

УДК 582.929:543.544.32:615.280

## АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА *AGASTACHE AURANTIACA*

© Н.А. Коваленко<sup>1\*</sup>, Г.Н. Супиченко<sup>1</sup>, Т.И. Ахрамович<sup>1</sup>, А.Г. Шутова<sup>2</sup>, В.Н. Леонтьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
ул. Свердлова, 13а, Минск, 220006 (Республика Беларусь),  
e-mail: kovalenko@belstu.by

<sup>2</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, ул. Сурганова, 2в, Минск,  
220012 (Республика Беларусь)

Методом паровой дистилляции получены образцы эфирного масла растений трех сортов *Agastache aurantiaca*, культивируемых в условиях Республики Беларусь. Изучены некоторые морфобиометрические параметры растений сортов 'Tango', 'Apricot Sprite' и 'Fragrant Delight', а также выход эфирного масла из них. Методом газожидкостной хроматографии идентифицированы и определены основные компоненты образцов эфирного масла. Главными компонентами эфирного масла из растений сортов 'Tango' и 'Fragrant Delight' являются ментон (~53 и ~65% соответственно) и пулегон (~36 и ~25% соответственно), в отличие от масла из сорта 'Apricot Sprite', содержащего преимущественно изоментон (~46%) и пулегон (~41%). Независимо от сорта растений исследованные образцы эфирного масла являются оптически чистыми по (+)-ментону и (+)-пулегону. С использованием шести тест-культур санитарно-показательных микроорганизмов изучена антибактериальная активность растворов эфирных масел многоколосника золотистого в диметилсульфоксиде и этаноле. Показано, что этанольные растворы эфирных масел в интервале концентраций 0.001–0.1% проявляют высокую бактерицидную активность. Установлена корреляция между содержанием (+)-ментона и метилхавикола в образцах эфирного масла и их антибактериальными свойствами.

*Ключевые слова:* *Agastache aurantiaca*, эфирные масла, компонентный состав, энантиомеры, антибактериальная активность.

### Введение

Известно, что эфирные масла обладают широким спектром биологической активности. Наиболее выраженными являются бактерицидные и фунгицидные свойства эфирных масел. Различные классы органических соединений, входящие в состав эфирных масел, изменяют скорость протекания биохимических реакций, оказывая деструктивное воздействие на цитоплазматические мембраны и мезосомы микроорганизмов и снижая активность окислительного фосфорилирования [1]. Биологическая активность эфирных масел зависит от их компонентного состава, качественные и количественные характеристики которого, в свою очередь, определяются хемотипом растений, почвенно-географическими условиями их произрастания, особенностями технологии заготовки и обработки растительного сырья и рядом других факторов [1, 2].

Коваленко Наталья Александровна – кандидат химических наук, заведующая кафедрой аналитической химии, доцент, e-mail: chembstu@rambler.ru

Супиченко Галина Николаевна – кандидат химических наук, ассистент кафедры аналитической химии, e-mail: Supichenko@belstu.by

Ахрамович Татьяна Игоревна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и биоэкологии, e-mail: chembstu@rambler.ru

Шутова Анна Геннадьевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии растений, e-mail: chembstu@rambler.ru

Леонтьев Виктор Николаевич – кандидат химических наук, заведующий кафедрой биотехнологии и биоэкологии, доцент, e-mail: chembstu@rambler.ru

Растения рода *Agastache* относятся к семейству Губоцветных (*Lamiaceae*), насчитывающего в настоящее время 29 таксонов [3–5]. Большая часть видов распространена в умеренных регионах Северной Америки и Юго-Восточной Азии. Представители рода *Agastache* являются ценными эфиромасличными, лекарственными и пряно-ароматическими растениями. К наиболее изученным представителям рода *Agastache* относятся *A. foeniculum* (Pursh) Kuntze (syn.: *Lophanthus foeniculum* Fisch. &

\* Автор, с которым следует вести переписку.

C.A. Mey. *Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth.), *A. rugosa* (Fisch. & C.A.Mey.) Kuntze (syn.: *Lophanthus rugosus* Fisch. & C.A. Mey, *Elsholtzia monostachys* H. Lev. & Vaniot) [2–5].

Выход эфирного масла и его компонентный состав зависят от вида растений *Agastache*. Так, выход эфирного масла из растений *Agastache fueniculum* составляет 0.02–2.8%; из *Agastache mexicana* – 0,4–1,45%; из *Agastache scopularifolia* – ~1%; из *Agastache urticifolia* – 0.89%; из *Agastache rugosa* – 0.3–2.7% [5–7]. Основным компонентом эфирного масла *Agastache fueniculum*, *Agastache rugosa*, *Agastache mexicana* и *Agastache urticifolia* является метилхавикол, содержание которого колеблется от 18 до 98% [5–11]. При этом важную роль в соотношении концентраций основных компонентов эфирного масла *Agastache* играют географические и климатические условия произрастания растений [12–17].

Растения рода *Agastache* являются источником биологически активных соединений, обладающих антиоксидантными, бактерицидными, фунгицидными, противогрибковыми и рядом других свойств. В обзорных статьях [5, 18, 19] приводятся литературные данные по фармакологической активности эфирных масел различных видов *Agastache*.

Достаточно хорошо изучена биологическая активность эфирных масел *Agastache rugosa*, *A. mexicana*, *A. fueniculum* [5, 18–27]. Так, в [22] экспериментально доказана антифунгальная активность метилхавикола в отношении *Candida albicans*, *C. utilis*, *C. tropicalis*, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Trichoderma viride*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichophyton mucoides*, *T. tonsurans*, *Blastoschizomyces apitatus*. Минимальная ингибирующая концентрация эфирного масла *Agastache rugosa* составляет 5.0 мг/мл. Высокая антибактериальная активность эфирного масла растений *Agastache rugosa* объясняется тем, что в его состав входит эстрагол (метилхавикол), обладающий ярко выраженными антисептическими свойствами.

Эфирные масла *Agastache fueniculum* и *A. mexicana* обладают заметным антибактериальным, фунгицидным и инсектицидным действием [21, 24].

*Agastache aurantiaca* (A.Gray) Linton & Epling (многоколосник золотистый) – один из видов рода *Agastache* (*Lamiaceae*). Область распространения многоколосника золотистого – южная часть США и Мексика, где он достигает в период цветения средней высоты 45–75 см. Листья яйцевидные или яйцевидно-копьевидные, серо-зеленого цвета. Цветки оранжевого цвета, трубчатые. Многоколосник золотистый является неприхотливым растением и практически не поражается вредителями и болезнями. В настоящее время в США зарегистрировано несколько сортов многоколосника золотистого, в том числе 'Just Peachy', 'Apricot Sprite', 'Shades of Orange' и др.

Многоколосник золотистый относится к многолетникам, которые в связи с недостаточной морозостойкостью плохо зимуют в условиях Беларуси. Поскольку виды рода *Agastache* в большинстве случаев в середине первого года своего развития вступают в генеративный период, многоколосник золотистый может выращиваться в однолетней культуре с получением достаточного количества цветущих растений для заготовки и выделения эфирного масла.

В доступной научной литературе отсутствуют сведения о компонентном составе и биологической активности эфирного масла растений *Agastache aurantiaca*, произрастающего в европейских странах.

Цель настоящей работы – изучение компонентного состава и антибактериальной активности эфирного масла многоколосника золотистого, культивируемого в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси.

### **Экспериментальная часть**

Объектами исследования являлись эфирные масла многоколосника золотистого сортов 'Tango', 'Apricot sprite' и 'Fragrant Delight'. Растения, полученные из семян, выращивались рядовым способом на опытном участке отдела биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада в 2016 г. В ходе исследования велось наблюдение за фазами онтогенеза и морфометрическими показателями в течение всего вегетационного периода каждые 7 дней. Выделение эфирного масла из измельченного воздушно-сухого растительного сырья проводили методом перегонки с водяным паром по ГОСТ 24027.2-80 с последующей сушкой образцов безводным сульфатом натрия.

Разделение компонентов эфирного масла выполняли на хроматографе «Цвет 800», оснащенном пламенно-ионизационным детектором и оборудованном капиллярной колонкой Syclosil В длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм и неподвижной фазой β-циклодекстрин (0.25 мкм) в следующем температурном режиме: изотерма при 70 °С в течение 5 мин, подъем температуры до 115 °С со скоростью 3 °С/мин, изотерма

в течение 20 мин, затем подъем температуры со скоростью 4 °С/мин до 200 °С, изотерма в течение 10 мин в токе газа-носителя азота. Линейная скорость азота 16.2 см/с, величина сброса 1 : 26. Объем вводимой пробы – 0.1 мкл. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Идентификацию основных компонентов эфирного масла проводили сравнением рассчитанных значений ОИУ со значениями стандартных образцов терпеновых соединений. Расчет ОИУ основных компонентов эфирных масел проводили по формуле:

$$\text{ОИУ} = 100 \left\{ \frac{[t'_{R(x)} + q \lg t'_{R(x)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]}{[t'_{R(n+1)} + q \lg t'_{R(n+1)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]} + n \right\},$$

где  $t'_{R(x)}$ ,  $t'_{R(n)}$ ,  $t'_{R(n+1)}$  – приведенные времена удерживания анализируемого компонента,  $n$ -алкана ( $C_nH_{2n+2}$ ) и следующего  $n$ -алкана ( $C_{n+1}H_{2n+4}$ ) соответственно, причем  $t'_{R(n)} < t'_{R(x)} < t'_{R(n+1)}$ . Значение  $q$  определяли с использованием приведенных времен удерживания трех последовательно выходящих  $n$ -алканов по формуле:

$$q = \frac{t'_{R(n)} + t'_{R(n+2)} - 2t'_{R(n+1)}}{\lg(t'^2_{R(n+1)} / t'_{R(n)} \cdot t'_{R(n+2)})}$$

В качестве реперных компонентов для расчета обобщенных индексов удерживания (ОИУ) использовали  $n$ -алканы  $C_7$ – $C_{16}$ .

Для количественных определений идентифицированных компонентов эфирного масла использовали метод внутренней нормализации без учета относительных поправочных коэффициентов.

Антибактериальную активность определяли методом диффузии растворов эфирного масла в агар (метод бумажных дисков). В качестве тест-культур использовали санитарно-показательные микроорганизмы: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa*. Суточную культуру микроорганизмов (0.1 мл) распределяли шпателем по поверхности подсохшей плотной питательной среды в чашке Петри. На поверхности засеянных сред раскладывали стерильные бумажные диски диаметром 0.5 см на равном удалении друг от друга и расстоянии 1.5–2.0 см от края чашки. На диски наносили по 10 мкл растворов эфирных масел в диметилсульфоксиде или этаноле, выдерживали посеы при 4 °С в течение 4 ч с последующим инкубированием в термостате при 30 °С в течение 24 ч. Результат учитывали по наличию и диаметру зон ингибирования.

### Обсуждение результатов

Характеристика сортов многоколосника золотистого, перспективных для использования в качестве источника эфирных масел при культивировании в условиях Беларуси, приведена в таблице 1.

Растения сорта 'Tango' отличались наиболее компактным габитусом. Растения сорта 'Fragrant Delight' содержали наибольшее количество эфирного масла.

В исследованных образцах эфирных масел идентифицировано более 20 компонентов (табл. 2).

Как следует из данных таблицы 2, количественный состав исследованных образцов эфирного масла зависит от сорта растений. Монотерпеновые углеводороды представлены преимущественно лимоненом, концентрации которого составляют 2.5–5.5% в зависимости от сорта. В образцах 'Tango' и 'Fragrant Delight' содержание лимонена составляет 4.0–5.5%. В масле 'Apricot sprite' содержание лимонена несколько ниже и не превышает 2.5%. Следует отметить, что весь лимонен присутствует только в виде правовращающей формы. Содержание остальных монотерпеновых соединений в сумме не превышает 0.5%, включая камфен, сабинен,  $\alpha$ - и  $\beta$ -пинены зафиксированы в следовых количествах. Кислородсодержащие производные монотерпенов в сумме составляют более 80% и представлены ментоном (1.5–64.5%), изоментоном (1.8–46.5%), линалоолом (0.1–0.8%), камфорой (0.1–0.4%), метилхавиколом (0.9–1.5%), пулегоном (25.0–41.5%), терпинеолом (0.1–0.2%). Идентифицированные сесквитерпеновые углеводороды и их производные составляют в исследованных маслах менее 5 % и представлены преимущественно  $\beta$ -кариофилленом (~2–3%). Наиболее близкими по составу являются эфирные масла 'Tango' и 'Fragrant Delight'. Концентрация ментона в них составляет 53–55% ('Tango') и 64–65% ('Fragrant Delight'). Близким является также содержание пулегона в этих образцах. В масле растений 'Tango' пулегон составляет 35–36%, в образце сорта 'Fra-

grant Delight' – 25–26%. Эфирное масло сорта 'Apricot Sprite' отличается по компонентному составу от двух других образцов. В нем отмечено небольшое количество ментона (менее 2%) и более высокое содержание пулегона (40–45%) по сравнению с предыдущими образцами. Главным компонентом масла сорта 'Apricot Sprite' является изоментон, его содержание составляет 45–47%. В отличие от эфирного масла многоколосника морщинистого, где метилхавикол является главным компонентом [2–4], исследованные образцы содержат небольшие количества метилхавикола. В маслах 'Tango' и 'Fragrant Delight' концентрации метилхавикола близки и составляют ~1,5%, в то время как в образце 'Apricot Sprite' его содержание несколько ниже и составляет 0.8–0.9%. Для всех исследованных образцов характерна энантиомерная чистота по (+)-ментону и (+)-пулегону.

Антибактериальная активность растворов полученных эфирных масел в диметилсульфоксиде приведена в таблице 3.

Сравнение диаметра зон ингибирования показывает, что наиболее выраженную антимикробную активность по отношению ко всем тест-культурам проявляет раствор образца 'Fragrant Delight'.

Таблица 1. Некоторые морфобиометрические параметры *Agastache aurantica* (культивирование в Беларуси)

Морфобиометрические параметры	'Tango'	'Apricot sprite'	'Fragrant Delight'	
Высота растения в период цветения, см	31.7±2.9	51.7±2.9	30±0.9	
Диаметр растения в период цветения, см	30±4	55±5	40±8	
Количество соцветий	14±5	24±4	23±3	
Длина соцветия, см	центральный побег	12±2	21±3	12±2
	боковой побег	7±1	13±2	11±1
Диаметр соцветий, см	4.5±0.2	5.5±0.2	5.5±0.1	
Цвет соцветий	оранжевый	оранжевый	оранжевый	
Аромат	мятно-фруктовый	мятно-фруктовый	мятный	
Выход эфирного масла, мл/100 г	0.57±0.03	0.53±0.02	0.63±0.02	

Таблица 2. Компонентный состав эфирных масел *Agastache aurantiaca*

Соединение	ОИУ	Содержание, %		
		'Tango'	'Apricot sprite'	'Fragrant Delight'
(-)- $\alpha$ -пинен	985±5	<0.1	<0.1	<0.1
(+)- $\alpha$ -пинен	989±5			
(-)-камфен	1012±5	0.4	0.1	0.6
(+)-камфен	1017±5			
сабинен	1020±5	0.4	0.7	0.2
(+)- $\beta$ -пинен	1030±4	<0.1	0.2	<0.1
(-)- $\beta$ -пинен	1036±4			
(-)-лимонен	1067±3	2.5	5.5	4.0
(+)-лимонен	1076±4			
1,8-цинеол	1078±3	0.2	0.3	0.2
(-)-линалоол	1222±2	0.1	0.8	<0.1
(+)-линалоол	1229±2			
(-)-ментон	1240±3	53.3	1.3	65.0
(+)-ментон	1245±4			
(-)-изоментон	1247±4	2.9	46.4	1.8
(+)-изоментон	1249±3			
(-)-камфора	1264±4	0.4	<0.1	0.3
(+)-камфора	1265±4			
метилхавикол	1283±5	1.3	0.9	1.4
(+)-пулегон	1342±5	36.3	41.4	25.3
(-)- $\alpha$ -терпинен	1360±5	0.1	0.1	0.1
(-)-карвон	1382±6	0.1	0.2	0.1
терпенилацетат	1397±6	0.1	0.1	0.1
геранилацетат	1447±4	0.2	0.1	0.2
(-)- $\beta$ -кариофиллен	1464±8	0.2	0.1	0.2
эвгенол	1502±4	<0.1	<0.1	0.1
кариофиллен-оксид	1698±8	<0.1	следы	<0.1

Таблица 3. Диаметры зоны ингибирования роста тест-культур в присутствии растворов эфирных масел в диметилсульфоксиде

Тест-культуры бактерий	Диаметр зоны ингибирования роста, мм					
	5.0% раствор			0.1% раствор		
	1	2	3	1	2	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.2	9.4	9.5	–	–	–
<i>Salmonella alony</i>	8.3	8.1	10.0	–	–	–
<i>Bacillus subtilis</i>	7.6	–	11.3	–	–	–
<i>Clostridium</i> sp	9.4	7.6	9.3	7.4	7.6	7.3
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	8.6	–	10.3	–	–	–
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7.0	7.2	9.1	8.0	7.2	8.3

Примечание. 1 – эфирное масло *Agastache aurantica* 'Tango'; 2 – эфирное мало *Agastache aurantica* 'Apricot sprite'; 3 – эфирное масло *Agastache aurantica* 'Fragrant Delight'.

Несколько слабее бактерицидное действие раствора масла 'Tango'. Эфирное масло 'Apricot Sprite' не оказывает антимикробного действия на тест-культуры микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* Hfr H. Снижение концентрации ЭМ в диметилсульфоксиде до 0.1% привело к подавлению антибактериальных свойств. Бактерицидная активность 0.1%-ных растворов ЭМ в диметилсульфоксиде зафиксирована только в отношении *Clostridium* sp. и *Pseudomonas aeruginosa*. В остальных случаях антибактериальный эффект отсутствует.

Этанольные растворы исследованных эфирных масел подавляют рост всех бактерий (табл. 4). При снижении концентрации эфирного масла в 100 раз (от 0.1% до 0.001%) бактерицидные свойства этанольных растворов несколько уменьшаются, однако все полученные образцы подавляют рост бактерий.

Из данных таблицы 4 следует, что во всем интервале исследованных концентраций наиболее выраженные антимикробные свойства характерны для масла 'Fragrant Delight'. Менее активно на микроорганизмы действуют растворы масел 'Tango' и 'Apricot Sprite'.

Для установления взаимосвязи компонентного состава и антибактериальных свойств исследованных образцов эфирных масел были протестированы их некоторые компоненты по отношению к тест-культурам (табл. 5).

Из данных таблицы 5 следует, что в наибольшей степени подавляет рост всех тест-культур микроорганизмов метилхавикол, за ним следует (+)-ментон. Пулегон обладает несколько меньшей антимикробной активностью.

Сопоставление количественного состава эфирных масел исследованных сортов многоколосника золотистого показывает, что более сильные бактерицидные свойства образца 'Fragrant Delight' обусловлены повышенной концентрацией (+)-ментона в нем.

В образце 'Tango' концентрация (+)-ментона несколько ниже, что коррелирует с его менее выраженными антимикробными свойствами. Эфирное масло сорта 'Apricot Sprite' отличается от двух других образцов как по качественным, так и по количественным характеристикам компонентного состава. Для него характерно низкое содержание (+)-ментона, а также меньшая концентрация метилхавикола, что согласуется с проявлением его более низкой антимикробной активностью. Проявление достаточно высокого уровня антибактериальных свойств масла 'Apricot Sprite' обусловлено высоким содержанием пулегона.

Таблица 4. Диаметры зоны ингибирования роста тест-культур в присутствии этанольных растворов эфирных масел

Тест-культуры бактерий	Диаметр зоны ингибирования роста, мм								
	0.1% раствор			0.01% раствор			0.001% раствор		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	11.2	10.6	16.4	10.0	9.7	13.9	9.0	8.8	12.4
<i>Salmonella alony</i>	9.9	9.7	17.7	9.8	8.7	14.7	8.3	6.7	13.5
<i>Bacillus subtilis</i>	8.5	11.5	18.1	7.9	10.2	14.1	6.4	9.2	14.8
<i>Clostridium</i> sp	12.3	9.5	16.9	11.1	9.5	15.9	7.7	8.3	12.9
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	11.4	10.9	17.6	10.8	8.9	16.6	6.8	7.4	14.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10.8	10.0	18.0	11.5	9.9	15.8	8.0	8.9	13.9

Примечание. 1 – эфирное масло *Agastache aurantica* 'Tango'; 2 – эфирное мало *Agastache aurantica* 'Apricot sprite'; 3 – эфирное масло *Agastache aurantica* 'Fragrant Delight'.

Таблица 5. Диаметры зоны ингибирования роста тест-культур в присутствии этанольных растворов стандартных веществ

Тест-культуры бактерий	Диаметр зоны ингибирования роста, мм					
	метилхавикол		(+)-ментон		(+)-пулегон	
	100%	40%	100%	40%	100%	40%
<i>Staphylococcus aureus</i>	48.6	41.5	43.3	39.2	42.5	38.5
<i>Salmonella alony</i>	47.8	40.7	42.5	38.8	41.7	38.1
<i>Bacillus subtilis</i>	49.2	41.8	44.4	39.7	43.2	39.0
<i>Clostridium</i> sp	49.0	42.3	44.0	40.0	42.6	38.8
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	47.5	41.1	43.0	38.6	41.1	38.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	46.9	39.9	41.8	37.9	40.7	37.2

### Выводы

Эфирные масла многоколосника золотистого сортов 'Tango', 'Apricot Sprite' и 'Fragrant Delight' обладают антибактериальной активностью по отношению к грамотрицательным и грамположительным бактериям. Наиболее сильно изученные эфирные масла подавляют рост *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. Более высокую антибактериальную активность проявляет эфирное масло многоколосника золотистого сорта 'Fragrant Delight'. Установлена связь между содержанием (+)-ментона и метилхавикола в образцах эфирных масел и их антибактериальными свойствами.

### Список литературы

- Атажанова Г.А. Терпеноиды эфирных масел растений. Распространение, химическая модификация и биологическая активность. М., 2008. 288 с.
- Гуринович Л.К., Пучкова Т.В. Эфирные масла: химия, анализ и применение. М., 2005. 192 с.
- Charles D.J., Simon J.E., Widrechner M.P. Characterization of essential oil of *Agastache* Spp. // J. Agric. Food Chem. 1991. Vol. 39. Pp. 1946–1949.
- Wilson L.A., Senechal N.P., Widrechner M.P. Headpace Analysis of the Volatile Oils of *Agastache* // J. Agric. Food Chem. 1992. Vol. 40. Pp. 1362–1366.
- Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) // Phytochem Rev. 2014. Vol. 13. Pp. 391–416.
- Myadelets M.A., Vorobyeva T.A., Domrachev D.V. Composition of the essential oil of some species belonging to genus *Agastache* Clayton ex Gronov (Lamiaceae) cultivated under the conditions of the Middle Ural // Chemistry for Sustainable Development. 2013. Vol. 21. Pp. 397–401.
- Великородов А.В., Ковалев В.Б., Тырков А.Г., Дегтярев А.В. Изучение химического состава и противогрибковой активности эфирного масла *Lofantus Anisatum* Benth // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 143–146.
- Omidbaigi R., Sefidkon F. Essential oil composition of *Agastache foeniculum* cultivated in Iran // J. Ess. Oil. Research. 2003. Vol. 15. N1. Pp. 52–53.
- Svoboda K.P., Gough J., Galambosi B. Analysis of the essential oil of *Agastache* species grown in Scotland from various seed sources // Flavour and Fragrance J. 1995. Vol. 10. Pp. 139–145.
- Mazza G., Kiehn F.A. Essential oil of *Agastache foeniculum*, a potential source of methyl chavicol // J. Ess. Oil Res. 1992. Vol. 4. Pp. 259–299.
- Omidbaigi R., Mahmoodi M. Effect of irrigation regimes on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* // J. Ess. Oil. Bear. Plant. 2010. Vol. 13. Pp. 59–65.
- Omidbaigi R., Sefidkon F. Effect of sowing time on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* // J. Ess. Oil. Bear. Plant. 2004. Vol. 7. Pp. 190–194.
- Nguyen X.D., Luu D.C., Nguyen H.T., La D.M., Le V.H., Leclercq P.A. Constituents of the leaf and flower oils of *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) O. Kuntze from Vietnam. // J. Essent. Oil Res. 1996. N8. Pp. 135–138.
- Gong H., Zhou X., Zhu M., Ma X., Zhang X., Tian S. Constituents of Essential Oil Isolated from the Dried Flower and Leaf of *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) from Xinjiang, in China // J. Ess. Oil. Bear. Plant. 2012. Vol. 15. Pp. 534–538.
- Скаковский Е.Д., Киселев В.П., Тычинская Л.Ю., Шутова А.Г., Гончарова Л.В., Спиридович Е.В., Бовдей Н.А., Киселев П.А., Гайдукевич О.А. Определение методом ЯМР состава эфирного масла многоколосника морщинистого // Журнал прикладной спектроскопии. 2010. Т. 77. №3. С. 355–361.
- Shutava H.G., Kavalenka N.A., Supichenka H.N., Leontiev V.N., Shutava T.G. Essential Oils of Lamiaceae with High Content of Pinene and Limonene Enantiomers // J. Ess. Oil Bear. Plants. 2014. Vol. 17. N1. Pp. 18–25.
- Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Леонтьев В.Н., Шутова А.Г. Динамика накопления и компонентный состав эфирного масла *Agastache rugosa* L. // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. 2008. Вып. XVI. С. 30–33.

18. Silva N.C.C., Fernandes Junior A. Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity // J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis. 2010. Vol. 16. N3. Pp. 402–413.
19. Nazzaro F., Frattani F., De Martino L., Coppola R., DeFeo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria // Pharmaceuticals (Basel). 2013. Vol. 6. Pp. 1451–1474.
20. Hashemi M., Ehsani A., Hassani A., Afshari A., Aminzare M., Sahranavard T., Azimzadeh Z. Phytochemical, antibacterial, antifungal and antioxidant properties of *Agastache foeniculum* essential Oil // J. Chem. Health Risks. 2017. Vol. 7. N2. Pp. 95–104.
21. Ebadollahi A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests // Chil. J. Agric. Research. 2011. Vol. 71. Pp. 212–217.
22. Shin S., Kang C.A. Antifungal activity of the essential oil of *Agastache rugosa* Kuntze and its synergism with ketoconazole // Lett. Appl. Microbiol. 2003. Vol. 36. Pp. 389–393.
23. Ownagh A., Hasani A., Mardani K., Ebrahimzade S. Antifungal Effects of *Thyme*, *Agastache* and *Satureja* Essential Oils on *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* and *Fusarium solani* // Veterinary Research Forum. 2010. Vol. 1. N2. Pp. 99–105.
24. Juárez Z.N., Hernández L.R., Bacha H., Sánchez-Arreola E., Bacha H. Antifungal activity of essential oils extracted from *Agastache mexicana* ssp. *xolocotziana* and *Porophyllum linaria* against post-harvest pathogens // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 74. Pp. 178–182.
25. Ebadollahi A., Safaralizadeh M.H., Pourmirza A.A., Gheibi S. Toxicity of essential oil of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze to *Oryzaephilus surinamensis* L. and *Lasioderma serricorne* F. // J. Plant Protection Research. 2010. Vol. 50. N2. Pp. 215–210.
26. Li H.Q., Liu Z.L., Du S.S., Deng Z.W. Chemical Composition and Nematicidal Activity of essential oil of *Agastache rugosa* against *Meloidogyne incognita* // Molecules. 2013. Vol. 18. Pp. 4170–4180.
27. Мяделец М.А., Кукушкина Т.А., Воробьева Т.А., Шалдаева Т.М. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Agastache* Clayton ex Gron. (Lamiaceae L.), культивируемых в условиях Среднего Урала // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 147–152.

Поступило в редакцию 14 октября 2017 г.

После переработки 21 декабря 2017 г.

**Для цитирования:** Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Ахрамович Т.И., Шугова А.Г., Леонтьев В.Н. Антибактериальная активность эфирного масла *Agastache aurantiaca* // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 63–70. DOI: 10.14258/jcprm.2018023317

Kovalenko N.A.<sup>1\*</sup>, Supichenko G.N.<sup>1</sup>, Ahramovich T.I.<sup>1</sup>, Shutova A.G.<sup>2</sup>, Leontiev V.N.<sup>1</sup> ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF AGASTACHE AURANTIACA ESSENTIAL OILS

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University, ul. Sverdlova, 13a, Minsk, 220006 (Republic of Belarus),  
e-mail: kovalenko@belstu.by

<sup>2</sup>Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, ul. Surganova, 2c, Minsk, 220012 (Republic of Belarus)

The essential oil obtained by hydrodistillation method from plants of three varieties *Agastache aurantiaca*, cultivated on the Republic of Belarus were investigated. Some morphobiometric parameters of plants 'Tango', 'Apricot Sprite' and 'Fragrant Delight' and oil yields were determined. Using the technique of gas-liquid chromatography essential oil components were identified and determined. The main components of the essential oil from 'Tango' and 'Fragrant Delight' plants were menton (~ 53 and ~ 65 v/v % respectively) and pulegon (~ 36 and ~ 25 v/v % respectively). The samples of 'Apricot' 'Sprite' essential oil were rich in isomentone (~ 46 v/v %) and pulegon (~ 41 v/v %). All tested essential oils contained (+)-menton and (+)-pulegon enantiomeric forms only. The antibacterial activity of dimethylsulfoxide and ethanolic essential oil solutions against *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa* was proved. Ethanol solutions of essential oils at the concentrations 0.001–0.1 v/v % had significant bactericidal activity. A correlation between the composition of the essential oil and their antibacterial properties was established.

**Keywords:** *Agastache aurantiaca*, essential oils, composition, enantiomers, antibacterial activity.

### References

1. Atazhanova G.A. *Terpenoidy efirnykh masel rastenii. Rasprostraneniye, khimicheskaya modifikatsiya i biologicheskaya aktivnost'*. [Terpenoids of essential plant oils. Distribution, chemical modification and biological activity]. Moscow, 2008, 288 p. (in Russ.).
2. Gurinovich L.K., Puchkova T.V. *Efirnye masla: khimiya, analiz i primeneniye*. [Essential oils: chemistry, analysis and application]. Moscow, 2005, 192 p. (in Russ.).
3. Charles D.J., Simon J.E., Widrechner M.P. *J. Agric. Food Chem.*, 1991, vol. 39, pp. 1946–1949.
4. Wilson L.A., Senechal N.P., Widrechner M.P. *J. Agric. Food Chem.*, 1992, vol. 40, pp. 1362–1366.
5. Zielińska S., Matkowski A. *Phytochem Rev.*, 2014, vol. 13, pp. 391–416.
6. Myadelets M.A., Vorobyeva T.A., Domrachev D.V. *Chemistry for Sustainable Development*, 2013, vol. 21, pp. 397–401.
7. Velikorodov A.V., Kovalev V.B., Tyrkov A.G., Degtiarev A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 143–146. (in Russ.).
8. Omidbaigi R., Sefidkon F. *J. Ess. Oil. Research*, 2003, vol. 15, no. 1, pp. 52–53.
9. Svoboda K.P., Gough J., Galambosi B. *Flavour and Fragrance J.*, 1995, vol. 10, pp. 139–145.
10. Mazza G., Kiehn F.A. *J. Ess. Oil Res.*, 1992, vol. 4, pp. 259–299.
11. Omidbaigi R., Mahmoodi M. *J. Ess. Oil. Bear. Plant*, 2010, vol. 13, pp. 59–65.
12. Omidbaigi R., Sefidkon F. *J. Ess. Oil. Bear. Plant*, 2004, vol. 7, pp. 190–194.
13. Nguyen X.D., Luu D.C., Nguyen H.T., La D.M., Le V.H., Leclercq P.A. *J. Essent. Oil Res.*, 1996, no. 8, pp. 135–138.
14. Gong H., Zhou X., Zhu M., Ma X., Zhang X., Tian S. *J. Ess. Oil. Bear. Plant*, 2012, vol. 15, pp. 534–538.
15. Skakovskii E.D., Kiselev V.P., Tychinskaya L.I., Shutova A.G., Goncharova L.V., Spiridovich E.V., Bovdei N.A., Kiselev P.A., Gaidukevich O.A. *Zhurnal prikladnoi spektroskopii*, 2010, vol. 77, no. 3, pp. 355–361. (in Russ.).
16. Shutava H.G., Kavalenka N.A., Supichenka H.N., Leontiev V.N., Shutava T.G. *J. Ess. Oil. Bear. Plants*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 18–25.
17. Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Leont'ev V.N., Shutova A.G. *Trudy BGTU. Ser. IV. Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv*, 2008, no. XVI, pp. 30–33. (in Russ.).
18. Silva N.C.C., Fernandes Junior A. *J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis.*, 2010, vol. 16, no. 3, pp. 402–413.
19. Nazzaro F., Frattani F., De Martino L., Coppola R., DeFeo V. *Pharmaceuticals*, 2013, vol. 6, pp. 1451–1474.
20. Hashemi M., Ehsani A., Hassani A., Afshari A., Aminzare M., Sahranavard T., Azimzadeh Z. *J. Chem. Health Risks*, 2017, vol. 7, no. 2, pp. 95–104.
21. Ebadollahi A. *Chil. J. Agric. Research*, 2011, vol. 71, pp. 212–217.
22. Shin S., Kang C.A. *Lett. Appl. Microbiol.*, 2003, vol. 36, pp. 389–393.
23. Ownagh A., Hasani A., Mardani K., Ebrahimzade S. *Veterinary Research Forum*, 2010, vol. 1, no. 2, pp. 99–105.
24. Juárez Z.N., Hernández L.R., Bacha H., Sánchez-Arreolac E., Bacha H. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 74, pp. 178–182.
25. Ebadollahi A., Safaralizadeh M.H., Pourmirza A.A., Gheibi S. *J. Plant Protection Research*, 2010, vol. 50, no. 2, pp. 215–210.
26. Li H.Q., Liu Z.L., Du S.S., Deng Z.W. *Molecules*, 2013, vol. 18, pp. 4170–4180.
27. Miadelets M.A., Kukushkina T.A., Vorob'eva T.A., Shaldaeva T.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 147–152. (in Russ.).

Received October 14, 2017

Revised December 21, 2017

**For citing:** Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Ahramovich T.I., Shutova A.G., Leontiev V.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 63–70. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018023317

\* Corresponding author.