

УДК 615.07, 615.322

## ХЕМОТИПИРОВАНИЕ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЭФИРНОГО МАСЛА ЧАБЕРА ГОРНОГО (*SATUREJA MONTANA L.*) РОССИЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© Р.Э. Ермаченков\*, Н.Ю. Сипкина, Е.В. Вишняков, А.Л. Марков, М.М. Агаев, И.И. Тернинко

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический  
университет, ул. проф. Попова, 14, Санкт-Петербург, 197022, Россия,  
ermachenkov.roman@pharminnotech.com

Цель работы – установление хемотипа и стандартизация эфирного масла чабера горного (*Satureja Montana L.*) российского происхождения. Для проведения процесса стандартизации были изучены и сопоставлены существующие на текущий момент практики проведения стандартизации эфирных масел, осуществлен выбор показателей стандартизации и их нормирование. Компонентный состав был исследован методами газовой хроматографии и газовой хроматомасс-спектрометрии. Установлено, что для эфирного масла чабера горного российского происхождения характерно преобладание фенольных соединений в составе, а основная доля от состава приходится на карвакрол, содержание которого в испытуемых образцах составляет не менее 51.20%, что позволило отнести чабер горный российского районирования к карвакрольному хемотипу. Для стандартизуемых эфирных масел было апробировано количественное определение воды методом куло-метрического титрования по методу Карла Фишера, а определение подлинности эфирного масла предложено проводить с помощью хроматографического профиля в соответствии с подходом ISO и Европейской фармакопеи.

**Ключевые слова:** эфирное масло, чабер горный, стандартизация, хроматографическое профилирование, газовая хроматография, масс-спектрометрия.

**Для цитирования:** Ермаченков Р.Э., Сипкина Н.Ю., Вишняков Е.В., Марков А.Л., Агаев М.М., Тернинко И.И. Хемотипирование и стандартизация эфирного масла чабера горного (*Satureja montana L.*) российского происхождения // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 199–209. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250316434>.

### Введение

Чабер горный (*Satureja montana L.*), однолетнее растение семейства Яснотковые (*Lamiaceae*), широко распространен на территории стран Средиземноморья и Причерноморья [1]. В России районирован в южных регионах: Краснодарском и Ставропольском крае, а также в Крыму, причем как в диком виде, так и введен в культуру. Растение относится к эфиромасличным ввиду превалирующего содержания данной группы биологически активных веществ. Эфирное масло чабера находит применение в пищевой и парфюмерно-косметической отраслях, характеризуется выраженной антимикробной активностью в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий [2–4], что предопределяет направления возможного использования с медицинской целью.

Выраженная антимикробная активность эфирного масла чабера горного соотносится с большим содержанием соединений фенольного характера (карвакрол и тимол). Помимо фенольных соединений значимая роль также приходится на циклические монотерпеновые соединения (*n*-цимол и  $\gamma$ -терпинен), на долю которых может приходиться до 90% от состава эфирного масла [5–10]. К наиболее характерным компонентам эфирного масла чабера горного можно также отнести и  $\beta$ -кариофиллен (до 5%) (рис. 1).

Для подавляющего числа эфирных масел характерна выраженная вариабельность состава, которая в значительной степени затрудняет их идентификацию, а значит, и контроль качества. Среди причин вариабельности компонентного состава одной из наиболее значимых является географическая приуроченность. Сравнительная характеристика (по литературным данным) компонентного состава эфирного масла чабера горного различных регионов происхождения представлена в таблице 1.

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Данные, представленные в таблице 1, позволяют сделать заключение о выраженной вариабельности компонентного состава эфирного масла чабера горного, как в части качественного и количественного содержания мажоритарного компонента, так и в соотношении других компонентов профиля. Так, можно говорить о присутствии двух хемотипов чабера горного – карвакрольного [5, 6, 8–10] и тимольного [7], которые имеют географическую приуроченность. При этом большая часть образцов (в т.ч. и российской локации) относится к карвакрольному типу. Кроме того, данные таблицы 1 показывают значительную вариабельность состава масла в части соотношения основных составляющих профиля (при его компонентной стабильности), что не позволяет установить универсальные требования к составу эфирного масла чабера горного. Наиболее примечательны исследования состава эфирного масла чабера горного, полученного из растений, произрастающих в пределах одного региона Далмация в Хорватии [7–9]. Согласно этим данным, наблюдается значительная вариабельность компонентного состава даже в пределах достаточно небольшого географического региона.

Большая вариабельность как по выходу, так и по компонентному составу отмечена также в исследовании эфирного масла чабера горного, полученного из растений, культивируемых на 6 различных плантациях в пределах Албании [11]. Отмечено, что содержание эфирного масла варьируется в диапазоне от 0.22 до 1.61%, а компонентный состав для 4 из 6 исследуемых образцов имел схожие черты, но различия в составе также представляются значительными для унификации.

Помимо наиболее распространенных хемотипов выделяют также и другие. При исследовании состава эфирных масел, произведенных из растений, произрастающих в Северной Македонии, Боснии и Герцеговине, было отмечено наличие еще 5 хемотипов: *n*-цимольный, *транс*-сабинен гидратный, линалоольный, борнеольный и *n*-цименольный [12]. На основании большого исследования состава эфирных масел, полученных из 14 популяций растений, произрастающих на территории 5 стран Балканского полуострова (Сербия, Словакия, Хорватия, Босния и Герцеговина, Северная Македония), было сделано заключение о присущей высокой меж- и внутрипопуляционной изменчивости компонентного состава [13]. В рамках исследования выделено 5 хемотипов: карвакрольный, тимольный, два различных *n*-цимольных и два нефенольных, основу которых составляют *цис*-сабинен гидрат и линалоол. При этом отмечается прослеживаемая географическая детерминированность приуроченности определенного хемотипа: фенольные хемотипы растений произрастают ближе к прибрежной части, а нефенольные – к континентальной. Таким образом, эти данные согласуются с полученными в рамках предыдущих исследований [12], тем не менее вопрос о границах вариабельности компонентного состава чабера горного остается дискуссионным.

На текущий момент отсутствуют стандарты, регламентирующие качество эфирного масла чабера горного, несмотря на его распространность и применение. Кроме того, при проведении стандартизации следует учитывать, что выраженная вариабельность состава эфирного масла, а значит и других физических и физико-химических свойств, не позволит разработать универсальные критерии качества. Оптимальным решением в таком случае будет их географически обусловленное дифференцирование. В России чабер горный культивируется и промышленно перерабатывается для получения эфирного масла на территории Республики Крым. Цель работы – определение границ вариабельности и проведение стандартизации эфирного масла чабера горного крымского происхождения для установления критериев качества и их нормирования.

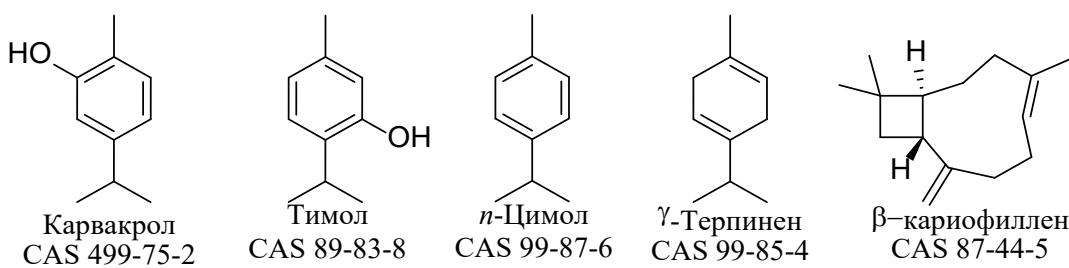


Рис. 1. Наиболее характерные компоненты эфирного масла чабера горного

Таблица 1. Сравнительная характеристика компонентного состава эфирных масел чабера горного различных регионов происхождения

№	Содержание мажоритарного компонента, %	Содержание других компонентов профиля, %	Содержание эфирного масла, %	Регион происхождения	Источник
1	Карвакрол – (59.9–67.7)	$\gamma$ -терпинен – (1.56–5.03); <i>n</i> -цимол – (8.71–19.06); тимол – (0.32–0.26); $\beta$ -кариофилен – (0.50–0.66)	(0.35–0.70)	Россия, республика Крым*	[5]
2	Карвакрол – 52.06	$\gamma$ -терпинен – 9.78; <i>n</i> -цимол – 17.05; тимол – 0.21; $\beta$ -кариофилен – 1.06	0.40	Россия, республика Крым**	
3	Карвакрол – 53.4	$\gamma$ -терпинен – 13.5; <i>n</i> -цимол – 13.0; тимол – 0.89; $\beta$ -кариофилен – 2.23	1.56	Франция	[6]
4	Тимол – 45.2	Карвакрол – 5.3; $\gamma$ -терпинен – 5.9; <i>n</i> -цимол – 6.4; $\beta$ -кариофилен – 2.3	1.40	Хорватия	[7]
5	Карвакрол – 63.4	Тимол – 19.4 $\gamma$ -терпинен – следовые количества <i>n</i> -цимол – не обнаружен $\beta$ -кариофилен – 0.1	0.97	Хорватия	[8]
6	Карвакрол – 44.5	Тимол – 3.5 $\gamma$ -терпинен – 8.7 <i>n</i> -цимол – 16.9 $\beta$ -кариофилен – 1.5	0.58	Хорватия	[9]
7	Карвакрол – 58.32	Тимол – 4.80 $\gamma$ -терпинен – 9.24 <i>n</i> -цимол – 18.27 $\beta$ -кариофилен – 0.58	(0.39–0.54)	Испания	[10]

\* Результаты для эфирного масла чабера горного крымского сорта.

\*\* Результаты для эфирного масла чабера горного, выращенного из семян, полученных по делектусам из Италии.

### Экспериментальная часть

Объектом исследования выступили 4 коммерческих образца эфирного масла чабера горного (*Satureja montana* L.), произведенные НИИСХ Крыма из сырья, собранного в 2022 году в селе Крымская роза (294 метра над уровнем моря, 45.057193, 34.359913).

Стандартизацию эфирного масла проводили в соответствии с рекомендациями ГФ РФ XV издания и ОФС.1.5.2.0001 – «Эфирные масла» [14], монографией «Essential oils» Европейской Фармакопеи 11 издания [15] и требованиям стандартов ISO\*, посвященным эфирным маслам. На основании сравнения основных подходов к стандартизации нами были выбраны следующие показатели качества эфирных масел: «Описание», «Растворимость», «Подлинность», «Плотность», «Удельное вращение», «Показатель преломления», «Спирт этиловый», «Кислотное число», «Пероксидное число», «Жирные и минеральные масла, в том числе осмоловшиеся вещества», «Остаток после выпаривания эфирного масла», «Вода» и «Хроматографический профиль». Использование показателя «удельное вращение» вместо рекомендованного для анализа показателя «Угол вращения» было выбрано ввиду отсутствия достаточного количества эфирного масла для испытания. Вместо регламентированного ГФ XV издания подхода к определению показателей «Подлинность» и «Количественное определение», основанного на использовании стандартных образцов и сравнения характеристик удерживания (времен удерживания, относительных нескорректированных времен удерживания и т.д.) на хроматограммах испытуемого и стандартного раствора, был использован регламентируемый ISO и Ph.Eur 11 издания подход к определению хроматографического профиля [16, 17]. Основные преимущества применения хроматографического профилирования заключаются в отсутствии необходимости

\* Стандарты технического комитета 54 ISO (International Organization for Standardization. ISO /TC 54 Essential Oils)

использовать стандартные образцы для проведения идентификации и количественного определения, а также в том, что определяемый перечень компонентов (хроматографический профиль) позволяет оценить не только ботаническую идентичность исследуемого эфирного масла, а также географическую приуроченность производящего растения.

Изучение компонентного состава исследуемых эфирных масел проводили с помощью методов газовой хроматографии и газовой хроматомасс-спектрометрии. Газохроматографический анализ проводили с использованием программно-аппаратного комплекса газового хроматографа «Кристалл 5000.2», снабженного пламенно-ионизационным детектором. Разделение проводили с использованием следующих хроматографических колонок: HP-5MS UI (Agilent Technologies, США), 30 м × 0.25 мм с толщиной пленки неподвижной жидкой фазы 0.25 мкм и DB-WAX (Agilent Technologies, США), 30 м × 0.32 мм с толщиной пленки подвижной жидкой фазы 0.5 мкм. Температура испарителя – 250 °C. В качестве газа-носителя применяли гелий с объемным расходом 1 мл/мин. Эфирные масла анализировали в чистом виде, объем пробы – 0.1 мкл, деление потока 1 : 200. Температура детектора – 300 °C и 250 °C при анализе с использованием колонки HP-5MS UI и DB-WAX соответственно. Температурная программа термостата при использовании колонки HP-5MS UI: 75 °C – изотерма в течение 1 мин, увеличение со скоростью 4 °C/мин до 240 °C, затем изотерма в течение 20 мин. Температурная программа термостата при использовании колонки DB-WAX: 75 °C – изотерма в течение 1 мин, увеличение со скоростью 4 °C/мин до 225 °C, затем изотерма в течение 35 мин. Идентификация в условиях газохроматографического анализа проводилась на основании расчета линейных индексов удерживания компонентов в режиме ортогонального разделения: разделения компонентов на хроматографических колонках, обладающих различной полярностью, и сравнения полученных расчетных индексов удерживания со справочными из базы Адамса [18] и NIST-14. Для проведения идентификации использовали ряд нормальных алканов состава гептан-докозан (C<sub>7</sub>-C<sub>22</sub>), с.т.х., (Хромлаб, Россия). Для оценки содержания компонентов использовали метод внутренней нормализации без учета коэффициентов чувствительности.

Хроматомасс-спектрометрический анализ образцов проводили на газовом хроматографе Clarus 600T (Perkin Elmer, США) с масс-спектрометрическим детектором с электронной ионизацией и квадрупольным масс-анализатором. Сканирование осуществляли в диапазоне от 40 до 400 m/z (режим полного тока). Для разделения использовали капиллярную колонку Elite-5 (Perkin Elmer, США) 30 м × 0.25 мм с толщиной пленки неподвижной жидкой фазы 0.25 мкм. Температурная программа термостата аналогична использованной при газохроматографическом анализе с колонкой HP-5MS UI. Температура испарителя – 250 °C, температура источника ионизации – 240 °C. Газ-носитель – гелий, скорость потока – 1 мл/мин, деление потока 1 : 200. Эфирные масла анализировали в чистом виде, объем пробы – 0.1 мкл. Интерпретацию масс-спектров осуществляли с помощью библиотеки NIST-14.

В рамках проведения стандартизации было реализовано количественное определение воды с помощью кулонометрического титрования по методу Карла Фишера. Титрование проводилось с использованием кулонометра Metrohm 899 (Metrohm, Швейцария), снабженного двойным платиновым электродом и генераторным электродом без диафрагмы, в качестве анолита использовался реагент Hydralan Coulomat AG (Honeywell, США), в качестве растворителя пробы использовался метанол (99.9%, Fisher Chemicals, США). Кулонометрическое титрование проводили в следующих условиях: ток генераторного электрода – 400 мА, ток поляризации – 10 мкА, начальный дрейф – 20 мкг/мин, критерий окончания титрования – относительный дрейф 5 мкг/мин.

### **Обсуждение результатов**

При проведении испытаний по показателю «Вода» в соответствии с ГФ РФ и Ph.Eur был получен отрицательный результат. Тем не менее данные аналитические процедуры носили исключительно качественный характер, тогда как количественные данные о содержании воды позволяют получить больше информации о стандартизируемом объекте. Содержание воды в эфирном масле негативно сказывается на стабильности и, следовательно, на качестве эфирного масла, поэтому рационально провести количественную оценку содержания воды.

В стандарте ISO 11021 [19] уже описан способ количественного определения воды в эфирных маслах методом волюметрического титрования по методу Карла Фишера, существенным ограничением которого является большой расход эфирного масла на единичное определение, что вызвано относительно небольшим

содержанием воды в них. Оптимальным вариантом проведения процесса в таком случае должен быть кулонометрический способ титрования, поскольку он позволяет значительно снизить расход аналита на одно определение. Результаты кулонометрического определения содержания воды по методу Карла Фишера 4 исследуемых образцов представлены в таблице 2.

В соответствии с данными таблицы 2 содержание воды во всех 4 испытуемых образцах эфирного масла не превышает 0.67%. В процессе титрования были использованы 10–15% (w/w) растворы эфирного масла в метаноле. Выбор метанола обусловлен тем, что позволяет проводить растворение образцов эфирного масла без образования опалесценции и обеспечивает известную стехиометричность реакции титрования при небольшом содержании воды в нем [20]. В процессе самого титрования не наблюдалось увеличения дрейфа во время и после титрования, что свидетельствует об отсутствии протекания возможных побочных реакций, связанных с выделением или поглощением воды. Объем пробы (от 700 мг до 1100 мг) позволяет с достаточной точностью проводить дозирование пробы в кулонометрическую ячейку при минимальном влиянии атмосферной влаги.

В ходе анализа исследуемых образцов эфирных масел не были обнаружены спирт этиловый, жирные и минеральные масла, в том числе осмоловшиеся вещества. Результаты определения отдельных числовых показателей качества и рекомендуемые нормы этих показателей для эфирного масла чабера горного российского происхождения представлены в таблице 3.

Таблица 2. Результаты кулонометрического титрования эфирного масла чабера горного

№ образца	Масса испытуемого вещества, мг	Масса растворителя, мг	Содержание воды в пробе, ppm	Содержание воды в растворителе, ppm	Содержание воды в эфирном масле, %	Среднее значение содержания воды в эфирном масле, %	SD	RSD, %
1	552.2	3968.2	965.5	190.0	0.654	0.650	0.006	0.88
			965.7		0.654			
			951.5		0.642			
			954.5		0.645			
			965.5		0.654			
2	667.8	4098.1	1089.7	190.0	0.661	0.658	0.006	0.93
			1078.6		0.653			
			1097.0		0.666			
			1086.3		0.659			
			1075.7		0.651			
3	425.7	3393.3	875.5	190.0	0.634	0.637	0.007	1.03
			876.9		0.635			
			885.6		0.643			
			886.1		0.644			
			868.9		0.628			
4	421.7	4160.4	778.2	190.0	0.665	0.662	0.007	1.05
			768.1		0.654			
			769.5		0.655			
			783.0		0.670			
			778.6		0.665			

Таблица 3. Результаты определения отдельных показателей эфирного масла чабера горного (n = 5)

№ образца	Остаток после выпаривания, %	Плотность, г/мл	Удельное вращение	Показатель преломления	Кислотное число	Перекисное число	Вода, %
1	0.18	0.924	+15.48	1.5389	2.90	4.34	0.650
2	0.21	0.914	+11.48	1.5361	3.14	3.92	0.658
3	0.29	0.918	+13.62	1.5375	3.01	3.81	0.637
4	0.24	0.930	+14.62	1.5358	2.75	4.20	0.662
Рекомендованные нормы							
	Не более 0.4% при нагревании в течение 3 ч	От 0.910 до 0.940	От +11.0 до +15.5	От 1.5350 до 1.5390	Не более 3.5	Не более 5.0	Не более 0.8%

Методами газовой хроматографии и газовой хроматомасс-спектрометрии было идентифицировано 39 компонентов исследуемых эфирных масел чабера горного (табл. 4). Хроматограмма, записанная в условиях газохроматографического анализа, представлена на рисунке 2, хроматограмма по полному ионному току – на рисунке 3.

Таблица 4. Результаты идентификации компонентов эфирного масла чабера горного российского происхождения

№	Компонент	CAS	LRI <sup>1</sup>	LRI <sup>2</sup>	Способ идентификации	Исследуемый образец			
						I	II	III	IV
						Содержание, %			
1	$\alpha$ -туйен	2867-05-2	928	1030	<i>LRI, MS</i>	<b>1.69</b>	<b>1.50</b>	<b>1.69</b>	<b>1.46</b>
2	$\alpha$ -пинен	80-56-8	936	1039	<i>LRI, MS</i>	<b>0.86</b>	<b>0.78</b>	<b>0.86</b>	<b>0.80</b>
3	камfen	79-92-5	952	1090	<i>LRI, MS</i>	0.16	0.14	0.16	0.15
4	сабинен	3387-41-5	975	1230	<i>LRI, MS</i>	<b>0.95</b>	<b>0.96</b>	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>
5	$\beta$ -пинен	127-91-3	982	1130	<i>LRI, MS</i>	0.23	0.22	0.23	0.22
6	$\beta$ -мирцен	123-35-3	992	1171	<i>LRI, MS</i>	<b>2.38</b>	<b>2.26</b>	<b>2.39</b>	<b>2.10</b>
7	$\alpha$ -фелландрен	99-83-2	1007	1184	<i>LRI, MS</i>	0.33	0.31	0.33	0.28
8	3-карен	13466-78-9	1010	1136	<i>LRI, MS</i>	0.09	0.09	0.09	0.09
9	$\alpha$ -терпинен	99-86-5	1019	1200	<i>LRI, MS</i>	<b>2.59</b>	<b>2.48</b>	<b>2.61</b>	<b>2.30</b>
10	<i>n</i> -цимол	99-87-6	1026	1291	<i>LRI, MS</i>	<b>7.11</b>	<b>6.94</b>	<b>6.99</b>	<b>6.81</b>
11	<i>o</i> -цимол	527-84-4	1025	1276	<i>LRI, MS</i>	0.34	0.33	0.34	0.30
12	лимонен	138-86-3	1030	1218	<i>LRI, MS</i>	0.24	0.23	0.23	0.22
13	$\beta$ -фелландрен	555-10-2	1032	1214	<i>LRI, MS</i>	0.32	0.30	0.30	0.34
14	1,8-цинеол	470-82-6	1036	1234	<i>LRI, MS</i>	0.59	0.60	0.62	0.53
15	<i>транс</i> - $\beta$ -оцимен	3779-61-1	1053	1244	<i>LRI, MS</i>	0.23	0.22	0.24	0.20
16	$\gamma$ -терпинен	99-85-4	1062	1265	<i>LRI, MS</i>	<b>18.26</b>	<b>17.86</b>	<b>18.55</b>	<b>16.28</b>
17	<i>цик</i> -сабинен гидрат	17699-16-0	1069	1483	<i>LRI, MS</i>	0.62	0.64	0.63	0.67
18	терпинолен	586-62-9	1091	1304	<i>LRI, MS</i>	0.13	0.13	0.13	0.13
19	линалоол	78-70-6	1100	1557	<i>LRI, MS</i>	0.64	0.65	0.65	0.69
20	борнеол	507-70-0	1169	1723	<i>LRI, MS</i>	0.29	0.30	0.29	0.31
21	терпинен-4-ол	562-74-3	1180	1603	<i>LRI, MS</i>	0.54	0.54	0.53	0.55
22	$\alpha$ -терpineол	98-55-5	1193	1719	<i>LRI, MS</i>	0.16	0.17	0.17	0.18
23	гераниол	106-24-1	1249	1864	<i>LRI, MS</i>	0.13	0.13	0.13	0.13
24	<i>транс</i> -анетол	4180-23-8	1288	1830	<i>LRI, MS</i>	0.11	0.02	0.03	0.04
25	тимол	89-83-8	1290	2200	<i>LRI, MS</i>	<b>0.26</b>	<b>0.24</b>	<b>0.26</b>	<b>0.25</b>
26	карвакрол	499-75-2	1304	2249	<i>LRI, MS</i>	<b>51.30</b>	<b>52.34</b>	<b>51.20</b>	<b>53.92</b>
27	карвакрол ацетат	6380-28-5	1372	1894	<i>LRI, MS</i>	<b>0.58</b>	<b>0.59</b>	<b>0.57</b>	<b>0.61</b>
28	$\beta$ -кариофиллен	87-44-5	1422	1626	<i>LRI, MS</i>	<b>3.70</b>	<b>3.75</b>	<b>3.71</b>	<b>3.76</b>
29	аллоаромадендрен	25246-27-9	1444	1632	<i>LRI, MS</i>	0.19	0.19	0.18	0.21
30	$\alpha$ -гумурулен	6753-98-6	1456	1665	<i>LRI, MS</i>	0.14	0.15	0.14	0.16
31	$\gamma$ -мууролен	31983-22-9	1481	1680	<i>LRI, MS</i>	0.29	0.30	0.29	0.32
32	гермацен $\Delta$	23986-74-5	1485	1728	<i>LRI, MS</i>	0.21	0.20	0.23	0.12
33	леден	21747-46-6	1492	1694	<i>LRI, MS</i>	0.05	0.05	0.05	0.05
34	$\beta$ -бисаболен	495-61-4	1504	1715	<i>LRI, MS</i>	0.43	0.43	0.44	0.40
35	$\gamma$ -кадинен	39029-41-9	1511	1745	<i>LRI, MS</i>	0.45	0.46	0.45	0.47
36	$\delta$ -кадинен	483-76-1	1520	1749	<i>LRI, MS</i>	0.24	0.24	0.23	0.25
37	каламенен	72937-55-4	1527	1851	<i>LRI, MS</i>	0.43	0.44	0.42	0.47
38	элемол	639-99-6	1551	2105	<i>LRI, MS</i>	0.13	0.13	0.14	0.12
39	кариофиллен оксид	1139-30-6	1583	2024	<i>LRI, MS</i>	0.15	0.15	0.14	0.19
Сумма идентифицированных компонентов						97.54	97.46	97.59	97.05
Сумма монотерпеновых (в т.ч. монотерпеноидных) компонентов						38.88	37.78	39.11	35.71
Сумма фенольных компонентов						52.25	53.19	52.06	54.82
Сумма сесквитерпеновых (в т.ч. сесквитерпеноидных) компонентов						6.41	6.49	6.42	6.52

Примечание: Компоненты представлены в порядке элюирования на колонке HP-5MS UI. Полужирным выделены компоненты, рекомендуемые для включения в специфический хроматографический профиль эфирного масла чабера горного российского происхождения. LRI<sup>1</sup> – Экспериментальный индекс удерживания, полученный на неполярной колонке. LRI<sup>2</sup> – Экспериментальный индекс удерживания, полученный на полярной колонке.

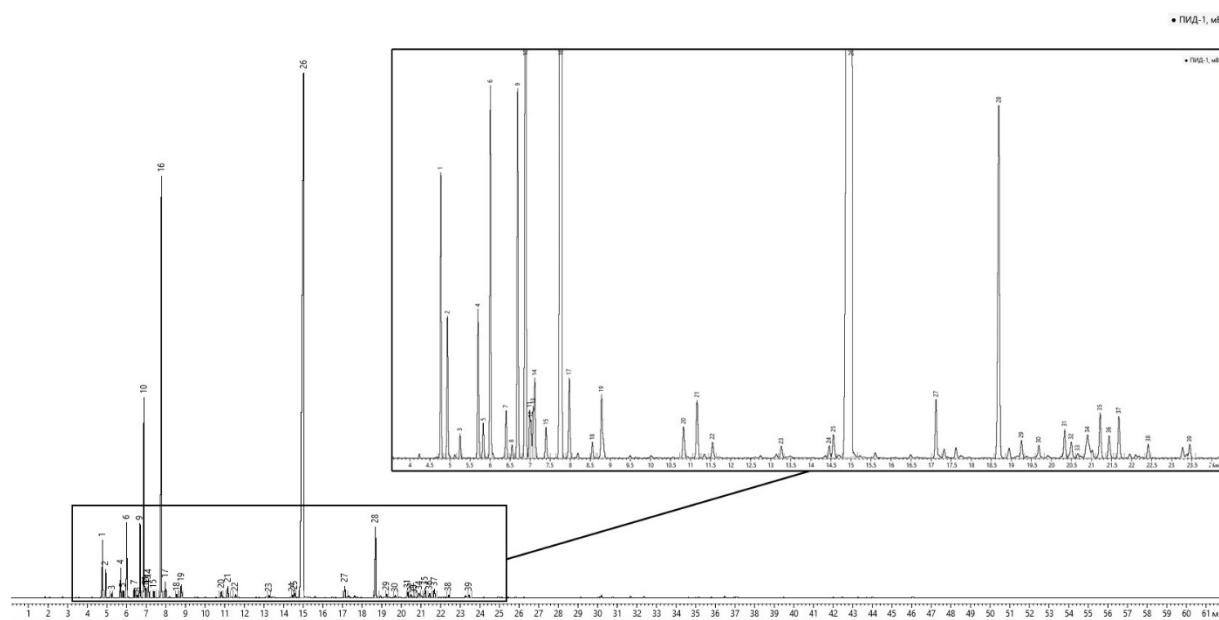


Рис. 2. Репрезентативная хроматограмма эфирного масла чабера горного. (Условия: ГХ, хроматографическая колонка: HP-5MS UI)

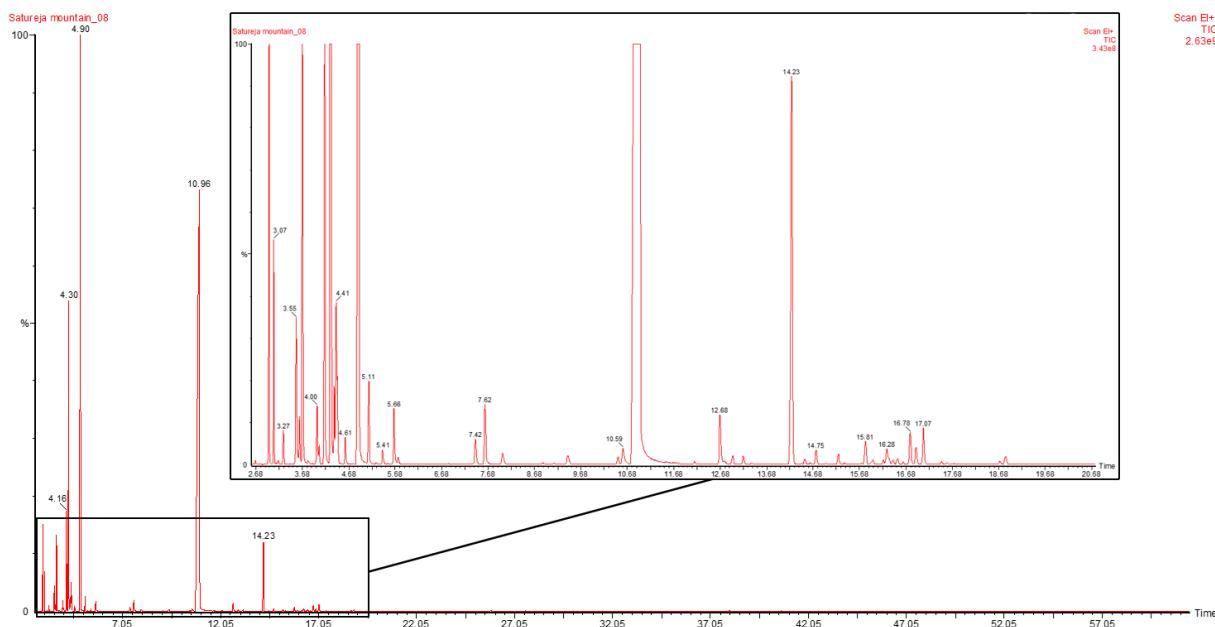


Рис. 3. Хроматограмма эфирного масла чабера горного по полному ионному току (Условия: ГХ-МС, хроматографическая колонка Elite-5MS)

Средняя доля идентифицированных соединений составляет 97.41% от общего числа обнаруженных соединений. Основная доля от состава приходится на соединения фенольного характера, которая в среднем составляет 53.08%, что объясняется высоким содержанием карвакрола – от 51.20 до 53.92%. Примечательно относительно низкое содержание других фенольных соединений: *транс*-анетол содержится в количестве от 0.02 до 0.11%, карвакрол ацетат – от 0.57 до 0.61%, изомерный же карвакролу тимол находится в достаточно небольшом количестве – от 0.24 до 0.26%. На долю монотерпеновых компонентов в среднем приходится 37.87%, среди которых преобладают циклические соединения –  $\gamma$ -терпинен (от 16.28 до 18.55%), *n*-цимол (от 6.81 до 7.11%),  $\alpha$ -терпинен (от 2.30 до 2.61%),  $\alpha$ -туйен (от 1.46 до 1.69%), доля остальных циклических монотерпеновых соединений ( $\alpha$ -пинен и сабинен) не превышает 1%. Наибольшее содержание среди

нециклических монотерпеновых соединений характерно для  $\beta$ -мирцена – от 2.10 до 2.38%, доля остальных нециклических монотерпеновых соединений не превышает 1%. Отмечено достаточно высокое содержание  $\beta$ -кариофиллена (от 3.70 до 3.76%) при относительно небольшой доле сесквитерпеноидных соединений от состава масла – не более 6.52%.

Проведенные исследования дают возможность однозначно отнести чабер горный, произрастающий на территории Республики Крым, к карвакрольному хемотипу, что коррелирует с результатами предыдущих исследований. С учетом свойственной естественной вариабельности состава и весьма характерного распределения доли компонентов в зависимости от их химической структуры были выделены компоненты, в наибольшей степени характеризующие эфирное масло чабера горного российского происхождения и позволяющие провести его однозначную идентификацию.

Данные компоненты рекомендованы для включения в хроматографический профиль эфирного масла чабера горного российского происхождения. В таблице 5 представлены рекомендуемый хроматографический профиль и данные по нормализованному содержанию целевых компонентов.

Таблица 5. Рекомендуемый хроматографический профиль эфирного масла чабера горного российского происхождения

№	Компонент	CAS	Исследуемый образец				Рекомендуемое содержание
			I	II	III	IV	
			Содержание, %				
1	$\alpha$ -туйен	2867-05-2	1.84	1.63	1.84	1.59	(1.5–2.0)%
2	$\alpha$ -пинен	80-56-8	0.94	0.85	0.93	0.87	(0.8–2.0)%
3	сабинен	3387-41-5	1.03	1.04	1.03	1.05	(0.9–1.2)%
4	$\beta$ -мирцен	123-35-3	2.59	2.46	2.60	2.28	(2.2–2.8)%
5	$\alpha$ -терпинен	99-86-5	2.82	2.69	2.84	2.50	(2.4–3.0)%
6	<i>n</i> -цимол	99-87-6	7.73	7.54	7.60	7.40	(7.3–7.8)%
7	$\gamma$ -терпинен	99-85-4	19.86	19.41	20.16	17.70	(17.1–21.4)%
8	тимол	89-83-8	0.28	0.26	0.28	0.27	Не более 0.4%
9	карвакрол	499-75-2	55.80	56.87	55.65	58.63	(54.0–59.4)%
10	карвакрол ацетат	6380-28-5	0.63	0.64	0.62	0.66	(0.5–0.8)%
11	$\beta$ -кариофиллен	87-44-5	4.02	4.07	4.03	4.09	(3.8–4.2)%

Представленное в таблице 5 хроматографическое профилирование эфирного масла чабера горного позволяет не только оценить его ботаническую идентичность, но определить и географическую локацию производящего растения. Ключевым ограничением к использованию данного метода является, в частности, отсутствие достаточного количества разработанных хроматографических профилей для чабера горного другой географической приуроченности.

### Выходы

В рамках исследования было проведено установление хемотипа, изучение состава и стандартизация эфирного масла чабера горного российского происхождения. Показано, что чабер горный крымской локации относится к карвакрольному хемотипу. Для эфирного масла чабера горного российского происхождения рекомендованы следующие нормы параметров качества: остаток после выпаривания – не более 0.4%; плотность – от 0.910 до 0.940 г/мл, удельное вращение – от +11.0 до +15.5; показатель преломления – от 1.5350 до 1.5390; кислотное число – не более 3.5; перекисное число – не более 5.0. Проведена апробация методики количественного определения воды методом кулонометрического титрования по Карлу Фишеру, рекомендуемая норма содержания воды – не более 0.8%. Газохроматографическое исследование компонентного состава испытуемых эфирных масел показало, что мажоритарным компонентом каждого из них является карвакрол, его содержание составляет от 51.20 до 53.92%. Для контроля качества эфирного масла предложен метод хроматографического профилирования. На основании проведенных хроматографических исследований составлен хроматографический профиль эфирного масла чабера горного, рекомендуемый для включения в нормативную документацию.

**Финансирование**

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

**Конфликт интересов**

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

**Открытый доступ**

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

**Список литературы**

1. Gomes F., Dias M.I., Lima Â., Barros L., Rodrigues M.E., Ferreira I.C.F.R., Henriques M. *Satureja Montana* L. and *Origanum majorana* L. Decoctions: Antimicrobial Activity, Mode of Action and Phenolic Characterization // *Antibiotics*. 2020. Vol. 9. 294. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060294>.
2. Santos J.D.C. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja montana* byproducts essential oils // *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 137. Pp. 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.058>.
3. Vitanza L. et al. *Satureja montana* L. essential oil and its antimicrobial activity alone or in combination with gentamicin // *Microbial Pathogenesis*. 2019. Vol. 126. Pp. 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.11.025>.
4. Bezbradica D.I., Tomovic J.M., Vukasinovic M.S., Siler-Marinkovic S., Ristic M.M. Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Satureja montana* L. Collected in Serbia and Montenegro // *Journal of Essential Oil Research*. 2005. Vol. 17(4). Pp. 462–465. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698965>.
5. Свиденко Л.В., Работягов В.Д., Хлыпенко Л.А. Внутривидовая изменчивость состава эфирных масел *Ocimum basilicum* L. и *Satureja montana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2006. №93. С. 50–52.
6. Miladi H. et al. Chemical composition and cytotoxic and antioxidant activities of *Satureja montana* L. essential oil and its antibacterial potential against *Salmonella* spp. Strains // *Journal of Chemistry*. 2013. Vol. 1. 275698. <https://doi.org/10.1155/2013/275698>.
7. Radonic A., Milos M. Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant effect of free volatile compounds from *Satureja montana* L. // *Free Radical Research*. 2003. Vol. 37.6. Pp. 673–679. <https://doi.org/10.1080/1071576031000105643>.
8. Sanja Ć., Šolić M.E., Maksimović M. Chemical composition and antioxidant activity of two *Satureja* species from Mt. Biokovo // *Botanica serbica*. 2013. Vol. 37.2. Pp. 159–165.
9. Marin M. et al. Antioxidative, antibacterial and antifungal activity of the essential oil of wild - growing *Satureja montana* L. from Dalmatia, Croatia // *Flavour and Fragrance Journal*. 2012. Vol. 27.3. Pp. 216–223. <https://doi.org/10.1002/ffj.3082>.
10. Navarro-Rocha J. et al. Composition and biocidal properties of essential oil from pre-domesticated Spanish *Satureja Montana* // *Industrial crops and products*. 2020. Vol. 145. 111958. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111958>.
11. Ibraliu A. et al. Variability of essential oil composition in Albanian accessions of *Satureja montana* L. // *Journal of Medicinal Plants Research*. 2010. Vol. 4. Pp. 1359–1364.
12. Slavkovska V., Jancic R., Milosavljevic S., Djokovic D. Variability of the Essential Oil Composition of the Species *Satureja montana* L. (Lamiaceae) // *Journal of Essential Oil Research*. 1997. Vol. 9(6). Pp. 629–634. <https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700801>.
13. Dodoš T. et al. Geographic variability of winter savory essential oil // *Industrial Crops and Products*. 2024. Vol. 210. 118167. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118167>.
14. Государственная фармакопея РФ. XV изд. М., 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>
15. European Pharmacopoeia, 11th edition. European Department for the Quality and Medicines. Strasbourg, France, 2023.
16. ISO 11024-1:1998. Essential oils. General guidance on chromatographic profiles. Part 1: Preparation of chromatographic profiles for presentation in standards. 1998.
17. ISO 11024-2:1998. Essential oils. General guidance on chromatographic profiles. Part 2: Utilization of chromatographic profiles of samples of essential oils. 1998.
18. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy ed. 4.1. Allured publishing corporation, 2017.
19. ISO 11021-1999. Essential oils. Determination of water content. Karl Fischer method. 1999.
20. Grünke S., Wünsch G. Kinetics and stoichiometry in the Karl Fischer solution // *Fresenius J. Anal. Chem.* 2000. Vol. 368. Pp. 139–147. <https://doi.org/10.1007/s002160000444>.

Поступила в редакцию 8 декабря 2024 г.

После переработки 13 декабря 2024 г.

Принята к публикации 20 февраля 2025 г.

Ermachenkov R.E.\*, Sipkina N.Yu., Vishnyakov Ye.V., Markov A.L., Agayev M.M., Terninko I.I. CHEMOTYPING AND STANDARDISATION OF ESSENTIAL OIL OF WINTER SAVORY (*SATUREJA MONTANA* L.) OF RUSSIAN ORIGIN

Saint Petersburg State Chemical-Pharmaceutical University, st. Prof. Popova, 14, Saint Petersburg, 197022, Russia,  
ermachenkov.roman@pharminnotech.com

The objective of this study is to characterize the chemotype and standardize the essential oil of winter savory (*Satureja Montana* L.), a species of Russian origin. In order to standardize the essential oil, the current practices of essential oil standardization were studied and compared. Furthermore, the selection of standardization indicators and their normalization were carried out. The component composition was investigated using gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. The essential oil of Russian winter savory was found to be characterized by the predominance of phenolic compounds in its composition, with carvacrol representing the main component. The content of carvacrol in the tested samples was found to be no less than 51.20%, which allowed us to classify Russian winter savory to the carvacrol chemotype. The quantitative determination of water by coulometric titration in accordance with the Karl Fischer method was tested for the purpose of standardizing essential oils. It was proposed that the determination of essential oil authenticity be carried out by means of a chromatographic profile in accordance with the ISO and European Pharmacopoeia approach.

**Keywords:** essential oil, winter savory, standardization, chromatographic profiling, gas chromatography, mass spectrometry.

**For citing:** Ermachenkov R.E., Sipkina N.Yu., Vishnyakov Ye.V., Markov A.L., Agayev M.M., Terninko I.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 3, pp. 199–209. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jeprm.20250316434>.

## References

1. Gomes F., Dias M.I., Lima Â., Barros L., Rodrigues M.E., Ferreira I.C.F.R., Henriques M. *Antibiotics*, 2020, vol. 9, 294. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060294>.
2. Santos J.D.C. et al. *Industrial Crops and Products*, 2019, vol. 137, pp. 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.058>.
3. Vitanza L. et al. *Microbial Pathogenesis*, 2019, vol. 126, pp. 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.11.025>.
4. Bezbradica D.I., Tomovic J.M., Vukasinovic M.S., Siler-Marinkovic S., Ristic M.M. *Journal of Essential Oil Research*, 2005, vol. 17(4), pp. 462–465. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698965>.
5. Svidenko L.V., Rabotyagov V.D., Khlypenko L.A. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2006, no. 93, pp. 50–52. (in Russ.).
6. Miladi H. et al. *Journal of Chemistry*, 2013, vol. 1, 275698. <https://doi.org/10.1155/2013/275698>.
7. Radonic A., Milos M. *Free Radical Research*, 2003, vol. 37.6, pp. 673–679. <https://doi.org/10.1080/1071576031000105643>.
8. Sanja Ć., Šolić M.E., Maksimović M. *Botanica serbica*, 2013, vol. 37.2, pp. 159–165.
9. Marin M. et al. *Flavour and Fragrance Journal*, 2012, vol. 27.3, pp. 216–223. <https://doi.org/10.1002/ffj.3082>.
10. Navarro-Rocha J. et al. *Industrial crops and products*, 2020, vol. 145, 111958. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111958>.
11. Ibraliu A. et al. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2010, vol. 4, pp. 1359–1364.
12. Slavkovska V., Jancic R., Milosavljevic S., Djokovic D. *Journal of Essential Oil Research*, 1997, vol. 9(6), pp. 629–634. <https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700801>.
13. Dodoš T. et al. *Industrial Crops and Products*, 2024, vol. 210, 118167. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118167>.
14. *Gosudarstvennaya farmakopeya RF. XV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XV ed.]. Moscow, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>. (in Russ.).
15. *European Pharmacopoeia, 11th edition*. European Department for the Quality and Medicines. Strasbourg, France, 2023.
16. ISO 11024-1:1998. *Essential oils. General guidance on chromatographic profiles. Part 1: Preparation of chromatographic profiles for presentation in standards*. 1998.
17. ISO 11024-2:1998. *Essential oils. General guidance on chromatographic profiles. Part 2: Utilization of chromatographic profiles of samples of essential oils*. 1998.
18. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy* ed. 4.1. Allured publishing corporation, 2017.
19. ISO 11021-1999. *Essential oils. Determination of water content. Karl Fischer method*. 1999.
20. Grünke S., Wünsch G. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 2000, vol. 368, pp. 139–147. <https://doi.org/10.1007/s002160000444>.

Received December 8, 2024

Revised December 13, 2024

Accepted February 20, 2025

\* Corresponding author.

**Сведения об авторах**

*Ермаченков Роман Энверович* – аспирант,  
ermachenkov.roman@pharminnotech.com

*Сипкина Надежда Юрьевна* – кандидат  
фармацевтических наук, научный сотрудник,  
nadya.sipkina@pharminnotech.com

*Вишняков Евгений Владимирович* – кандидат  
фармацевтических наук, доцент кафедры  
фармацевтической химии,  
evgeniy.vishnyakov@pharminnotech.com

*Марков Андрей Леонидович* – аспирант,  
andrej.markov@spcpu.ru

*Агаев Мусафир Микаилович* – аспирант,  
musafir.agaev@spcpu.ru

*Тернико Инна Ивановна* – доктор фармацевтических  
наук, начальник ИЛ(ЦККЛС), доцент кафедры  
фармацевтической химии,  
inna.terninko@pharminnotech.com

**Information about authors**

*Ermachenkov Roman Enverovich* – PhD student,  
ermachenkov.roman@pharminnotech.com

*Sipkina Nadezhda Yurievna* – candidate of pharmaceutical  
sciences, researcher, nadya.sipkina@pharminnotech.com

*Vishnyakov Evgeniy Vladimirovich* – candidate of  
pharmaceutical sciences, associate professor of the  
department of pharmaceutical chemistry,  
evgeniy.vishnyakov@pharminnotech.com

*Markov Andrey Leonidovich* – PhD student,  
andrej.markov@spcpu.ru

*Agaev Musafir Mikailovich* – PhD student,  
musafir.agaev@spcpu.ru

*Terninko Inna Ivanovna* – doctor of pharmaceutical  
sciences, head of TL(CQCM), associate professor of the  
department of pharmaceutical chemistry,  
inna.terninko@pharminnotech.com