

УДК 543.544:547.913

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ЭФИРНОГО МАСЛА *THYMUS JENISSEENSIS* ILJIN., ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

© А.А. Ефремов^{1,2}, И.Д. Зыкова^{1,2*}, Д.Г. Слащенин³

¹ Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660049 (Россия), e-mail: izykova@sfu-kras.ru

² Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» ФИЦ КНЦ СО РАН, Академгородок, 50/45, Красноярск, 660036 (Россия)

³ Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049 (Россия)

Методом исчерпывающей гидропародистилляции выделено эфирное масло из надземной части тимьяна енисейского (*Thymus jensseensis* Iljin), произрастающего на территории Красноярского края. Получены отдельные фракции эфирного масла в зависимости от продолжительности выделения. Установлен состав цельного эфирного масла, основными компонентами которого являются борнеол (17.9%), камфора (10.6%) и α -терпинеол (10.8%), причем максимальное содержание борнеола (30.5%) и α -терпинеола (19.9%) отмечено в четвертой фракции. Впервые изучены антирадикальные свойства эфирного масла *T. jensseensis* в модельной реакции со свободным стабильным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил-радикалом. Показано, что все исследуемые образцы эфирного масла проявляют антирадикальную активность (АРА), значение которой возрастает с 14.6% (первая фракция) до 41.1% (четвертая фракция). АРА пятой фракции составила 35.4%, цельного масла – 26.4%. Отмечено возрастание антирадикальной активности при уменьшении числа монотерпенов и увеличении содержания кислородсодержащих соединений в составе эфирного масла. Коэффициент корреляционной зависимости (r) АРА от содержания кислородсодержащих соединений составил 0.99, для сесквитерпенов – $r=0.84$, для монотерпенов – $r=-0.94$.

Ключевые слова: тимьян енисейский (*Thymus jensseensis* Iljin), эфирное масло, компонентный состав, антирадикальная активность, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ).

Введение

Тимьян енисейский (*Thymus jensseensis* Iljin) – растение рода *Thymus* L. семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) является эндемиком Красноярского края. Имеет тонкие стебли, заканчивающиеся бесплодными побегами; цветоносные побеги, приподнимающиеся, 4–12 см высотой, опушены под соцветием очень короткими, вниз отогнутыми или почти прижатыми волосками. Листья у растения яйцевидные или яйцевидно-эллиптические, 4–5 мм длины, (1.5) 2–5 мм ширины, верхние и прицветные немного крупнее, 8–10 мм длины, 5–6 мм ширины, с черешками, равными половине длины пластинки, голые, лишь по краю пластинки с редкими ресничками. Соцветия головчатые, изредка с отодвинутым нижним кольцом из малоцветковых мутовок. Чашечки зеленые или лиловатые, трубчато-колокольчатые, 3.5–4.5 мм длины, снизу слабоопушенные, сверху голые; зубцы верхней губы коротко-

ланцетные, по краю голые. Венчики розово-лиловые, 5–7 мм длины. Цветет в июне – июле; плоды созревают в августе – сентябре [1].

На территории Красноярского края тимьян распространен от полярно-арктической, лесной и степной зон до альпийского пояса в Западных и Восточных Саянах. Растет на степных лугах,

Ефремов Александр Алексеевич – доктор химических наук, профессор кафедры химии, заведующий отделом КИРС, e-mail: aefremov@sfn-kras.ru

Зыкова Ирина Дементьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, научный сотрудник, e-mail: izykova@sfu-kras.ru

Слащенин Дмитрий Геннадьевич – кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии, e-mail: izykova@sfu-kras.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

опушках сосновых боров, на каменистых и щебнистых скалах и склонах. В пределах Сибири тимьян енисейский входит в многочисленную группу разновидностей под общим названием «тимьян ползучий» *Thymus serpyllum* L. (чабрец, богородская трава), в которой насчитывается значительно более 10 видов. Лекарственное сырье этих видов применяется с одинаковой целью, хотя химический состав многих из них окончательно не изучен.

Известно, что представители рода *Thymus* содержат эфирное масло [2–10], на компонентный состав которого большое влияние оказывает местообитание растений и высота над уровнем моря. Эфирное масло обладает антиоксидантными, антирадикальными и антимикробными свойствами [11–14]. Для рода *Thymus* характерен значительный полиморфизм не только морфологических признаков, но и компонентного состава эфирных масел. Так, в случае тимьяна блошиного – *Thymus pulegioides* L. авторы указывают на наличие восьми его хемотипов, различающихся составом эфирного масла [15]. К этим типам относятся: тип тимола, карвакрола, цитраля, цитраля-гераниола, гераниола, линалоола, линалилацетата и фенхона. В случае тимьяна обыкновенного – тимольный тип, карвакрольный тип, лимонный тип [2].

Учитывая полиморфизм *Thymus serpyllum* L в пределах Красноярского края и изученность его эфирного масла, представляло интерес установить состав эфирного масла *T. jennisensis*, как подвида *Thymus serpyllum* L., и изучение его антирадикальных свойств. Поэтому цель данной работы – получение эфирного масла *T. jennisensis* и его отдельных фракций, исследование методом хромато-масс-спектрометрии их компонентного состава и антирадикальной активности.

Экспериментальная часть

Изученные нами образцы эфирного масла были получены из надземной массы *Thymus jennisensis* Пjип. Сбор растительного сырья (вся надземная часть растения) производился в период цветения в июне-июле 2021 года. Образцы были определены д.б.н., профессором Е.М. Антиповой. Гербарные образцы хранятся в коллекциях Гербария им. Л.М. Черепнина кафедры ботаники Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева.

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидропародистилляции с использованием целнометаллической установки, описанной в [16, 17]. Загрузка воздушно-сухого сырья составила 1200 г. Процесс отгонки цельного масла осуществляли в течение 9 ч до полного прекращения выделения эфирного масла. Следующим этапом было получение отдельных фракций эфирного масла в зависимости от времени его выделения. Первая фракция масла была получена за первые 20 мин процесса гидропародистилляции, вторая – за последующие 30 мин, третья – за последующие 120 мин, четвертая – за последующие 180 мин и пятая – за последние минуты отгонки.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора. Колонка кварцевая НР-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0.25 мм. Температура испарителя – 280 °С, температура источника ионов – 173 °С, газ-носитель – гелий, 1 мл/мин. Температура колонки – 50 °С (3 мин), 50–270 °С (со скоростью 6 °С в мин), изотермический режим при 270 °С в течение 10 мин.

Содержание компонентов оценивали по площадям пиков. Идентификацию отдельных компонентов проводили на основе сравнения времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и индивидуальных соединений, если они имелись. Кроме того, для идентификации использовали атласы масс-спектров и линейных индексов удерживания [18, 19].

При полном совпадении масс-спектров идентифицируемых компонентов с имеющимися библиотечными данными (процент совпадения – не менее 95–98%) и совпадением линейных индексов удерживания (различия не более 2–3 единицы) идентификация считалась однозначной.

Для изучения антирадикальной активности использовали реакцию компонентов эфирного масла и полученных фракций со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГ) (Sigma-Aldrich, Германия) [20]. Оптическую плотность измеряли на сканирующем спектрофотометре UV-1700 (Shimadzu, Япония) при длине волны 517 нм. Реакцию проводили в кварцевых кюветах с плотно закрывающимися крышками (толщина кюветы 10 мм) при температуре 293±1 К путем приливания к 3 мл 2.0×10⁻⁴ М раствора ДФПГ в 96%-ном этаноле 20 мкл эфирного масла. Измерения падения оптической плотности про-

водили через 30 мин от момента добавления исследуемых образцов к раствору ДФПГ. В качестве контрольного образца использовали рабочий раствор ДФПГ. Антирадикальную активность (% ингибирования ДФПГ) определяли по формуле

$$\% \text{ ингибирования} = \frac{D_{\text{контр}} - D_x}{D_{\text{контр}}} \cdot 100\%$$

где D_x – оптическая плотность исследуемого раствора, $D_{\text{контр}}$ – оптическая плотность контрольного раствора.

Каждое определение проводили в трех параллелях, причем различия в полученных значениях АРА составляли не более 0.5% от определяемой величины.

Результаты и их обсуждение

Эфирное масло *T. jenseensis* имеет бледно-желтую окраску и терпкий запах. Плотность эфирного масла составила 0.8980 г/см³, коэффициент преломления – 1.4745. Выход масла составил 1.2±0.1%.

Методом хромато-масс-спектрометрии было установлено, что цельное эфирное масло *T. jenseensis* содержит более 120 индивидуальных компонентов, 59 из которых являются основными и идентифицированы в настоящей работе (табл. 1).

В таблице 2 дана сравнительная характеристика по содержанию основных компонентов эфирного масла изученных ранее видов тимьяна и *T. jenseensis*. Из данных, представленных в таблице, следует, что эфирное масло *T. jenseensis* заметно отличается по своему составу от эфирных масел сибирских видов *Thymus serpyllum* L.s.l и *Thymus serpyllum* L., а также *Thymus pulegioides* L., произрастающего в Прибалтике. Отличие заключается в высоком содержании камфоры (10.6%), борнеола (17.9%), α-терпинеола (10.8%), содержание которого сопоставимо с таковым у камфоры, и низком содержании гераниола, тимола и карвакрола.

По результатам ДФПГ-теста установлено, что цельное эфирное масло *T. jenseensis* и его отдельные фракции проявляют АРА.

Известно, что АРА эфирных масел сложным образом связана с их составом, а также с концентрацией и соотношением наиболее активных компонентов [21], поэтому можно было ожидать, что отдельные фракции эфирного масла будут проявлять разные антирадикальные свойства. По результатам ДФПГ-теста установлено, что значения АРА отдельных фракций эфирного масла *T. jenseensis* возрастают от 14.6% (первая фракция) до 40.1% (четвертая). АРА цельного эфирного масла составила 26.4%. Раствор аскорбиновой кислоты, взятой в эквивалентной концентрации по отношению к эфирному маслу, за 30 мин полностью ингибирует ДФПГ (рис. 1).

Реакция со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом является стехиометрической и пропорциональна количеству атомов водорода, вступивших в реакцию с ДФПГ [14]. Это означает, что количество восстановленного радикала пропорционально концентрации компонента (или компонентов в случае эфирных масел) с антирадикальной активностью.

При сравнении содержания компонентов различных классов соединений в составе отдельных фракций эфирного масла представляло интерес установление корреляционной зависимости АРА исследуемых эфирных масел от содержания в них кислородсодержащих соединений. Такая зависимость была исследована с применением программы Excel. Высокий коэффициент корреляции ($r=0.99$) (для сравнения: в случае монотерпенов $r=-0.94$, в случае сесквитерпенов $r=0.84$) (рис. 2) позволяет нам сделать вывод о прямой зависимости между значением АРА эфирного масла от количества кислородсодержащих соединений в его составе.

Таблица 1. Компонентный состав отдельных фракций эфирного масла *T. jenseensis*

№ п/п	Название компонента	RI	Содержание, % от цельного масла					Цельное масло
			Фр. 1	Фр. 2	Фр. 3	Фр. 4	Фр. 5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Трициклен	921	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	Туйен	926	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.4
3	Артемизия триен	926	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2
4	α-пинен	932	6.2	4.5	2.5	1.7	1.3	4.2

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Камфен	947	15.0	11.1	5.5	3.0	2.7	9.8
6	Вербенен	952	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
7	Сабинен	973	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1	0.6
8	β -пинен	975	1.5	1.2	0.4	0.3	0.1	1.0
9	Окт-1-ен-ол	979	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3
10	β -мирцен	991	7.9	6.4	2.8	1.7	1.4	6.2
11	α -терпинен	1017	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4
12	<i>n</i> -цимен	1024	0.6	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4
13	Лимонен	1028	2.5	2.1	1.0	0.7	0.5	1.9
14	1,8-цинеол	1031	7.0	5.0	1.4	0.8	1.0	4.5
15	Бензиловый спирт	1033	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16	<i>цис</i> - β -оцимен	1038	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3	0.5
17	<i>транс</i> - β -оцимен	1048	7.7	6.4	2.9	2.0	1.9	6.3
18	γ -терпинен	1058	0.6	0.7	0.5	0.4	0.4	0.7
19	<i>транс</i> -сабиненгидрат	1066	1.5	1.0	0.2	0.1	0.1	0.7
20	<i>транс</i> -фуранолиналоол оксид	1073	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1
21	Терпинолен	1088	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.4
22	Линалоол	1100	2.6	2.2	1.7	0.6	0.5	2.6
23	Хотриенол	1105	–	–	0.2	0.3	0.5	0.2
24	<i>n-цис</i> -мент-2-ен-1-ол	1121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
25	α -камфоленаль	1126	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
26	<i>транс</i> -пинокарвеол	1138	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
27	Камфора	1144	12.4	13.5	10.9	6.0	5.7	10.6
28	Борнеол	1166	12.6	17.2	29.6	30.5	23.2	17.9
29	4-терпинеол	1177	1.3	1.8	0.6	2.1	2.5	1.9
30	<i>n</i> -цимен-8-ол	1186	–	0.1	0.3	0.5	0.5	0.2
31	α -терпинеол	1191	6.9	9.4	18.2	19.9	16.6	10.8
32	Миртеналь	1195	0.7	0.3	0.4	0.6	0.5	0.4
33	Вербенон	1210	0.2	0.2	0.4	0.8	0.8	0.3
34	2,6-диметил-окта-3,5,7-триен-2-ол	1210	–	–	0.1	0.1	0.2	0.1
35	Борнилформиаг	1229	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
36	Карвон	1245	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1
37	Гераниол	1255	–	–	–	0.1	0.1	0.3
38	Борнилацетат	1287	3.0	3.5	3.8	3.2	2.9	2.9
39	Тимол	1292	–	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
40	Карвакрол	1302	–	–	0.1	0.1	0.2	0.1
41	Миртенилацетат	1327	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
42	Нерилацетат	1366	0.2	0.3	0.6	0.8	0.6	0.2
43	β -бурбонен	1387	0.5	0.6	0.6	0.7	1.2	0.7
44	β -элемен	1392	–	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1
45	Хелифолен	1403	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8	0.3
46	Изокариофиллен	1412	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	0.5
47	β -копаен	1432	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1
48	Алло-аромадендрен	1464	0.1	0.1	0.2	0.3	0.7	0.2
49	Гермакрен Д	1484	1.7	2.4	3.5	4.3	5.3	2.5
50	Бициклогермакрен	1500	0.1	0.2	0.3	0.4	1.0	0.2
51	α -бизаболен	1506	0.5	0.8	1.5	2.1	3.2	1.9
52	γ -кадинен	1517	–	0.1	0.1	0.3	0.6	0.1
53	δ -кадинен	1527	0.1	0.2	0.5	1.0	1.7	0.4
54	(<i>E</i>)-неролидол	1565	0.1	0.4	1.8	6.2	8.5	2.2
55	Спатуленол	1580	–	–	0.1	0.4	1.4	0.3
56	Кариофилл-8(13)-ен-5-аль	1587	0.1	0.1	0.4	1.2	2.2	0.3
57	β -оплопенон	1610	–	–	0.1	0.2	1.3	0.2
58	Селин-6-ен-4-ол	1620	–	0.1	0.1	0.1	0.7	0.1
59	ди- <i>n</i> -бутилфталат	1965	–	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Монотерпены</i>			45.4	35.6	17.6	11.3	10.4	33.2
<i>Сесквитерпены</i>			3.9	5.3	7.9	10.8	16.6	7.0
<i>Кислородсодержащие соединения</i>			49.9	57.1	72.6	76.4	71.8	58.6
ИТОГО			99.2	98.0	98.1	98.5	98.8	98.8

Таблица 2. Компонентный состав эфирного масла некоторых видов рода *Thymus*

Компонент	<i>Thymus serpyllum</i> L.s.l [3]	<i>Thymus pulegioides</i> L. [15]	<i>Thymus serpyllum</i> L. [7]	<i>Thymus jenseensis</i> Iljin
<i>n</i> -цимен	0.47	2.2	49.5	0.4
γ -терпинен	0.40	2.8	18.1	0.7
Линалоол	–	9.9	1.5	2.6
Камфора	0.40	–	1.2	10.6
Борнеол	1.21	–	2.6	17.9
α -терпинеол	0.40	–	1.6	10.8
Гераниол	60.3	4.2	–	0.3
Цитронеллол	2.95	–	–	–
Тимол	1.21	0.56	19.3	0.1
Карвакрол	0.40	2.8	2.0	0.1
Тимолацетат	–	4.3	0.6	–
Изокариофил- лен	7.37	11.4	1.4	0.5
α -бизаболен	3.42	3.8	0.4	1.9
δ -кадинен	0.54	–	0.9	0.4

Рис. 1. Степень ингибирования радикала ДФПГ разными фракциями эфирного масла *T. jenseensis* (1–5 – фракции, 6 – цельное масло, 7 – раствор аскорбиновой кислоты) за 30 мин

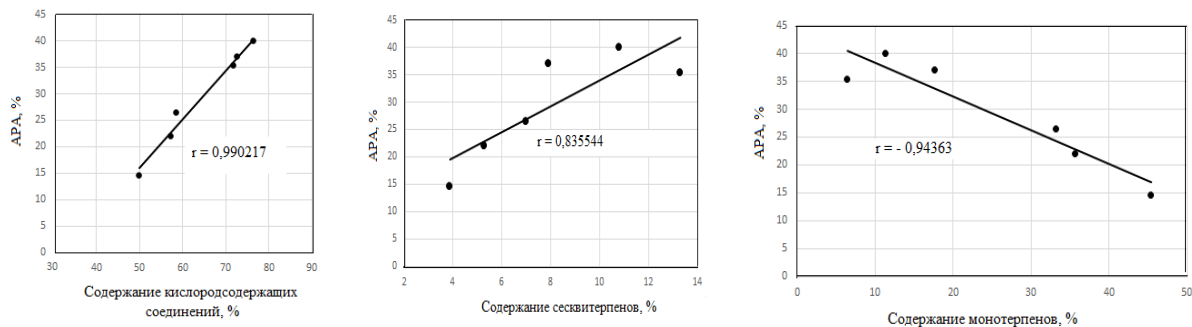
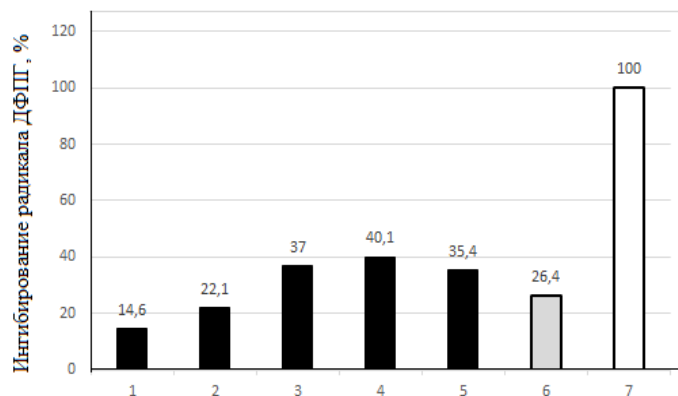


Рис. 2. Графики корреляции антирадикальной активности в присутствии кислородсодержащих соединений, сесквитерпенов и монотерпенов эфирного масла *T. jenseensis*

Выводы

1. Методом хромато-масс-спектрометрии впервые изучен компонентный состав эфирного масла тимьяна енисейского, произрастающего в Красноярском крае. Присутствие в составе масла большого количества борнеола и камфоры, низкое содержание гераниола, карвакрола и тимола позволяет нам сделать вывод о принадлежности *T. jenseensis* к камфорно-борнеольному хемотипу.

2. Установлено, что отдельные фракции и цельное масло *T. jenseensis* проявляют антирадикальную активность. Отмечено возрастание антирадикальной активности при уменьшении числа монотерпенов и увеличении содержания кислородсодержащих соединений в составе эфирного масла от 14,6 до 40,1%. Коэффициент корреляционной зависимости АРА от содержания кислородсодержащих соединений составил 0,99.

Список литературы

1. Флора Сибири. Т. 11. *Pyrolaceae – Lamiaceae*. Новосибирск, 1997. 296 с.
2. Винокурова О.А., Тринеева О.В., Сливкин А.И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. №4. С. 134–150.
3. Калинин Г.И., Тихонов В.Н., Гуськова И.Н., Зарубина Л.А., Таран Д.Д. Химический состав и фармакологические свойства эфирного масла *Thymus serpyllum* L.s.l., выращиваемого в Центральном Сибирском ботаническом саду СО РАН // Растительные ресурсы. 1994. Т. 30, вып. 3. С. 66–70.
4. Рабжаева А.Н., Звонцов И.В., Раднаева Л.Д. Химический состав эфирного масла тимьяна Байкальского *Thymus baikalensis* Serg., произрастающего в Забайкалье // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 73–76.
5. Дурнова Н.А., Романтеева А.Н., Ковтун А.Н. Химический состав эфирного масла тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа, произрастающих на территории Саратовской области // Химия растительного сырья. 2014. №2. С. 115–119.
6. Бубенчикова В.Н., Старчак Ю.А. Исследование эфирного масла тимьяна блошиного // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8-2. С. 116–118.
7. Маляр Т.А., Степаненко Л.В., Ефремов А.А. Химический состав эфирных масел некоторых видов тимьяна // Материалы III Всероссийской научной конференции «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Барнаул, 2007. Т. 2. С. 116–118.
8. Банаева Ю.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Исследование химического состава эфирного масла представителей рода *Thymus* L., произрастающих на Алтае // Химия растительного сырья. 1999. №3. С. 41–48.
9. Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н., Кузьменко А.Н., Евграфов А.А. Определение компонентного состава эфирного масла видов тимьяна методом газовой хроматографии // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2019. Т. 60. №6. С. 411–416.
10. Фуклева Л.А., Пучкан Л.А. Изучение состава и возможность использования чабреца обыкновенного и крымского в фармацевтической практике // Научные ведомости. 2013. №18. С. 207–210.
11. Варданын Л.Р., Айрапетян С.А., Варданын Р.Л., Аветисян А.Э. Антиоксидантное действие эфирного масла тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.) // Химия растительного сырья. 2013. №3. С. 143–148. DOI: 10.14258/jcprm.1303143.
12. Guo Y., Pizzol R., Gabbanini S., Baschieri A., Amorati R., Valgimigli L. Absolute antioxidant activity of five phenol-rich essential oils // *Molecules*. 2021. Vol. 26. N17. 5237. DOI: 10.3390/molecules26175237.
13. Golkar P., Mosavat N., Jalali S.A.H. Essential oils, chemical constituents, antioxidant, antibacterial and in vitro cytotoxic activity of different *Thymus* species and *Zataria multiflora* collected from Iran // *South African Journal of Botany*. 2020. Vol. 130. Pp. 250–258. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.12.005.
14. Алинкина Е.С., Мишарина Т.А., Фаткуллина А.К. Антирадикальные свойства эфирных масел орегано, тимьяна и чабера // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49. №1. С. 82–87. DOI: 10.7868/S0555109913010029.
15. Моцкуте Д., Бернотене Г. Эфирное масло *Thymus pulegioides* L. с лимонным запахом из окрестностей Вильнюса // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 1. С. 131–134.
16. Щипицына О.С., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла различных вегетативных частей дудника лекарственного Сибирского региона // Химия растительного сырья. 2010. №4. С. 115–119.
17. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирных масел дикорастущих лекарственных растений флоры Сибири. Красноярск, 2014. 216 с.
18. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007. 804 p.
19. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
20. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenilpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2004. Vol. 26. N2. Pp. 211–219.
21. Мишарина Т.А., Самусенко А.Л. Антиоксидантные свойства эфирных масел лимона, грейпфрута, кориандра, гвоздики и их смесей // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т. 44. №4. С. 482–486.

Поступила в редакцию 23 ноября 2021 г.

После переработки 8 декабря 2021 г.

Принята к публикации 17 декабря 2021 г.

Для цитирования: Ефремов А.А., Зыкова И.Д., Слащин Д.Г. Компонентный состав и антирадикальная активность отдельных фракций эфирного масла *Thymus jensiseensis* Пjin., произрастающего в Красноярском крае // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 113–119. DOI: 10.14258/jcprm.20220210601.

Efremov A.A.^{1,2}, Zykova I.D.^{1,2*}, Slashchinin D.G.³ COMPONENT COMPOSITION AND ANTIRADICAL ACTIVITY OF INDIVIDUAL FRACTIONS OF *THYMUS JENISSEENSIS* ILJIN. ESSENTIAL OIL GROWING IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

¹ Siberian Federal University, pr. Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660049 (Russia), e-mail: izykova@sfu-kras.ru

² Special design and technology Bureau "Nauka" of the Federal research center of KNC SB RAS, Akademgorodok, 50/45, Krasnoyarsk, 660036 (Russia)

³ Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, pr. Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049 (Russia)

By the method of exhaustive hydroperoxidation, essential oil was isolated from the aboveground part of *Thymus jenseensis* Ilji, which grows on the territory of the Krasnoyarsk Territory. Separate fractions of essential oil were obtained depending on the duration of isolation. The composition of whole essential oil was established, the main components of which are borneol (17.9%), camphor (10.6%) and α -terpineol (10.8%), and the maximum content of borneol (30.5%) and α -terpineol (19.9%) was noted in the fourth fraction. For the first time, the antiradical properties of *T. jenseensis* essential oil have been studied in a model reaction with a free stable 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. It is shown that all the studied samples of essential oil exhibit antiradical activity (ARA), the value of which increases from 14.6% (first fraction) to 41.1% (fourth fraction). ARA of the fifth fraction was 35.4%, whole oil – 26.4%. An increase in antiradical activity was noted with a decrease in the number of monoterpenes and an increase in the content of oxygen-containing compounds in the composition of essential oil. The correlation coefficient (r) of APA on the content of oxygen-containing compounds was 0.99, for sesquiterpenes $r=0.84$, for monoterpenes $r=-0.94$.

Keywords: *Thymus jenseensis* Iljin, essential oil, component composition, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

Referenses

1. *Flora Sibiri. T. 11. Pyrolaceae – Lamiaceae*. [Flora of Siberia. Vol. 11. Pyrolaceae - Lamiaceae]. Novosibirsk, 1997, 296 p. (in Russ.).
2. Vinokurova O.A., Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2016, no. 4, pp. 134–150. (in Russ.).
3. Kalinkina G.I., Tikhonov V.N., Gus'kova I.N., Zarubina L.A., Taran D.D. *Rastitel'nyye resursy*, 1994, vol. 30, no. 3, pp. 66–70. (in Russ.).
4. Rabzhayeva A.N., Zvontsov I.V., Radnayeveva L.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 1, pp. 73–76. (in Russ.).
5. Durnova N.A., Romanteyeva A.N., Kovtun A.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 2, pp. 115–119. (in Russ.).
6. Bubenchikova V.N., Starchak Yu.A. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014, no. 8-2, pp. 116–118. (in Russ.).
7. Malyar T.A., Stepanenko L.V., Yefremov A.A. *Materialy III Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya»*. [Proceedings of the III All-Russian scientific conference "New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials"]. Barnaul, 2007, vol. 2, pp. 116–118. (in Russ.).
8. Banayeva Yu.A., Pokrovskiy L.M., Tkachev A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1999, no. 3, pp. 41–48. (in Russ.).
9. Malankina Ye.L., Kozlovskaya L.N., Kuz'menko A.N., Yevgrafov A.A. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2. Khimiya*, 2019, vol. 60, no. 6, pp. 411–416. (in Russ.).
10. Fukleva L.A., Puchkan L.A. *Nauchnyye vedomosti*, 2013, no. 18, pp. 207–210. (in Russ.).
11. Vardanyan L.R., Ayrapetyan S.A., Vardanyan R.L., Avetisyan A.E. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 3, pp. 143–148. DOI: 10.14258/jcprm.1303143. (in Russ.).
12. Guo Y., Pizzol R., Gabbanini S., Baschieri A., Amorati R., Valgimigli L. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 17, 5237. DOI: 10.3390/molecules26175237.
13. Golkar P., Mosavat N., Jalali S.A.H. *South African Journal of Botany*, 2020, vol. 130, pp. 250–258. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.12.005.
14. Alinkina Ye.S., Misharina T.A., Fatkullina A.K. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2013, vol. 49, no. 1, pp. 82–87. DOI: 10.7868/S0555109913010029. (in Russ.).
15. Motskute D., Bernotene G. *Rastitel'nyye resursy*, 1998, vol. 34, no. 1, pp. 131–134. (in Russ.).
16. Shechipitsyna O.S., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 4, pp. 115–119. (in Russ.).
17. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Komponentnyy sostav efirnykh masel dikorastushchikh lekarstvennykh rasteniy flory Sibiri*. [Component composition of essential oils of wild medicinal plants of Siberian flora]. Krasnoyarsk, 2014, 216 p. (in Russ.).
18. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed.* Carol Stream: Allured Publ. Corp., 2007, 804 p.
19. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of volatile substances of plants]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
20. Molyneux P. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 211–219.
21. Misharina T.A., Samusenko A.L. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2008, vol. 44, no. 4, pp. 482–486. (in Russ.).

Received November 23, 2021

Revised December 8, 2021

Accepted December 17, 2021

For citing: Efremov A.A., Zykova I.D., Slashchinin D.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 2, pp. 113–119. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20220210601.

* Corresponding author.

