

УДК 635.742:665.5

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТНОГО
СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ЧАБЕРА САДОВОГО
(*SATUREJA HORTENSIS* L.)
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА

Е.Л. МАЛАНКИНА¹, Л.Н. КОЗЛОВСКАЯ¹, С.Г. СОЛОПОВ¹,
Б.Ц. ЗАЙЧИК², А.О. РУЖИЦКИЙ², А.А. ЕВГРАФОВ³

(¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

² Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии»;

³ Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова, Институт фармации и трансляционной медицины)

Чабер садовый, или огородный (Satureja hortensis L.), – однолетнее растение из семейства Яснотковых, или Губоцветных (Lamiaceae, или Labiatae), которое выращивают в странах с самым разнообразным климатом: от Средиземноморья до Финляндии, что позволяет предположить, что культуру чабера садового можно успешно выращивать в Нечерноземной зоне РФ.

Содержание эфирного масла в лекарственном сырье может достигать 2,5–3%. Современные исследования показали, что эфирное масло характеризуется высокой антимикробной активностью против полирезистентных патогенов из 10 родов: Klebsiella, Escherichia, Proteus, Staphylococcus, Streptococcus, Pseudomonas, Enterococcus, Enterobacter, Citrobacter и Acinetobacter благодаря его основным компонентам: карвакрола, эвкалиптола и др. Одновременно эфирное масло чабера садового характеризуется низкой токсичностью для человека. Это позволяет считать чабер садовый перспективным источником сырья для производства высокоэффективных препаратов против штаммов, устойчивых к основным группам антибиотиков.

*В работе представлены результаты по сравнительному изучению 9 сортов чабера садового, которые были получены от различных селекционных фирм, университетов и ботанических учреждений Германии, Чехии и России. При исследовании 9 сортов чабера садового различного происхождения обнаружена отрицательная корреляция между высотой растений и содержанием в них эфирного масла ($R=-0,828$). В результате исследований выявлено, что основными компонентами эфирного масла чабера садового независимо от сорта являются γ -терпинен и карвакрол, суммарное содержание которых составляло 83,38–87,44%. Содержание этих компонентов находится в обратно пропорциональной зависимости (коэффициент корреляции $R=-0,992$). В отличие от монарды, у чабера садового отсутствует метаболитическая вилка тимол–карвакрол, и из их предшественника *p*-цимола образуется только карвакрол.*

Ключевые слова: чабер садовый, сорт, эфирное масло, состав эфирного масла, γ -терпинен, тимол, карвакрол, *p*-цимол.

Введение

Чабер садовый (*Satureja hortensis* L.) – широко распространенная в Европейском союзе, но относительно мало выращиваемая в Российской Федерации пряно-ароматическая культура [2, 5]. Как показывают исследования, это экологически пластичный однолетник, который успешно выращивают в странах с самым разнообразным климатом: от Средиземноморья до Финляндии, что делает его потенциально перспективной культурой для выращивания в Нечерноземной зоне РФ [6].

Содержание эфирного масла в сырье может достигать 2,5–3%. Основные компоненты эфирного масла, которое характеризуется высокой антимикробной активностью, – карвакрол, эвкалиптол и др. [8, 9].

По данным Galambosi В. с соавторами (2009), содержание эфирного масла в сухом обмолоченном сырье достигает 3,13–3,84%. В эфирном масле больше всего доля карвакрола (67%), далее γ -терпинена (15,3%) и р-цимена (6,73%) [7]. По другим данным, содержание карвакрола не превышает 49–50%, содержание р-цимена достигает 23–34%, тогда как γ -терпинен практически отсутствует [4].

Современные исследования показали, что эфирное масло чабера садового активно против полирезистентных патогенов из 10 родов: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Enterobacter*, *Citrobacter* и *Acinetobacter*. Его бактерицидное действие проявлялось в концентрациях от 50 μ l/ml.

Учитывая высокую антимикробную активность эфирного масла чабера садового, этот вид можно рассматривать в качестве перспективного источника лекарственного сырья для препаратов с широким спектром антимикробной активности, обладающего низкой токсичностью для человека и высокой эффективностью против штаммов, устойчивых к основным группам антибиотиков.

Материалы и методы

Образцы семян чабера садового были получены от различных селекционных фирм, университетов и ботанических учреждений из Германии, Чехии и России.

Происхождение образцов и их морфологические особенности представлены в табл. 1. Образцы для отгонки эфирного масла собирали в фазе цветения в сухую погоду, перегонку проводили по ГФ XI методом 1 (по Гинзбургу).

Образцы эфирного масла растворяли в гексане в соотношении 1:300 и исследовали методом газовой хроматографии на хроматографе Shimadzu GC MS 2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP 2010.

Для всех пиков рассчитывали линейный индекс удерживания по смеси линейных алканов C₉, C₁₁, C₁₃, C₁₅, C₁₇ и C₁₉. Идентификацию пиков проводили по библиотеке масс-спектров NIST 11. В табл. 2 представлены идентифицированные пики со сходимостью пиков по библиотеке NIST 11 более 90%. Неидентифицированные пики обозначены **n.i.** Соединения со сходимостью спектров 80–89% помечены в табл. 2 звездочкой (*).

Режим хроматографирования: газ – носитель – гелий (ОСЧ); расход по колонке 1,2 мл/мин; деление потока 1:20; объем вводимой пробы – 0,5 мкл. Колонка – капиллярная неполярная Optima-1 (Macherei-Nagel DBR), длина – 25 м, внутренний диаметр – 0,25 мм. Градиент температуры – 60°C – 1 мин, далее 5°C/мин до 200°C, затем 25°C/мин до 275°C, изотерма – 1 мин. Детектор – диапазон регистрации 33–400 м/з.

Таблица 1

Происхождение и некоторые морфологические признаки образцов

Сорт	Происхождение	Высота, см	Скороспелость*	Содержание эфирного масла, %
Грибовский	АФ «Артикул»	31,2	+++	0,548
Гном	АФ «Биотехника»	24,3	+++	1,040
Einjariges Blatt	Германия	52,1	+	0,390
Чарли	АФ «Гавриш»	35,4	++	0,493
Пикник	АФ «Поиск»	57,8	++	0,444
Бриз	НК «Русский огород»	63,1	++	0,450
Ароматный (перечный аромат)	АФ «Гавриш»	62,7	++	0,292
Ароматный	АФ «Аэлита», Россия	51,6	++	0,419
Picanta	Чешская Республика, Леднице	25,7	+++	1,012

*Продолжительность периода от всходов до массового цветения: +++ – до 12 недель; ++ – 12–13 недель; + – 14 и более недель.

Таблица 2

Компонентный состав эфирного масла некоторых сортов чабера садового

Название сорта	RI	Einjariges Blatt, Германия	Ароматный классик	Ароматный, АФ Аэлита	Бриз	Гном	Грибовский	Пикник	Чарли	Чехия, Ун-т Г. Менделя, Брно
.alpha.-Phellandrene	921	0,39	1,16	0,72	0,55	1,11	0,71	0,77	0,83	0,6
alpha-Pinene	927	0,22	0,58	0,42	0,3	0,58	0,34	0,42	0,47	0,36
Camphene	939	0,03	0,05	0,07		0,05		0,04	0,05	
3-Octenol	957	0,13	0,08	0,08	0,1	0,03		0,06		0,06
Sabinen	959	0,13	0,2	0,2	0,19	0,17	0,07	0,17	0,16	0,15
.beta.-Pinene	964	0,19	0,27	0,3	0,22	0,28	0,17	0,22	0,25	0,26
.beta.-Myrcene	975	1,22	2,36	1,82	1,57	2,1	1,55	1,75	1,86	1,34
.alpha.-Thujene	989	0,15	0,35	0,27	0,22	0,26	0,22	0,25	0,26	0,16
n.i.	997		0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	
Terpinolen	1002	2,08	4,18	3,18	3	3,1	2,54	3,24	3,05	2,3

Название сорта	RI	Einjariges Blatt, Германия	Ароматный классик	Ароматный, АФ Аэлита	Бриз	Гном	Грибовский	Пикник	Чарли	Чехия, Ун-т Г. Менделя, Брно
Cymol	1005	5,71	5,23	4,57	5,23	7,06	5,44	6,51	6,04	3,05
Eucalyptol	1013	0,11	0,16	0,2	0,18	0,16	0,15	0,16	0,16	0,18
Limonene	1014	0,25	0,41	0,28	0,3	0,34	0,26	0,31	0,37	0,25
trans-.beta.-Ocimene	1032	0,05	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,09	
.gamma.-Terpinene	1044	31,96	51,26	39,51	41,79	34,49	29,32	43,35	34,35	28,03
trans-Sabinene hydrate	1049	0,77	0,27	0,46	0,75	0,25	0,56	0,39	0,47	0,66
trans-Furan linalool oxide	1077			0,05					0,05	
Fenchene	1081	0,24	0,07	0,2	0,23	0,13	0,27	0,16	0,24	1,75
Isoborneol	1139			0,14						
cis-p-Mentha-2,8-dien-1-ol*	1147	0,06								
Borneol	1149	0,19	0,08		0,11	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08
Hotrienol*	1152			0,39						
4-Terpinenol	1162	0,48	0,37	0,15	0,4	0,11	0,28	0,43	0,34	0,36
.alpha.-Terpinol	1172	0,15	0,04		0,14	0,06	0,07	0,08	0,1	0,15
Propiolic acid, pentyl ester*	1178	0,04								
Thymol methyl ether*	1227					0,05	0,27		0,24	
Phenol, 2-ethyl-4,5-dimethyl-	1271	0,1	0,02				0,04	0,04	0,07	0,06
Karvakrol	1280	54,63	32,12	45,9	43,81	49,05	56,75	40,56	49,78	59,41
Carvacrol acetate	1347	0,25		0,1	0,06		0,04		0,07	
.beta.-Caryophyllene	1418	0,29	0,37	0,47	0,44	0,24	0,27	0,54	0,26	0,43
.gamma.-Elemene	1491						0,06			
.beta.-Bisabolene	1501	0,18	0,22	0,27	0,29	0,22	0,45	0,35	0,31	0,36
Сумма карвакрола и γ-терпинена		86,59	83,38	85,41	85,6	83,54	86,07	83,91	83,91	87,44
Сумма моно-терпенов		99,53	99,41	99,26	99,27	99,54	99,82	99,11	99,43	99,21

Результаты и обсуждение

По морфологическим признакам сорта были неоднородны, и условно их можно было разделить на две ярко выраженные группы. Первую группу составляли низкорослые сорта с высотой до 25 см, с сильным ветвлением, густой облиственностью и укороченными соцветиями. К ним относятся Гном и Picanta. Вторую группу составляли сорта сильнорослые, высотой более 50 см, с вытянутыми соцветиями и большой долей стеблей в урожае. К ним относятся Einjariges Blatt (старый немецкий сорт), Бриз и Ароматный. Промежуточное положение занимают сорта Грибовский и Чарли.

Сорта очень сильно отличались по содержанию эфирного масла в сырье и по ритмам сезонного развития. Низкорослые сорта зацветали приблизительно на 2–2,5 недели раньше, чем высокорослые и, по большей части, являются более скороспелыми (см. табл. 1).

Как показали расчеты, имеется тесная отрицательная корреляция между высотой растений и содержанием в них эфирного масла ($R=-0,828$). Таким образом, можно предположить, что низкорослые сорта содержат больше эфирного масла в сырье и, несмотря на низкую урожайность, более пригодны для его получения.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что независимо от сорта эфирное масло более чем на 90% состоит из монотерпенов, причем сумма карвакрола и γ -терпинена независимо от сорта превышает 80% и находится в пределах 83,38–87,44%. Содержание *p*-цимола в эфирном масле всех изученных образцов незначительно отличалось и находилось в пределах 4,5–5,5%. Этот факт свидетельствует о взаимосвязи этих компонентов в процессе биосинтеза с одной стороны и об отсутствии метаболитических вилок – с другой.

На рис. 1 показана схема образования основных компонентов эфирного масла чабера садового – тимола и карвакрола.

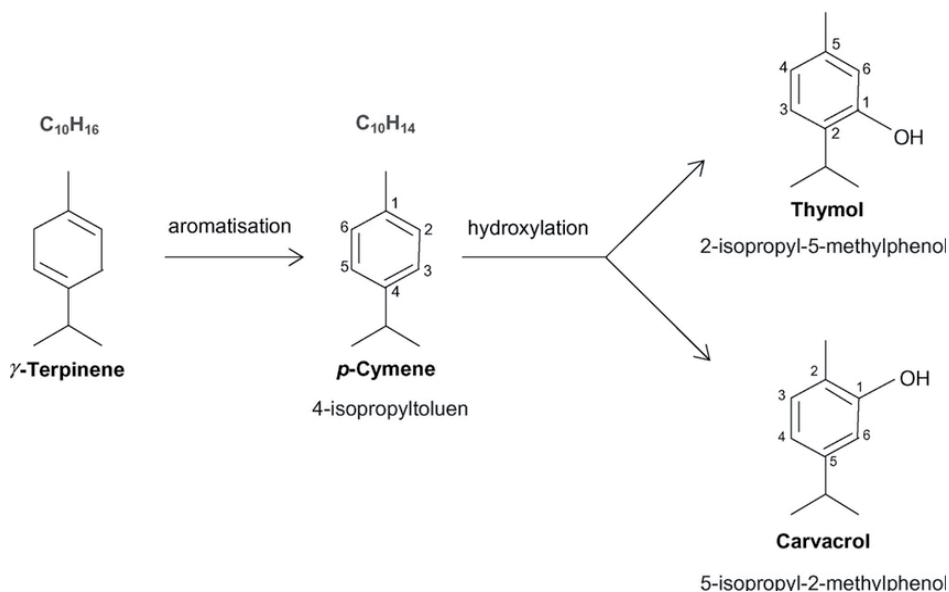


Рис. 1. Пути биосинтеза тимола и карвакрола [10]

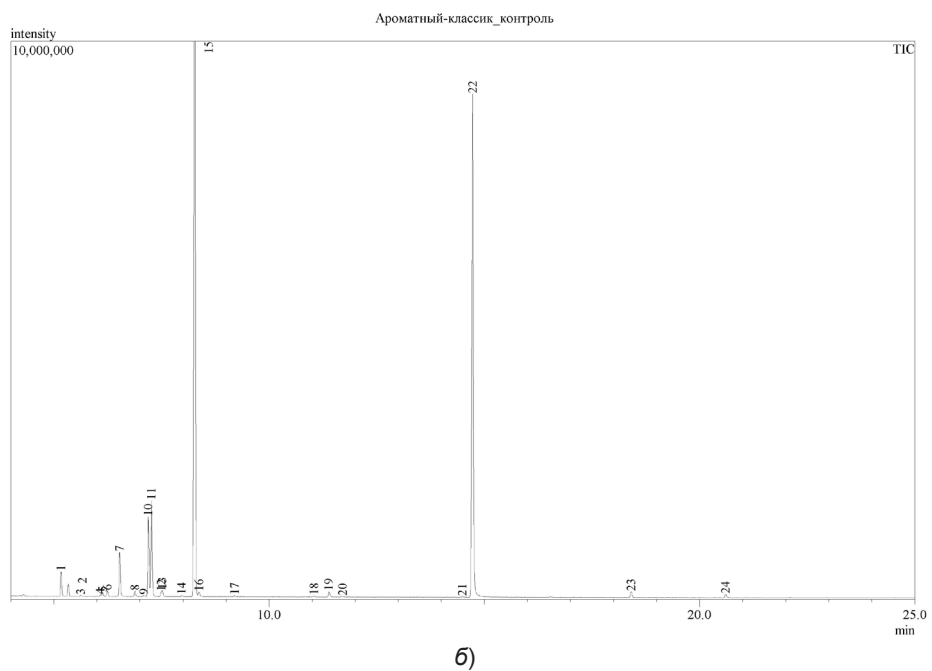
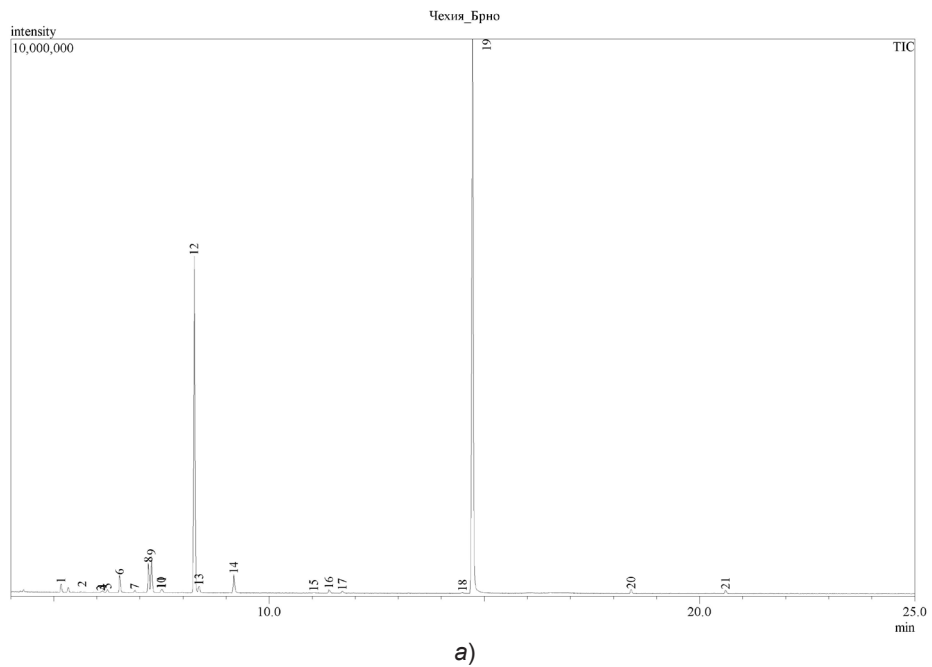


Рис. 2. Хроматограмма эфирных масел сортов Ароматный классик (а) и Picanta (Брно) (б)

Как видно на схеме, γ -терпинен (γ -Terpinen) является предшественником р-цимена. Этот компонент обладает антимикробным и противовоспалительным действием и его присутствие в больших количествах может усиливать антимикробные свойства эфирного масла. Цимол (4-изопропил-1-метилбензол, 4-изопропилтолуол) является в какой-то мере промежуточным продуктом и при дальнейшем присоединении ОН-группы в зависимости от положения образуется либо тимол, либо карвакрол.

В случае с монардой эта метаболическая вилка очень хорошо просматривается, и соотношение этих компонентов варьируется в широких пределах, но сумма остается практически постоянной [1]. В случае чабера садового на примере эфирного масла 9 сортов показано отсутствие метаболической вилки, и путь биосинтеза осуществляется от р-цимена к карвакролу. Присутствие тимола в образцах не обнаружено.

Как видно из рис. 1, р-цимен является промежуточным продуктом между γ -терпиненом и карвакролом и не накапливается в значительных количествах.

На рис. 2 представлены хроматограммы эфирного масла сильнорослого сорта Ароматный классик и низкорослого Picanta. Как видно на хроматограммах эфирного масла сорта Ароматный классик и сорта Picanta (Брно), в обоих вариантах наиболее явно выражены два пика, но они находятся в противофазе – чем больше пик карвакрола, тем ниже пик γ -терпинен, и наоборот.

Как видно из рис. 3, содержание γ -терпинена и карвакрола находится в обратной зависимости. При расчете корреляций был получен коэффициент корреляции близкий к 1 ($R=-0,992$), что говорит о тесной отрицательной корреляции между содержанием этих двух компонентов.

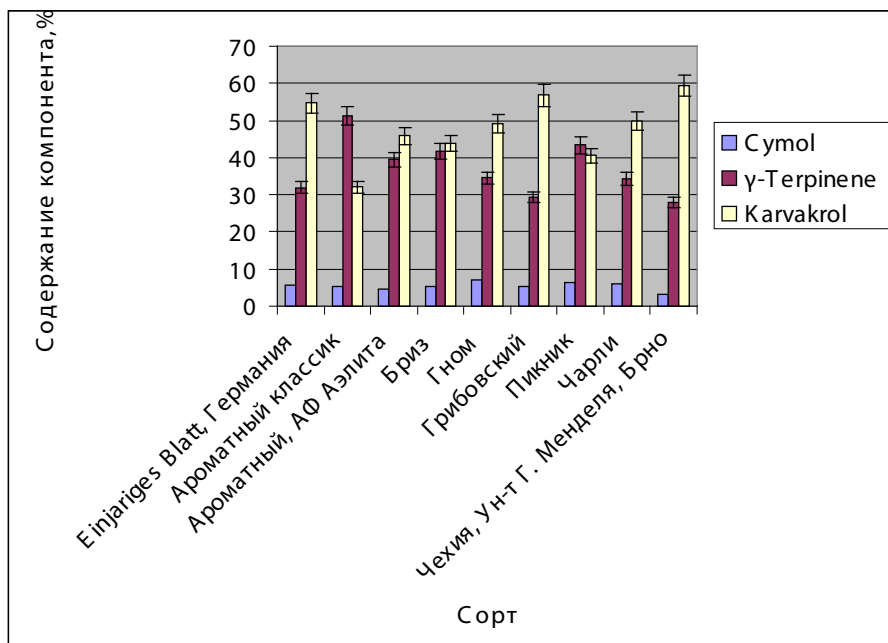


Рис. 3. Содержание цимола, γ -терпинена и карвакрола в эфирном масле сортов чабера садового (2016 г.)

Заключение

При исследовании 9 сортов чабера садового различного происхождения обнаружена отрицательная корреляция между высотой растений и содержанием в них эфирного масла ($R=-0,828$). Низкорослые сорта содержат больше эфирного масла в сырье и, несмотря на низкую урожайность, более пригодны для получения эфирного масла.

В результате изучения компонентного состава 9 сортов чабера садового установлено, что независимо от сорта эфирное масло более чем на 90% состоит из монотерпенов. Выявлено, что основными компонентами эфирного масла чабера садового независимо от сорта являются γ -терпинен и карвакрол, суммарное содержание которых составляло 83,38–87,44%. Содержание этих компонентов находится в обратной пропорциональной зависимости (коэффициент корреляции $R=-0,992$).

В отличие от монарды, у чабера отсутствует метаболическая вилка тимол–карвакрол, и из их общего предшественника р-цимола образуется только карвакрол. Эта закономерность была обнаружена для компонентного состава эфирного масла 9 сортов и, по-видимому, может быть рассмотрена как видовой признак чабера садового, или огородного (*Satureja hortensis* L.).

Библиографический список

1. Маланкина Е.Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства Яснотковые (LAMIACEAE L.) в черноземной зоне Российской Федерации: дисс. ... д-р с.-х. наук. М., 2007. 343 с.
2. Машанов В.И., Покровский А.А. Пряно-ароматические растения. М.: Агропромиздат, 1991. С.159–161; 175–177; 229–234.
3. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Офсет, 2008. 969 с.
4. Galambosi B., Galambosi Zs., Pessala R., Hupila R., Aflatuni A. Yield and Quality of Selected Herb Cultivars in Finland // Proc. Int. Conf. / eds. J. Bernáth et al. on MAP. ISHS, 2002. Acta Hort. No. 576. P. 139–149.
5. Hammer K., Junghanssen W. Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L., *S. montana* L.): Handbuch fuer Arznei- und Gewuerzpflanzenbaus. Band 4. Bernburg: Eigenverlag Saluplanta. P. 265–276.
6. Hassanzadeh-Khayyat M., Rahimizadeh M., Azadi M., Sahebkar A. Phytochemical analysis of *Satureja hortensis* L. essential oil from Iran // Analytical Chemistry Letters. 2012. No. 2. P. 192–197.
7. Mihajilov-Krstev T., Radnović D., Kitić D., Zlatković B., Ristić M., Branković S. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil // Central European Journal of Biology. 2009. Vol. 4. Is. 3. P. 411–416.
8. Mihajilov-Krstev T., Radnovic D., Kitic D., Stojanovic-Radic Z., Zlatkovic B. Antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. Essential oil against pathogenic microbial strains. Belgrade, 2010. Vol. 62 (1). P. 159–166.
9. Momtaz S., Abdollahi M. An update on pharmacology of *Satureja* species; from antioxidant, antimicrobial, antidiabetes and anti-hyperlipidemic to reproductive stimulation // International Journal of Pharmacology. 2010. Vol. 6. No. 4. P. 454–461.
10. Mikio Y, Taeko U. Biosynthesis of thymol // Chem. Pharmaceu. Bull. 1962. Vol. 10. P. 71–72.

SPECIFIC FEATURES OF COMPONENT COMPOSITION OF GARDEN SAVOURY (*Satureja hortensis* L.) ESSENTIAL OIL DEPENDING ON THE VARIETY

E.L. MALANKINA¹, L.N. KOZLOVSKAYA¹, S.G. SOLOPOV¹,
B.C. ZAITCHIK², A.O. RUZHITSKY², A.A. EVGRAFOV³

(¹ Russian Timiryazev State Agrarian University;

² Institute of Biochemistry named after A. N. Bach

at Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre

«Fundamentals of Biotechnology» of Russian Academy of Sciences;

³ First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov;
Institute of Pharmacy and Translational Medicine)

Garden, or summer savoury (Satureja hortensis L.), is an annual plant belonging to the Lamiaceae, or Labiatae. Family. Garden savoury is grown in countries with the most diversified climate conditions, from the Mediterranean ones to Finland. Thus, one may presume that garden savoury can be successfully cultivated in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The essential oil content in the medicinal raw material of garden savoury can reach 2,5–3%. Present-day research has shown that its essential oil is characterized by high antimicrobial activity against multi-resistant pathogens belonging to 10 genera: Klebsiella, Escherichia, Proteus, Staphylococcus, Streptococcus, Pseudomonas, Enterococcus, Enterobacter, Citrobacter and Acinetobacter owing to its principal components: carvacrol, eucalyptol, etc. At the same time, the essential oil of summer savory is known to be of low toxicity to humans. This suggests that garden savoury is a promising source of raw material for the production of highly effective preparations to fight strains resistant to the main groups of antibiotics. The paper presents the results of a comparative study of nine varieties of garden savory obtained from different breeding companies, universities and botanical research institutions of Germany, the Czech Republic and the Russian Federation. The investigation of nine varieties of different origin has revealed the negative correlation between the plant height and the essential oil content ($R=-0,828$). The research has shown that the main components of garden savory's essential oil regardless of the variety are γ -terpinene and carvacrol, the total content of those being 83,38–87,44%. The contents of these compounds are inversely proportional (the correlation factor equals 0,992). Unlike horsemint (Monarda), garden savoury lacks a thymol-carvacrol metabolic fork and only carvacrol is formed from their predecessor, that is p-cymol.

Key words: summer (garden) savoury, variety, essential oil, essential oil composition, γ -terpinene, thymol, carvacrol, p-cymene.

References

1. Malankina E.L. Agrobiologicheskoye obosnovaniye povysheniya produktivnosti efiromaslichnykh rasteniy iz semeystva Yasnotkovyye (LAMIACEAE L.) v nechernozomnoy zone Rossiyskoy Federatsii [Agrobiological substantiation of the increase in the productivity of essential oil plants from the Larvae (LAMIACEAE L.) family in the non-chernozem zone of the Russian Federation: PhD (Ag) thesis. M., 2007. 343 p.

2. *Mashanov V.I., Pokrovskiy A.A.* Pryano-aromaticheskiye rasteniya [Spicy-aromatic plants]. M.: Agropromizdat, 1991. P. 159–161; 175–177; 229–234.

3. *Tkachev A.V.* Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy [Research of volatile substances of plants]. Novosibirsk; Ofset, 2008. 969 p.

4. *Galambosi B., Galambosi Zs., Pessala R., Hupila R., Aflatuni A.* Yield and Quality of Selected Herb Cultivars in Finland // Proc. Int. Conf. / eds. J. Bernáth et al. on MAP. ISHS, 2002. Acta Hort. No. 576. P. 139–149.

5. *Hammer K., Junghanssen W.* Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L., *S. montana* L.): Handbuch fuer Arznei- und Gewuerzpflanzenbaus. Band 4. Bernburg: Eigenverlag Saluplanta. P. 265–276.

6. *Hassanzadeh-Khayyat M., Rahimizadeh M., Azadi M., Sahebkar A.* Phytochemical analysis of *Satureja hortensis* L. essential oil from Iran // Analytical Chemistry Letters. 2012. No. 2. P. 192–197.

7. *Mihajilov-Krstev T., Radnović D., Kitić D., Zlatković B., Ristić M., Branković S.* Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil // Central European Journal of Biology. 2009. Vol. 4. Is. 3. P. 411–416.

8. *Mihajilov-Krstev T., Radnovic D., Kitic D., Stojanovic-Radic Z., Zlatkovic B.* Antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. Essential oil against pathogenic microbial strains. Belgrade, 2010. Vol. 62 (1). P. 159–166.

9. *Momtaz S., Abdollahi M.* An update on pharmacology of *Satureja* species; from antioxidant, antimicrobial, antidiabetes and anti-hyperlipidemic to reproductive stimulation // International Journal of Pharmacology. 2010. Vol. 6. No. 4. P. 454–461.

10. *Mikio Y, Taeko U.* Biosynthesis of thymol // Chem. Pharmaceu. Bull. 1962. Vol. 10. P. 71–72.

Маланкина Елена Львовна – д. с.-х. н., проф. кафедры овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-56-17; e-mail: gandurina@mail.ru).

Козловская Ламара Николаевна – к. б. н., доц. кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-18; e-mail: lkozlovska@mail.ru).

Солопов Сергей Геннадиевич – асп. факультета садоводства и ландшафтной архитектуры РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-56-17; e-mail: gandurina@mail.ru).

Зайчик Борис Цалерьевич – к. т. н., науч. сотр. Института биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН (119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 33, стр. 2; тел.: (495) 296-67-10; e-mail: zaitchik@inbi.ras.ru).

Ружицкий Александр Олегович – науч. сотр. Института биохимии им. А.Н. Баха, Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН (119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 33, стр. 2; тел.: (495) 296-67-10; e-mail: ilab@inbi.ras.ru).

Евграфов Александр Александрович – к. ф. н., доц. кафедры аналитической, физической и коллоидной химии Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова; Институт фармации и трансляционной медицины (119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2; тел.: (499) 165-37-10; e-mail: afkx-farm@mail.ru).

Elena L. Malankina – DSc (Ag), Professor of the Department of Vegeticulture, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7 (499) 977-56-17; e-mail: gandurina@mail.ru).

Lamara N. Kozlovskaya – PhD (Bio), Associate Professor of the Department of Botany, Breeding and Seed Breeding of Horticultural Crops, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7 (499) 976-16-18; e-mail: lkozlovskaya@mail.ru).

Sergey G. Solopov – Postgraduate student of the Faculty of Horticulture and Landscape Architecture, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7 (499) 977-56-17; e-mail: gandurina@mail.ru).

Boris Ts. Zaitchik – PhD (Eng), Researcher of the Institute of Biochemistry named after A.N. Bach, Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of Russian Academy of Sciences (119071, Moscow, Leninsky avenue, 33-24; phone: +7 (495) 296-67-10; e-mail: zaitchik@inbi.ras.ru).

Aleksandr O. Ruzhitskiy – Researcher of the Institute of Biochemistry named after A.N. Bach, Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of Russian Academy of Sciences (119071, Moscow, Leninsky avenue, 33-2; phone: +7 (495) 296-67-10; e-mail: ilab@inbi.ras.ru).

Aleksandr A. Evgrafov – PhD (Pharm), Associate Professor of the Analytical, Physical and Colloid Chemistry Department; First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov; Institute of Pharmacy and Translational Medicine (119991, Moscow, Trubetskaya str., 8-2; phone: +7 (499) 165-37-10; e-mail: afkx-farm@mail.ru).