

УДК 547.913:615.28

# КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *THYMUS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.В. Феськова, А.С. Дайлид, О.В. Нестер, В.Н. Леонтьев

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

*Thymus* — таксономически сложный род семейства Яснотковые, характеризующийся полиморфизмом компонентного состава эфирных масел на меж- и внутривидовом уровнях. Эфирные масла растений рода *Thymus* благодаря их химическому составу являются одними из наиболее перспективных антимикробных агентов.

Цель работы — изучение компонентного состава и антимикробной активности эфирного масла растений рода *Thymus* из коллекции ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ЦБС).

**Материал и методы.** Объекты исследования: тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.), тимьян Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.), тимьян Кочи (*Thymus kotschyanus* Boiss) и тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) из коллекции ЦБС. Анализ компонентного состава эфирных масел проводили методом газовой хроматографии. Антимикробную активность определяли методом диффузии эфирных масел в агар.

**Результаты и их обсуждение.** Наибольший выход эфирного масла наблюдался у *T. marschallianus* (1,35%), наименьший — у *T. kotschyanus* (1,05%). Эфирные масла, выделенные из *T. marschallianus* и *T. vulgaris*, произрастающих на территории ЦБС, принадлежат тимольному хемотипу, а эфирные масла *T. serpyllum* и *T. kotschyanus* — карвакрольному. Установлена антимикробная активность эфирных масел изучаемых видов в отношении грамположительных (*Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp.) и грамотрицательных (*Salmonella* sp., *Escherichia coli* Hfr H3, *Pseudomonas aeruginosa*) бактерий, а также дрожжеподобных грибов (*Candida albicans* ATCC 10231). Тимольные хемотипы чистых эфирных масел проявляли более выраженную антимикробную активность против грамположительных бактерий, чем карвакрольные хемотипы.

**Заключение.** С практической точки зрения в составе противомикробных препаратов в отношении бактерий *Salmonella* sp. возможно применение 10%-х эфирных масел *T. marschallianus* и *T. serpyllum*; *Bacillus subtilis* — *T. vulgaris* (концентрация 10%) и *Clostridium* sp. — 4%-х эфирных масел *T. serpyllum* и *T. kotschyanus* и эфирного масла *T. marschallianus* в концентрации 10%.

**Ключевые слова:** тимьян ползучий, тимьян Маршалла, тимьян обыкновенный, тимьян Кочи, эфирное масло, антимикробная активность.

## COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SOME *THYMUS* SPECIES ESSENTIAL OIL GROWING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

E.V. Feskova, A.S. Dailid, O.V. Nester, V.N. Leontiev

Education Establishment "Belarusian State Technological University"

*Thymus* is a taxonomically complex genus of the Lamiaceae family, characterized by polymorphism of the composition of essential oils at the interspecific and intraspecific levels. Essential oils of *Thymus* plants are among the most promising antimicrobial agents due to their chemical composition.

The aim of the study is to investigate the composition and antimicrobial activity of essential oil of plants of the genus *Thymus* from the collection of the State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (CBG).

**Material and methods.** The objects of the study were *Thymus serpyllum* L., *Thymus marschallianus* Willd., *Thymus kotschyanus* Boiss and *Thymus vulgaris* L. from the CBG collection. The analysis of the essential oils composition was carried out by gas chromatography. Antimicrobial activity was identified by the method of diffusion of essential oils in agar.

**Findings and their discussion.** The highest yield of essential oil was observed in *T. marschallianus* (1,35%), the lowest — in *T. kotschyanus* (1,05%). Essential oils isolated from *T. marschallianus* and *T. vulgaris* growing in CBG belong to the thymol chemotype, while essential oils from *T. serpyllum* and *T. kotschyanus* belong to the carvacrol chemotype. Antimicrobial activity of essential oils of the

studied species was established against gram-positive (*Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp.) and gram-negative (*Salmonella* sp., *Escherichia coli* Hfr H3, *Pseudomonas aeruginosa*) bacteria, as well as yeast-like fungi (*Candida albicans* ATCC 10231). Thymol chemotypes of pure essential oils exhibited more pronounced antimicrobial activity against gram-positive bacteria than carvacrol chemotypes.

**Conclusion.** From the practical point of view, in the composition of antimicrobial preparations against *Salmonella* sp. it is possible to use 10% essential oils of *T. marschallianus* and *T. serpyllum*; in relation to *Bacillus subtilis* — *T. vulgaris* (concentration 10%) and in relation to *Clostridium* sp. — 4% essential oils of *T. serpyllum* and *T. kotschyanus* and essential oil of *T. marschallianus* in a concentration of 10%.

**Key words:** creeping thyme, Marshall thyme, common thyme, Kochi thyme, essential oil, antimicrobial activity.

Эфирные масла — это ароматные летучие жидкости, извлекаемые из различных частей растений [1]. Они представляют собой важные источники антимикробных веществ природного происхождения и благодаря широкому спектру биологической активности применяются как в практическом здравоохранении, так и в народной медицине [2], а также обладают большим потенциалом использования в качестве пищевых консервантов для снижения окислительных реакций во время обработки, производства и хранения пищевых продуктов [1].

Эфирные масла растений рода *Thymus* благодаря их химическому составу являются одними из наиболее перспективных антимикробных агентов (антимикробная активность обнаружена в отношении патогенных и оппортунистических бактерий, а также грибов) [2]. Род *Thymus* — один из таксономически сложных родов семейства Яснотковые, который состоит, по разным данным, из 250–350 таксонов (многочисленных видов и разновидностей), распространенных по всему миру, особенно в районе Средиземноморья [3; 4]. В большинстве частей света тимьян считается одной из самых ценных специй, его эфирное масло входит в десятку лучших эфирных масел в мире по использованию в качестве пищевого консерванта [1; 5].

Для представителей рода *Thymus* характерен полиморфизм компонентного состава эфирных масел, как на межвидовом, так и на внутривидовом уровне. Выделяют более 8 хемотипов эфирного масла растений рода тимьян, в каждом из которых преобладают определенные компоненты (тимол, карвакрол, α-терпениол, гераниол и т.д.) [6]. Несмотря на значительное химическое разнообразие этого рода, тимол и карвакрол присутствуют во всех видах, но в разных количествах [3; 5] (табл. 1).

Таблица 1

Основные компоненты эфирного масла некоторых видов *Thymus*

Вид <i>Thymus</i>	Содержание основных компонентов, %	Место произрастания
<i>marschallianus</i>	<b>тимол</b> (54,61), п-цимен (20,99), <b>карвакрол</b> (2,92) [7]	Саратовская область (РФ)
	<b>тимол</b> и его изомеры (38,4), циклогексен (8,9), γ-терпинен (7,6), эндоборнеол (5,3), <b>карвакрол</b> (нет данных) [2]	
	<b>тимол</b> (32,9), γ-терпинен (22,4), <b>карвакрол</b> (8,0) [8]	Синьцзян (Китай)
<i>vulgaris</i>	<b>тимол</b> (54,26), γ-терпинен (9,50), п-цимен (7,61), <b>карвакрол</b> (4,42), α-терпинолен (3,27) [9]	Джизан (Саудовская Аравия)
	<b>тимол</b> (49,1), п-цимен (20,0), γ-терпинен (4,2), β-кариофиллен (3,7), <b>карвакрол</b> (3,5) [5]	Панчево (Сербия)
	<b>тимол</b> (47,59), γ-терпинен (30,90), п-цимен (8,41), <b>карвакрол</b> (нет данных) [10]	Броштени (Румыния)
	<b>тимол</b> (39,5), п-цимен (12,8), γ-терпинен (10,9), <b>карвакрол</b> (4,2) [1]	Иран
	<b>карвакрол</b> (70,3), п-цимен (11,7), γ-терпинен (3,2), <b>тимол</b> (0,6) [11]	Португалия
	камфора (35,8), камфен (17,2), α-пинен (9,4), 1,8-цинеол (5,4), борнеол (4,9), β-пинен (3,9), <b>карвакрол</b> (0,53), <b>тимол</b> (0,24) [12]	Восточный Марокко
	<b>тимол</b> (79,2), <b>карвакрол</b> (4,6), п-цимен (3,3) [4]	Бразилия
	<b>тимол</b> (25,6), п-цимен (26,4), α-пинен (12,1), <b>карвакрол</b> (11,4), тимохинон (10,5) [4]	Алжир
<i>serpyllum</i>	<b>тимол</b> (52,45), <b>карвакрол</b> (6,81), п-цимен (6,67) [1]	Иран
	<b>тимол</b> (56,02), <b>карвакрол</b> (14,00), п-цимен (6,2) [5]	Греция
	<b>тимол</b> и его изомеры (43,9), эвкалиптол (8,4), бензен (4,2), кариофиллен (2,9), <b>карвакрол</b> (нет данных) [6]	Саратовская область (РФ)

Окончание табл. 1

<i>kotschyanus</i>	<b>тимол</b> (31,2), <b>карвакрол</b> (19,5), п-цимен (11,2), γ-терпинен (8,4) [13]	Турция
	<b>тимол</b> (60,48), γ-терпинен (6,67), п-цимен (5,56), <b>карвакрол</b> (3,08) [14]	Восточный Азербайджан (Иран)
	гераниол (25,77), <b>тимол</b> (14,85), геранилацетат (8,55), γ-терпинен (5,34), транс-кариофиллен (4,49), линалоол (4,01), п-цимен (3,31), <b>карвакрол</b> (2,6) [15]	Керманшах (Иран)

Цель работы — изучение компонентного состава и антимикробной активности эфирного масла растений рода *Thymus* из коллекции ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ЦБС).

**Материал и методы.** Объекты исследования: тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.), тимьян Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.), тимьян Кочи (*Thymus kotschyanus* Boiss) и тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) из коллекции ЦБС (53°54'58" с.ш., 27°36'45" в.д.). Сбор сырья осуществляли в фазу массового цветения в 2024 году.

Экстракцию эфирного масла (совместно из листьев и цветков) проводили методом перегонки с водяным паром. Измельченное сырье помещали в круглодонную колбу с добавлением дистиллированной воды (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 Agilent 7820A GC (Agilent Technologies, США), оснащенном 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)-метилполисилоксан), 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.

Антимикробную активность эфирного масла устанавливали методом диффузии в агар. В качестве тест-культур использовали микроорганизмы коллекции кафедры биотехнологии БГТУ: *Salmonella* sp., *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H3, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* ATCC 10231. 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 0,5 см. На диски наносили по 2 мкл чистого эфирного масла или их растворов различной концентрации в 95%-м этиловом спирте, выдерживали посевы при 4°C в течение 2 ч с последующим инкубированием в термостате при 30°C в течение 24 ч. По его завершении измеряли диаметр зон роста тест-культур микроорганизмов. В качестве контроля использовали 95%-й этиловый спирт.

Все измерения производили в трехкратной повторности.

**Результаты и их обсуждение.** В табл. 2 приведены результаты по определению компонентного состава эфирного масла исследованных видов *Thymus*.

Анализируя эти данные, сделали вывод, что эфирные масла, полученные из *T. marschallianus* и *T. vulgaris*, произрастающих на территории ЦБС, относятся к тимольному хемотипу (содержание тимола 43,25% и 52,98% соответственно), а *T. serpyllum* и *T. kotschyanus* — к карвакрольному (содержание карвакрола 39,76% и 50,78% соответственно).

Стоит отметить, что эфирные масла из *T. serpyllum* и *T. kotschyanus*, произрастающих в других климатических регионах (табл. 1), принадлежат не к карвакрольному, а в большинстве своем к тимольному хемотипу.

Помимо преобладающих тимола и карвакрола (в зависимости от хемотипа), основными компонентами эфирных масел исследованных видов *Thymus* являются γ-терпинен, п-цимен, а для эфирных масел *T. serpyllum* и *T. kotschyanus* еще и β-кариофиллен, сабинен гидрат и карвон.

Антимикробная активность эфирных масел растений обусловлена содержанием тех или иных классов соединений (монотерпены, альдегиды, кетоны, фенолы и т.д.) и их действием на мембрану клеток, включая наружную мембрану грамотрицательных бактерий, что приводит к нарушению процессов трансмембранного транспорта, ионной проницаемости, работе цепи переноса электронов, но в целом механизм их признается до конца не изученным [2].

Компонентный состав эфирных масел растений рода *Thymus*

Компонент эфирного масла	Относительное содержание, %			
	<i>T. marschallianus</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>T. serpyllum</i>	<i>T. kotschyanus</i>
α-пинен	0,73	0,64	0,84	0,37
камфен	1,14	0,58	1,05	0,29
сабинен	0,04	0,02	0,03	0,03
β-пинен	1,37	1,25	2,10	2,86
3-карен	0,09	0,13	0,09	1,27
п-цимен	<b>8,96</b>	<b>16,47</b>	<b>6,60</b>	<b>4,21</b>
лимонен	0,59	0,61	0,76	0,39
эвкалиптол	0,03	0,25	0,03	0,03
γ-терпинен	<b>22,46</b>	<b>11,68</b>	<b>25,26</b>	<b>12,65</b>
сабинен гидрат	0,61	0,46	<b>9,54</b>	0,47
фенхон	0,17	0,18	0,18	0,17
линалоол	0,28	2,94	0,19	0,30
туйон	–	–	0,02	–
камфора	–	0,05	0,04	0,03
изопулегол	0,02	0,04	0,04	–
ментон	–	0,02	–	–
борнеол	1,74	0,77	3,23	1,33
терпинен-4-ол	0,70	0,94	0,69	0,77
α-терпинеол	0,11	0,15	0,10	0,10
метилхавикол	0,02	0,05	0,10	0,08
пулегон	–	0,61	0,26	–
карвон	1,36	0,02	0,72	<b>6,40</b>
гераниол	0,06	0,13	–	–
гераниаль	–	0,07	–	–
тимол	<b>43,25</b>	<b>52,98</b>	0,66	0,69
карвакрол	1,45	3,01	<b>39,76</b>	<b>50,78</b>
геранилацетат	–	0,04	0,05	0,06
β-кариофиллен	0,87	0,91	<b>5,98</b>	<b>7,92</b>
α-кариофиллен	–	–	0,23	0,32
кариофиллен оксид	–	0,20	0,44	0,59
Всего идентифицировано компонентов, %	86,05	95,20	98,99	92,11
Выход эфирного масла в пересчете на сухое сырье, %	1,35	1,26	1,11	1,05

Ментофуран, изоментон, ментол, цитронеллол, нераль, анисовый альдегид, транс-анетол, борнилацетат, ментилацетат, терпинилацетат, эвгенол и цедрол обнаружены не были.

На втором этапе была проведена оценка антимикробных свойств образцов чистого эфирного масла исследуемых видов *Thymus*, а также их этанольных растворов. Результаты представлены в виде среднего арифметического значения и доверительного интервала по данным трех экспериментов.

В табл. 3 приведены результаты по определению антимикробной активности чистых эфирных масел изучаемых видов *Thymus*.

Таблица 3

Антимикробная активность эфирных масел изученных видов *Thymus*

Название тест-культуры	<i>T. marschallianus</i> (TX)	<i>T. vulgaris</i> (TX)	<i>T. serpyllum</i> (KX)	<i>T. kotschyanus</i> (KX)
	Диаметр зоны задержки роста тест-культур, мм			
Грамотрицательные бактерии				
<i>Salmonella</i> sp.	15,3±0,6	9,3±1,2	15,3±1,5	10,3±1,2
<i>Escherichia coli</i> Hfr H3	34,3±3,5	17,1±2,1	20,3±1,2	20,0±2,6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	–	–	–
Грамположительные бактерии				
<i>Bacillus subtilis</i>	34,0±4,0	32,3±2,1	15,7±2,1	25,3±0,6
<i>Clostridium</i> sp.	25,0±2,0	25,3±1,5	19,3±1,2	20,7±0,6
Дрожжеподобные грибы				
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	6.7±0.6	7.7±0.6	7.0±1.0	6.7±0.6

«—» — подавления роста микроорганизмов не наблюдалось.

TX — тимольный хемотип эфирного масла, KX — карвакрольный хемотип эфирного масла.

Зона ингибирования менее 12 мм свидетельствовала о низкой, 12–30 мм — средней и более 30 мм — высокой чувствительности микроорганизмов к образцу эфирного масла.

Ни один из образцов эфирного масла не подавлял рост бактерий *Pseudomonas aeruginosa*. В отношении других изученных грамотрицательных бактерий все эфирные масла показали среднюю антимикробную активность, за исключением эфирного масла *T. marschallianus* (высокая антимикробная активность против бактерий *Escherichia coli* Hfr H3) и эфирных масел *T. vulgaris* и *T. kotschyanus* (низкая антимикробная активность по отношению к бактериям *Salmonella* sp.).

Тимольные хемотипы изученных эфирных масел проявляли высокую антимикробную активность против *Bacillus subtilis* и среднюю — против *Clostridium* sp., а карвакрольные хемотипы — среднюю антимикробную активность по отношению к грамположительным бактериям.

Дрожжеподобные грибы *Candida albicans* продемонстрировали низкую чувствительность к изучаемым эфирным маслам.

Результаты определения антимикробной активности этанольных растворов эфирных масел приведены в табл. 4 (исследования проводили на тест-культурах микроорганизмов, показавших в предыдущем эксперименте высокую и среднюю чувствительность к изучаемым эфирным маслам).

Таблица 4

Антимикробная активность этанольных растворов эфирных масел рода *Thymus*

Концентрация этанольных растворов эфирного масла, %	Грамотрицательные бактерии		Грамположительные бактерии	
	<i>Salmonella</i> sp.	<i>Escherichia coli</i> Hfr H3	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Clostridium</i> sp.
	Диаметр зоны задержки роста тест-культур, мм			
<i>T. marschallianus</i>				
0,5	8,3±1,2	7,7±0,6	6,7±0,6	8,7±0,6
1,0	8,7±0,6	10,3±0,6	8,3±1,5	8,7±0,6
2,0	8,7±0,6	10,7±0,6	8,3±0,6	9,3±0,6
4,0	10,3±0,6	10,7±1,2	9,7±0,6	9,3±0,6
5,0	8,0±1,0	9,0±1,0	10,3±0,6	10,7±0,6
7,5	10,3±1,5	10,0±2,0	11,3±0,6	10,7±1,5
10,0	<b>12,3±0,6</b>	10,3±0,6	12,0±0,0	<b>12,7±0,6</b>
Контроль	5,7±0,6	6,3±0,6	6,7±0,6	6,3±0,6

<i>T. vulgaris</i>				
0,5	—	6,7±0,6	8,7±0,6	7,7±0,6
1,0	—	8,7±0,6	9,3±0,6	9,7±0,6
2,0	—	10,0±0,0	10,0±0,0	11,0±1,0
4,0	—	10,3±0,6	10,3±0,6	11,3±1,2
5,0	—	10,7±0,6	9,7±0,1	11,7±1,5
7,5	—	12,0±1,0	12,0±1,0	12,0±0,0
10,0	—	12,3±0,6	<b>12,7±0,6</b>	—
Контроль	—	6,3±0,6	6,3±0,6	6,0±1,0
<i>T. serpyllum</i>				
0,5	6,7±1,2	6,3±0,6	7,7±1,2	6,3±0,6
1,0	9,3±0,6	8,3±0,6	8,7±0,6	6,7±0,6
2,0	10,7±0,6	9,0±0,0	8,0±1,0	9,0±1,0
4,0	8,7±0,6	9,7±1,2	10,3±0,6	<b>11,7±0,6</b>
5,0	9,7±0,6	7,0±1,7	8,7±0,6	9,3±0,6
7,5	8,3±0,6	10,3±0,6	9,3±0,6	9,7±0,6
10,0	<b>12,7±1,2</b>	12,0±1,0	11,0±1,0	8,7±0,6
Контроль	5,7±0,6	6,3±0,6	6,3±0,6	5,3±0,6
<i>T. kotschyanus</i>				
0,5	—	—	7,3±1,2	8,0±1,0
1,0	—	—	7,7±0,6	9,3±1,2
2,0	—	—	10,0±0,0	9,7±0,6
4,0	—	—	9,7±0,6	<b>12,7±0,6</b>
5,0	—	10,7±0,6	10,7±0,6	12,0±1,0
7,5	—	10,3±0,6	10,3±1,2	12,0±1,0
10,0	—	—	12,3±1,2	—
Контроль	—	6,3±0,6	6,7±0,6	6,3±0,6

«—» — эксперимент не проводили.

Принимали, что образец проявляет антимикробную активность, если диаметр зоны задержки роста превышал более чем в два раза диаметр зоны задержки роста показателя «Контроль». Данные экспериментов, представленные в табл. 4, свидетельствуют о том, что все этанольные растворы эфирных масел в изученных концентрациях либо не проявляют, либо проявляют низкую антимикробную активность.

**Заключение.** Таким образом, установлено, что эфирные масла, полученные из *T. marschallianus* и *T. vulgaris*, произрастающих на территории ЦБС, относятся к тимольному хемотипу, а эфирные масла *T. serpyllum* и *T. kotschyanus* — к карвакрольному. Бактерии *Pseudomonas aeruginosa* оказались не чувствительны к эфирному маслу изученных видов *Thymus*, а дрожжеподобные грибы *Candida albicans* ATCC 10231 продемонстрировали к ним низкую чувствительность.

Определено, что эфирное масло *T. marschallianus* в концентрации 10% обладает антимикробной активностью в отношении бактерий *Salmonella* sp. и *Clostridium* sp.; *T. vulgaris* в концентрации 10% — бактерий *Bacillus subtilis*; *T. serpyllum* в концентрации 10% и 4% — бактерий *Salmonella* sp. и *Clostridium* sp. соответственно и *T. kotschyanus* в концентрации 4% — бактерий *Clostridium* sp.).

Выполнение работы финансировалось в рамках НИР «Идентификация и анатомо-терапевтико-химическая классификация биологически активных соединений коллекции лекарственных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси» ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорганхимия», № госрегистрации в ГУ «БелИСА» 20211495 от 21.05.2021.

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

#### ЛИТЕРАТУРА

- Tohidi, B. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran / B. Tohidi, M. Rahimmalek, A. Arzani // Food Chemistry. — 2017. — Vol. 220. — P. 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.203>.
- Антибактериальная активность эфирных масел тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.) и тимьяна Маршалла (*Thymus marschallianus* Willd.) / О.Г. Шаповал, А.С. Шереметьева, Н.А. Дурнова [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. — 2023. — Т. 12, № 3. — С. 143–150. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-143-150>.

3. Chemical Composition and Biological Activity of Aerial Parts of *Thymus collinus* Bieb. Growing in Georgia / T. Korkotadze, D. Berashvili, S. Gokadze [et al.] // Georgian Biomedical News. — 2023. — Vol. 1, № 4. <https://doi.org/10.52340/GBMN.2023.01.01.43>.
4. *Thymus* spp. plants — Food applications and phytopharmacy properties / B. Salehi, M.S. Abu-Darwish, A.H. Tarawneh [et al.] // Trends in Food Science and Technology. — 2019. — Vol. 85. — P. 287–306. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.020>.
5. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils / M. Nikolic, J. Glamoclija, I.C.F.R. Ferreira [et al.] // Industrial Crops and Products. — 2014. — Vol. 52. — P. 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006>.
6. Винокурова, О.А. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) / О.А. Винокурова, О.В. Тринеева, А.И. Сливкин // Разработка и регистрация лекарственных средств. — 2016. — № 4(17). — С. 134–150.
7. Дурнова, Н.А. Химический состав эфирного масла *Thymus marshallianus* Willd. и *Thymus pallasianus* H.Br., произрастающих на территории Саратовской области / Н.А. Дурнова, А.Н. Романтеева, А.Н. Ковтун // Химия растительного сырья. — 2014. — № 2. — С. 115–119. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1402115>.
8. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial Activities of the Essential Oils of *Thymus marschallianus* Will. and *Thymus Proximus* Serg / H.L. Jia, Q.L. Ji, S.L. Xing [et al.] // Journal of Food Science. — 2010. — Vol. 75, № 1. — P. E59–E65. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01413.x>.
9. Agili, F.A. Chemical composition, antioxidant and antitumor activity of *Thymus vulgaris* L. essential oil / F.A. Agili // Middle-East Journal of Scientific Research. — 2014. — Vol. 21, № 10. — P. 1670–1676.
10. *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity // O. Boruga, C. Jianu, C. Misca [et al.] // Journal of Medicine and Life. — 2014. — Vol. 7, Special Issue 3. — P. 56–60.
11. Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds / C. Pina-Vaz, A. Goncalves Rodrigues, E. Pinto [et al.] // Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. — 2004. — Vol. 18, № 1. — P. 73–78.
12. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco / B. Imelouane, H. Amhamdi, J.P. Wathelet [et al.] // International Journal of Agriculture and Biology. — 2009. — Vol. 11, № 2. — P. 205–208.
13. Kilic, O. Essential oil composition of two *Thymus kotschyanus* Boiss. varieties from Elazığ (Turkey) / O. Kilic, F.A. Ozdemir // Supplement: Nutraceutical and Medicinal Plants. — 2017. — Vol. 19, № 1-S. <https://doi.org/10.23751/pn.v19i1-S.5334>.
14. Composition, Antifungal, Phytotoxic, and Insecticidal Activities of *Thymus kotschyanus* Essential Oil / G. Ghasemi, A. Alirezalu, Y. Ghosta [et al.] // Molecules. — 2020. — Vol. 25, № 5. <https://doi.org/10.3390/molecules25051152>.
15. Mirzaei, Z. *Thymus kotschyanus* Essential Oil Components and Their Effects on in vitro Rumen Fermentation, Protozoal Population and Acidosis Parameters / Z. Mirzaei, F. Hozhabri, D. Alipour // Iranian Journal of Applied Animal Science. — 2016. — Vol. 6, № 1. — P. 77–85.

## REFERENCES

1. Tohidi B., Rahimmalek M., Arzani A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. Food Chemistry, 2017, vol. 220, pp. 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.203>.
2. Shapoval O.G., Sheremetyeva A.S., Durnova N.A., Mukhamadiev N.Q., Rabbimova G.T., Nazirbekov M.K., Kupryashina M.A. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug development and registration], 2023, 12(3), pp. 143–150. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-143-150>.
3. Korkotadze T., Berashvili D., Gokadze S., Jokhadze M., Getia M., Mchedlidze K., Legault J., Mshvildadze V. Chemical Composition and Biological Activity of Aerial Parts of *Thymus collinus* Bieb. Growing in Georgia. Georgian Biomedical News, 2023, vol. 1, no. 4. <https://doi.org/10.52340/GBMN.2023.01.01.43>.
4. Salehi B., Abu-Darwish M.S., Tarawneh A.H., Cabral C., Gadetskaya A.V., Salgueiro L., Hosseinabadi T., Rajabi S., Chanda W., Sharifi-Rad M., Mulaudzi R.B., Ayatollahi S.A., Kobarfard F., Arserim-Uçar D.K., Sharifi-Rad J., Ata A., Baghalpour N., Contreras M.D.M. *Thymus* spp. plants — Food applications and phytopharmacy properties. Trends in Food Science and Technology, 2019, vol. 85, pp. 287–306. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.020>.
5. Nikolic M., Glamoclija J., Ferreira I.C.F.R., Calhelha R.C., Fernandes A., Markovic T., Markovic D., Giweli A., Sokovic M. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. Industrial Crops and Products, 2014, vol. 52, pp. 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006>.
6. Vinokurova O.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug development and registration], 2016, 4, pp. 134–150.
7. Durnova N.A., Romanteeva A.N., Kovtun A.N. *Khimiya rastitelnogo syrya* [Chemistry of Vegetable Raw Materials], 2014, 2, pp. 115–119. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1402115>.
8. Jia H.L., Ji Q.L., Xing S.L., Zhang P.H., Zhu G.L., Wang X.H. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial Activities of the Essential Oils of *Thymus marschallianus* Will. and *Thymus Proximus* Serg. Journal of Food Science, 2010, vol. 75, no. 1, pp. E59–E65. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01413.x>.
9. Agili F.A. Chemical composition, antioxidant and antitumor activity of *Thymus vulgaris* L. essential oil. Middle-East Journal of Scientific Research, 2014, vol. 21, no. 10, pp. 1670–1676.
10. Boruga O., Jianu C., Misca C., Goleț I., Gruia A.T., Horhat F.G. *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. Journal of Medicine and Life, 2014, vol. 7, Special Issue 3, pp. 56–60.
11. Pina-Vaz C., Goncalves Rodrigues A., Pinto E., Costa-de-Oliveira S., Tavares C., Salgueiro L., Cavaleiro C., Goncalves M.J., Martinez-de-Oliveira J. Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 2004, vol. 18, no. 1, pp. 73–78.
12. Imelouane B., Amhamdi H., Wathelet J.P., Ankit M., Khedid K., El-Bachiri A. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. International Journal of Agriculture and Biology, 2009, vol. 11, no. 2, pp. 205–208.
13. Kilic O., Ozdemir F.A. Essential oil composition of two *Thymus kotschyanus* Boiss. varieties from Elazığ (Turkey). Supplement: Nutraceutical and Medicinal Plants, 2017, vol. 19, no. 1-S. <https://doi.org/10.23751/pn.v19i1-S.5334>.
14. Ghasemi G., Alirezalu A., Ghosta Y., Jarrahi A., Safavi S.A., Abbas-Mohammadi M., Barba F.J., Muneakata P.E.S., Dominguez R., Lorenzo J.M. Composition, Antifungal, Phytotoxic, and Insecticidal Activities of *Thymus kotschyanus* Essential Oil. Molecules, 2020, vol. 25, no. 5. <https://doi.org/10.3390/molecules25051152>.
15. Mirzaei Z., Hozhabri F., Alipour D. *Thymus kotschyanus* Essential Oil Components and Their Effects on in vitro Rumen Fermentation, Protozoal Population and Acidosis Parameters. Iranian Journal of Applied Animal Science, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 77–85.

Поступила в редакцию 14.05.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: lena.feskova@mail.ru — Фескова Е.В.