

УДК 543.054; 543.544.3

ЭФИРНОМАСЛИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ РОДА *MENTHA*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЮГА РОССИИ*

© З.А. Темердашев¹, Д.В. Назарова^{1**}, Е.А. Виноцкая², Н.В. Киселева¹, М.В. Нагалецкий¹

¹ Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149,
Краснодар, 350062, Россия, nazarovadv1999@gmail.com

² ФИЦ Субтропический научный центр РАН, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, Сочи,
354002, Россия

Методом газовой хроматомасс-спектрометрии исследован компонентный состав субкритических ацетоновых экстрактов пяти образцов растений рода мята, произрастающих на юге России в различных климатических условиях. Сравнительный анализ компонентного состава экстрактов мяты показал, что два образца мяты перечной *Mentha pipreita* L. имели схожий состав и отнесены к ментонному хемотипу. Произрастающий на высоте 1200–1800 м над уровнем моря образец мяты длиннолистной *Mentha longifolia* L. содержал ценные для фитотерапии монотерпеновые спирты (β-линалиол, 4-туянол) и отнесен к линалоольному хемотипу. Основными компонентами экстракта мяты длиннолистной *Mentha longifolia* L., произрастающей на высоте 36 м над уровнем моря, были дигидрокарвон, 1,8-цинеол и дигидрокарвилацетат. Отмечено высокое содержание монотерпеновых спиртов (туянол-4, 1,8-цинеол) в образце мяты колосистой, произрастающей в г. Майкопе, что может представлять интерес для практического использования в фито- и ароматерапии. Методом иерархического кластерного анализа пять образцов мяты были распределены в три кластера. Полученные результаты позволяют предварительно заключить, что формирование компонентного состава растений рода мята зависит от условий произрастания и не определяется геном вида.

Ключевые слова: мята, ГХ-МС, субкритическая экстракция, эфирномасличные компоненты, иерархический кластерный анализ.

Для цитирования: Темердашев З.А., Назарова Д.В., Виноцкая Е.А., Киселева Н.В., Нагалецкий М.В. Эфирномасличные компоненты экстрактов растений рода *Mentha*, произрастающих в различных районах юга России // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 146–156. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250115376>.

Введение

Растения рода мята (лат. *Mentha*) обладают способностью легко скрещиваться (гибридизоваться) между культивируемыми и дикорастущими сортами с образованием межвидовых гибридов [1, 2]. Возможность скрещивания разных видов рода мята приводит к широкому спектру морфологического и фитохимического разнообразия, поэтому систематика данных растений сложна, а химический состав неоднороден. Химический состав и биологические свойства отдельных гибридов могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от факторов как экологического, так и генетического характера [3]. С появлением новых сортов мяты возникают сложности с идентификацией по ботанической систематике, а следовательно, определением химического профиля и возможности использования в терапевтических целях. Монотерпеноиды (оксигенированные монотерпены) являются основными компонентами и могут составлять 98% эфирного масла мяты, преобладающими из которых являются ментол, ментон, ментилацетат и 1,8-цинеол [4, 5]. Фармакологическое действие растительного сырья рода мята характеризуется содержанием биологически активных веществ (БАВ), преимущественно эфирномасличных компонентов (ЭМК) в его составе (табл. 1).

*Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20250115376s

** Автор, с которым следует вести переписку.

Таблица 1. Биологическая активность ЭМК растений рода мята

Вид мяты	Основные ЭМК	Биологическое действие	Ссылка
Мята перечная (<i>Mentha piperita</i> (L.))	ментол (45.34%), ментон (16.04%), ментофуран (8.91%), <i>цис</i> -каран (8.70%), 1,8-цинеол (4.46%), неоментол (4.24%), лимонен (2.22%)	антисептическое, раздражающее действие	[6]
	ментол (36.6%), ментон (30.8%), изоментон (4.2%), 1,8-цинеол (2.62%), <i>транс</i> -сабиненгидрат (3.15%), линалоол (2.18%), пиперитон (1.09%), линалил ацетат (1.75%), ментилацетат (1.10%), <i>транс</i> -кариофиллен (1.78%), гермакрен D (1.06%), ледол (2.91%)	антиоксидантная и фермент-ингибирующая активность (ингибирование амилазы)	[7]
Мята длиннолистная (<i>Mentha longifolia</i> (L.))	1,8-цинеол (33.58%), линалоол (15.10%), ментон (12.99%), <i>транс</i> -пиперитон оксид (12.61%), пулегон (8.50%) и оксид пиперитенона (7.14%)	антихолинэстеразная активность, противодиабетическая активность, антитирозиная активность	[8]
	карвон (52.81%), лимонен (30.10%), <i>транс</i> -кариофиллен (2.59%), α -терпинеол (1.34%)	антиоксидантная активность, ингибирование циклооксигеназ (ослабляет симптомы воспаления и боли, примерами таких ингибиторов являются аспирин и ибупрофен)	[9]
Мята колосистая (<i>Mentha spicata</i> (L.))	D-карвон (65.21%) и DL-лимонен (27.28%)	антиоксидантная и цитотоксическая (противоопухолевая) активность	[10]
	карвон (49.5%) и ментон (22%)	противогрибковая активность в отношении патогенных для человека: <i>Alternaria alternaria</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Fusarium tricinctum</i> , <i>Penicillium funiculosum</i> , <i>P. ochrochromo</i>	[11]

Для фитотерапии наиболее ценными компонентами растений рода мята представляются монотерпеновые спирты (линалоол, 1,8-цинеол, эвгенол, ментол), проявляющие сильное антиоксидантное, хелатирующее и ингибирующее ферменты действие [7–10]. Эфирное масло мяты длиннолистной, основными компонентами которого являются монотерпеновые спирты (табл. 1), проявляет ингибирующее ферменты действие, делает его перспективным для дальнейшего изучения и применения в лечении заболеваний [8]. Монотерпеновые кетоны обуславливают противоопухолевую, антиоксидантную, антимикробную активность [12], но проявляют токсичные свойства и могут быть использованы только в обеспечивающих безопасный уровень концентрациях. Богатые монотерпеновыми кетонами эфирные масла используют в качестве биопестицидов и репеллентных средств [13, 14]. Основным компонентом эфирного масла болотной мяты (*Mentha pulegium* (L.)) является пулегон, оказывающий токсическое действие на печень [15]. Ошибочное использование болотной мяты вместо перечной для заваривания чая в качестве спазмолитического и ветрогонного средства может привести к тяжелой дисфункции печени и полиорганной недостаточности в связи с высоким содержанием пулегона и его метаболита ментофурана в эфирном масле [16].

Поскольку для растений рода мята состав эфирного масла не является видоспецифичным, а некоторые вещества, содержащиеся в растительном сырье, могут оказывать на организм токсическое действие, для безопасного и эффективного их использования в терапевтических целях целесообразен контроль компонентного состава. Образцы мяты, в эфирном масле которых преобладают монотерпеновые спирты (ментол и линалоол), пригодны для лечебных целей [17]. Однако когда массовая доля кетонов (ментон и изоментон) превышает 40%, сырье не является лекарственным, оно становится токсичным [17]. Изучение компонентного состава растений рода мята также имеет важное практическое значение для поиска перспективных БАВ.

Важной фазой переработки растительного сырья является извлечение БАВ из растительной матрицы в жидкую фазу. Фармакопея РФ предусматривает гидродистилляцию для извлечения эфирного масла из мяты перечной. Интенсификации процесса экстракции ЭМК из растительного сырья посвящено достаточно большое число публикаций [18–22]. Широко обсуждаются такие эффективные способы извлечения ЭМК,

как субкритическая и сверхкритическая флюидная экстракция, а также различные схемы гидродистилляции с микроволновым, ультразвуковым и омическим воздействием. Субкритическая экстракция значительно сокращает время извлечения целевых компонентов из растительной матрицы [21, 22], а применение ацетона в качестве экстрагента позволяет избежать стадии переэкстракции перед газохроматографическим анализом [23]. Эффективность извлечения ЭМК при субкритической экстракции достигается благодаря протекающим в условиях повышенных температур и давлении процессам разрыва клеточной стенки растительной матрицы и снижению диэлектрической проницаемости используемого растворителя.

Сложный многокомпонентный состав экстрактов ограничивает применение ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопии для определения различных классов соединений [24]. БАВ по Фармакопее РФ определяют тонкослойной хроматографией дихлорметанового экстракта с применением стандартных образцов тимола и ментола [25], а европейская фармакопея устанавливает подлинность эфирных масел мяты перечной и мяты кучерявой методом газожидкостной хроматографии, при этом количественная оценка проводится внутренней нормализацией [26]. Стандартом мятного масла Европейская фармакопея определила эфирное масло английской мяты перечной, состав которого контролируется по 11 компонентам, основными из которых являются ментон (14.0–32.0%), изоментон (1.5–10.0%), ментол (30–55%), пулегон (не более 4%) [17]. Наиболее распространенным методом анализа экстрактов ЭМК является газовая хроматомасс-спектрометрия, широко применяемая для анализа эфирных масел [27, 28], позволяющая делить сложные смеси родственных по структуре эфирномасличных соединений и идентифицировать их с использованием библиотек масс-спектров.

Малоизученным фактором, влияющим на компонентный состав эфирных масел, являются климатические условия произрастания растений в различных географических регионах. Растения рода мята, произрастающие в различных районах юга России, практически не изучены, но часто используются для заготовки сырья для приготовления фитопрепаратов, эфирных масел, экстрактов, травяных сборов.

Цель данной работы – изучение компонентного состава экстрактов растений рода мята, формируемого различными условиями ее произрастания.

Экспериментальная часть

Объектами исследования были собранные в 2023 году в фазу цветения образцы растительного сырья (табл. 2).

Собранный растительный материал сушили воздушно-теньевым способом при комнатной температуре, затем измельчали и просеивали согласно рекомендациям Фармакопеи РФ [25]. Экстракцию эфирномасличных компонентов проводили в субкритических условиях на экспериментальной установке, собранной на базе жидкостного хроматографа и состоящей из насоса для подачи экстрагента LC20AD (Shimadzu, Япония), печи-термостата ЛХМ-80 (НПО «Хроматограф», СССР), ячейки для экстрагирования, в качестве которой использовали пустую стальную хроматографическую колонку, ограничителя противодавления P-455 (Upchurch Scientific, США), капилляров для предварительного нагрева экстрагента и охлаждения экстракта [29]. Навеску измельченного сухого растительного материала помещали в экстракционную ячейку, которую устанавливали в печь-термостат. До проведения экстракции экстрагент (ацетон) предварительно продували азотом 5 мин до полного удаления растворенного кислорода и помещали в емкость для растворителя. Оптимальная температура субкритической экстракции ЭМК ацетоном из растений рода мята была установлена ранее [23]. Экстракционную ячейку заполняли экстрагентом и нагревали для образцов мяты перечной и мяты колосистой до 150 °С, а мяты длиннолистной – до 120 °С. По достижении заданной температуры систему выдерживали в течение нескольких минут при выключенном потоке экстрагента и затем при скорости потока растворителя 1 мл/мин отбирали 5 мл экстракта. Полученные экстракты анализировали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Разделение анализов проводили на кварцевой капиллярной колонке HP-ULTRA 1 (50 м × 0.20 мм, 0.33 мкм) (Agilent Technologies, США) в режиме программируемого нагрева колонки: 50 °С в течение 3 мин, линейный подъем температуры до 210 °С со скоростью 8 °С/мин, выдерживание при данной температуре в течение 12 мин, линейный подъем температуры до 290 °С со скоростью 8 °С/мин и выдерживание при данной температуре в течение 15 мин. Объем вводимой пробы – 1 мкл. Режим ввода – с делением потока 1 : 5. Температура термостата колонки – 50 °С, инжектора – 260 °С. В качестве газа-носителя использовали гелий при линейной скорости потока 25.1 см/мин. Ионизация осуществлялась электронным ударом (электронная ионизация)

с энергией 70 эВ. Параметры работы масс-спектрометра: температура ионного источника – 200 °С, температура интерфейса – 280 °С, напряжение на детекторе – 1.2 кВ, режим сканирования – SCAN, скорость сканирования – 1250 а.е.м/с, диапазон сканируемых масс – 34–600 m/z.

Идентификацию ЭМК проводили с использованием стандартных образцов 1,8-цинеола, β-линалоола, камфоры, β-туйона, а также сопоставлением полученных масс-спектров с имеющимися в библиотеках NIST05 и WILEY8 данными при вероятности совпадений не менее 80%. Количественную оценку содержания аналитов проводили методом внутренней нормализации. Иерархический кластерный анализ проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica-12».

Обсуждение результатов

В полученных экстрактах мяты перечной идентифицировали около 30 веществ. Основными компонентами экстрактов образцов мяты перечной были DL-Ментон (44–49%), Пиперитон (3–9%), Пулегон (7.9–8.4%), β-Элемен (1.6–4.6%), β-Кариофиллен (2.2–2.5%) (рис. 1). Доминирующими компонентами эфирного масла мяты перечной были ментол, ментон, 1,8-цинеол, пулегон и пиперитон (табл. 1), а преобладание ментона в эфирном масле подтверждает принадлежность образца к российским сортам [30].

Таблица 2. Исследуемые образцы мяты*

Характеристика образца	Вид мяты				
	Мята перечная		Мята длиннолистная		Мята колосистая
Происхождение, производитель	«Травы Кавказа»	«Мариславна»	Биологическая станция «Камышанова поляна» им. В.Я. Нагалецкого КубГУ	Ботанический сад КубГУ	Майкоп
Место произрастания	Краснодарский край, Горячий Ключ	Республика Адыгея, Майкоп	Краснодарский край, Апшеронский район	Краснодарский край, Краснодар	Республика Адыгея, Майкоп
Высота произрастания растения над уровнем моря, м	415	224	1200	36	224
Среднегодовая температура воздуха и относительная влажность воздуха	+16.6 °С 70–78%	+11.3 °С 72%	+10.5 °С 74–83%	+13.4 °С 71%	+11.3 °С 72%

*Уточнение видовой принадлежности растений, собранных самостоятельно, проводилось сотрудниками биологического факультета КубГУ.

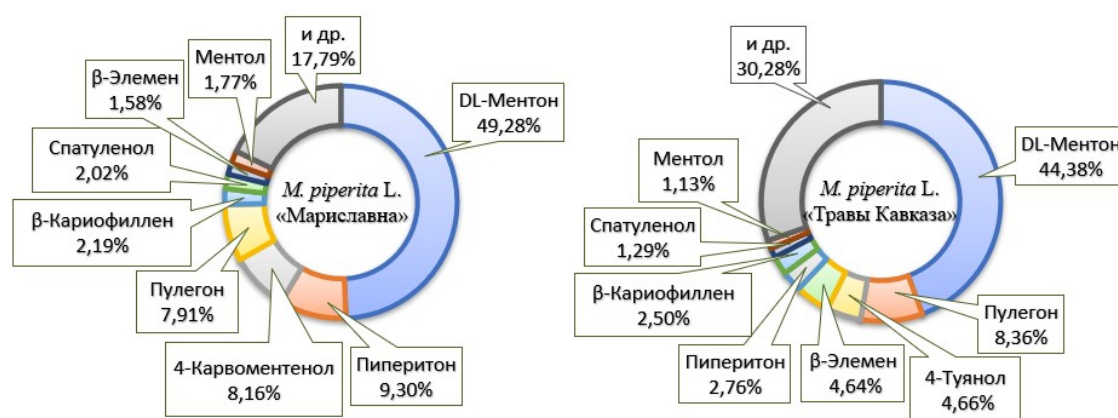


Рис. 1. ЭМК ацетоновых экстрактов образцов мяты перечной производителей «Травы Кавказа» и «Мариславна», полученных субкритической экстракцией при 150 °С

Хроматографические профили ацетоновых экстрактов образцов мяты перечной производителей «Травы Кавказа» и «Мариславна», полученных субкритической экстракцией, схожи друг с другом (см. Электронное приложение), что говорит об их принадлежности к одному виду и ментонному хемотипу. Полученные данные свидетельствуют о том, что на формирование компонентного состава образцов мяты перечной место произрастания не оказывало влияния, поскольку климатические условия и высота места их произрастания близки, разница в высоте составляла ~200 м.

Хроматографические профили экстрактов, полученных субкритической экстракцией ацетоном при 120 °С двух разных образцов мяты длиннолистной, оказались существенно разными (см. Электронное приложение). Полученные результаты подтверждают данные авторов [31] о том, что для вида *M. longifolia* (L.) характерно большее хемотипическое разнообразие. Всего в экстрактах этих образцов идентифицировали от 28 до 33 компонентов. Основными компонентами экстракта из образца мяты длиннолистной, выращенной на территории биологической станции «Камышанова поляна», были β -Линалоол, 4-Туянол, Линалилацетат, DL-Ментон. Судя по соотношению выделенных компонентов, данный образец принадлежит к линалоольно-линалилацетаному хемотипу (рис. 2). В экстракте образца мяты длиннолистной, выращенной в «Ботаническом саду КубГУ», основными компонентами были Дигидрокарвон, 1,8-Цинеол, Дигидрокарвилацетат, Пиперитон (рис. 2). Можно полагать, что различия в компонентном составе связаны с условиями произрастания, оказывающими значительное влияние на хроматографический профиль извлечений [32].

Для образца мяты длиннолистной, отобранного в Апшеронском районе Краснодарского края, на высоте 1200–1800 м над уровнем моря на территории биологической станции «Камышанова поляна», характерна высокая влажность произрастания растения. При этом средняя температура его произрастания ниже, чем для образца, расположенного в г. Краснодаре на территории «Ботанического сада КубГУ» и высоте 36 м над уровнем моря, что могло вызвать подобные различия в содержаниях компонентов. Образец мяты длиннолистной, произрастающий в предгорных районах юга России, имеет более разнообразный компонентный состав и богат монотерпеновыми спиртами – ценными для фитотерапии компонентами.

В составе ацетонового экстракта мяты колосистой идентифицировали 29 компонентов (см. Электронное приложение). Основными ЭМК экстракта мяты колосистой, собранной в г. Майкопе, были монотерпеновые спирты: Туянол-4, 1,8-Цинеол, *цис*-Сабиненгидрат ацетат, Сабинен (рис. 3).

Основными компонентами эфирного масла мяты колосистой являются карвон и его изомеры [10, 33], но, по данным [34], существует несколько хемотипов мяты колосистой с различными основными компонентами, в том числе монотерпеновыми спиртами. Этот класс соединений представляет несомненный интерес для целей фитотерапии, так как его представители проявляют антиоксидантное, противоопухолевое, противодиабетическое [35], бактерицидное, противовирусное действие [36].

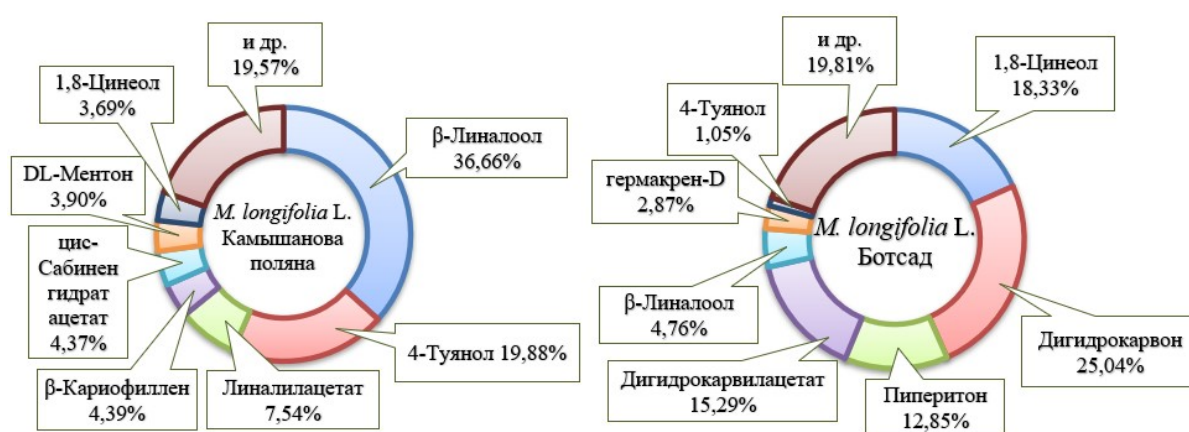
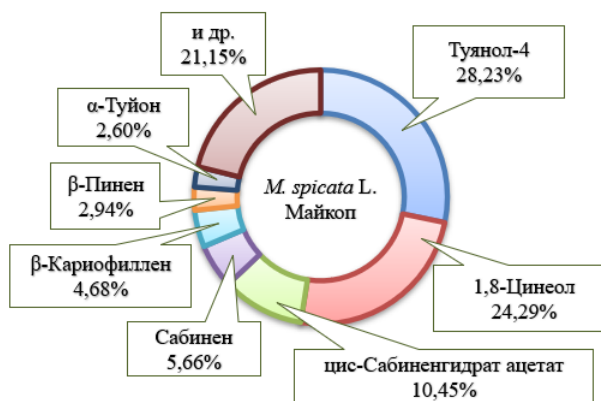


Рис. 2. ЭМК ацетоновых экстрактов образцов мяты длиннолистной, собранных на территории биологической станции «Камышанова поляна» и в Ботаническом саду КубГУ, полученных субкритической экстракцией при 120 °С

Рис. 3. ЭМК в ацетоновом экстракте образца мяты колосистой, собранного в Ботаническом саду КубГУ, полученном субкритической экстракцией при 150 °С



Хотя количественная выборка представленных данных по компонентному составу экстрактов растений рода мята, произрастающих в различных климатических условиях юга России, весьма непредставительна, предприняли попытку провести многофакторный анализ результатов по содержанию ЭМК с использованием кластерного анализа [37]. Каждый исследуемый объект характеризовался определенным положением в многомерном пространстве, а схожие объекты образовывали в этом пространстве кластер. Для объединения или связывания двух кластеров использовали метод Варда, который определяет расстояние между кластерами, и направлен на объединение наиболее близко расположенных кластеров с использованием величины внутригрупповой суммы квадратов отклонений [38]. Дендрограмма, построенная на основе идентифицированных компонентов экстрактов мяты, представлена на рисунке 4.

Анализ дендрограммы позволил объединить 5 исследуемых образцов мяты в три кластера. Два образца мяты перечной были сгруппированы в один кластер по признакам схожего компонентного состава экстрактов, условий произрастания, принадлежности к одному виду и хемотипу. По характеру распределения образцов мяты в кластерах можно увидеть, что внутри вида мяты длиннолистной существует химическое разнообразие, а также сходство между видами мяты длиннолистной и мяты колосистой. Один из двух образцов мяты длиннолистной, произрастающий в предгорной местности, был помещен в отдельный кластер из-за отличий в составе экстракта, которые связаны с различными условиями произрастания, несмотря на принадлежность образцов к одному виду. Образец мяты длиннолистной из ботанического сада КубГУ был сгруппирован в один кластер с образцом мяты колосистой из г. Майкопа.

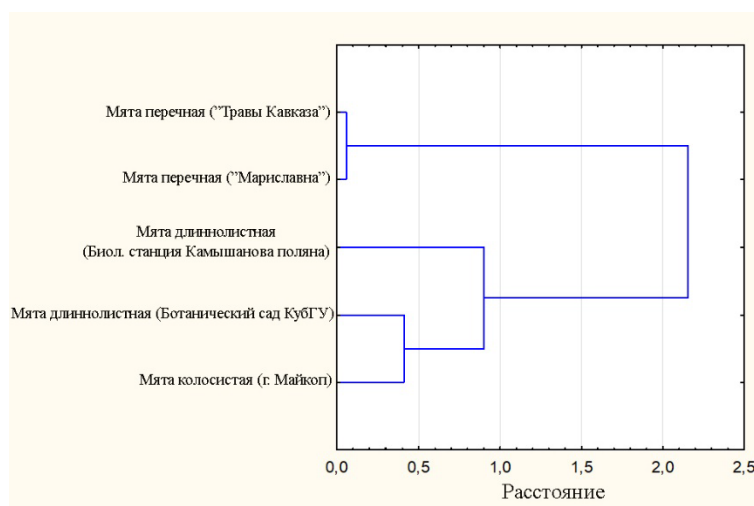


Рис. 4. Дендрограмма, полученная кластерным анализом состава экстрактов пяти образцов мяты

Выводы

Изучен компонентный состав субкритических ацетоновых экстрактов пяти образцов мяты, произрастающих в различных климатических условиях юга России. Полученные результаты позволяют заключить,

что формирование компонентного состава растений рода мята зависит от условий произрастания и не определяется геномом вида. Для полного утверждения данного заключения планируется исследовать более представительное количество образцов, произрастающих в различных климатических условиях.

Сравнительный анализ компонентного состава экстрактов образцов мяты показал, что два образца мяты перечной (*Mentha piperita* L.) имели схожий состав и отнесены к ментонному хемотипу. Установлено влияние высоты произрастания образцов мяты на компонентный состав экстрактов данных растений. Мажорные эфирномасляные компоненты образцов мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* L.) с различных территорий произрастания растений сильно отличались. Образец *Mentha longifolia* L., произрастающий на высоте 1200–1800 м над уровнем моря, содержал ценные для фитотерапии монотерпеновые спирты (β -линалиол, 4-туянол) и относится к линалиолольному хемотипу. Основными компонентами экстракта *Mentha longifolia* L., произрастающей на высоте 36 м над уровнем моря, были дигидрокарвон, 1,8-цинеол, дигидрокарвилацетат. Можно отметить высокие содержания монотерпеновых спиртов (туянол-4, 1,8-цинеол) в образце мяты колосистой, г. Майкоп, что может представлять интерес для его практического использования в фито- и ароматерапии.

Методом иерархического кластерного анализа пять образцов мяты распределены в три кластера. Два образца мяты перечной были сгруппированы в один кластер по признакам схожего компонентного состава экстрактов, условий произрастания, принадлежности к одному виду и хемотипу. Образцы мяты колосистой и мяты длиннолистной, произрастающей на высоте 36 м над уровнем моря, объединены в другой кластер, а образец мяты длиннолистной, произрастающий в предгорной местности, выделен отдельно.

Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <http://www.doi.org/10.14258/jcprm.20250115376s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Кубанского государственного университета и Субтропического научного центра Российской академии наук. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Jedrzejczyk I., Rewers M. Genome size and ISSR markers for *Mentha* L. (*Lamiaceae*) genetic diversity assessment and species identification // *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 120. Pp. 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.062>.
2. Nayak P., Kumar T., Gupta A., Joshi N. Peppermint a medicinal herb and treasure of health: A review // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9, no. 3. Pp. 1519–1528. <https://doi.org/10.22271/PHYTO.2020.V9.I3Y.11525>.
3. Kowalczyk A., Piątkowska E., Kuś P., Marijanović Z., Jerković I., Tuberoso C.I.G., Fecka I. Volatile compounds and antibacterial effect of commercial mint cultivars – chemotypes and safety // *Industrial Crops and Products*. 2021. Vol. 166. 113430. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113430>.
4. Kubatova A., Lagadec A.J.M., Miller D.J., Hawthorne S.B. Selective extraction of oxygenates from savory and peppermint using subcritical water // *Flavour and Fragrance Journal*. 2001. Vol. 16, no. 1. Pp. 64–73. [https://doi.org/10.1002/1099-1026\(200101/02\)16:1<64::AID-FFJ949>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1099-1026(200101/02)16:1<64::AID-FFJ949>3.0.CO;2-D).
5. Beigi M., Torki-Harchegani M., Ghasemi Pirbalouti A. Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha × piperita* L.) leaves under different drying methods // *International Journal of Food Properties*. 2018. Vol. 21, no. 1. Pp. 267–276. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1453839>.
6. Taherpour A.A., Khaef S., Yari A., Nikeafshar S., Fathi M., Ghambari S. Chemical composition analysis of the essential oil of *Mentha piperita* L. from Kermanshah, Iran by hydrodistillation and HS/SPME methods // *Journal of Analytical Science and Technology*. 2017. Vol. 8, no. 1. P. 11. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0122-0>.

7. Хлыпенко Л.А., Феськов С.А. Хемотипическое разнообразие видов рода *Mentha* L. в коллекции ароматических и лекарственных растений Никитского ботанического сада // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2018. №146.
8. Asghari B., Zengin G., Bahadori M.B., Abbas-Mohammadi M., Dinparast L. Amylase, glucosidase, tyrosinase, and cholinesterases inhibitory, antioxidant effects, and GC-MS analysis of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha*) essential oil: A natural remedy // European Journal of Integrative Medicine. 2018. Vol. 22. Pp. 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2018.08.004>.
9. Bai X., Aimila A., Aidarhan N., Duan X., Maiwulanjiang M. Chemical constituents and biological activities of essential oil from *Mentha longifolia*: effects of different extraction methods // International Journal of Food Properties. 2020. Vol. 23, no. 1. Pp. 1951–1960. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1833035>.
10. Alsaraf S., Hadi Z., Akhtar M.J., Khan S.A. Chemical profiling, cytotoxic and antioxidant activity of volatile oil isolated from the mint (*Mentha spicata* L.) grown in Oman // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. Vol. 34. 102034. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102034>.
11. Soković M., Vukojević J., Marin P., Brkić D., Vajs V., Van Griensven L. Chemical Composition of Essential Oils of Thymus and Mentha Species and Their Antifungal Activities // Molecules. 2009. Vol. 14, no. 1. Pp. 238–249. <https://doi.org/10.3390/molecules14010238>.
12. Muruganathan U., Srinivasan S. Beneficial effect of carvone, a dietary monoterpene ameliorates hyperglycemia by regulating the key enzymes activities of carbohydrate metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2016. Vol. 84. Pp. 1558–1567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.11.025>.
13. Kharoubi R., Rehim N., Khaldi R., Haouari-Abderrahim J., Soltani N. Phytochemical Screening and Insecticidal Activities of Essential oil of *Mentha x piperita* L. (Lamiales: Lamiaceae) and their Enzymatic Properties against Mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2021. Vol. 24, no. 1. Pp. 134–146. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1888158>.
14. Louni M., Shakarami J., Negahban M. Insecticidal efficacy of nanoemulsion containing *Mentha longifolia* essential oil against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) // Journal of Crop Protection. 2018. Vol. 7, no. 2. Pp. 171–182.
15. Messaoudi M., Rebiai A., Sawicka B., Atanassova M., Ouakouak H., Larkem I., Egbuna C., Awuchi C.G., Boubekeur S., Ferhat M.A., Begaa S., Benchikha N. Effect of Extraction Methods on Polyphenols, Flavonoids, Mineral Elements, and Biological Activities of Essential Oil and Extracts of *Mentha pulegium* L. // Molecules. 2021. Vol. 27, no. 1. P. 11. <https://doi.org/10.3390/molecules27010011>.
16. Bakerink J.A., Gospe S.M., Dimand R.J., Eldridge M.W. Multiple Organ Failure After Ingestion of Pennyroyal Oil From Herbal Tea in Two Infants // Pediatrics. 1996. Vol. 98, no. 5. Pp. 944–947. <https://doi.org/10.1542/peds.98.5.944>.
17. Хлыпенко Л.А., Феськов С.А. К вопросу о компонентном составе эфирного масла *Mentha longifolia* (L.) Huds. // Медицина и здравоохранение: материалы V Международной научной конференции. Казань, 2017. С. 24–30.
18. Pavlić B., Teslić N., Zengin G., Đurović S., Rakić D., Cvetanović A., Gunes A.K., Zeković Z. Antioxidant and enzyme-inhibitory activity of peppermint extracts and essential oils obtained by conventional and emerging extraction techniques // Food Chemistry. 2021. Vol. 338. 127724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127724>.
19. Katekar V.P., Rao A.B., Sardeshpande V.R. A hydrodistillation-based essential oils extraction: A quest for the most effective and cleaner technology // Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2023. Vol. 36. 101270. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101270>.
20. Gavahian M., Farahnaky A., Farhoosh R., Javidnia K., Shahidi F. Extraction of essential oils from *Mentha piperita* using advanced techniques: Microwave versus ohmic assisted hydrodistillation // Food and Bioprocess Technology. 2015. Vol. 94. Pp. 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.003>.
21. Платонов И.А., Павлова Л.В., Новикова Е.А., Никитченко Н.В., Рошупкина И.Ю. Извлечение биологически активных соединений из лекарственного растительного сырья экстрагентами в субкритическом состоянии // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т. 50, №6. С. 633–639. <https://doi.org/10.7868/S0044185614060175>.
22. Chiou T.-Y., Konishi M., Nomura S., Shimotori Y., Murata M., Ohtsu N., Kohari Y., Nagata Y., Saitoh T. Recovery of Mint Essential Oil through Pressure-releasing Distillation during Subcritical Water Treatment // Food Science and Technology Research. 2019. Vol. 25, no. 6. Pp. 793–799. <https://doi.org/10.3136/fstr.25.793>.
23. Назарова Д.В., Темердашев З.А., Виноцкая Е.А., Киселева Н.В., Нагалецкий М.В. Сравнительный анализ химического состава экстрактов из образцов растений рода *Mentha* L. после гидроdistилляции и субкритической экстракции методом газовой хромато-масс-спектрометрии // Журнал аналитической химии. 2023. Т. 78, №9. С. 837–847. <https://doi.org/10.31857/S0044450223090098>.
24. Писарев Д.И., Новиков О.О. Методы выделения и анализа эфирных масел // Научные ведомости БелГУ. Сер. Медицина. Фармация. 2012. №10(129). С. 25.
25. ФС.2.5.0029.15 Мята перечной листья // Государственная Фармакопея Российской Федерации, 14 изд. М., 2018. С. 6284–6292.
26. Сегуру Н.В., Рудакова И.П., Вандышев В.В., Самылина И.А. Методы контроля качества эфирных масел // Фармация. 2005. №3. С. 3–5.
27. Can Başer K.H., Özek T. Gas chromatographic analysis of essential oils // Gas Chromatography. Elsevier, 2012. Pp. 675–682. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820675-1.00040-X>.
28. Marriott P.J., Shellie R., Cornwell C. Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils // Journal of Chromatography A. 2001. Vol. 936, no. 1-2. Pp. 1–22. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01314-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01314-0).

29. Милевская В.В., Статкус М.А., Темердашев З.А., Киселева Н.В., Бутыльская Т.С., Шилько Е.А. Экстракция и определение биологически активных компонентов зверобоя и препаратов на его основе // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71, №7. С. 768. <https://doi.org/10.7868/S0044450216070136>.
30. Оленников Д.Н., Дударева Л.В. Химический состав и антирадикальная активность эфирного масла российских образцов *Mentha piperita* L. // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 109–114.
31. Шевчук О.М., Феськов С.А. Хемотипическое разнообразие эфирного масла *Mentha longifolia* (L.) // Бюллетень ГНБС. 2021. №140. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-140-130-139>.
32. Temerdashev Z., Vinitskaya E., Meshcheryakova E., Shpigun O. Chromatographic analysis of water and water-alcohol extracts of *Echinacea purpurea* L. obtained by various methods // Microchemical Journal. 2022. Vol. 179. 107507. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107507>.
33. Первова М.Г., Мисриханова А.С., Саморукова М.А., Салоутин В.И. Газохроматографическое исследование терпенового и жирнокислотного состава мяты колосовой, произрастающей на Среднем Урале // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 173–181. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210600>.
34. Baser K.H.C., Kürkçüoğlu M., Tarımcılar G., Kaynak G. Essential Oils of *Mentha* Species from Northern Turkey // Journal of Essential Oil Research. 1999. Vol. 11, no. 5. Pp. 579–588. <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9701218>.
35. Touhtouh J., Laghmari M., Benali T., Aanniz T., Lemhadri A., Akhazzane M., Habbadi K., Bouyahya A., Zengin G., Hammani K. Determination of the antioxidant and enzyme-inhibiting activities and evaluation of selected terpenes' ADMET properties: in vitro and in silico approaches // Biochemical Systematics and Ecology. 2023. Vol. 111. 104733. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104733>.
36. Deen J.I., Zawad A.N.M.S., Uddin M., Chowdhury M.A.H., Al Araby S.Q., Rahman Md.A. Terpinen-4-ol, A volatile terpene molecule, extensively electrifies the biological systems against the oxidative stress-linked pathogenesis // Advances in Redox Research. 2023. Vol. 9. 100082. <https://doi.org/10.1016/j.arres.2023.100082>.
37. Круглов Д.С., Круглова М.Ю. Микроэлементный состав растений рода *Filipendula* из различных мест произрастания // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. №4 (106). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.106.4.025>.
38. Иванищев В.В. О возможностях применения метода кластерного анализа к результатам физиолого-биохимических исследований растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2018. №1. С. 69–76.

Поступила в редакцию 21 июня 2024 г.

После переработки 26 июля 2024 г.

Принята к публикации 23 сентября 2024 г.

Temerdashev Z.A.¹, Nazarova D.V.^{1*}, Vinitskaya Ye.A.², Kiseleva N.V.¹, Nagalevskiy M.V.¹ ESSENTIAL OIL COMPONENTS OF EXTRACTS OF PLANTS OF THE *MENTHA* GENUS GROWING IN VARIOUS REGIONS OF SOUTHERN RUSSIA

¹ Kuban State University, Stavropolskaya st., 149, Krasnodar, 350062, Russia, nazarovadv1999@gmail.com

² Federal Research Center Subtropical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Yana Fabritsiusa st., 2/28, Sochi, 354002, Russia

The component composition of subcritical acetone extracts from five samples of mint plants grown in the south of Russia under different climatic conditions was analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A comparative analysis of the mint extract components revealed that two samples of *Mentha piperita* (L.), or peppermint, had a similar composition and could be classified as menthonic chemotypes. Growing at an altitude between 1200 and 1800 meters above sea level, one sample of long-leaved mint, *Mentha longifolia* (L.), contained monoterpene alcohols such as β -linalool and 4-tuanol, which are valuable for phytotherapy, and was classified as a linalool chemotype. The major components of the long-leaved mint extract, grown at an altitude of only 36 meters above sea level, included dihydrocarvone, 1,8-cineole, and dihydrocarvil acetate. A high content of monoterpene alcohols, such as tuanol-4 and 1,8-cineol, was found in a sample of spearmint grown in Maykop. This may be of potential interest for practical applications in phyto- and aromatherapy. Using hierarchical cluster analysis, five mint samples were divided into three groups. The results obtained allow us to preliminarily conclude that the formation of the component composition of plants of the mint genus depends on the growing conditions and is not determined by the genome of the species.

Keywords: mint, *Mentha*, subcritical extraction, essential oil components, hierarchical cluster analysis.

For citing: Temerdashev Z.A., Nazarova D.V., Vinitskaya Ye.A., Kiseleva N.V., Nagalevskiy M.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 1, pp. 146–156. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250115376>.

* Corresponding author.

References

- Jedrzejczyk I., Rewers M. *Industrial Crops and Products*, 2018, vol. 120, pp. 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.062>.
- Nayak P., Kumar T., Gupta A., Joshi N. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2020, vol. 9, no. 3, pp. 1519–1528. <https://doi.org/10.22271/PHYTO.2020.V9.I3Y.11525>.
- Kowalczyk A., Piątkowska E., Kuś P., Marijanović Z., Jerković I., Tuberoso C.I.G., Fecka I. *Industrial Crops and Products*, 2021, vol. 166, 113430. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113430>.
- Kubatova A., Lagadec A.J.M., Miller D.J., Hawthorne S.B. *Flavour and Fragrance Journal*, 2001, vol. 16, no. 1, pp. 64–73. [https://doi.org/10.1002/1099-1026\(200101/02\)16:1<64::AID-FFJ949>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1099-1026(200101/02)16:1<64::AID-FFJ949>3.0.CO;2-D).
- Beigi M., Torki-Harchegani M., Ghasemi Pirbalouti A. *International Journal of Food Properties*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 267–276. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1453839>.
- Taherpour A.A., Khaef S., Yari A., Nikeafshar S., Fathi M., Ghambari S. *Journal of Analytical Science and Technology*, 2017, vol. 8, no. 1, p. 11. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0122-0>.
- Khlypenko L.A., Fes'kov S.A. *Biologiya rasteniy i sadovodstvo: teoriya, innovatsii*, 2018, no. 146. (in Russ.).
- Asghari B., Zengin G., Bahadori M.B., Abbas-Mohammadi M., Dinparast L. *European Journal of Integrative Medicine*, 2018, vol. 22, pp. 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2018.08.004>.
- Bai X., Aimila A., Aidarhan N., Duan X., Maiwulanjiang M. *International Journal of Food Properties*, 2020, vol. 23, no. 1, pp. 1951–1960. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1833035>.
- Alsaraf S., Hadi Z., Akhtar M.J., Khan S.A. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2021, vol. 34, 102034. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102034>.
- Soković M., Vukojević J., Marin P., Brkić D., Vajs V., Van Griensven L. *Molecules*, 2009, vol. 14, no. 1, pp. 238–249. <https://doi.org/10.3390/molecules14010238>.
- Muruganathan U., Srinivasan S. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2016, vol. 84, pp. 1558–1567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.11.025>.
- Kharoubi R., Rehim N., Khaldi R., Haouari-Abderrahim J., Soltani N. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 134–146. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1888158>.
- Louni M., Shakarami J., Negahban M. *Journal of Crop Protection*, 2018, vol. 7, no. 2, pp. 171–182.
- Messaoudi M., Rebiai A., Sawicka B., Atanassova M., Ouakouak H., Larkem I., Egbuna C., Awuchi C.G., Boubekeur S., Ferhat M.A., Begaa S., Benchikha N. *Molecules*, 2021, vol. 27, no. 1, p. 11. <https://doi.org/10.3390/molecules27010011>.
- Bakerink J.A., Gospe S.M., Dimand R.J., Eldridge M.W. *Pediatrics*, 1996, vol. 98, no. 5, pp. 944–947. <https://doi.org/10.1542/peds.98.5.944>.
- Khlypenko L.A., Fes'kov S.A. *Meditisina i zdravookhraneniye: materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. [Medicine and Healthcare: Proceedings of the V International Scientific Conference]. Kazan', 2017, pp. 24–30. (in Russ.).
- Pavlić B., Teslić N., Zengin G., Đurović S., Rakić D., Cvetanović A., Gunes A.K., Zeković Z. *Food Chemistry*, 2021, vol. 338, 127724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127724>.
- Katekar V.P., Rao A.B., Sardeshpande V.R. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 2023, vol. 36, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101270>.
- Gavahian M., Farahnaky A., Farhoosh R., Javidnia K., Shahidi F. *Food and Bioprocess Technology*, 2015, vol. 94, pp. 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.003>.
- Platonov I.A., Pavlova L.V., Novikova Ye.A., Nikitchenko N.V., Roshchupkina I.Yu. *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov*, 2014, vol. 50, no. 6, pp. 633–639. <https://doi.org/10.7868/S0044185614060175>. (in Russ.).
- Chiou T.-Y., Konishi M., Nomura S., Shimotori Y., Murata M., Ohtsu N., Kohari Y., Nagata Y., Saitoh T. *Food Science and Technology Research*, 2019, vol. 25, no. 6, pp. 793–799. <https://doi.org/10.3136/fstr.25.793>.
- Nazarova D.V., Temerdashev Z.A., Vinitskaya Ye.A., Kiseleva N.V., Nagalevskiy M.V. *Zhurnal analiticheskoy khimii*, 2023, vol. 78, no. 9, pp. 837–847. <https://doi.org/10.31857/S0044450223090098>. (in Russ.).
- Pisarev D.I., Novikov O.O. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Ser. Meditsina. Farmatsiya*, 2012, no. 10(129), p. 25. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, 14 izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th edition.]. Moscow, 2018, pp. 6284–6292. (in Russ.).
- Seguru N.V., Rudakova I.P., Vandyshev V.V., Samylina I.A. *Farmatsiya*, 2005, no. 3, pp. 3–5. (in Russ.).
- Can Başer K.H., Özek T. *Gas Chromatography*. Elsevier, 2012, pp. 675–682. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820675-1.00040-X>.
- Marriott P.J., Shellie R., Cornwell C. *Journal of Chromatography A*, 2001, vol. 936, no. 1-2, pp. 1–22. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01314-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01314-0).
- Milevskaya V.V., Statkus M.A., Temerdashev Z.A., Kiseleva N.V., Butyl'skaya T.S., Shil'ko Ye.A. *Zhurnal analiticheskoy khimii*, 2016, vol. 71, no. 7, p. 768. <https://doi.org/10.7868/S0044450216070136>. (in Russ.).
- Olenikov D.N., Dudareva L.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 109–114. (in Russ.).
- Shevchuk O.M., Fes'kov S.A. *Byulleten' GNBS*, 2021, no. 140. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-140-130-139> (in Russ.).

32. Temerdashev Z., Vinitskaya E., Meshcheryakova E., Shpigun O. *Microchemical Journal*, 2022, vol. 179, 107507. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107507>.
33. Pervova M.G., Misrikhanova A.S., Samorukova M.A., Saloutin V.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 2, pp. 173–181. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210600>. (in Russ.).
34. Baser K.H.C., Kürkçüoğlu M., Tarımcılar G., Kaynak G. *Journal of Essential Oil Research*, 1999, vol. 11, no. 5, pp. 579–588. <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9701218>.
35. Touhtouh J., Laghmari M., Benali T., Aanniz T., Lemhadri A., Akhazzane M., Habbadi K., Bouyahya A., Zengin G., Hammani K. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2023, vol. 111, 104733. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104733>.
36. Deen J.I., Zawad A.N.M.S., Uddin M., Chowdhury M.A.H., Al Araby S.Q., Rahman Md.A. *Advances in Redox Research*, 2023, vol. 9, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.arres.2023.100082>.
37. Kruglov D.S., Kruglova M.Yu. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2021, no. 4 (106). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.106.4.025>. (in Russ.).
38. Ivanishchev V.V. *Izvestiya TulGU. Yestestvennyye nauki*, 2018, no. 1. (in Russ.).

Received June 21, 2024

Revised July 26, 2024

Accepted September 23, 2024

Сведения об авторах

Темердашев Зауаль Ахлоович – доктор химических наук, заведующий кафедрой аналитической химии, temZA@kubsu.ru

Назарова Дарья Вячеславовна – аспирант, nazarovadv1999@gmail.com

Виницкая Елена Александровна – кандидат химических наук, младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии и природных процессов, elenashilko94@gmail.com

Киселева Наталья Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии, lab284b@mail.ru

Нагалеvский Михаил Владимирович – кандидат биологических наук, декан биологического факультета, заведующий кафедрой биологии и экологии растений, bio@kubsu.ru

Information about authors

Temerdashev Zauval Akhloovich – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Department of Analytical Chemistry, temZA@kubsu.ru

Nazarova Darya Vyacheslavovna – Postgraduate Student, nazarovadv1999@gmail.com

Vinitskaya Elena Aleksandrovna – Candidate of Chemical Sciences, Junior Researcher at the Laboratory of Geoecology and Natural Processes, elenashilko94@gmail.com

Kiseleva Natalya Vladimirovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Analytical Chemistry, lab284b@mail.ru

Nagalevskiy Mikhail Vladimirovich – Candidate of Biological Sciences, Dean of the Faculty of Biology, Head of the Department of Plant Biology and Ecology, bio@kubsu.ru