uva-crispa* L. GROSSULARIACEAE. Ethnobotany of the Mountain Regions of Eastern Europe. Ethnobotany of Mountain Regions. Eds.: R. W. Bussmann, N. Y. Paniagua-Zambrana, Z. Kikvidze. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-98744-2_247-1.

- Pariyani, R., Kortessniemi, M., Liimatainen, J., Sinkkonen, J. et al. 2020. Untargeted metabolic fingerprinting reveals impact of growth stage and location on composition of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) leaves. *Journal of Food Science*, 85(2), pp. 364–373. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15025>.
- Paunović, S. M., Mašković, P. 2020. Phenolic compounds, antioxidant and cytotoxic activity in berry and leaf extracts of black currant (*Ribes nigrum* L.) as affected by Soil Management Systems. *Erwerbs-Obstbau*, 62, pp. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00491-0>.
- Ran, B. B., Li, W.-D. 2019. Research progress on chemical constituents and their differences between sea buckthorn berries and leaves. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 44(9), pp. 1767–1773. 2019. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20190222.002.

Сведения об авторах

Сынгеева Эржэна Владимировна – ул. Ключевская, 40В, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, канд. техн. наук, доцент;
e-mail: syngeeva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4001-4047>

Erzhena V. Syngeeva – 40V Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East-Siberian State University of Technology and Management, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;
e-mail: syngeeva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4001-4047>

Ламажапова Галина Петровна – ул. Ключевская, 40В, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, д-р биол. наук, доцент;
e-mail: lamazhap@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4118-215X>

Galina P. Lamazhapova – 40V Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East-Siberian State University of Technology and Management, Dr Sci. (Biology), Associate Professor;
e-mail: lamazhap@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4118-215X>