

УДК 615.1:582.738

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-191-206

## ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА ПЕЛАРГОНИИ ДУШИСТОЙ (*PELARGONIUM GRAVEOLENS* L'HER.) В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Сахно Т. М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного  
Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта,  
Никита, Республика Крым, Россия  
E-mail: sahno\_tanya@mail.ru

В статье представлены результаты изучения массовой доли и компонентного состава эфирного масла (ЭМ) *Pelargonium graveolens* L'Her. в условиях открытого грунта Южного берега Крыма. Эфирное масло получали методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга. Компонентный состав эфирного масла определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2». Массовая доля ЭМ в свежесобранном сырье составила 0,22 %. Эфирное масло представлено 41 компонентом, 87,8 % из которых идентифицированы. Установлено, что количественно преобладающими компонентами ЭМ изучаемого образца *P. graveolens* являются: терпеновые спирты: цитронеллол – 39,67 %, гераниол – 13,61 % и терпеновый эфир – цитронеллил формиат 10,58 %. Полученные результаты позволяют рассматривать *P. graveolens* для условий ЮБК как ценный сырьевой источник с целью получения натурального ЭМ отечественного производства для нужд фармацевтической, парфюмерно-косметической и пищевой отраслей промышленности.

**Ключевые слова:** *Pelargonium graveolens* L'Her., эфирное масло, массовая доля, компонентный состав, Южный берег Крыма.

### ВВЕДЕНИЕ

Пеларгония душистая, ароматная (*Pelargonium graveolens* L'Her.) – вид рода *Pelargonium*, семейства Geraniaceae. Данный вид, как и множество представителей рода, естественно произрастает в Капской флористической области [1]. *P. graveolens* широко культивируется во всем мире как ценное декоративное, эфиромасличное и лекарственное растение. Для получения ЭМ используют несколько видов данного рода, среди которых: пеларгония душистая – *P. graveolens*, п. розовая – *P. radens* H. E. Moore, п. головчатая – *P. capitatum* (L.f.) L'Her. ex Aiton., п. ароматнейшая – *P. odoratissimum* (L.) L'Her. и др. Однако, как правило, для получения ЭМ в промышленных масштабах используют перспективные сорта и гибриды рода *Pelargonium*, которые характеризуются значительным содержанием эфирного масла и его улучшенными биохимическими характеристиками [2]. Зачастую, при описании коммерческих образцов ЭМ, в качестве сырьевого источника указывают *P. graveolens* вне зависимости от ботанического названия вида или гибридного

экземпляра, а ЭМ тривиально называется «эфирное масло герани», что вносит некоторую путаницу.

Эфирное масло *P. graveolens* входит в перечень двадцати лучших масел мира и находит широкое применение в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической отраслях промышленности [3]. Согласно литературным данным, ЭМ *P. graveolens* включает около 120 моно- и сесквитерпенов и низкомолекулярных ароматических соединений, основным среди которых являются цитронеллол, гераниол, линалоол, формиаты гераниола и цитронеллола, в совокупности составляющие около 60–70 % от общего количества масла [3]. Вещества, входящие в состав *P. graveolens*, обладают широким спектром биологического действия, поэтому сырье этого растения и продукты его переработки имеют множество направлений использования. Например, в народной медицине листья *P. graveolens* используются в виде травяного чая для лечения тонзиллита, улучшения кровообращения, снятия напряжения, борьбы с тревогой и снятия стресса [4]. Богатый химический состав ЭМ *P. graveolens* позволяет использовать его в качестве фармацевтических субстанций растительного происхождения в составе средств профилактического и терапевтического назначения, а также готовых лекарственных препаратов [5]. ЭМ используется в традиционной медицине как противоастматическое, противоаллергическое, антиоксидантное, противодиарейное, антигепатотоксическое, мочегонное, тонизирующее, кровоостанавливающее, желудочное и диабетическое средство [6–9].

Достаточно подробно описано антибактериальное действие ЭМ масла *P. graveolens* на грамположительные штаммы *Bacillus cereus* Frankland & Frankland и *B. subtilis* (Ehrenber) [10]. Обнаружено, что эфирное масло пеларгонии способно ингибировать рост грамотрицательных бактерий кишечной палочки (*Escherichia coli* (Migula), синегнойной палочки (*Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula) и возбудителей протейной инфекции (*Proteus mirabilis* Hauser), а также грамположительных бактерий золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus* Rosenbach), в том числе и метициллин-резистентный и метициллин-чувствительный *S. aureus* [11, 12]. Выявлено ингибирующее действие ЭМ против микобактерий (*Mycobacterium* sp.), а именно: *M. abscessus*, *M. massiliense*, *M. smegmatis* и *M. avium*. Наряду с *Mycobacterium* sp., масло пеларгонии обладает мощной антимикробной активностью в отношении других патогенных бактерий, таких как: стрептококки (*Streptococcus* Rosenbach), *Listeria monocytogenes* и *Salmonella enteritidis* [13, 14].

В то же время, ЭМ *P. graveolens* обладает мощными противогрибковыми свойствами. Доказана эффективность ЭМ *P. graveolens* против дрожжеподобных грибов *Cryptococcus neoformans* (San Felice) Vuill. и нескольких видов грибов рода *Candida*: *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. parapsilosis*, *C. krusei*, *C. geochares*, *C. magnoliae*, *C. kefyr*, *C. guilliermondii*, *C. catenulata*, *C. membranefaciens*, *C. lusitaniae* и *C. dubliniensis*, вызывающих тяжелые заболевания у людей [13, 15, 16]. Также установлено, что ЭМ проявляет значительные противогрибковые свойства в отношении растительного патогена *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn, вызывающего различные заболевания растений, таких как: корневая гниль, выпревание и др., а также грибка *Malassezia furfur* (C. P. Robin) Baill., провоцирующего кожные

заболевания у животных [17, 18]. Имеются сведения о синергетическом действии эфирного масла пеларгонии душистой и кетоконазола, которые совместно показывают мощную ингибирующую активность против трихофитов (*Trichophyton spp.*), вызывающих вирусную инфекцию стригущего лишая [19].

ЭМ рекомендуется использовать при ожогах и обморожениях, как регенерирующее средство. Также оно эффективно при вирусе простого герпеса [19]. Экстракты *P. graveolens* обладают высокими антиоксидантными и антибактериальными свойствами, что представляет интерес для пищевой и косметической промышленности [20]. ЭМ используется для ароматизации продуктов питания (кондитерские изделия, безалкогольные и алкогольные напитки и др.). Кроме того, подтверждена эффективность ЭМ и его отдельных компонентов в борьбе с патогенами пищевого происхождения, вызывающих порчу пищевых продуктов [6, 21]. ЭМ *P. graveolens* также проявляет инсектицидную активность [22].

На сегодняшний день эфирное масло *P. graveolens* входит в состав различных продуктов для поддержания здоровья человека, например, коммерческой смеси ЭМ для детоксикации «Zendocrine» («Зендокрин») фирмы doTERRA (США), способствующей естественным процессам детоксикации в организме, поддержанию фильтрационных функций печени, почек, толстой кишки, легких и кожи. Разработана биологически активная добавки к пище «Биогерань», производства Vitapharm-Com (Республика Молдова), рекомендуемая для использования при гриппе, ларингите, фарингите, головной боли, тахикардии, экземе, дерматите, цистите, мочекаменной болезни, для профилактики гастрита и язвенной болезни желудка и др. Доказана эффективность эфирного масла *P. graveolens* при лечении протезного стоматита [23]. ЭМ *P. graveolens* является компонентом средств по уходу за полостью рта, например, широко известных торговых марок «Splat», «Ајона», «DR. ЛЕВЕ» и др.

В парфюмерной промышленности ЭМ *P. graveolens* используется в качестве более дешевого аналога дорогостоящего масла розы при создании цветочных композиций. ЭМ пеларгонии душистой способствует снятию воспаления и раздражения, тонизирует и увлажняет кожу, эффективно в борьбе с чрезмерной работой сальных желез и акне. Является компонентом лосьонов, кремов, шампуней и др. изделий парфюмерно-косметической промышленности.

В настоящее время мировыми лидерами по производству эфирного масла *P. graveolens* являются о. Реюньон, Марокко, Франция, Испания, Тунис и о. Сицилия, Китай, Мадагаскар, Алжир, Таджикистан [24]. Качество ЭМ, как и его рыночная стоимость, определяется терпеноидным составом. В частности, помимо гераниола, цитронеллола, линалоола и их эфиров, важную роль играют такие соединения как кетон изоментон, сесквитерпеноидный углеводород гвая-6,9-диен и спирт 10-эпи-γ-эдисмол, поскольку они позволяют различать масла разного происхождения, сортов и качества [20].

Поскольку ЭМ *P. graveolens* обладает большим хемотипическим разнообразием, цель настоящей работы – определить количественные и качественные характеристики ЭМ, полученного из свежесобранного сырья

надземной массы *P. graveolens*, выращенного в условиях открытого грунта Южного берега Крыма (ЮБК).

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья использовалась надземная масса растений *P. graveolens*, культивируемых в открытом грунте на опытно-производственных участках лаборатории ароматических и лекарственных растений ФГБУН «НБС-ННЦ». Сбор сырья проводили в фазу массового цветения в первой декаде июня. Эфирное масло получали методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга [25]. Компонентный состав эфирных масел определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. Колонка капиллярная CR – 5ms, длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Фаза 5 % фенил 95 % полисилфениленсилоксан, толщина плёнки 0,25 мкм. Температура термостата программировалась от 75 °С до 240 °С со скоростью 4 °С/мин. Температура испарителя 250 °С. Газ носитель – гелий, скорость потока 1 мл /мин. Температура переходной линии 250 °С. Температура источника ионов 200 °С. Электронная ионизация 70 eV. Диапазон сканирования 20–450Da. Длительность скана 0,2 с. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США). Программа поиска и идентификации спектров MS Search (США). Индексы удерживания получены путём логарифмической интерполяции приведённых времён удерживания с использованием аналитического стандарта смеси реперных *n*-алканов Sigma-Aldrich (Швейцария) и аналитических стандартов Supelco (США). Массовая доля компонентов в пробе определена методом процентной нормализации [26, 27]. Биохимические исследования эфирного масла выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» ФГБУН «НБС-ННЦ» (Ялта, Россия).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Pelargonium graveolens* в коллекцию ароматических и лекарственных растений была привлечена в 2015 г. из ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур, отдел Сад-музей «Дерево дружбы» г. Сочи [28]. В условиях интродукции на ЮБК *P. graveolens* представляет собой раскидистое травянисто-кустарниковое многолетнее растение высотой 30–80 см. Стебли прямые или стелющиеся, опушенные. Листья черешковые, крупные, пальчато-рассеченные, многочисленные. В открытом грунте растение способно переносить с легким укрытием кратковременное понижение температуры воздуха до -7,9 °С и минимальной температуры на поверхности почвы -15 °С (2016 и 2017 гг., соответственно). В зимний период надземная масса практически полностью отмирает, а возобновление в весенний период происходит путем активизации роста нижних почек стебля, или корневыми отпрысками за счет роста придаточных почек. Начало цветения в условиях ЮБК наблюдается в июне-июле в зависимости от метеорологических условий конкретного года. Цветки розового оттенка (рис.).



Рис. Пеларгония душистая (*Pelargonium graveolens* L'Hér.) на опытно-производственном участке лаборатории ароматических и лекарственных растений ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр».

Эфирное масло *P. graveolens*, полученное в условиях ЮБК, представляет собой легкоподвижную, прозрачную жидкость, иногда со слегка зеленоватым оттенком. Аромат эфирного масла сходный с запахом цветов розы с несколько травянистым акцентом. Массовая доля эфирного масла из свежесобранного сырья составила 0,22 % и 1,33 % – в пересчете на абсолютно сухую массу. Компонентный состав эфирного масла представлен 41 компонентом, 87,8 % из которых идентифицированы. Мажорным компонентом ЭМ *P. graveolens* (таблица) в условиях ЮБК был цитронеллол, массовая доля которого составила 39,67 %. Также, в составе эфирного масла в значительном количестве содержатся такие компоненты как: гераниол – 13,61 %, цитронеллил формиат – 10,58 %. Среди других, количественно значимых компонентов, с массовой долей от 1 до 5 % присутствуют: изоментон – 5 %, гуая-6,9-диен – 4,5 %, линалоол – 2,52 %, нерил формиат – 2,03 %, геранил тиглат – 2,01 %,  $\beta$ -фенилэтилтиглат + фурупеларгон А – 2 %, гермакрен Д – 1,81 %, цитронеллил тиглат – 1,44 %, цитронеллил бутират – 1,42 %, (*E*)-цитраль – 1,17 %, геранил пропионат – 1,17 %,  $\beta$ -кариофиллен – 1,11 %, цитронеллил пропионат – 1 %. Более половины (56,06 %) компонентного состава ЭМ *P. graveolens* представлено спиртами, эфиры составили – 23,82 % и сесквитерпены – 9,92 % идентифицированных компонентов.

Таблица

**Идентифицированные компоненты эфирного масла *Pelargonium graveolens* L'Нér. в условиях Южного берега Крыма**

№	Название компонента	Индекс удерживания компонента	Массовая доля эфирного масла, %
1	2	3	4
1	$\alpha$ -пинен / $\alpha$ -Pinene	944	0,13
2	Линалоол / Linalool	1098	<b>2,52</b>
3	<i>Цис</i> -розовый оксид / cis-Rose oxide	1111	0,75
4	<i>Транс</i> -розовый оксид / trans-Rose oxide	1129	0,34
5	Цитронеллаль / Citronellal	1151	0,31
6	Изоментон / Isomenthone	1168	5,00
7	$\alpha$ -терпинеол / $\alpha$ -Terpineol	1195	0,26
8	Цитронеллол / Citronellol	1233	39,67
9	( <i>Z</i> )-Цитраль / ( <i>Z</i> )-Citral	1240	0,52
10	Гераниол / Geraniol	1255	13,61
11	( <i>E</i> )-Цитраль / ( <i>E</i> )-Citral	1268	1,17
12	Цитронеллил формиат / Citronellyl formate	1274	10,58
13	Тимол / Thymol	1291	0,22
14	Нерил формиат / Neryl formate	1296	2,03
15	Цитронеллил ацетат / Citronellyl acetate	1348	0,40
16	Геранил ацетат / Geranyl acetate	1376	0,16
17	$\alpha$ -копаен / $\alpha$ -Copaene	1383	0,17
18	$\beta$ -бурбонен / $\beta$ -Bourbonene	1391	0,58
19	$\beta$ -элемен / $\beta$ -Elemen	1394	0,25
20	$\beta$ -кариофиллен / $\beta$ -Caryophyllene	1427	1,11
21	Цитронеллил пропионат / Citronellyl	1439	1,00
22	$\alpha$ -гвайен / $\alpha$ -guaiene	1443	0,33
23	Гуая-6,9-диен / Guaia-6,9-diene	1449	4,50
24	Гумулен / Humulene	1463	0,35
25	Геранил пропионат / Geranyl propionate	1467	1,17
26	Гермакрен Д / Germacrene D	1487	1,81
27	Леден / Leden	1499	0,82
28	Геранил изобутират / Geranyl isobutyrate	1505	0,37
29	Цитронеллил бутират / Citronellyl butyrate	1524	1,42
30	Геранил бутират / Geranyl butyrate	1554	0,70
31	$\beta$ -фенилэтилтиглат + фурупеларгон А / $\beta$ -Phenylethyl tiglate + Furopelargone A	1581	2,00

Продолжение таблицы

1	2	3	4
32	Кариофиллен оксид / Caryophyllene oxide	1588	0,36
33	Цитронеллил тиглат / Citronellyl tiglate	1661	1,44
34	Цитронеллил изогексаноат /Citronellyl	1680	0,28
35	Геранил тиглат / Geranyl tiglate	1693	2,01
36	Нерил гексаноат / Neryl hexanoate	1710	0,26
<b>Всего / идентифицировано, шт.</b>		<b>41</b>	<b>36</b>

Как уже известно, компонентный состав эфирного масла *P. graveolens* сильно отличается в зависимости от региона культивирования растений [29]. Так, например, эфирное масло из Северной Африки содержит до 6,2 % 10-эпи- $\gamma$ -эудесмола, тогда, когда у других географических образцах, это соединение не фиксируется даже в следовых количествах [30]. ЭМ *P. graveolens* из Китая отличается повышенным содержанием цитронеллола и цитрониллил формиата и имеет низкую концентрацию гераниола. Африканский тип содержит цитронеллол и гераниол в соотношении 1:0,5, а также 10-эпи- $\gamma$ -эдисмол, в малом количестве или совсем не содержит гуайа-6,9-диен. Масла пеларгонии типа Реюньон (Бурбон) характеризуется соотношением цитронеллола и гераниола (1:1), также содержит в своем составе гуа-6,9-диен и изоментон. Ранее эфирное масло *P. graveolens* получали в Грузии, которое характеризуются повышенным содержанием эфиров, а масла из Армении и Таджикистана отличались высоким содержанием свободных спиртов, особенно, цитронеллола. Установлено, что в ЭМ *P. graveolens*, полученном в условиях ЮБК, количество цитронеллола почти в 3 раза больше, чем гераниола, также оно отличается высоким содержанием цитронеллил формиата – 10,58 %, что свидетельствует о сходствах с эфирными маслами, получаемыми в Китае, Армении и Таджикистане. Именно на основе ЭМ *P. graveolens* с таким соотношением основных компонентов сотрудниками Государственного научно-исследовательского института питания Министерства промышленности новых технологий Республики Таджикистан совместно с коллегами из Пермской академией фармации РФ был разработан препарат «Липовитол», исследование которого показало, что данное средство обладает желчегонными, гепатопротекторными, антиоксидантными, спазмолитическими и противовоспалительными свойствами [31].

Таким образом, на основании результатов хроматографического анализа установлено, что количественно преобладающими компонентами ЭМ изучаемого образца *P. graveolens* в условиях ЮБК являются терпеновые спирты: цитронеллол и гераниол и терпеновый эфир – цитронеллил формиат.

Согласно данным литературы, цитронеллол имеет широкий спектр биологического действия [32]. Доказана эффективность его применения в медицинских целях, поскольку он обладает антиоксидантными, противовоспалительными, противосудорожными, антиапоптотическими и

модулирующими аутофагию свойствами, способствует защите дофаминергических нейронов [33, 34].

Цитронеллол оказывает подавляющее действие на ряд микроорганизмов, среди которых: *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Cryptococcus neoformans*, *Candida albicans*, а также *Aspergillus* и *Trichophyton*. Кроме того, цитронеллол продемонстрировал активность против вшей [35], а также мощный репеллентный эффект против обыкновенных комаров (*Culex pipiens* Linnaeus), являющимися в отдельных регионах опасными переносчиками вируса Западного Нила [36]. Немаловажным аспектом, является то, что цитронеллол не проявляет высокой токсикологической активности при испытаниях *in vitro*, что делает его перспективным соединением для разработки новых лекарственных препаратов [37].

При оценке биологического действия отдельных компонентов масла пеларгонии, было установлено, что именно цитронеллол обладает наиболее эффективным фунгицидным свойством, за которым следуют другие компоненты ЭМ: гераниол, изоментон, геранил формиат и цитронеллил формиат [15].

Следующее количественно значимое соединение ЭМ *P. graveolens* – гераниол, представляет собой монотерпеновый спирт с приятным ароматом розы, известный как важный ингредиент многих эфирных масел и используемый в качестве ароматизирующего соединения в косметических и бытовых продуктах. Установлено, что гераниол обладает также спектром биологического действия, имеет антиоксидантные и противовоспалительные свойства [38]. В настоящее время это соединение используется в качестве противомикробного средства [39], как репеллент от некоторых растительных насекомых [40], противовоспалительное средство [41], антигельминтного средства [42]. Также стоит отметить, что гераниол является исходным веществом при синтезе других соединений, имеющих оздоровительное значение, таких как витамины А и Е [43]. Кроме того, многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo* показали активность гераниола против рака простаты, кишечника, печени, почек и кожи. Он может индуцировать апоптоз и увеличивать экспрессию проапоптотических белков [38].

Именно благодаря синергетическому действию высокоактивных и стабильных первичных спиртов цитронеллола и гераниола в соединении с кетоконазолом проявляется высокая ингибирующая активность против трихофитов (*Trichophyton spp.*), вызывающих вирусную инфекцию стригущего лишая [19].

Еще одним количественно значимым компонентом ЭМ *P. graveolens* является цитронеллил формиат, принадлежащий к классу органических соединений, известных как сложные эфиры жирных спиртов. На основе обзора литературы было опубликовано незначительное количество статей о направлениях применения формиата цитронеллила. Его зачастую используют в качестве парфюмерного компонента, поскольку он имеет свежий цветочный аромат с фруктовыми нотами. Формиат цитронеллила показал хорошую стабильность с шампунями, мылом, лосьонами для тела, концентрированными моющими порошками, очистителями на основе лимонной кислоты, универсальным очистителем (АРС) и плохую стабильность с отбеливателями.



Ценность ЭМ *P. graveolens* для парфюмерной промышленности определяется наличием высокого содержания цис- и транс-розокидов, свободного родинола (совокупность линалоола, цитронеллола и гераниола) и общего родинола (линалоол, цитронеллол, гераниол, цитронеллил формиат, геранил формиат), которые играют важную роль при создании парфюмерных композиций цветочного направления, в частности с ароматом розы. Следует отметить, что из оксидов розы только цис-изомер имеет порог запаха 0,5 частей на миллиард и отвечает за типичный цветочно-травяной аромат розы. В ЭМ, полученном в условиях ЮБК, содержание цис-розового оксида составляет 0,75 %, что в целом находится в пределах, представленных в Межгосударственном стандарте описанных хроматографических профилей ЭМ из других регионов: Северная Африка – 0,7–1,5 %, о. Реюньон – 0,3–1,1 %, Мадагаскар 0,4–1,4 % и несколько ниже, чем в ЭМ из Китая – 1,5–3,5 % [44]. Согласно литературным данным [45], такие компоненты как: цитронеллол, гераниол, цитронеллил формиат, геранил пропионат, геранил изобутират, цитронеллил бутират, геранил бутират, присутствующие в анализируемом ЭМ, также имеют приятный запах розы и вносят вклад в формирование сбалансированного аромата ЭМ *P. graveolens*. Кроме того, входящий в состав эфирного масла компонент цитронеллол, служит фиксатором аромата, благодаря чему увеличивается стойкость ароматической композиции до 72 часов. Содержание свободного родинола в эфирном масле в условиях ЮБК составляет – 55,8 %, в то время как для импортируемого ЭМ [44] из различных географических районов приводятся следующие данные: Северная Африка – 39–62,5 %, о. Реюньон – 38–57 %, Мадагаскар – 32–56%, Китай – 139–59,5 %. Содержание общего родинола: ЮБК – 66,38 %, Северная Африка – 45–77,5 %, о. Реюньон – 48,5–76 %, Мадагаскар – 42,3–74 %, Китай – 48,5–76 %. Качество эфирного масла *P. graveolens* также обуславливается и количеством нежелательных компонентов, среди которых ментон, изоментон и 10-эпи-γ-эвдесмол. Установлено, что в составе изучаемого ЭМ ментон и 10-эпи-γ-эвдесмол отсутствовали. Массовая доля изоментона составила всего лишь 5 %, в то время как в ЭМ из Северной Африки допускается 4–8 %, из о. Реюньон – 5–10 %, Мадагаскар – 5–10%, Китая – 4–7 % [44]. Таким образом, ЭМ, полученное в условиях ЮБК, характеризуется достаточно высокими показателями качества для парфюмерной промышленности и может быть предложено в качестве альтернативы импортируемым маслам.

Использование ЭМ *P. graveolens* в пищевой промышленности представляет интерес для ароматизации продуктов. Большинство соединений ЭМ, таких как линалоол, оксиды розы, цитронеллаль, изоментон, цитронеллол, цитраль, цитронеллил формиат, цитронеллил ацетат, геранил ацетат, кариофиллен, цитронеллил пропионат, геранил пропионат, геранил изобутират, цитронеллил бутират, геранил бутират, фенилэтилтиглат, кариофиллен оксид, геранил тиглат (<https://lekostyle.com/catalog/1/7.html>) разрешены для использования в пищевых целях и имеют коммерческое значение. Они используются как изолированные соединения для производства пищевых ароматизаторов.

Таким образом, эфирное масло *P. graveolens*, полученное в условиях ЮБК, благодаря содержанию высокоактивных основных компонентов, и их широкому

спектру действия, подробно описанному в литературных источниках, представляет большой интерес для дальнейших исследований биологической активности и направлений практического использования в качестве аналога импортируемым ЭМ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате текущего исследования установлено, что массовая доля ЭМ в свежесобранном сырье *P. graveolens*, выращенном в условиях открытого грунта ЮБК составила 0,22 % и 1,33 % – в пересчете на абсолютно сухую массу. Эфирное масло представлено 41 компонентом, 87,8 % из которых идентифицированы. На основании результатов хроматографического анализа установлено, что количественно преобладающими компонентами ЭМ изучаемого образца *P. graveolens* условиях ЮБК являются: терпеновые спирты: цитронеллол с массовой долей 39,67 %, гераниол – 13,61 % и терпеновый эфир – цитронеллил формиат – 10,58 %. Образец ЭМ характеризовался незначительным количеством нежелательных компонентов, таких как изоментон (5 %) и полным отсутствием 10-эпи-удесмола и ментона. По своему составу ЭМ, полученное в условиях ЮБК, близко к образцам, производимым из сырья, выращенном в Китае, Армении и Таджикистане. Полученные результаты позволяют рассматривать изучаемый образец *P. graveolens* для условий ЮБК как ценный сырьевой источник с целью получения натурального ЭМ отечественного производства для нужд фармацевтической, парфюмерно-косметической и пищевой отраслей промышленности.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН "НБС-ННЦ" (г. Ялта, Россия).

### Список литературы

1. Гутиева Н. М. Атлас сортов крупноцветковых пеларгоний, перспективных для субтропиков Российской Федерации. / Гутиева Н. М. – Сочи: ФИЦ ШЦ РАН, 2020. – 100 с.
2. Работягов В. Д. Эфирные масла ароматических растений. / Работягов В. Д., Палий А. Е., Курдюкова О. Н. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – 208 с.
3. Singh P. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). / Singh P., Khan S., Kumar S., Rahman L. – 2017. – Vol. 129, No 1. – P. 35. DOI: 10.1007/s11240-016-1153-8
4. Peterson A. Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide / Peterson A., Machmudah S., Roy B. C., Goto M., Sasaki M., Hirose T. // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2006. – Vol. 81. – P. 167–172.
5. Филиппова А. А. Стандартизация эфирного масла герани / Филиппова А. А., Сженова Т. М., Головина Н. В., Гарнова Н. Ю., Боков Д. О. // Вестник московского университета. Сер. 2. Химия. – 2020. – Т. 61, № 3. – С. 249–257.
6. Lis-Balchin M. Geranium and pelargonium. The genera *Geranium* and *Pelargonium*. / Lis-Balchin M. – Taylor & Francis London: CRC Press, 2002. – P. 116–131; 147–165, 184–217.
7. Abe S. Suppression of neutrophil recruitment in mice by geranium essential oil / Abe S., Maruyama N., Hayama K., Inouye S., Oshima H., Yamaguchi H. // Mediators of Inflammation. – 2004. – Vol. 13. – P. 21–24. DOI: 10.1080/09629350410001664798

8. Ananthan R. Modulatory effects of *Gymnema montanum* leaf extract on alloxan-induced oxidative stress in Wistar rats. / Ananthan R., Latha M., Ramkumar K. M., Pari L., Baskar C., Narmatha BMV. // Nutrition. – 2004. – Vol. 20. – P. 280–285. DOI: 10.1016/j.nut.2003.11.016.
9. Maruyama N. Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil / Maruyama N., Sekimoto Y., Ishibashi H., Inouye S., Oshima H., Yamaguchi H., Abe S. // Journal of Inflammation. – 2005. – Vol. 2. – P. 1–11. DOI: 10.1186/1476-9255-2-1.
10. Silva N. C. Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity / Silva N. C., Fernandes A. J. // Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases. – 2010. – Vol. 16. – P. 402–413.
11. Edwards-Jones V. The effect of essential oils on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* using a dressing model / Edwards-Jones V., Buck R., Shawcross S. G., Dawson M. M., Dunn K. // Burns. – 2004. – Vol. 30 (8). – P. 772–777.
12. Carmen G. Antimicrobial and antifungal activity of *Pelargonium roseum* essential oils / Carmen G., Hancu G. // Advanced Pharmaceutical Bulletin. – 2014. – Vol. 4(2). – P. 511.
13. Giongo J. L. Antimycobacterial, antimicrobial and antifungal activities of geranium oil loaded nanocapsules / Giongo J. L., Vaucher R., Borin D. I., Correa M. S., Dos Santos V. B., Santos R. C., Boligon A. A., Athayde M. L., Bonez P. C., Rossi G. G., De Campus M. M. // International Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2015. – Vol. 7. – P. 414–419.
14. Narnoliya L. K. The Phytochemical Composition, Biological Effects and Biotechnological Approaches to the Production of High-Value Essential Oil from Geranium / Narnoliya L. K., Jadaun J. S., Singh S. P. // In: Malik, S. (eds) Essential Oil Research. Springer, Cham. – 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_12)
15. Rath C. C. Antifungal activity of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) essential oil and its six constituents / Rath C. C., Dash S. K., Rao B. R. // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2005. – Vol. 8(2). – P. 218–222. DOI: 10.1080/0972060X.2005.10643449.
16. Rosato A. The inhibition of *Candida* species by selected essential oils and their synergism with amphotericin B. / Rosato A., Vitali C., Gallo D., Balenzano L., Mallamaci R. // Phytomedicine. – 2008. – Vol. 15. – P. 635–638.
17. Bouzenna H. *Pelargonium graveolens* L'Her. and *Artemisia arborescens* L. essential oils: chemical composition, antifungal activity against *Rhizoctonia solani* and insecticidal activity against *Rhyzopertha dominica* / Bouzenna H., Krichen L. // Natural Product Research. – 2013. – Vol. 27(9). – P. 841–846.
18. Naeini A. R. Antifungal activity of *Zataria multiflora*, *Pelargonium graveolens* and *Cuminum cyminum* essential oils towards three species of *Malassezia* isolated from patients with pityriasis versicolor / Naeini A. R., Nazeri M., Shokri H. // Journal of Medical Mycology. – 2011. – Vol. 21(2). – P. 87–91.
19. Shin S. Antifungal effects of herbal essential oils alone and in combination with ketoconazole against *Trichophyton* spp. / Shin S., Lim S. // Journal of Applied Microbiology. – 2004. – Vol. 97. – P. 1289–1296.
20. Lis-Balchin M. Aromatherapy science: A guide for healthcare professionals. / Lis-Balchin M. – London: Pharmaceutical Press, 2006. – P. 112–125.
21. Mohamed N. B. Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens / Mohamed N. B., Abdelkrim K., Fairouz S. // Food Control. – 2013. – Vol. 34 (1). – P. 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.045>.
22. Seo S. M. Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill (*Anethum graveolens*), Geranium (*Pelargonium graveolens*), and Litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe) / Seo S. M., Kim J., Lee S. G., Shin C. H., Shin S. C., Park I. K. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Vol. 57. – P. 6596–6602.
23. Sabzghabae A. M. Clinical evaluation of the essential oil of *Pelargonium graveolens* for the treatment of denture stomatitis / Sabzghabae A. M., Shirdare Z., Ebadian B., Aslani A., Ghannadi A. // Dental Research Journal. – 2011. – Suppl. 1. – P. 105–108.
24. Пономарева Е. И. Идентификация компонентов эфирного масла герани душистой (*Pelargonium graveolens* L'Her.) методом тонкослойной хроматографии / Пономарева Е. И., Молохова Е. И., Холов А. К. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2015. – Вып. 23. – С. 527–532.

25. Шевчук О. И. Методологические и методические аспекты интродукции и селекции ароматических и лекарственных растений / Под общ. ред., чл.-корр. РАН Плугатаря Ю.В. / Шевчук О. И., Исиков В. П., Логвиненко Л. А. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2022. – 140 с.
26. Adams R. P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. / Adams R. P. – Allured Pub. Corp., USA, 2007. – 804 p.
27. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений / Ткачев А. В. – Новосибирск: «Офсет», 2008. – 969 с.
28. Марко Н. В. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада / Под общ. ред., чл.-корр. РАН Плугатаря Ю. В. / Марко Н. В., Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Феськов С. А. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 176 с.
29. Азонов Д. А. Лечебные свойства Гераноретинола и эфирных масел. / Азонов Д. А., Холов А. К., Разыкова Г. В. – Ташкент: Изд.-во «Матбуот», 2011. – 156 с.
30. Babu K. G. Variation in essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) distilled by different distillation techniques / Babu K. G., Kaul V. K. // *Flavour and Fragrance Journal*. – 2005. – Vol. 20, Iss. 2. – P. 222–231.
31. Холов А. К. Эфиромасличные растения и эфирные масла – источники биологически активных веществ (обзор литературы) / Холов А. К., Азонов Д. А. // *Вестник Таджикского национального университета (научный журнал) серия естественных наук*. – 2014. – Т. 1/3 (134). – С. 153–160.
32. Priscila L. Santos. Citronellol, a monoterpene alcohol with promising pharmacological activities – A systematic review / Priscila L. Santos, João Pedro S. C. F. Matos, Laurent Picot, Jackson R. G. S. Almeida, Jullyana S. S. Quintans, Lucindo J. Quintans-Júnior. // *Food and Chemical Toxicology*. – 2019. – Vol. 123. – P. 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.030>.
33. Qneibi M. Effect of Geraniol and Citronellol Essential Oils on the Biophysical Gating Properties of AMPA Receptors / Qneibi M., Jaradat N., Emwas N. // *Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9 (21). – P. 4693. <https://doi.org/10.3390/app9214693>
34. Jayaraj R. L. Effect of citronellol on oxidative stress, neuroinflammation and autophagy pathways in an in vivo model of Parkinson's disease / Jayaraj R. L., Azimullah S., Parekh K. A., Ojha S. K., Beiram R. // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 3, 8(11). – E11434. DOI: 10.1016/j.heliyon.022.e11434.
35. Gonzalez-Audino P. Comparative toxicity of oxygenated monoterpenoids in experimental hydroalcoholic lotions to permethrin-resistant adult head lice / Gonzalez-Audino P., Picollo M. I., Gallardo A., Toloza A., Vassena, C., MougabureCueto G. // *Archives of Dermatological Research*. – 2011. – Vol. 303. – P. 361–366. <https://doi.org/10.1007/s00403-010-1110-z>.
36. Michaelakis A. Bioefficacy of acyclic monoterpenes and their saturated derivatives against the West Nile vector *Culex pipiens* / Michaelakis A., Vidali V. P., Papachristos D. P., Pitsinos E. N., Koliopoulos G., Couladouros E. A., Polissiou M. G., Kimbaris A. C. // *Chemosphere*. – 2014. – Vol. 96. – P. 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.032>.
37. Zore G. B. Evaluation of anti-Candida potential of geranium oil constituents against clinical isolates of *Candida albicans* differentially sensitive to fluconazole: inhibition of growth, dimorphism and sensitization / Zore G. B., Thakre A. D., Rathod V., Karuppaiyl S. M. // *Mycoses*. – 2011. – Vol. 54. – E99–e109. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2009.01852.x>.
38. Mączka W. One Hundred Faces of Geraniol / Mączka W., Wińska K., Grabarczyk M. // *Molecules*. – 2020. – Vol. 21, 25(14). – P. 3303. DOI: 10.3390/molecules25143303.
39. Sato K. Antimicrobial effect of vapours of geraniol, (R)-(-)-linalool, terpineol,  $\gamma$ -terpinene and 1,8-cineole on airborne microbes using an airwasher / Sato K., Krist S., Buchbauer G. // *Flavour and Fragrance Journal*. – 2007. – Vol. 22. – P. 435–437.
40. Papachristos D. P. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say) / Papachristos D. P., Karamanoli K. I., Stamopoulos D. C., Menkissoglu-Spiroudi U. // *Pest Management Science*. – 2004. – Vol. 60. – P. 514–520.
41. De Cássia da Silveira. A review on antiinflammatory activity of monoterpenes / De Cássia da Silveira, e.S.R. Andrade L. N., de Sousa D. P. // *Molecules*. – 2013. – Vol. 18. – P. 1227–1254.
42. Navarro M. C. Anisakis simplex s.l.: Larvicidal activity of various monoterpene derivatives of natural origin against L3 larvae in vitro and in vivo / Navarro M. C., Noguera M. A., Romero M. C., Montilla M. P., González de Selgas J. M., Valero A. // *Experimental Parasitology*. – 2008. – Vol. 120. – P. 295–299.

43. Eisenacher M. Novel route to a fruitful mixture of terpene fragrances in particular phellandrene starting from natural feedstock geraniol using weak acidic boron based catalyst / Eisenacher M., Beschnitt S., Hölderich W. // *Catalysis Communications*. – 2012. – Vol. 26. – P. 214–217.
44. Межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 4731-2014 "Масло эфирное гераниевое (*Pelargonium x ssp.*). Технические условия". – 12 с.
45. Исагулянц В. И. Синтетические душистые вещества (химия и технология). 2-е изд. / Исагулянц В. И. – Ереван.: Изд. АН Армянской ССР, 1946. – 831 с.

## PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF *PELARGONIUM GRAVEOLENS* L'HÉR. IN CULTURAL CONDITIONS ON THE SOUTHERN COAST OF THE CRIMEA

*Sakhno T. M.*

*Federal State Funded Institution of Science "The Labour Red Banner Order Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Yalta, Republic of the Crimea, Russian Federation  
E-mail: sahno\_tanya@mail.ru*

The article presents the results of a study of the mass fraction and component composition of essential oil obtained from the above-ground mass of rose-scent geranium (*Pelargonium graveolens* L'Hér.), grown in open ground conditions on the Southern Coast of the Crimea (SCC). *P. graveolens* is a species of the genus *Pelargonium*, a combined Geraniaceae, naturally produced in the Cape Floristic Region and widely cultivated throughout the world as a valuable ornamental, essential oil and medicinal plant.

The essential oil was obtained by hydrodistillation using Ginsberg apparatus. The component composition of essential oils was determined using a hardware and software complex based on a chromatograph "Chromatek-Crystal 5000.2" equipped with a mass spectrometric detector. Identification was performed based on a comparison of the obtained mass spectra with data from the NIST 14 library (National Institute of Standards and Technology, USA). "MS Search" spectrum search and identification program (USA). Retention indices were obtained by logarithmic interpolation of the presented retention times using the analytical standard of a mixture of reference n-alkanes "Sigma-Aldrich" (Switzerland) and analytical standards "Supelco" (USA). The mass fraction of components in the sample was determined by the percentage normalization method.

The mass fraction of EOs in freshly collected raw materials is 0.22 % and 1.33 % in terms of absolutely dry weight. The essential oil is represented by 41 components, 87.8 % of which have been identified. Based on the results of chromatographic analysis, it was established that the quantitatively predominant components of the EO of the studied sample of *P. graveolens* under the conditions of the SCC are: terpene alcohols: citronellol – 39.67 %, geraniol – 13.61 % and terpene ether – citronellyl formate 10.58 %. The EO sample was characterized by a small amount of undesirable components, such as isomenthone (5 %) and a complete absence of 10-epi-udesmol and menthone.

By this composition, the EO obtained under the conditions of the SCC is close to samples, produced from raw materials grown in China, Armenia and Tajikistan. The results obtained allow us to consider *P. graeolens* for the conditions of the SCC as a promising source of natural essential oils of domestic production for the needs of pharmaceutical, perfumery, cosmetics and food industries.

**Keywords:** *Pelargonium graveolens* L'Hér., essential oil, mass fraction, component composition, Southern Coast of the Crimea.

### References

1. Gutieva N. M. *Atlas of large-flowered pelargonium varieties that are promising for the subtropics of the Russian Federation*, 100 p. (Sochi: Federal Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2020). (in Russ.).
2. Rabotyagov V. D., Paliy A. E., Kurdyukova O. N. *Essential oils of aromatic plants*. 208 p. (Simferopol: IT "Arial", 2018). (in Russ.).
3. Singh P., Khan S., Kumar S., Rahman L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, **129** (1), 35 (2017). DOI: 10.1007/s11240-016-1153-8
4. Peterson A., Machmudah S., Roy B. C., Goto M., Sasaki M., Hirose T. Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, **81**, 167. (2006)
5. Filippova A. A., Szhenova T. M., Golovina N. V., Garnova N. Yu., Bokov D. O. Standardization of geranium essential oil. *Bulletin of Moscow University. Ser. 2. Chemistry*, **61**(3), 249 (2020). (in Russ.).
6. Lis-Balchin M., *Geranium and pelargonium. The genera Geranium and Pelargonium*, 116 (Taylor & Francis London: CRC Press, 2002).
7. Abe S., Maruyama N., Hayama K., Inouye S., Oshima H., Yamaguchi H. Suppression of neutrophil recruitment in mice by geranium essential oil. *Mediators of Inflammation*, **13**, 21 (2004). DOI: 10.1080/09629350410001664798
8. Ananthan R., Latha M., Ramkumar K. M., Pari L., Baskar C., Narmatha BMV. Modulatory effects of *Gymnema montanum* leaf extract on alloxan-induced oxidative stress in Wistar rats. *Nutrition*, **20**, 280 (2004). DOI: 10.1016/j.nut.2003.11.016.
9. Maruyama N., Sekimoto Y., Ishibashi H., Inouye S., Oshima H., Yamaguchi H., Abe S. Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil. *Journal of Inflammation*, **2**, 1 (2005). DOI: 10.1186/1476-9255-2-1.
10. Silva N. C., Fernandes A. J. Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, **16**, 402 (2010).
11. Edwards-Jones V., Buck R., Shawcross S. G., Dawson M. M., Dunn K. The effect of essential oils on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* using a dressing model. *Burns*, **30**(8), 772 (2004).
12. Carmen G., Hancu G. Antimicrobial and antifungal activity of *Pelargonium roseum* essential oils. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, **4**(2), 511. (2014).
13. Giongo J. L., Vaucher R., Borin D. I., Correa M. S., Dos Santos V. B., Santos R. C., Boligon A. A., Athayde M. L., Bonez P. C., Rossi G. G., De Campus M. M. Antimycobacterial, antimicrobial and antifungal activities of geranium oil loaded nanocapsules. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, **7**, 414 (2015).
14. Narnoliya L. K., Jadaun J. S., Singh, S. P. The Phytochemical Composition, Biological Effects and Biotechnological Approaches to the Production of High-Value Essential Oil from Geranium. In: Malik, S. (eds) *Essential Oil Research*. Springer, Cham., 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_12)
15. Rath C. C., Dash S. K., Rao B. R. Antifungal activity of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) essential oil and its six constituents. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **8**(2), 218 (2005). DOI: 10.1080/0972060X.2005.10643449.
16. Rosato A., Vitali C., Gallo D., Balenzano L., Mallamaci R. The inhibition of *Candida* species by selected essential oils and their synergism with amphotericin B. *Phytomedicine*, **15**, 635 (2008).

17. Bouzenna H., Krichen L. *Pelargonium graveolens* L'Her. and *Artemisia arborescens* L. essential oils: chemical composition, antifungal activity against *Rhizoctonia solani* and insecticidal activity against *Rhyzopertha dominica*. *Natural Product Research*, **27(9)**, 841 (2013).
18. Naeini A. R., Nazeri M., Shokri H. Antifungal activity of *Zataria multiflora*, *Pelargonium graveolens* and *Cuminum cyminum* essential oils towards three species of *Malassezia* isolated from patients with pityriasis versicolor. *Journal of Medical Mycology*, **21(2)**, 87 (2011).
19. Shin S., Lim S. Antifungal effects of herbal essential oils alone and in combination with ketoconazole against *Trichophyton* spp. *Journal of Applied Microbiology*, **97**, 1289 (2004).
20. Lis-Balchin M. *Aromatherapy science: A guide for healthcare professionals*, 112 (London: Pharmaceutical Press, 2006).
21. Mohamed N. B., Abdelkrim K., Fairouz S. Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. *Food Control*, **34(1)**, 208 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.045>.
22. Seo S. M., Kim J., Lee S. G., Shin C. H., Shin S. C., Park I. K. Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill (*Anethum graveolens*), Geranium (*Pelargonium graveolens*), and Litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**, 659 (2009).
23. Sabzghabae A. M., Shirdare Z., Ebadian B., Aslani A., Ghannadi A. Clinical evaluation of the essential oil of *Pelargonium graveolens* for the treatment of denture stomatitis. *Dental Research Journal*, **1**, 105 (2011).
24. Ponomareva E. I., Molokhova E. I., Kholov A. K. Identification of components of essential oil of fragrant geranium (*Pelargonium graveolens* L'Hér.) by thin layer chromatography. *Chemistry for sustainable development*, **23**, 527 (2015). (in Russ.).
25. Shevchuk O. I., Isikov V. P., Logvinenko L. A. *Methodological and methodological aspects of the introduction and selection of aromatic and medicinal plants* / Ed. editor, corresponding member RAS Plugatary Yu. V., 140 (Simferopol: IT "ARIAL", 2022). (in Russ.).
26. Adams R. P. Identification of essential oil compounds by gas chromatography/quadrupole mass spectrometry. – Allured Pub. Corp., USA, 2007. – 804 p.
27. Tkachev A. V. *Study of plant volatile substances*, 969 (Novosibirsk: "Ofset", 2008). (in Russ.).
28. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Feskov S. A. *Annotated catalog of aromatic and medicinal plants from*, 176 (Simferopol: IT "ARIAL", 2018). (in Russ.).
29. Azonov D. A., Kholov A. K., Razykova G. V. *The healing properties of Geranoinol and essential oils*, 156 (Tashkent: Matbuot Publishing House, 2011). (in Russ.).
30. Babu K. G., Kaul V. K. Variation in essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) distilled by different distillation techniques. *Flavour and Fragrance Journal*, **20(2)**, 222 (2005).
31. Kholov A. K., Azonov D. A. Essential oil plants and essential oils – sources of biologically active substances (literature review). *Bulletin of the Tajik National University (scientific journal) series of natural sciences*, **1/3(134)**, 153 (2014). (in Russ.).
32. Priscila L. Santos, João Pedro S. C. F. Matos, Laurent Picot, Jackson R. G. S. Almeida, Jullyana S. S. Quintans, Lucindo J. Quintans-Júnior. Citronellol, a monoterpene alcohol with promising pharmacological activities – A systematic review. *Food and Chemical Toxicology*, **123**, 459 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.030>.
33. Qneibi M., Jaradat N., Emwas N. Effect of Geraniol and Citronellol Essential Oils on the Biophysical Gating Properties of AMPA Receptors. *Applied Sciences*, **9(21)**, 4693. (2019). <https://doi.org/10.3390/app9214693>
34. Jayaraj R. L., Azimullah S., Parekh K. A., Ojha S. K., Beiram R. Effect of citronellol on oxidative stress, neuroinflammation and autophagy pathways in an in vivo model of Parkinson's disease. *Heliyon*, **3;8(11)**, –E11434 (2022). DOI: 10.1016/j. heliyon. 022.e11434.
35. Gonzalez-Audino P., Picollo M. I., Gallardo A., Toloza A., Vassena, C., MougabureCueto G. Comparative toxicity of oxygenated monoterpenoids in experimental hydroalcoholic lotions to permethrin-resistant adult head lice. *Archives of Dermatological Research*, **303**, 361 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00403-010-1110-z>.

36. Michaelakis A., Vidali V. P., Papachristos D. P., Pitsinos E. N., Koliopoulos G., Couladouros E. A., Polissiou M. G., Kimbaris A. C. Bioefficacy of acyclic monoterpenes and their saturated derivatives against the West Nile vector *Culex pipiens*. *Chemosphere*, **96**, 74. (2014). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.032>.
37. Zore G. B., Thakre A. D., Rathod V., Karuppayil S. M. Evaluation of anti-Candida potential of geranium oil constituents against clinical isolates of *Candida albicans* differentially sensitive to fluconazole: inhibition of growth, dimorphism and sensitization. *Mycoses*, **4**, E99–e109 (2011). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2009.01852.x>.
38. Mączka W., Wińska K., Grabarczyk M. One Hundred Faces of Geraniol. *Molecules*, **21;25(14)**, 3303 (2020). DOI: 10.3390/molecules25143303.
39. Sato K., Krist S., Buchbauer G. Antimicrobial effect of vapours of geraniol, (R)-(-)-linalool, terpineol,  $\gamma$ -terpinene and 1,8-cineole on airborne microbes using an airwasher. *Flavour and Fragrance Journal*, **22**, 435 (2007).
40. Papachristos D. P., Karamanoli K. I., Stamopoulos D. C., Menkissoglu-Spiroudi U. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science*, **60**, 514 (2004).
41. De Cássia da Silveira, e.S.R., Andrade, L. N.; de Sousa, D. P. A review on antiinflammatory activity of monoterpenes. *Molecules*, **18**, 1227 (2013).
42. Navarro M. C., Noguera M. A., Romero M. C., Montilla M. P., González de Selgas J. M., Valero A. Anisakis simplex s.l.: Larvicidal activity of various monoterpenic derivatives of natural origin against L3 larvae in vitro and in vivo. *Experimental Parasitology*, **120**, 295 (2008).
43. Eisenacher M., Beschnitt S., Hölderich W. Novel route to a fruitful mixture of terpene fragrances in particular phellandrene starting from natural feedstock geraniol using weak acidic boron based catalyst. *Catalysis Communications*, **26**, 214 (2012).
44. Interstate standard GOST ISO 4731-2014 "Essential oil of geranium (*Pelargonium x ssp.*). Technical conditions.", 12. (in Russ.).
45. Isagulyants V. I. *Synthetic fragrances (chemistry and technology)*. 2nd ed., 831 (Yerevan: Publishing house. Academy of Sciences of the Armenian SSR, 1946). (in Russ.).