

the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2016. 1368 s. (In Russ.)

15. Terletskaia VA, Lukashov RI, Povydysh MN, Zhokhova EV. Comparative analysis of predicted *in silico* and experimentally established pharmacological activity of biologically active substances of plants of the genus *Lamium*. Retsept. 2023;26(1):36–44. doi: 10.34883/PI.2023.26.1.003. (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

220083, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83, корп. 15,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
кафедра фармацевтической химии с курсом
повышения квалификации и переподготовки
тел. 8(017)2794217,
e-mail: pharmtic@bsmu.by,
Терлецкая В. А.

Поступила 18.12.2024 г.

УДК 547.913: 615.28

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.4.65>

Е. В. Феськова, Д. А. Палишкина, О. С. Игнатовец, В. Н. Леонтьев

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЙ РОДА *Satureja*, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь**

Satureja – род ароматических растений семейства Яснотковые, отличающийся разнообразным химическим составом, благодаря которому определяются его фармакологические и фитохимические свойства. В настоящей работе представлены результаты определения компонентного состава эфирного масла, выделенного из надземной части *Satureja montana* L. (чабер горный) и *Satureja hortensis* L. (чабер садовый) из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В изученных образцах идентифицированы 22 компонента эфирного масла, основными из которых для *Satureja montana* L. являются карвакрол (57,56%), *n*-цимен (18,68%), для *Satureja hortensis* L. – карвакрол (44,41%), γ -терпинен (27,82%), *n*-цимен (14,64%). Около 3% β -пинена обнаружено в эфирном масле *Satureja montana* L. Также в работе проведен сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла растений рода *Satureja*, культивируемых в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси и других агроклиматических зонах. Установлена антимикробная активность эфирного масла изучаемых видов в отношении таких санитарно-показательных микроорганизмов, как *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H2, *Candida albicans*. Результаты исследований подтверждают перспективность использования растений рода *Satureja* для разработки фитопрепаратов с противомикробными свойствами.

Ключевые слова: чабер горный, чабер садовый, эфирное масло, карвакрол, *n*-цимен, γ -терпинен, антимикробная активность.

ВВЕДЕНИЕ

В государственной фармакопее Республики Беларусь в разделе «Частные фармакопейные статьи на лекарственное растительное сырье» присутствует описание 184 видов лекарственных растений, принадлежащих к 55 семействам. Большинство из растений относятся к семейству Розовые (*Rosaceae*) – 38 видов, Астровые (*Asteraceae*) – 20 видов,

Яснотковые (*Lamiaceae*) – 14 видов, Бобовые (*Fabaceae*) – 9 видов и Зонтичные (*Apiaceae*) – 7 видов [1].

Одним из наиболее широко используемых в фармацевтической практике и фитохимически изученных представителей лекарственных растений является семейство Яснотковые (*Lamiaceae*). Оно включает в себя по разным данным от 227 до 236 родов и от 6900 до 7200 видов и распространено почти по всему земному шару [2–4].

Растения данного семейства являются очень важным источником эфирных масел и других биологически активных веществ. Эфирные масла *Lamiaceae* богаты терпенами, особенно монотерпенами, которые составляют иногда более 95% от их состава. В качестве основных компонентов эфирного масла монотерпены присутствуют в растениях рода Чабер [5, 6].

Род *Satureja* относится к подсемейству котовниковые (*Nepetoideae*) и насчитывает более 30 видов. Он является эндемиком Ближнего Востока, обнаружен в восточном Средиземноморье. Растения данного рода используются в народной медицине для лечения широкого спектра заболеваний [7]. Род *Satureja* отличается весьма разнообразным химическим составом, благодаря которому определяются его фармакологические и фитохимические свойства. Помимо различных биологических свойств, особенно антиоксидантных, антибактериальных и противогрибковых, данный род также обладает потенциальной противовирусной активностью [5]. В литературе приведены сведения о биологическом действии и практическом применении чабера горного (*Satureja montana* L.) и чабера садового (*Satureja hortensis* L.). Перечисленные растения имеют широкое распространение в Европейском регионе и обладают разнообразным спектром фарма-

кологической активности [8–10].

Эфирные масла – это сложная смесь летучих веществ, получаемая из растительного сырья. Они веками использовались в медицине, сельском хозяйстве и других областях промышленности благодаря широкому спектру биологической активности (антимикробные, противовирусные, противовоспалительные, антиоксидантные, анальгезирующие, релаксирующие, фунгицидные свойства). Благодаря липофильности и небольшому размеру молекул компоненты эфирных масел легко проникают через биологические мембраны и оказывают терапевтическое действие. В настоящее время проводятся исследования по использованию эфирных масел для лечения вирусных инфекций, профилактики рака и воспалительных заболеваний [11, 12].

Состав эфирного масла зависит от многих факторов (вид и части растения, из которого оно получено, состав почвы, на которой произрастало растение, время сбора урожая, фаза вегетативного цикла, метод экстракции эфирного масла, агроклиматическая зона и т. д.). Компоненты эфирного масла являются вторичными метаболитами и выполняют ароматическую, коммуникативную и защитную функции [11, 12].

В таблице 1 представлены данные по

Таблица 1. – Основные компоненты эфирного масла некоторых видов *Satureja*

Вид <i>Satureja</i>	Основные компоненты	Место произрастания
<i>Satureja hortensis</i> L.	карвакрол (32,38%), γ -терпинен (31,96%), тимол (9,96%) [13]	Иран
	γ -терпинен (22,5%), карвакрол (21,5%), тимол (15,5%) [14]	
	тимол (28,2%), п-цимен (19,6%), γ -терпинен (16,0%) [15]	
	карвакрол (43,9–59,2%), γ -терпинен (30,7–40,2%), α -терпинен (2,8–4%) [16]	
	карвакрол (33,7%), γ -терпинен (31,8%) [17]	Сербия
	карвакрол (46,7%), γ -терпинен (32,5%) [18]	Египет
	карвакрол (48,51%), γ -терпинен (36,63%) [19]	Турция
<i>Satureja montana</i> L.	тимол (40,54%), γ -терпинен (18,56%), карвакрол (13,98%) [20]	Алжир
	карвакрол (29,19%), тимол (15,41%), п-цимен (11,77%) [21]	Хорватия
	карвакрол (13,7%), п-цимен (11,8%), γ -терпинен (10,6%) [22]	
	карвакрол (67,58–86,29%) [23]	Сербия
	1 – тимол (31,7%), карвакрол (23,3%) [24]; 2 – гераниол (22,3%), карвакрол (10,6%), терпинен-4-ол (10,3%) [24]	Босния и Герцеговина (1 – г. Требине, 2 – г. Коньиц)
	карвакрол (43,9%), п-цимен (15,3%) [25]	Италия
	карвакрол (86,56–94,61%) [26]	Португалия
карвакрол (45,76–58,32%), п-цимен (18,27–28,08%) [27]	Испания	

основным компонентам эфирного масла растений некоторых видов *Satureja* в зависимости от региона произрастания.

Как видно из таблицы 1, эфирное масло рассматриваемых растений имеет широкую вариабельность по содержанию основных компонентов, что подтверждает актуальность исследований, направленных на установление качественного и количественного состава эфирного масла для конкретной агроклиматической зоны.

В связи с вышеизложенным, целью работы являлось установление компонентного состава эфирных масел растений рода *Satureja* из коллекции ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ЦБС), а также определение их антимикробной активности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлась высушенная надземная часть *Satureja montana* L. ($w = 10,16\%$) и *Satureja hortensis* L. ($w = 9,62\%$). Сбор сырья осуществляли в сентябре 2023 года в фазу созревания семян.

Экстракцию эфирного масла отдельно из листьев и стеблей проводили методом перегонки с водяным паром. Измельченное сырье помещали в круглодонную колбу с добавлением воды очищенной (из расчета приблизительно 1 : 13) при нагревании в течение 1,5–2 ч. Эфирное масло собирали в приемник Гинзберга.

Компонентный состав полученного эфирного масла определяли методом газовой хроматографии на хроматографе Agilent 7820A GC (Agilent Technologies, США), оснащенный пламенно-ионизационным детектором, с использованием колонок ZB-WAX 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм (полиэтиленгликоль) и HP-5 30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм (5% фенил диметилполисилоксан), при градиентном режиме термостата. Объем вводимой пробы составлял 0,2 мкл.

Идентификацию компонентов эфирного масла проводили по временам удерживания стандартных веществ. Для количественного определения идентифицированных компонентов применяли метод внутренней нормализации без учета относительных поправочных коэффициентов.

Все измерения производили в трехкратной повторности.

Антимикробную активность эфирно-

го масла определяли методом диффузии в агар. В качестве тест-культур использовали санитарно-показательные микроорганизмы коллекции кафедры биотехнологии БГТУ: *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H2, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*. Суточную культуру микроорганизмов (0,1 мл) распределяли шпателем по поверхности подсушенной плотной питательной среды в чашке Петри. На поверхности инокулированных сред на расстоянии 1,5–2,0 см от края чашки на равном удалении друг от друга раскладывали стерильные бумажные диски диаметром 0,6 см. На диски наносили по 2 мкл растворов эфирного масла в 95%-ом этиловом спирте различной концентрации, выдерживали посевы при 4 °С в течение 4 ч с последующим инкубированием в термостате при 30 °С в течение 24 ч. По завершению определяли диаметр зон ингибирования. В качестве контроля использовали 95%-ый этиловый спирт. Эксперименты выполняли в трехкратной повторности. Для статистической обработки полученных результатов использовали программу Microsoft Office Excel 2016. Результаты представлены в виде среднего значения ± доверительный интервал по данным трех экспериментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эфирное масло удалось получить только из листьев исследуемых видов чабера, в стеблях эфирное масло отсутствовало.

В таблице 2 приведены результаты по определению компонентного состава эфирного масла из листьев исследуемых видов *Satureja*.

В изученных образцах идентифицировано 22 компонента. Компонентный состав у исследуемых видов чабера схож (преобладают п-цимен и карвакрол), за исключением того, что в образце эфирного масла, полученного из *Satureja hortensis* L., наблюдается достаточно высокое содержание γ -терпинена, а в эфирном масле *Satureja montana* L. содержится около 3% β -пинена.

Туйон, камфора, изопулегол, ментон, ментофуран, изоментон, ментол, метилхавикол, цитронеллол, нераль, анисовый альдегид и/или транс-анетол, гераниол, гераниаль, борнилацетат, терпинилацетат, эвгенол, α -гумулен (α -кариофиллен), кари-

Таблица 2. – Компонентный состав эфирного масла из листьев *Satureja*

№ п/п	Соединение	Относительное содержание, %	
		<i>Satureja montana</i> L.	<i>Satureja hortensis</i> L.
1	α -пинен	0,30	0,69
2	камфен	0,13	0,09
3	сабинен	0,01	0,02
4	β -пинен	2,83	0,61
5	3-карен	0,08	0,09
6	п-цимен	18,68	14,64
7	лимонен	0,48	0,60
8	эвкалиптол	0,52	0,05
9	γ-терпинен	4,58	27,82
10	сабинен гидрат	0,61	0,44
11	L-фенхон	0,25	0,10
12	линалоол	0,03	0,01
13	борнеол	0,66	0,12
14	терпинен-4-ол	1,26	0,35
15	α -терпинеол	0,20	0,13
16	пулегон	0,07	–
17	карвон	0,27	0,12
18	тимол	0,21	0,10
19	ментилацетат	0,03	0,11
20	карвакрол	57,56	44,41
21	геранилацетат	0,02	–
22	β -кариофиллен	1,05	0,33
Выход эфирного масла в пересчете на сухое сырье, %		0,42	0,93

офиллен оксид и цедрол в исследованных образцах не обнаружены.

Сравнивая результаты, представленные в таблицах 1 и 2, можно сделать вывод, что эфирное масло *Satureja montana* L., произрастающего на территории ЦБС (южная агроклиматическая зона Республики Беларусь [28]), относится к карвакрольному типу и сходно по составу с эфирным маслом *Satureja montana* L., выращенным в Италии и Испании, а состав эфирного масла *Satureja hortensis* L. близок с таковым у растений, выращенных в Сербии.

Данные по биологическому действию

основных идентифицированных компонентов эфирного масла изученных видов *Satureja* приведены в таблице 3.

Как следует из таблицы 3, индивидуальные соединения, входящие в состав эфирных масел изучаемых видов *Satureja*, обуславливают выраженные антигрибковые и антимикробные свойства растений. Поэтому на втором этапе исследования была проведена оценка антимикробных свойств эфирного масла и его этанольных растворов. Результаты определения антимикробной активности чистого эфирного масла приведены в таблице 4.

Таблица 3. – Биологическое действие основных идентифицированных компонентов эфирного масла изученных видов *Satureja*

Соединение	Биологическое действие
п-цимен	Антимикробные и противогрибковые свойства [29].
карвакрол	Противомикробное, противоопухолевое, антимуутагенное, антигенотоксическое, болеутоляющее, спазмолитическое, противовоспалительное, ангиогенное, противопаразитарное, антитромбоцитарное, антиэластазное, инсектицидное, антигепатотоксическое и гепатопротекторное действие [30, 31].
γ -терпинен	Противовоспалительные, бактерицидные свойства [32]. Инсектицидная активность [33].

Таблица 4. – Антимикробная активность эфирного масла изученных видов *Satureja*

Название культуры	<i>Satureja hortensis</i> L.	<i>Satureja montana</i> L.
	Диаметр зоны ингибирования, мм	
Грамотрицательные		
<i>Salmonella alony</i>	11 ± 1	18 ± 1
<i>Escherichia coli</i> Hfr H2	28 ± 1	20 ± 1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 10	< 10
Грамположительные		
<i>Bacillus subtilis</i>	30 ± 1	18 ± 1
<i>Clostridium</i> sp.	25 ± 1	24 ± 1
Дрожжеподобные грибы		
<i>Candida albicans</i>	20 ± 1	35 ± 1

Согласно полученным результатам, наибольшую антимикробную активность в отношении *Candida albicans* проявляет чабер горный, в отношении *Bacillus subtilis* – чабер садовый. Можно отметить, что эфирное масло изученных видов *Satureja* эффективно ингибирует рост *Clostridium* sp. Полученные результаты свидетельствуют о низкой чувствительности *Pseudomonas aeruginosa* к эфирному маслу исследуемых видов. Максимальная зона ингибиро-

вания наблюдалась у *Candida albicans* при использовании эфирного масла *Satureja montana* L., а также у *Bacillus subtilis* при использовании эфирного масла *Satureja hortensis* L.

В таблицах 5–6 представлены результаты экспериментов по изучению антимикробных свойств этанольных растворов эфирных масел изучаемых видов *Satureja* для оценки эффективности их использования в составе комплексных фитопрепаратов.

Таблица 5. – Антимикробная активность этанольных растворов эфирного масла *Satureja hortensis* L.

Название культуры	Концентрация этанольных растворов эфирного масла, %					
	0,1	0,5	1	2,5	5	7,5
	Диаметр зоны ингибирования, мм					
Грамотрицательные						
<i>Salmonella alony</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i> Hfr H2	< 10	< 10	< 10	< 10	10 ± 1	14 ± 1
Грамположительные						
<i>Bacillus subtilis</i>	< 10	< 10	11 ± 1	14 ± 1	15 ± 1	–
<i>Clostridium</i> sp.	< 10	< 10	12 ± 1	15 ± 1	–	–
Дрожжеподобные грибы						
<i>Candida albicans</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	12 ± 1	–

Примечание: – при указанных концентрациях исследования не проводились.

Таблица 6. – Антимикробная активность этанольных растворов эфирного масла *Satureja montana* L.

Название культуры	Концентрация этанольных растворов эфирного масла, %					
	0,1	0,5	1	2,5	5	7,5
	Диаметр зоны ингибирования, мм					
Грамотрицательные						
<i>Salmonella alony</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	11 ± 1	11 ± 1
<i>Escherichia coli</i> Hfr H2	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	13 ± 1
Грамположительные						
<i>Bacillus subtilis</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	12,5 ± 1	–
<i>Clostridium</i> sp.	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	17 ± 1
Дрожжеподобные грибы						
<i>Candida albicans</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	22 ± 1

Примечание: – при указанных концентрациях исследования не проводились.

Диаметр зоны менее 10 мм указывал на то, что микроорганизмы не чувствительны к исследуемому образцу; 10–15 мм – на низкую антимикробную активность; 15–25 мм – на среднюю антимикробную активность; более 25 мм – на высокую чувствительность. Исследования не проводили для *Pseudomonas aeruginosa* в связи с их низкой чувствительностью к эфирному маслу изучаемых видов.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что антимикробные свойства чабера садового проявляются для 1%-х этанольных растворов в отношении грамположительных бактерий *Bacillus subtilis* и *Clostridium* sp. Однако для ингибирования большинства санитарно-показательных микроорганизмов необходимо применение более высоких концентраций эфирных масел изучаемых видов. С практической точки зрения возможно применение эфирного масла чабера горного, начиная с его концентрации 7,5% в составе комплексных противомикробных препаратов, а чабера садового – с концентрации 5%. Полученные результаты по изучению антимикробных свойств эфирного масла *Satureja montana* L. и *Satureja hortensis* L. согласуются с экспериментальными данными по компонентному составу (таблица 2) и литературными данными по биологическому действию индивидуальных компонентов (таблица 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, эфирное масло, полученное из растений исследованных видов *Satureja*, может рассматриваться в качестве потенциального противомикробного средства благодаря наличию в его составе карвакрола, п-цимена и γ -терпинена, при этом *Satureja hortensis* L. является наиболее продуктивным по выходу эфирного масла. Эфирное масло *Satureja montana* L. наиболее эффективно в отношении дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, а *Satureja hortensis* L. – в отношении грамположительных бактерий *Bacillus subtilis* и *Clostridium* sp. Эфирное масло изучаемых видов не проявляет антимикробной активности в отношении грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosa*.

Благодарности. Выполнение работы финансировалось в рамках НИР «Идентификация и анатомо-терапевтическо-хи-

мическая классификация биологически активных соединений коллекции лекарственных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси» ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия», № госрегистрации в ГУ «БелИСА» 20211495 от 21.05.2021.

Авторы выражают признательность сотрудникам ЦБС И. Н. Тычине, Т. В. Гиль, Б. Ю. Аношенко, В. В. Титку за предоставленные образцы растительного сырья.

SUMMARY

E. V. Feskova, D. A. Palishkina,
V. N. Leontiev, O. S. Ignatovets
ESSENTIAL OIL COMPOSITION
AND ITS ANTIMICROBIAL ACTIVITY
OF THE *SATUREJA* GENUS PLANTS
CULTIVATED IN THE REPUBLIC
OF BELARUS

Satureja is the genus of aromatic plants of the *Lamiaceae* family characterized by diverse chemical composition due to which its pharmacological and phytochemical properties are determined. This paper presents the results of determination of essential oil composition released from the overground parts of *Satureja montana* L. (winter savory) and *Satureja hortensis* L. (garden savory) from the collection of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. 22 essential oil components the main of which for *Satureja montana* L. are carvacrol (57.56%) and p-cymene (18.68%), for *Satureja hortensis* L. – carvacrol (44.41%), γ -terpinene (27.82%), p-cymene (14.64%) were identified in the samples studied. About 3% of β -pinene was found in essential oil of *Satureja montana* L. Comparative analysis of the essential oil component composition in the *Satureja* genus plants cultivated in the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus and in other agroclimatic zones was also carried out. Antimicrobial activity of essential oil in the studied species in relation to such sanitary indicating microorganisms such as *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H2, *Candida albicans* was specified. The research results confirm the prospects of using plants of the genus *Satureja* for the development of phytopreparations with antimicrobial properties.

Keywords: winter savory, garden sa-

vory, essential oil, carvacrol, p-cymene, γ -terpinene, antimicrobial activity.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II) : разработ. на основе Европ. Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 июля 2016 г. приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.03.2016 г. № 270. – Т. 2: Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении ; [под общ. ред. С. И. Марченко]. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.

2. Phytochemical constituents of *Lamiaceae* family / H. Bendif, Y. B. Miri, N. Souilah [et al.] // *Rhazes: Green and Applied Chemistry*. – 2021. – Vol. 11, N 2. – P. 71–88. – DOI: 10.48419/IMIST.PRSM/rhazes-v11.25070. – URL: <https://revues.imist.ma/index.php/RHAZES/article/view/25070> (date of access: 23.03.2024).

3. *Lamiaceae* Martinov // *Plants of the World Online*: [website]. – URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000097-2> (date of access: 23.03.2024).

4. Bioactive Compounds and Aroma Profile of Some *Lamiaceae* Edible Flowers / I. Marchioni, B. Najar, B. Ruffoni [et al.] // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, N 6. – DOI: 10.3390/plants9060691.

5. Use of the Genus *Satureja* as Food Supplement: Possible Modulation of the Immune System via Intestinal Microbiota During SARS-CoV-2 Infection / A. Ezaouine, B. Nouadi, Y. Sbaoui [et al.] // *Anti-infective agents*. – 2021. – Vol. 20, N 3. – P. 55–65. – DOI: 10.2174/2211352520666211222101244.

6. Antiphytoviral Activity of *Satureja montana* L. ssp. *variegata* (Host) P. W. Ball Essential Oil and Phenol Compounds on CMV and TMV / V. Dunkic, N. Bezic, E. Vuko, D. Cukrov // *Molecules* (Basel, Switzerland). – 2010. – Vol. 15, N 10. – P. 6713–6721. – DOI:10.3390/molecules15106713.

7. Phytochemical profile, comparative evaluation of *Satureja montana* alcoholic extract for antioxidants, anti-inflammatory and molecular docking studies / K. A. Abdelshafeek, A. F. Osman, S. M. Mounair [et al.] // *BMC complementary medicine and therapies*. – 2023. – Vol. 23, N 1. – P. 108. – DOI: 10.1186/s12906-023-03913-0.

8. Variability in Biological Activities of *Satureja montana* Subsp. *montana* and Subsp. *variegata* Based on Different Extraction Methods / M. Acimovic, O. Šovljanski, L. Pezo [et al.] // *Antibiotics* (Basel, Switzerland). – 2022. – Vol. 11, N 9. – P. 1235. – DOI: 10.3390/antibiotics11091235.

9. Chemical composition, antimicrobial, antioxidative and anticholinesterase activity of *Satureja Montana* L. ssp. *montana* essential oil / T. Mihajilov-Krstev, D. Radnovic, D. Kitic [et al.] // *Central European journal of biology*. – 2014. – Vol. 9, N 7. – P. 668–677. – DOI: 10.2478/s11535-014-0298-x.

10. A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. / R. A. Popovici, D. Vaduva, I. Pinzaru [et al.] // *Experimental and therapeutic medicine*. – 2019. – Vol. 18, N 2. – P. 932–942. – DOI: 10.3892/etm.2019.7635.

11. Involvement of Cholinergic and Opioid System in γ -Terpinene-Mediated Antinociception / F. F. Passos, E. M. Lopes, J. M. de Araújo [et al.] // *Evidence-based complementary and alternative medicine*. – 2015. – Vol. 2015. – P. 1–9. – DOI: 10.1155/2015/829414.

12. Żukowska, G. Properties and Applications of Essential Oils: A Review / G. Żukowska, Z. Durczyńska // *Journal of ecological engineering*. – 2024. – Vol. 25, N 2. – P. 333–340. – DOI: 10.12911/22998993/177404.

13. Antiviral activity of some plant oils against herpes simplex virus type 1 in Vero cell culture / S. Gavanji, S. S. Sayedipour, B. Larki, A. Bakhtari // *Journal of acute medicine*. – 2015. – Vol. 5, N 3. – P. 62–68. – DOI: 10.1016/j.jacme.2015.07.001.

14. Khajeh, M. Optimization of process variables for essential oil components from *Satureja hortensis* by supercritical fluid extraction using Box-Behnken experimental design / M. Khajeh // *The Journal of supercritical fluids*. – 2011. – Vol. 55, N 3. – P. 944–948. – DOI: 10.1016/j.supflu.2010.10.017.

15. Mahboubi, M. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* and *Trachyspermum copticum* essential oil / M. Mahboubi, N. Kazempour // *Iranian journal of microbiology*. – 2011. – Vol. 3, N 4. – P. 194–200.

16. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (*Lamiaceae*) cultivated in Iran / A. Alizadeh, M. Khoshkhui, K. Javidnia [et al.] // *Journal of medicinal plant research*. – 2010. – Vol. 4, N 1. – P. 33–40. – DOI: 10.5897/JMPR09.361.

17. Antispasmodic and anti-diarrhoeal effect of *Satureja hortensis* L. essential oil / V. Hajhashemi, H. Sadraei, A. R. Ghannadi, M. Mohseni // *Journal of ethnopharmacology*. – 2000. – Vol. 71, N 1/2. – P. 187–192. – DOI: 10.1016/s0378-8741(99)00209-3.

18. Binary and Tertiary Mixtures of *Satureja hortensis* and *Origanum vulgare* Essential Oils as Potent Antimicrobial Agents Against *Helicobacter pylori* / M. Lesjak, N. Simin, D. Orcic [et al.] // *Phytotherapy research*. – 2015. – Vol. 30, N 3. – P. 476–484. – DOI: 10.1002/ptr.5552.

19. Abou Baker, D. H. The invitro cytotoxicity, antioxidant and antibacterial potential of *Satureja hortensis* L. essential oil cultivated in Egypt / D. H. Abou Baker, M. Al-Moghazy, A. A. ElSayed // Bioorganic chemistry. – 2020. – Vol. 95. – DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.103559.

20. Screening of antimicrobial activity of essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis* on foodborne bacteria and fungi / A. Adiguzel, H. Ozer, H. Kilic, B. Cetin // Czech journal of food sciences. – 2007. – Vol. 25, N 2. – P. 81–89. – DOI: 10.17221/753-CJFS.

21. Antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* and *Satureja montana* essential oils against *Listeria monocytogenes* CECT 935 using laboratory media: Efficacy and synergistic potential in minced beef / D. Djenane, J. Yangüela, L. Montañés [et al.] // Food control. – 2011. – Vol. 22, N 7. – P. 1046–1053. – DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.12.015.

22. Essential oil Composition and Internal Transcribed Spacer (ITS) Sequence Variability of Four South-Croatian *Satureja* Species (*Lamiaceae*) / N. Bezic, I. Samanic, V. Dunkic [et al.] // Molecules (Basel, Switzerland). – 2009. – Vol. 14, N 3. – P. 925–938. – DOI: 10.3390/molecules14030925.

23. Influence of pre-treatments on yield, chemical composition and antioxidant activity of *Satureja montana* extracts obtained by supercritical carbon dioxide / S. Vidovic, Z. Zekovic, B. Marosanovic [et al.] // The Journal of supercritical fluids. – 2014. – Vol. 95. – P. 468–473. – DOI: 10.1016/j.supflu.2014.10.019.

24. Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two *Satureja* essential oils / S. Cavar, M. Maksimovic, M. E. Solic [et al.] // Food chemistry. – 2008. – Vol. 111, N 3. – P. 648–653. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.033.

25. *Satureja montana* L. essential oil and its antimicrobial activity alone or in combination with gentamicin / L. Vitanza, A. Maccelli, M. Marazzato [et al.] // Microbial pathogenesis. – 2019. – Vol. 126. – P. 323–331. – DOI: 10.1016/j.micpath.2018.11.025.

26. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja montana* byproducts essential oils / J. D. C. Santos, E. Coelho, R. Silva [et al.] // Industrial crops and products. – 2019. – Vol. 137. – P. 541–548. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.05.058.

27. Composition and biocidal properties of essential oil from pre-domesticated Spanish *Satureja montana* / J. Navarro-Rocha, M. F. Andres, C. E. Diaz [et al.] // Industrial crops and products. – 2019. – Vol. 145, N 3. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111958.

28. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата. – URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/>

files/Agroklimaticcheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf (дата обращения: 10.06.2024).

29. Update on monoterpenes as antimicrobial agents: A particular focus on p-cymene / A. Marchese, C. R. Arciola, R. Barbieri [et al.] // Materials (Basel, Switzerland). – 2017. – Vol. 10, N 8. – P. 947–962. – DOI: 10.3390/ma10080947.

30. Carvacrol and human health: A comprehensive review / M. Sharifi-Rad, E. M. Varoni, M. Iriti [et al.] // Phytotherapy research. – 2018. – Vol. 32, N 9. – P. 1675–1687. – DOI: 10.1002/ptr.6103.

31. Baser, K. H. Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils / K. H. Baser // Current pharmaceutical design. – 2008. – Vol. 14, N 29. – P. 3106–3119. – DOI: 10.2174/138161208786404227.

32. Gamma-Terpinene Modulation of LPS-Stimulated Macrophages is Dependent on the PGE2/IL-10 Axis / T. R. Ramalho, L. R. Filgueiras, M. T. Racheco de Oliveira [et al.] // Planta medica. – 2016. – Vol. 82, N 15. – P. 1341–1345. – DOI: 10.1055/s-0042-107799.

33. Growth inhibitory, immunosuppressive, cytotoxic, and genotoxic effects of γ -terpinene on *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) / Diksha, S. Singh, E. Mahajan, S. K. Sohal // Scientific reports. – 2023. – Vol. 13, N 1. – P. 16472. – DOI: 10.1038/s41598-023-43499-8.

REFERENCES

1. Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Тсентр експертиз і іспытанняў у здравоохраненні. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2, Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redactor. Molodechno, RB: Pobeda; 2016. 1368 s. (In Russ.)

2. Bendif H, Miri YB, Souilah N, Benabdallah A, Miara MD. Phytochemical constituents of *Lamiaceae* family. Rhazes: Green and Applied Chemistry. 2021;11(2):71–88. doi: 10.48419/IMIST.PRSM/rhazes-v11.25070. URL: <https://revues.imist.ma/index.php/RHAZES/article/view/25070> (date of access 2024 March 23)

3. *Lamiaceae* Martinov. Plants of the World Online: [website]. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000097-2> (date of access 2024 March 23)

4. Marchioni I, Najar B, Ruffoni B, Copetta A, Pistelli L, Pistelli L. Bioactive Compounds and Aroma Profile of Some *Lamiaceae* Edible Flowers. Plants. 2020;9(6). doi: 10.3390/plants9060691

5. Ezaouine A, Nouadi B, Sbaoui Y, El Messal M, Chegiani F, Bennis F. Use of the Genus *Satureja* as Food Supplement: Possible Modulation of the Immune System via Intestinal Microbiota During SARS-CoV-2 Infection. Antiinfect

Agents. 2021;20(3):55–65. doi: 10.2174/2211352520666211222101244

6. Dunkic V, Bezic N, Vuko E, Cukrov E. Antiphytoviral Activity of *Satureja montana* L. ssp. *variegata* (Host) P. W. Ball Essential Oil and Phenol Compounds on CMV and TMV. *Molecules*. 2010;15(10):6713–21. doi:10.3390/molecules15106713

7. Abdelshafeek KA, Osman AF, Mouneir SM, Elhenawy AA, Abdallah WE. Phytochemical profile, comparative evaluation of *Satureja montana* alcoholic extract for antioxidants, anti-inflammatory and molecular docking studies. *BMC Complement Med Ther*. 2023;23(1):108. doi: 10.1186/s12906-023-03913-0

8. Acimovic M, Šovljanski O, Pezo L, Travičić V, Tomić A, Zheljzkov VD, et al. Variability in Biological Activities of *Satureja montana* Subsp. *montana* and Subsp. *variegata* Based on Different Extraction Methods. *Antibiotics (Basel)*. 2022;11(9):1235. doi: 10.3390/antibiotics11091235

9. Mihajilov-Krstev T, Radnovic D, Kitic D, Stankov-Jovanovic V, Mitic V, Stojanovic-Radic Z, et al. Chemical composition, antimicrobial, antioxidative and anticholinesterase activity of *Satureja Montana* L. ssp. *montana* essential oil. *Cent Eur J Biol*. 2014;9(7):668–77. doi: 10.2478/s11535-014-0298-x

10. Popovici RA, Vaduva D, Pinzaru I, Dehelean CA, Farcas CG, Coricovac D, et al. A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. *Exp Ther Med*. 2019;18(2):932–42. doi: 10.3892/etm.2019.7635

11. Passos FF, Lopes EM, de Araújo JM, de Sousa DP, Veras LM, Leite JR, et al. Involvement of Cholinergic and Opioid System in γ -Terpinene-Mediated Antinociception. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2015;2015:1–9. doi: 10.1155/2015/829414

12. Żukowska G, Durczyńska Z. Properties and Applications of Essential Oils: A Review. *J of Ecological Engineering*. 2024;25(2):333–40. doi: 10.12911/22998993/177404

13. Gavanji S, Sayedipour SS, Larki B, Bakhitari A. Antiviral activity of some plant oils against herpes simplex virus type 1 in Vero cell culture. *J Acute Med*. 2015;5(3):62–8. doi: 10.1016/j.jacme.2015.07.001

14. Khajeh M. Optimization of process variables for essential oil components from *Satureja hortensis* by supercritical fluid extraction using Box-Behnken experimental design. *J Supercrit Fluids*. 2011;55(3):944–8. doi: 10.1016/j.supflu.2010.10.017

15. Mahboubi M, Kazempour N. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* and *Trachyspermum copticum* essential oil. *Iran J Microbiol*. 2011;3(4):194–200

16. Alizadeh A, Khoshkhuī M, Javidnia K,

Firuzi O, Tafazoli E, Khalighi A. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (*Lamiaceae*) cultivated in Iran. *J Med Plant Res*. 2010;4(1):33–40. doi: 10.5897/JMPR09.361

17. Hajhashemi V, Sadraei H, Ghannadi AR, Mohseni M. Antispasmodic and anti-diarrhoeal effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. *J Ethnopharmacol*. 2000;71(1-2):187–92. doi: 10.1016/s0378-8741(99)00209-3

18. Lesjak M, Simin N, Orcic D, Franciskovic M, Knezevic P, Beara I, et al. Binary and Tertiary Mixtures of *Satureja hortensis* and *Origanum vulgare* Essential Oils as Potent Antimicrobial Agents Against *Helicobacter pylori*. *Phytother Res*. 2016;30(3):476–84. doi: 10.1002/ptr.5552

19. Abou Baker DH, Al-Moghazy M, El-Sayed AA. The invitro cytotoxicity, antioxidant and anti-bacterial potential of *Satureja hortensis* L. essential oil cultivated in Egypt. *Bioorg Chem*. 2020;95. doi: 10.1016/j.bioorg.2019.103559

20. Adiguzel A, Ozer H, Kilic H, Cetin B. Screening of antimicrobial activity of essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis* on foodborne bacteria and fungi. *Czech J Food Sci*. 2007;25(2):81–9. doi: 10.17221/753-CJFS

21. Djenane D, Yangüela J, Montañés L, Djerbal M, Roncales P. Antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* and *Satureja montana* essential oils against *Listeria monocytogenes* CECT 935 using laboratory media: Efficacy and synergistic potential in minced beef. *Food Control*. 2011;22(7):1046–53. doi: 10.1016/j.foodcont.2010.12.015

22. Bezic N, Samanic I, Dunkic V, Besendorfer V, Puizina J. Essential oil Composition and Internal Transcribed Spacer (ITS) Sequence Variability of Four South-Croatian *Satureja* Species (*Lamiaceae*). *Molecules*. 2009;14(3):925–38. doi: 10.3390/molecules14030925

23. Vidovic S, Zekovic Z, Marosanovic B, Todorovic MP, Vlastic J. Influence of pre-treatments on yield, chemical composition and antioxidant activity of *Satureja montana* extracts obtained by supercritical carbon dioxide. *J Supercrit Fluids*. 2014;95:468–73. doi: 10.1016/j.supflu.2014.10.019

24. Cavar S, Maksimovic M, Solic ME, Jerkovic-Mujkic A, Besta R. Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two *Satureja* essential oils. *Food Chem*. 2008;111(3):648–53. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.033

25. Vitanza L, Macelli A, Marazzato M, Scazzocchio F, Comanducci A, Fornarini S, et al. *Satureja montana* L. essential oil and its antimicrobial activity alone or in combination with gentamicin. *Microb Pathog*. 2019;126:323–31. doi: 10.1016/j.micpath.2018.11.025

26. Santos JDC, Coelho E, Silva R, Rastos CP, Teixeira P, Henriques I, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja montana* byproducts essential oils. *Ind Crops Prod.* 2019;137:541–8. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.05.058
27. Navarro-Rocha J, Andres MF, Diaz CE, Burillo J, Gonzalez-Coloma A. Composition and biocidal properties of essential oil from pre-domesticated Spanish *Satureja Montana*. *Ind Crops Prod.* 2019;145(3). doi: 10.1016/j.indcrop.2019.11.1958
28. Agroclimatic zoning of the territory of Belarus taking into account climate change. URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf> (data obrashcheniia 2024 Iiun' 10). (In Russ.)
29. Marchese A, Arciola CR, Barbieri R, Silva AS, Nabavi SF, Tsetegho Sokeng AJ, et al. Update on monoterpenes as antimicrobial agents: A particular focus on p-cymene. *Materials (Basel).* 2017;10(8):947–62. doi: 10.3390/ma10080947
30. Sharifi-Rad M, Varoni EM, Iriti M, Martorell M, Setzer WN, Del Mar Contreras M, et al. Carvacrol and human health: A comprehensive review. *Phytother Res.* 2018;32(9):1675–87. doi: 10.1002/ptr.6103
31. Baser KH. Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils. *Curr Pharm Des.* 2008;14(29):3106–19. doi: 10.2174/138161208786404227
32. Ramalho TR, Filgueiras LR, Rache-co de Oliveira MT, Lima AL, Bezerra-Santos CR, Jancar S, et al. Gamma-Terpinene Modulation of LPS-Stimulated Macrophages is Dependent on the PGE2/IL-10 Axis. *Planta Med.* 2016;82(15):1341–5. doi: 10.1055/s-0042-107799
33. Diksha, Singh S, Mahajan E, Sohal SK. Growth inhibitory, immunosuppressive, cytotoxic, and genotoxic effects of γ -terpinene on *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Sci Rep.* 2023;13(1):16472. doi: 10.1038/s41598-023-43499-8

Адрес для корреспонденции:

220006, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Свердлова, 13а,
Учреждение образования «Белорусский
государственный технологический университет»,
кафедра биотехнологии,
e-mail: lena.feskova@mail.ru,
Феськова Е. В.

Поступила 19.07.2024 г.