

Оригинальная статья / Original article

УДК 577.3

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-11



Антибактериальное действие экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*) в отношении штаммов чистых культур *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus*

Ашура И. Исрапилова¹, Аслан М. Алиев^{2,3}, Айна А. Адиева^{1,6}, Альбина М. Джафарова⁴,
Зиярат А. Гусейнова², Патимат А. Муртузалиева⁵

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального Исследовательского центра Российской Академии Наук, Махачкала, Россия

²Горный ботанический сад Дагестанского Федерального Исследовательского центра Российской Академии Наук, Махачкала, Россия

³Институт физики Дагестанского Федерального Исследовательского центра Российской Академии Наук, Махачкала, Россия

⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

⁵Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

⁶Научно-клинический центр имени Башларова, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Ашура И. Исрапилова, аспирант, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального Исследовательского центра Российской Академии Наук; 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45.
Тел. +79331111529
Email ms.israpilova98@bk.ru
ORCID <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>

Формат цитирования

Исрапилова А.И., Алиев А.М., Адиева А.А., Джафарова А.М., Гусейнова З.А., Муртузалиева П.А. Антибактериальное действие экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*) в отношении штаммов чистых культур *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus* // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19, N 3. С. 116-123. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-11

Получена 20 марта 2024 г.

Прошла рецензирование 19 июля 2024 г.

Принята 15 августа 2024 г.

Резюме

В работе приводятся результаты изучения антибактериальной активности сверхкритического углекислотного экстракта надземной части Чабера садового (*Satureja hortensis*) в отношении бактерий *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus*.

Целью статьи является исследование антибактериальных свойств экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*) в отношении инфекций, вызванных золотистым стафилококком (*Staphylococcus aureus*), кишечной палочкой (*Escherichia coli*) и сальмонеллой (*Salmonella* spp.).

В ходе эксперимента изучены на противомикробную активность в отношении данных бактерий экстракт Чабера садового полученный методом сверхкритической углекислотной экстракции. Компонентный состав экстракта определяли методом хромато-масс-спектрометрии. Для определения антибактериальной активности использовали метод разведений в жидкой среде с последующим измерением нарастания биомассы суспензионной культуры. Активность экстракта сравнивали с сертифицированными препаратами, включенными в протоколы лечения бактериальных инфекций, в качестве отрицательного контроля использовали ДМСО и калий фосфатный буфер.

Результаты исследования показали, что экстракт проявляет высокую антибактериальную активность в отношении ко всем изученным штаммам бактерий и имеет прямую положительную корреляцию от его концентрации. Хромато-масс-спектральный анализ показал содержание в экстракте Чабера садового 28 веществ, основными из которых были тимол (30,51 %), гамма-терпинен (15,27 %), пара-цимен (14,25 %) и Карвакрол (9,18 %), которые как индивидуально, так и в комплексе могли проявить антибактериальную активность.

Сверхкритический углекислотный экстракт проявляет выраженное антимикробное действие в отношении референтных штаммов *S. aureus*, *Escherichia coli* и *Salmonella* spp.

Ключевые слова

Антибактериальная активность, Чабер садовый, хромато-масс-спектрометрия, сверхкритическая технология.

Antibacterial activity of Savory (*Satureja hortensis*) extract against pure culture strains of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus*

Ashura I. Israpilova¹, Aslan M. Aliev^{2,3}, Aina A. Adieva¹, Albina M. Dzhafarova⁴, Ziyarat A. Guseynova² and Patimat A. Murtuzalieva⁵

¹Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

³Institute of Physics, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

⁴Dagestan State University, Makhachkala, Russia

⁵N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

⁶Bashlarov Scientific and Clinical Centre, Makhachkala, Russia

Principal contact

Ashura I. Israpilova, postgraduate student, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhiev St, Makhachkala, Russia 367000. Tel. +79331111529

Email ms.israpilova98@bk.ru

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>

How to cite this article

Israpilova A.I., Aliev A.M., Adieva A.A., Dzhafarova A.M., Guseynova Z.A., Murtuzalieva P.A. Antibacterial activity of Savory (*Satureja hortensis*) extract against pure culture strains of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus*. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(3):116-123. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-11

Received 20 March 2024

Revised 19 July 2024

Accepted 15 August 2024

Abstract

The paper presents the results of a study of the antibacterial activity of supercritical carbon dioxide extract of the aboveground part of Savory (*Satureja hortensis*) against *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* bacteria.

To study the antibacterial properties of Savory extract (*Satureja hortensis*) against infections caused by *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp.

In the course of the experiment, Savory extract obtained by supercritical carbon dioxide extraction was studied for antimicrobial activity against these bacteria. The component composition of the extract was determined by chromatography–mass spectrometry. To determine the antibacterial activity, we used the method of dilution in a liquid medium with subsequent measurement of the growth of the suspension culture biomass. The activity of the extract was compared with certified drugs included in the protocols for the treatment of bacterial infections. DMSO and potassium phosphate buffer were used as a negative control.

The studies showed that the extract exhibits high antibacterial activity against all the studied bacterial strains and has a direct positive correlation with its concentration. Chromatographic mass-spectrometry analysis showed that the extract of garden Savory contains 28 substances, the main ones being thymol (30.51 %), gamma-terpinene (15.27 %), paracymene (14.25 %) and Carvacrol (9.18 %), which both individually and in combination could exhibit antibacterial activity.

Supercritical carbon dioxide extract exhibits pronounced antimicrobial activity against reference strains of *S. aureus*, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp.

Key Words

Antibacterial activity, garden Savory, chromatograph mass spectrometry, supercritical technology.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время антибактериальные препараты могут вызывать различные побочные эффекты при длительном применении, что ограничивает их использование в медицине. К тому же устойчивость микроорганизмов к синтетическим химиопрепаратам постоянно возрастает [1].

Среди природных биологически активных соединений, определяющих терапевтический эффект лекарственных растений, применяемых для лечения различных заболеваний, особое внимание заслуживают растения семейства Яснотковые, содержащие эфирные масла и фенольные соединения (чабрец, душица, тимьян) [2].

Чабер садовый (*Satureja hortensis*) — один из представителей семейства *яснотковых*, эфирное масло которого используется в различных областях, от пищевой промышленности и медицины до ароматерапии [2]. Лекарственным сырьем является надземная часть Чабера садового, которая содержит до 1,5 % эфирного масла, в составе которого содержатся более 30 соединений различной химической природы [3]. Эфирные масла содержат противомикробные компоненты, которые высокоактивны против широкого спектра микроорганизмов. Они являются натуральными, экологически безопасными веществами [1] и имеют широкий диапазон состава в зависимости от зоны произрастания и климатических условий [2].

Satureja hortensis L. представляет повышенный интерес благодаря своему химическому составу, богатому монотерпенами, агликоновыми и гликозилатными флавоноидами, а также фенольными кислотами [4], что приводит к различным потенциальным применениям при лечении некоторых очень серьезных заболеваний, таких как диабет, сердечно-сосудистые заболевания, рак, болезнь Альцгеймера, наряду с антиоксидантными, противомикробными и противовоспалительными свойствами [5].

Как установлено в литературе [6] основными компонентами эфирного масла *S. hortensis* являются карвакрол, γ -терпинен, l -цимен, тимол, кариофиллен, α -терпинолен, β -пинен, α -туйен и α -пинен, которые обладают антибактериальной, противовирусной и противогрибковой активностью [6; 7]. Карвакрол является основным компонентом ароматных эфирных масел, известен как ингибитор роста различных бактерий и грибов. Эффективность эфирных масел в предотвращении роста бактерий стимулирует исследования по извлечению этих масел из лекарственных растений и исследования их антибактериальной активности. Были исследованы возможные различия в антибактериальной активности экстрагированных эфирных масел в отношении грамположительной и грамотрицательной бактерии (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Salmonella*) [8].

Escherichia coli является важным патогеном человека и животных, вызывающим серьезную проблему общественного здравоохранения и влекущим за собой значительное экономическое бремя. *Salmonella* является патогеном человека и вызывает серьезную проблему общественного здравоохранения во всем мире [9]. *Staphylococcus aureus* может вызывать различные зоонозные инфекции и пищевые отравления [10]. Вспышки пищевого отравления вызванного *S. aureus* и его энтеротоксинами, зарегистрированы во всем мире [11; 12].

Таким образом, целью нашего исследования явилось получение экстракта растения Чабера садового (*Satureja hortensis*), определение его химического состава и изучение антибактериальной активности в отношении штаммов чистых культур *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экстракт из высушенной надземной части Чабера садового (собран в с. Кегер, Дагестан, Россия) получали методом сверхкритической углекислотной экстракции при давлении 30 МПа и температуре 40 °С в течение 90 минут со скоростью потока CO₂ 1,5 кг/час на установке, подробно описанной в нашей работе [16]. Перед загрузкой в экстрактор сырье измельчали до размеров 0,3–0,5 мм. Метод сверхкритической углекислотной экстракции был выбран из-за его возможности максимально извлекать из растительного сырья как окси- так и термолабильных соединений [17].

Компонентный состав экстракта определяли методом хромато–масс–спектрометрии на приборе Shimadzu GCMP – QP 2010plus на колонке Supelco SLBTM – 5ms (30м x0,25мм x0,25мкм). Перед вводом в прибор экстракт разводили в n -гексане в 200 раз и анализировали с делением потока 1:40 в режиме «split». Идентификацию веществ осуществляли по лицензионным библиотекам масс-спектров NIST08 и FFNSC. Подробно о методе хромато-масс-спектрального исследования можно прочитать в нашей работе [18].

Для работы использовали 2 концентрации данного экстракта: с разведением в ДМСО (для повышения растворимости) – 300 мкл экстракта + 3 мл ДМСО (100 мкл/мл); и в калий-фосфатном буфере (КФБ) – 200 мкл экстракта + 2 мл ДМСО и 2 мл КФБ (50 мкл/мл). Также, были получены 2 контрольные пробы: ДМСО и положительный контроль, содержащий инокулированную питательную среду без эфирного масла. Отрицательные контроли содержали эфирное масло в стерильной среде.

Чувствительность экстракта определяли к трем культурам: *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538p) и *Salmonella* spp. (A-225), полученные из ГКПМ – Оболенск. Культуры были свободными от присутствия грибковой флоры. Инокулят был приготовлен методом прямого суспендирования. Бактериальную суспензию доводили до плотности 0,5 по стандарту мутности МакФарланда, что приблизительно соответствует нагрузке $1\text{--}2 \times 10^8$ КОЕ/мл. Затем суспензию разбавляли до концентрации $1\text{--}2 \times 10^5$ КОЕ/мл.

В чашки Петри со свежеприготовленным агаром (15 мл) добавлялось по 1 мл различных концентраций экстракта и 0,1 % диметилсульфоксида (ДМСО). После застывания среды под ультрафиолетовым облучателем производили посев чашек чистыми культурами. Чашки Петри инкубировали в аэробных условиях при 37 °С в течение 24 часов.

Для изучения антибактериальной активности Чабера Садового и определения его минимальной подавляющей концентрации (МПК) использовали метод разведений в жидкой среде с последующим измерением нарастания биомассы суспензионной культуры. МПК, считалась самая низкая концентрация экстракта, при которой не было обнаружено видимого роста.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выход из Чабера садового жирорастворимых веществ (экстракта) составил 2,8 % (массовые). В ходе изучения компонентного состава экстракта методом хромато-

масс-спектрометрии было обнаружено 28 веществ, доминирующими из которых были тимол (30,51 %), карвакрол (9,18 %), γ -терпинен (15,27 %), п-цимен (14,25 %) (табл. 1).

Таблица 1. Компонентный состав экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*)**Table 1.** Component composition of the extract of Savory (*Satureja hortensis*)

Наименование компонентов Name of components	Массовая доля компонентов, % Mass fraction of components, %
Thujene <alpha->	0,53
Pinene <alpha->	0,48
Vinyl amyl carbinol	0,22
Myrcene	1,56
Phellandrene <alpha->	0,27
Carene <delta-3->	0,09
Terpinene <alpha->	2,12
Cymene <para->	14,25
Limonene	0,51
Phellandrene <alpha->	0,23
O-cimene <beta->	0,09
Terpinene <gamma->	15,27
Sabinene hydrate <cis->	0,43
Terpinolene	0,12
Sabinene hydrate <trans->	0,29
Borneol	0,15
Terpinen-4-ol	0,55
Cymen-8-ol <para->	0,05
Terpineol <alpha->	0,15
Thymoquinone	1,62
Thymol	30,51
Carvacrol	9,18
Isoascaridole	0,21
Caryophyllene	1,38
Thymohydroquinone	4,31
Hexadecanoic acid <n->	2,37
9,12,15-Octadecatrienoic acid, Linolenic acid	6,47

Структурные формулы некоторых обнаруженных веществ представлены на рисунке 1.

Данные по противомикробной активности экстракта Чабера садового представлены на рисунках 2–6. В качестве контроля были взяты диски, пропитанные антибиотиками и раствором ДМСО.

Согласно литературным данным, механизм антимикробного действия экстракта объясняется нарушением структуры и функции цитоплазматической мембраны, что сопровождается оттоком компонентов цитоплазмы, включая АТФ, в микроорганизмы-мишени.

Эфирные масла, обладающие гидрофобными свойствами, могут проникать в клеточную мембрану бактерий, растворяться в мембране и, как следствие, снижать ее функцию за счет изменения характера транспорта ионов и инактивации ферментов. В целом, эфирные масла обладают антимикробными свойствами, включаясь и дестабилизируя работу фосфолипидного бислоя клеточной мембраны, ферментов и генетического материала бактерий [8].

Присутствие в экстракте монотерпенов, таких как карвакрол, цимен и тимол, указывает на высокую

возможность антимикробной активности в отношении пищевых продуктов, растений и патогенов человека. Антимикробные анализы, проведенные на нескольких штаммах бактерий в концентрациях 50 и 100 мкл/мл, показали многообещающий результат для разработки противомикробных агентов [5]. П-цимен обладает противомикробными, противораковыми, антиоксидантными, противовоспалительными свойствами. Тимол оказывает активное антигельминтное и одновременно антимикробное действие. Карвакрол обладает антиоксидантными, антимикробными и

противопаразитарными свойствами, а также противовоспалительным, антиноцицептивным, гепатопротекторным, противораковым и обезболивающим действием [13]. Низкая токсичность, приятный запах и вкус позволяют использовать карвакрол как средство, имеющее выраженный антибактериальный эффект. В некоторых источниках упоминается, что тимол обладает важной ингибирующей активностью против *S. aureus*, карвакрол и п-цимен против *E. coli* и γ -терпинен против *S. aureus* [4; 14].

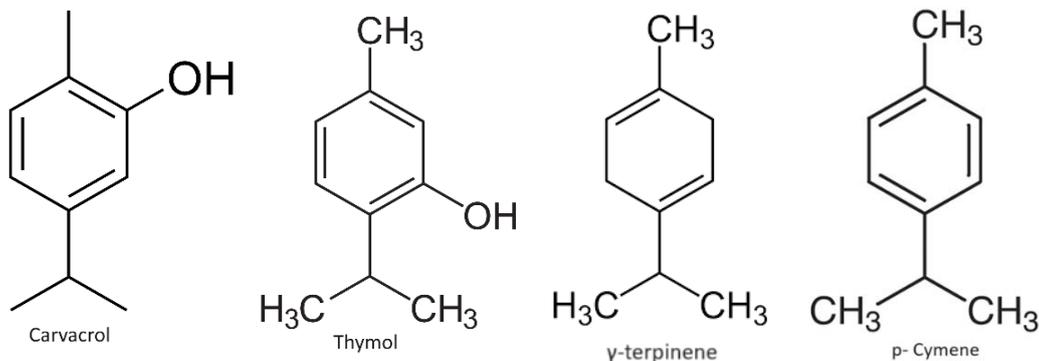


Рисунок 1. Формулы основных классов соединений, обнаруженных в экстракте Чабера садового (*Satureja hortensis*)
Figure 1. Formulas of the main classes of compounds found in the extract of Savory (*Satureja hortensis*)

В эксперименте использовались два метода – диско-диффузионный и метод микроразведений. Обсуждены результаты, полученные с помощью метода микрораз-

ведений (рис. 3–6), так как диско-диффузионный метод (рис. 2) не давал положительного эффекта и не подтверждал теоретические данные.

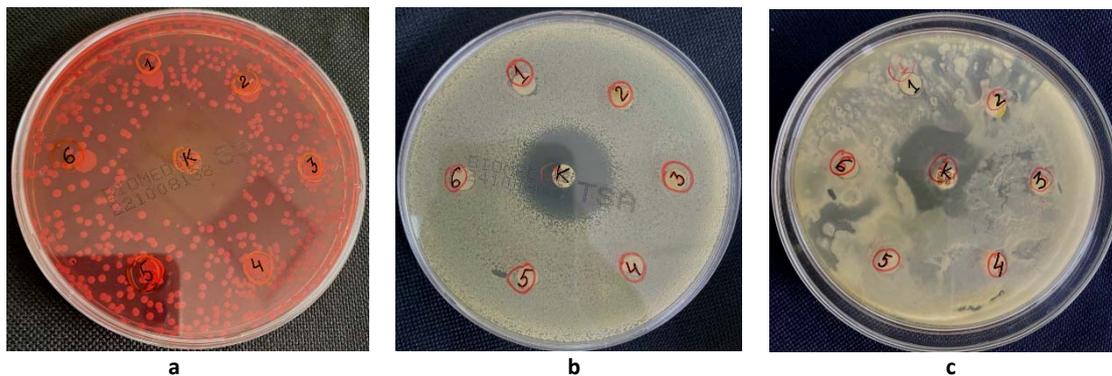


Рисунок 2. Изучение антибактериального эффекта экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*) диско-диффузионным методом. а – *Salmonella*, б – *Staphylococcus aureus*, с – *E. coli*

1) 100 мкл экстракта + 1 мл ДМСО; 2) 100 мкл экстракта + 1 мл ДМСО + 1мл КФБ;
 3) 100 мкл экстракта + 2 мл ДМСО + 2 мл КФБ; 4) 1 мл ДМСО; 5) 1мл ДМСО+ 1 мл КФБ;
 6) 2 мл ДМСО + 2 мл КФБ

Figure 2. Study of the antibacterial effect of Savory (*Satureja hortensis*) extract by the disk diffusion method.

a – *Salmonella*, b – *Staphylococcus aureus*, c – *E. coli*. 1) 100 μ l extract + 1 ml DMSO;
 2) 100 μ l extract + 1 ml DMSO + 1 ml CPB; 3) 100 μ l extract + 2 ml DMSO + 2 ml CPB;
 4) 1 ml DMSO; 5) 1 ml DMSO + 1 ml CPB; 6) 2 ml DMSO + 2 ml CPB

Таким образом, экстракт Чабера садового, несмотря на многочисленные теоретические данные о наличии антимикробного действия, при использовании диско-диффузионного метода не снижал пророст популяции бактерий исследуемых видов. На рисунке 2 можно наблюдать видимый бактериальный рост в виде множества обособленных, разовых колоний культуры *Salmonellas* spp., равномерного, сплошного посева культуры *Staphylococcus aureus*, а также, посева сложной формы культуры *E. coli*. В настоящее время появление новых механизмов антибиотико-резистентности у микроорганизмов требует более

строгой стандартизации процедуры тестирования и разработки новых подходов к интерпретации результатов. В связи с этим в данном эксперименте отдавалось предпочтение методу микроразведений.

Исследования показали, что экстракт Чабера садового оказывает широкий спектр действия, ингибируя рост всех тестовых объектов (рис. 3). Интенсивность воздействия незначительно варьировала в зависимости от концентрата и вида культуры бактерий. Так, экстракт наибольший бактериостатический эффект проявили по отношению ко всем исследуемым бактериям в концентрации

100 мкл/мл в сочетании с ДМСО. К смеси экстракта Чабера садового, ДМСО и КФБ (50 мкл/мл) наиболее чувствительными из тестовых объектов оказались *Salmonella* и *Staphylococcus aureus*. Наименее подверженной действию данной смеси оказалась

кишечная палочка, наблюдается рост колоний, количество которых варьировало от 10 до 25. Бактериостатическое воздействие на тестовые микроорганизмы растворов ДМСО не выявлено (табл. 2).

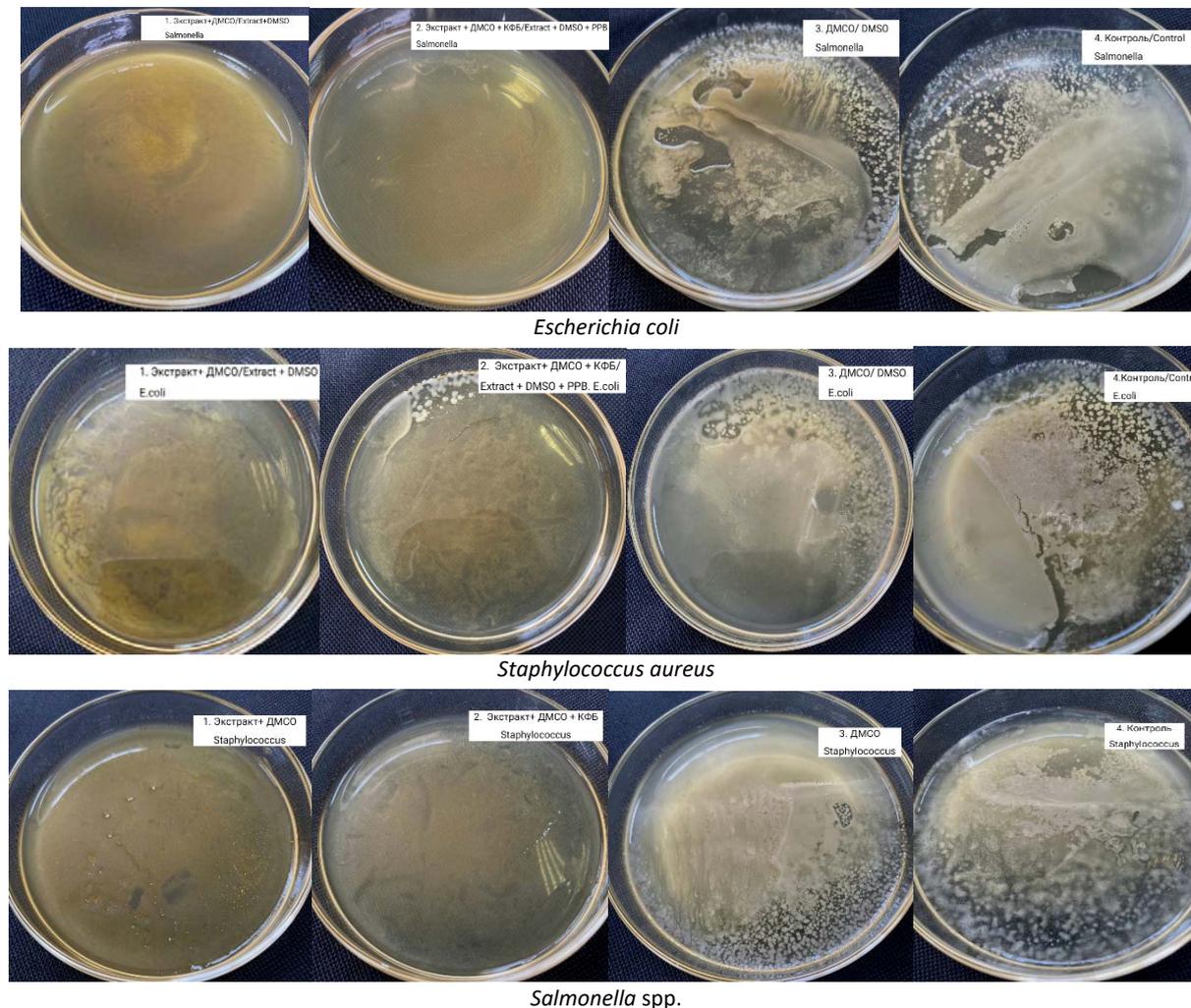


Рисунок 3. Влияние экстракта Чабера садового (*Satureja hortensis*) на штаммы чистых культур *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. и *Staphylococcus aureus*

Figure 3. Effect of Savory (*Satureja hortensis*) extract on pure culture strains of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus*

Таблица 2. Ингибирование роста культур бактерий экстрактом Чабера садового (*Satureja hortensis*)

Table 2. Inhibition of bacterial culture growth by Savory (*Satureja hortensis*) extract

Исследуемые смеси веществ Mixtures of substances under study	Число жизнеспособных КОЕ/мл Viable cell count CFU/ml		
	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
Экстракт Чабера садового (100 мкл/мл) + ДМСО Garden Savory Extract (100 µl/ml) + DMSO	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Экстракт Чабера садового (50 мкл/мл) + ДМСО + КФБ. Garden Savory Extract (50 µl/ml) + DMSO + potassium phosphate buffer	3,0 ± 1,0	2,0 ± 1,0	15,0 ± 2,0
ДМСО / DMSO	110,0 ± 5,0	130,0 ± 5,0	150,0 ± 5,0
Контроль / Control	155,0 ± 4,0	167,0 ± 3,0	175,0 ± 3,0

Примечание: Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение
Note: Data are presented as mean ± standard deviation

Сравнение ингибирования бактериального роста *S. aureus* и *E. coli* при одинаковых концентрациях

экстракта показало, что грамотрицательная бактерия *E. coli* была более устойчива к эфирным маслам, чем

грамположительная бактерия *S. aureus*. Это может быть связано с большей сложностью двухмембранной клеточной оболочки грамотрицательных микроорганизмов по сравнению с одномембранным гликопротеином грамположительной бактерии *S. aureus* [8; 15].

Наибольший эффект экстракт проявляет в сочетании с ДМСО с концентрацией 100 мкл/мл. Процент подавления колоний варьировал от 90 до 100 %. При высокой бактериальной нагрузке фитозащитный экстракт эффективно подавлял рост бактерий только в максимально изученной концентрации. В случаях разведения в КФБ и ДМСО с концентрацией 50 мкл/мл наблюдался незначительный бактериальный рост. ДМСО в данном эксперименте выраженного антибактериального эффекта не проявлял.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сверхкритический углекислотный экстракт проявляет выраженное антимикробное действие в отношении референтных штаммов *S. aureus*, *Escherichia coli* и *Salmonella* spp. Антибактериальное действие экстракта в отношении чистых культур позволяет предполагать его активность и в отношении изолятов, и возможность включения его в качестве компонента комбинированных препаратов для лечения инфекций, вызванных антибиотикоустойчивыми штаммами. Ингибирующее действие экстракта Чабера садового в отношении штаммов бактерий можно объяснить повышенным содержанием биологически активных соединений класса монотерпенов, особенно терпинена, тимола и карвакрола. В настоящем исследовании экстракт Чабера садового показал активность против тестируемых бактерий, при этом *S. aureus* был наиболее чувствительным.

Хромато-масс-спектральный анализ выявил в сверхкритическом углекислотном экстракте 28 веществ, основными из которых были тимол, карвакрол, γ -терпинен, п-цимен, которые могут быть ответственны за выявленные антимикробные действия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постникова О.Н., Шевкопляс Л.А., Кувейда Т.А., Сатаева Т.П., Кирсанова М.А., Логадырь Т.А. Влияние эфирного масла Чабера горного на рост культур условно-патогенных микроорганизмов. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2022. Т. 99 N 6. С. 701–707. DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-262>
2. Chambre D.R., Moisa C., Lupitu A., Copolovici L., Pop G., Copolovici D. M. Chemical composition, antioxidant capacity, and thermal behavior of *Satureja hortensis* essential oil // Sci Rep. 2020. V.10. N 1. doi: 10.1038/s41598-020-78263-9
3. Найда Н.М., Донских Н.А., Никулин А.Б. Изучение Чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в Ленинградской области // Агрономия, ветеринария и зоотехния. 2015. N 42. С.11–15.
4. Popovici R.A., Vaduva D., Pinzaru I., Dehelean C.A., Farcas C.G., Coricovac D., Danciu C., Popescu I., Alexa E., Lazureanu V., Stanca H.T. A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. // Exp Ther Med. 2019. V. 18. N 2. P. 932–942. doi: 10.3892/etm.2019.7635
5. Khutami C., Sumiwi S.A., Khairul Ikram N.K., Muchtaridi M. Antioxidants from Natural Products on Obesity, Dyslipidemia, Diabetes and Their Molecular Signaling Mechanism // The Effects of. Int J Mol Sci. 2022. V. 23. N 4. P. 2056. doi: 10.3390/ijms23042056
6. Farzaneh M., Kiani H., Sharifi R., Reisi M., Hadian J. Chemical

- composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera* and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit // PostharvestBiol.Tech. 2015. V. 10. N 4. P. 145–151.
7. Sharifi A., Mohammadzadeh A., Zahraei Salehi T., Mahmoodi P. Antibacterial, antibiofilm and quorum sensing effects of *Thymus daenensis* and *Satureja hortensis* essential oils against *Staphylococcus aureus* isolates // J Appl Microbiol. 2018. V. 124. N 2. P. 379–388. doi: 10.1111/jam.13639
 8. Bimbiraitė-Survilienė K., Stankevičiūtė M., Šuštauskaitė S., Gegotek A., Maruška A., Skrzydlewska E., Barsteigienė Z., Akuņeca I., Ragažinskienė O., Lukošius A. Evaluation of Chemical Composition, Radical Scavenging and Antitumor Activities of *Satureja hortensis* L. Herb Extracts. Antioxidants (Basel). 2021. V. 10. N 1. P. 53. doi: 10.3390/antiox10010053
 9. Seyedtaghiya M.H., Fasaee B.N., Peighambari S.M. Antimicrobial and antibiofilm effects of *Satureja hortensis* essential oil against *Escherichia coli* and *Salmonella* isolated from poultry. Iran J Microbiol. 2021. V. 13. P. 74–80. doi: 10.18502/ijm.v13i1.5495
 10. Liu G., Liu A., Yang C., Zhou C., Zhou Q., Li H., Yang H., Mo J., Zhang Z., Li G., Si H., Ou C. Portulaca oleracea L. organic acid extract inhibits persistent methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in vitro and in vivo // Front Microbiol. 2023. P. 12. doi: 10.3389/fmicb.2022.1076154
 11. Guo Y., Yu X., Wang J., Hua D., You Y., Wu Q., Ji Q., Zhang J., Li L., Hu Y., Wu Z., Wei X., Jin L., Meng F., Yang Y., Hu X., Long L., Hu S., Qi H., Ma J., Bei W., Yan X., Wang H., He Z. A food poisoning caused by ST7 *Staphylococcus aureus* harboring sea gene in Hainan province, China // Front Microbiol. 2023. pp. 9. doi: 10.3389/fmicb.2023.1110720
 12. Wang H., Shen J., Zhu C., Ma K., Fang M., Li B., Wang W., Xue T. Antibiotics Resistance and Virulence of *Staphylococcus aureus* Isolates Isolated from Raw Milk from Handmade Dairy Retail Stores in Hefei City, China // Foods. 2022. P. 12. doi: 10.3390/foods11152185
 13. Sharifi-Rad M., et al. Carvacrol and human health: A comprehensive review // Phytother. Res. 2018. V. 32. P. 1675–1687. doi: 10.1002/ptr.6103
 14. Ejaz A., Waliat S., Arshad M.S., Khalid W., Khalid M.Z., Rasul Suleria H.A., Luca M.I., Mironeasa C., Bataricuc A., Ungureanu-Luga M., Coțovanu I., Mironeasa S. A comprehensive review of summer Savory (*Satureja hortensis* L.): promising ingredient for production of functional foods // Front Pharmacol. 2023. V. 24. N 14. doi: 10.3389/fphar.2023.1198970
 15. Tafi A.A., Meshkini S., Tukmechi A., Alishahi M., Noori F. Therapeutic and Histopathological Effect of Aloe vera and *Salvia officinalis* Hydroethanolic Extracts against *Streptococcus iniae* in Rainbow Trout // Arch Razi Inst. 2020. V. 75. N 2. P. 257–287. doi: 10.22092/ari.2019.122855.1232
 16. Aliev A.M., Abdulgatov I.M. The study of microalgae *Nannochloropsis salina* fatty acid composition of the extracts using different techniques. SCF vs conventional extraction // Journal of Molecular Liquids. 2017. V. 239. P. 96–100.
 17. Aliev A.M., Radzhabov G.K. The Dependence of the Component Composition of the Extract of *Satureja hortensis* L. on the Pressure of the Process of Supercritical CO₂ Extraction // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2022. V. 16. N 8. P. 1402–1408.
 18. Siwar M., Ridha El M., Aliev A.M., Alessandra P., Silvia P., Saoussen H. Effect of pressure variation on the efficiency of supercritical fluid extraction of wild carrot (*Daucus carota* subsp. *maritimus*) extracts // Journal of Chromatography B. 2019. V. 1125. P. 121.

REFERENCES

1. Postnikova O.N., Shevkopyas L.A., Kuevda T.A., Sataeva T.P., Kirsanova M.A., Logadyr T.A. The influence of mountain Savory essential oil on the growth of cultures of opportunistic microorganisms. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*, 2022, vol. 99, no. 6, pp. 701–707. (In Russian)

<https://doi.org/10.36233/0372-9311-262>

2. Chambre D.R., Moisa C., Lupitu A., Copolovici L., Pop G., Copolovici D.M. Chemical composition, antioxidant capacity, and thermal behavior of *Satureja hortensis* essential oil. *Sci Rep.* 2020, vol.10, no. 1 doi: 10.1038/s41598-020-78263-9
3. Nayda N.M., Donskikh N.A., Nikulin A.B. Study of Garden Savory (*Satureja hortensis* L.) in the Leningrad region. *Agronomiya, veterinariya i zootekhniya* [Agronomy, veterinary medicine and animal science]. 2015, no. 42, pp. 11–15. (In Russian)
4. Popovici R.A., Vaduva D., Pinzaru I., Dehelean C.A., Farcas C.G., Coricovac D., Dancu C., Popescu I., Alexa E., Lazureanu V., Stanca H.T. A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. *Exp Ther Med.* 2019, vol. 18, no. 2, pp. 932–942. doi: 10.3892/etm.2019.7635
5. Khutami C., Sumiwi S.A., Khairul Ikram N.K., Muchtaridi M. Antioxidants from Natural Products on Obesity, Dyslipidemia, Diabetics and Their Molecular Signaling Mechanism. *The Effects of. Int J Mol Sci.* 2022, vol. 23, no. 4, pp. 2056. doi: 10.3390/ijms23042056
6. Farzaneh M., Kiani H., Sharifi R., Reisi M., Hadian J. Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera* and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. *Postharvest Biol. Tech.* 2015, vol. 10, no. 4, pp. 145–151.
7. Sharifi A., Mohammadzadeh A., Zahraei Salehi T., Mahmoodi P. Antibacterial, antibiofilm and quorum sensing effects of *Thymus daenensis* and *Satureja hortensis* essential oils against *Staphylococcus aureus* isolates. *J Appl Microbiol.* 2018, vol. 124, no. 2, pp. 379–388. doi: 10.1111/jam.13639
8. Bimbiraitė-Survilienė K., Stankevičius M., Šuštauskaitė S., Gegotek A., Maruška A., Skrzydlewska E., Barsteigienė Z., Akuņeca I., Ragažinskienė O., Lukošius A. Evaluation of Chemical Composition, Radical Scavenging and Antitumor Activities of *Satureja hortensis* L. Herb Extracts. *Antioxidants (Basel).* 2021, vol. 10, no. 1, pp. 53. doi: 10.3390/antiox10010053
9. Seyedtaghiya M.H., Fasaee B.N., Peighambari S.M. Antimicrobial and antibiofilm effects of *Satureja hortensis* essential oil against *Escherichia coli* and *Salmonella* isolated from poultry. *Iran J Microbiol.* 2021, vol. 13, pp. 74–80. doi: 10.18502/ijm.v13i1.5495
10. Liu G., Liu A., Yang C., Zhou C., Zhou Q., Li H., Yang H., Mo J., Zhang Z., Li G., Si H., Ou C. *Portulaca oleracea* L. organic acid

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ашура И. Исрапилова провела эксперимент по определению противомикробной активности экстракта, написала рукопись. Аслан М. Алиев получил экстракт и исследовал его компонентный состав. Айна А. Адиева предложила дизайн исследования. Альбина М. Джафарова рассчитала концентрацию экстракта для определения его противомикробной активности. Зиярат А. Гусейнова собрала характеристические данные по строению экстракта, сделала статистическую обработку. Патимат А. Муртузалиева отредактировала текст, подготовила графический материал. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

- extract inhibits persistent methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in vitro and in vivo. *Front Microbiol.* 2023. pp. 12. doi: 10.3389/fmicb.2022.1076154
11. Guo Y., Yu X., Wang J., Hua D., You Y., Wu Q., Ji Q., Zhang J., Li L., Hu Y., Wu Z., Wei X., Jin L., Meng F., Yang Y., Hu X., Long L., Hu S., Qi H., Ma J., Bei W., Yan X., Wang H., He Z. A food poisoning caused by ST7 *Staphylococcus aureus* harboring sea gene in Hainan province, China. *Front Microbiol.* 2023, pp. 9. doi: 10.3389/fmicb.2023.1110720
12. Wang H., Shen J., Zhu C., Ma K., Fang M., Li B., Wang W., Xue T. Antibiotics Resistance and Virulence of *Staphylococcus aureus* Isolates Isolated from Raw Milk from Handmade Dairy Retail Stores in Hefei City, China. *Foods*, 2022, pp. 12. doi: 10.3390/foods11152185
13. Sharifi-Rad M., et al. Carvacrol and human health: A comprehensive review. *Phytother. Res.* 2018, vol. 32, pp. 1675–1687. doi: 10.1002/ptr.6103
14. Ejaz A., Waliat S., Arshad M.S., Khalid W., Khalid M.Z., Rasul Suleria H.A., Luca M.I., Mironeasa C., Bataricu A., Ungureanu-luga M., Coțovanu I., Mironeasa S. A comprehensive review of summer Savory (*Satureja hortensis* L.): promising ingredient for production of functional foods. *Front Pharmacol.* 2023, vol. 24, no. 14. doi: 10.3389/fphar.2023.1198970
15. Tafi A.A., Meshkini S., Tukmechi A., Alishahi M., Noori F. Therapeutic and Histopathological Effect of Aloe vera and *Salvia officinalis* Hydroethanolic Extracts against *Streptococcus iniae* in Rainbow Trout. *Arch Razi Inst.* 2020, vol. 75, no. 2, pp. 257–287. doi: 10.22092/ari.2019.122855.1232
16. Aliev A.M., Abdulgatov I.M. The study of microalgae *Nannochloropsis salina* fatty acid composition of the extracts using different techniques. SCF vs conventional extraction. *Journal of Molecular Liquids*, 2017, vol. 239, pp. 96–100.
17. Aliev A.M., Radzhabov G.K. The Dependence of the Component Composition of the Extract of *Satureja hortensis* L. on the Pressure of the Process of Supercritical CO₂ Extractio. *Russian Journal of Physical Chemistry B.* 2022, vol. 16, no. 8, pp. 1402–1408.
18. Siwar M., Ridha El M., Aliev A.M., Alessandra P., Silvia P., Saoussen H. Effect of pressure variation on the efficiency of supercritical fluid extraction of wild carrot (*Daucus carota* subsp. *maritimus*) extracts. *Journal of Chromatography B.* 2019, vol. 1125, pp. 121.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ashura I. Israpilova set up the experiment to determine the antimicrobial activity of the extract and wrote the manuscript. Aslan M. Aliev obtained the extract and studied its component composition. Aina A. Adieva proposed the study design. Albina M. Dzhaferova calculated the concentrations of the extract to determine its antimicrobial activity. Ziyarat A. Guseynova collected characteristic data on the structure of the extract and undertook statistical processing. Patimat A. Murtuzalievna edited the text and prepared graphic material. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ашура И. Исрапилова / Ashura I. Israpilova <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>

Аслан М. Алиев / Aslan M. Aliev <https://orcid.org/0000-0002-2181-1801>

Айна А. Адиева / Aina A. Adieva <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>

Альбина М. Джафарова / Albina M. Dzhaferova <https://orcid.org/0000-0001-7744-859X>

Зиярат А. Гусейнова / Ziyarat A. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-0355-4132>

Патимат А. Муртузалиева / Patimat A. Murtuzalievna <https://orcid.org/0009-0003-6263-7269>