

УДК 615.281:547.913

АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЙ РОДА *MONARDA*, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В БЕЛАРУСИ

© Н.А. Коваленко^{1*}, В.Н. Леонтьев¹, Г.Н. Супиченко¹, Т.И. Ахрамович¹, Е.В. Феськова¹, А.Г. Шутова²

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

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

Методом гидродистилляции выделены образцы эфирного масла *Monarda fistulosa* L. и перспективного сортообразца, полученного ранее методом отбора на основании ряда морфологических признаков. С применением газофазной хроматографии идентифицировано и определено 27 компонентов. Доминирующими компонентами являются тимол (до 27%), карвакрол (до 29%), γ -терпинен (до 22%), *n*-цимен (до 35%). Показаны особенности распределения основных компонентов эфирного масла монарды в зависимости от хемотипа растения и способа подготовки растительного сырья. Выявлена антимикробная активность эфирного масла монарды и его доминирующих компонентов в отношении тестовых культур грамположительных и грамотрицательных бактерий. Грамположительные бактериальные культуры оказались более чувствительными к ингибирующему действию эфирного масла. Показано влияние концентрации доминирующих компонентов эфирного масла на его антимикробные свойства.

Ключевые слова: монарда, эфирные масла, газофазная хроматография, антимикробная активность.

Введение

В настоящее время возрастает потребность в новых антибактериальных средствах на основе эфирных масел растений, способных препятствовать росту и распространению микроорганизмов. Эфирные масла обладают широким спектром биологической и фармакологической активности, обусловленной многообразием компонентного состава. Одним из наиболее перспективных видов эфирных масел с антимикробными свойствами являются эфирные масла монарды [1–7].

Коваленко Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии,
e-mail: chembstu@rambler.ru

Леонтьев Виктор Николаевич – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой биотехнологии,
e-mail: leontiev@belstu.by

Супиченко Галина Николаевна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры физической, коллоидной и аналитической химии,
e-mail: supichenko@belstu.by

Ахрамович Татьяна Игоревна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии,
e-mail: ahramovich@belstu.by

Феськова Елена Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры биотехнологии, e-mail: feskova@mail.ru

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

Растения рода *Monarda* относятся к семейству *Lamiaceae* и включают 22 вида однолетних и многолетних растений, интродуцированных из Северной Америки. Во многих европейских странах растения *Monarda fistulosa*, *Monarda didyma* и *Monarda citriodora* используются в качестве пряно-ароматической добавки, консерванта для плодов и овощей, основы для безалкогольных напитков, в производстве сыров и вермута [1–3]. Благодаря своим антимикробным, антиоксидантным, противовоспалительным и противоревматическим свойствам монарда используется при инфекционных заболеваниях верхних дыхательных путей и легких, заболеваниях слизистой оболочки полости рта и носоглотки, вторичных иммунодефицитах, атеросклерозе, анемии [3–5].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Наиболее изученными видами монарды являются *Monarda fistulosa* (монарда дудчатая), *Monarda didyma* (монарда двойчатая), *Monarda punctata* (монарда точечная) и *Monarda citriodora* (монарда лимонная).

Лечебные свойства монарды в значительной степени определяются компонентным составом их эфирных масел. В литературе имеется достаточно много публикаций, посвященных компонентному составу эфирных масел, извлекаемых из растений *Monarda fistulosa*, *Monarda didyma*, *Monarda punctata*, *Monarda citriodora* [3–8]. Анализ литературных данных показывает, что изученные эфирные масла существенно различаются по качественному и количественному составу [9–13]. В настоящее время в зависимости от содержания главных компонентов различают следующие хемотипы: карвакрольный, тимольный, борниольный и гераниольный [2, 8].

Цель настоящей работы – изучение компонентного состава и антимикробной активности эфирного масла из растений *Monarda fistulosa* (*M. fistulosa*) и сортообразца монарды *M. fistulosa* при их культивировании в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись образцы эфирного масла из *M. fistulosa* и отобранного ранее на основе ряда морфологических показателей сортообразца *M. fistulosa*, которые культивируются на опытном участке отдела биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Для получения эфирного масла использовали надземную массу (соцветия, листья, стебли) растений, срезанных на высоте 30 см в фазе цветения. Эфирное масло получали методом гидроdistилляции с последующей обработкой безводным сульфатом натрия для удаления воды.

Для установления компонентного состава образцов эфирного масла монарды использовали два газовых хроматографа: Agilent 7820A GC (Agilent Technologies, США), оснащенный пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой HP-5 (30 м×0.32 мм×0.25 мкм) и «Цвет 800», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Cyclosil B (30 м×0.32 мм×0.25 мкм). Разделение осуществляли 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. Скорость потока гелия в хроматографе Agilent 7820A GC составляет 2.4 мл/мин, величина сброса – 1 : 14. Газ-носитель в хроматографе «Цвет 800» – азот (линейная скорость 16.2 см/с, величина сброса – 1 : 26). Объем вводимой пробы цельного эфирного масла составлял 0.1 мкл. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Для идентификации основных компонентов эфирного масла проводили сравнение относительных индексов удерживания (ОИУ) компонентов со значениями ОИУ стандартных образцов терпеновых соединений. Расчет ОИУ основных компонентов эфирных масел производили 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 $t'_{R(x)}$, $t'_{R(n)}$, $t'_{R(n+1)}$ – приведенное время удерживания анализируемого компонента, n -алкана (C_nH_{2n+2}) и следующего n -алкана ($C_{n+1}H_{2n+4}$) соответственно, причем $t'_{R(n)} < t'_{R(x)} < t'_{R(n+1)}$. Величину q рассчитывали по значениям приведенного времени удерживания трех последовательно выходящих n -алканов

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

В качестве реперных компонентов для расчета ОИУ использовали n -алканы C_7 – C_{16} .

Для количественного определения идентифицированных компонентов эфирного масла применяли метод внутренней нормализации без учета относительных поправочных коэффициентов.

Содержание компонентов по методу внутренней нормализации рассчитывали по формуле

$$\omega_i = S_i \cdot 100 / \sum S_i,$$

где ω_i – содержание i -го компонента в смеси, %; S_i – площадь пика i -го компонента.

Все измерения производили в четырехкратной повторности, учитывая только средние значения по результатам трех экспериментов.

Антибактериальную активность определяли методом диффузии этанольных 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 на расстоянии 1.5–2.0 см от края чашки на равном удалении друг от друга раскладывали стерильные бумажные диски диаметром 0.5 см. На диски наносили по 10 мкл растворов эфирных масел в 95%-ном этаноле, выдерживали посевы при 4 °С в течение 4 ч с последующим инкубированием в термостате при 30 °С в течение 24 ч. В ходе изучения определяли диаметр зон ингибирования.

Минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) образцов эфирного масла монарды определяли методом серийных разведений этанольных растворов эфирных масел в питательном бульоне. Путем разведения растворов препаратов получали различные действующие концентрации эфирного масла (5–0.05 %) в культуральных жидкостях (исходное содержание клеток $\sim 10^4$ КОЕ/мл). Посевы инкубировали при 30 °С в течение 24 ч. Затем визуально определив наличие мутности в каждой из пробирок, выбирали ту из них, которая содержала прозрачную суспензию и наименьшую концентрацию антимикробного агента. Эта концентрация соответствовала МИК. Результаты усредняли по данным двух экспериментов.

Для хроматографических исследований использовали растворы стандартных веществ (~ 1 –2%) в гексане. Для оценки антибактериальной активности использовали растворы стандартных веществ (~ 5 %) в этаноле.

Обсуждение результатов

На первом этапе проводили исследование компонентного состава эфирных масел, выделенных из свежего растительного сырья *M. fistulosa* (образец №1), а также из свежего (образец №2) и воздушно-сухого (образец №3) растительного сырья сортообразца монарды.

Эфирное масло *M. fistulosa* и масла из сортообразца существенно различались по накоплению ряда терпеновых и фенольных соединений (табл. 1).

В изученных образцах идентифицировано 27 компонентов, среди которых преобладают тимол, карвакрол, *n*-цимен, γ -терпинен (рис. 1). В достаточно высокой концентрации представлены линалилацетат, камфен, γ -терпинолен, 3-карен. Содержание остальных компонентов не превышает 2%.

Согласно данным, приведенным в литературе [2], вне зависимости от климатических условий выращивания эфирные масла монарды характеризуются постоянным качественным составом при некоторой вариации соотношений между основными компонентами. Эфирные масла монарды являлись объектом исследований большого числа работ [8–14], на основании которых было выделено несколько хемотипов монарды. По содержанию четырех основных компонентов (тимол, карвакрол, *n*-цимен и γ -терпинен) растения *M. fistulosa* и сортообразца могут быть отнесены к разным хемотипам. Изученное эфирное масло *M. fistulosa* содержит высокую концентрацию карвакрола и поэтому было отнесено к карвакрольному типу.

Растения сортообразца монарды, ранее отобранные из популяции *M. fistulosa* на основании морфологических признаков, отнесены к тимольному хемотипу. К этому же хемотипу относятся растения *M. fistulosa* итальянского [14] и крымского происхождения [11]. Широкий разброс концентраций тимола и карвакрола в зависимости от хемотипа и фазы вегетации *M. fistulosa* отмечен в работе [12]. В сравнении с результатами авторов статьи [12] суммарное содержание тимола и карвакрола в исследованных образцах существенно ниже (на ≈ 25 –30%).

Образцы №1 и 2 содержат достаточно большое количество γ -терпинена (≈ 20 –22%). По количеству γ -терпинена и *n*-цимена образец №1 близок к маслу *M. fistulosa* из Западной Сибири [12]. Эфирное масло №2 характеризуется существенно более высоким содержанием *n*-цимена (\approx в 3 раза).

Независимо от того, использовалась ли свежесобранная или высушенная надземная масса, эфирные масла сортообразца содержат тимол, γ -терпинен и *n*-цимен в суммарной концентрации ≈ 67 –69%. При переходе от свежего к воздушно-сухому сырью количественное соотношение тимола, γ -терпинена и *n*-цимена изменяется. Эфирное масло из свежей фитомассы содержит в 1.5–1.7 раза больше γ -терпинена и тимола по

сравнению с образцом, выделенным из воздушно-сухого сырья. Высушивание растений нового сортообразца приводит к резкому увеличению концентрации п-цимена, достигающей $\approx 35\%$.

По литературным данным [2, 15, 16] монотерпеновые фенолы, входящие в состав монарды, обуславливают выраженные антигрибковые и антимикробные свойства растения. В работах [17–20] установлено, что препараты на основе *M. fistulosa* и *M. didyma* различных хемотипов обладают противовоспалительным и ранозаживляющим действием. Поэтому на втором этапе исследования была проведена оценка антимикробных свойств образцов эфирного масла методом бумажных дисков. Результаты определения антимикробной активности этанольных растворов эфирных масел приведены в таблице 2.

Таблица 1. Компонентный состав образцов эфирного масла монарды

Соединение	Содержание компонентов в образцах, %		
	№ 1	№ 2	№ 3
α -Туйен	0.15	0.46	0.48
α -Пинен	0.18	0.51	0.53
Камфен	7.17	2.47	1.98
Мирцен	следы	0.21	0.19
β -Пинен	0.39	0.22	0.23
α -фелландрен	0.32	0.60	0.51
3-Карен	2.81	5.42	4.83
Лимонен	0.63	0.67	0.36
<i>n</i> -Цимен	6.61	21.09	35.05
1,8-Цинеол	0.20	0.36	следы
γ -Терпинен	20.39	21.22	14.58
Терпинолен	5.07	4.53	5.16
Линалоол	0.28	0.21	0.25
Ментон	0.42	0.19	0.26
Метилхавикол	0.10	4.49	4.93
Линалилацетат	11.74	3.25	3.31
Терпинен-4-ол	0.75	0.28	0.41
Борнеол	следы	0.10	0.30
α -Терпинеол	0.67	следы	следы
Карвон	0.76	следы	следы
Терпенилацетат	0.86	следы	0.10
Гераниол	1.12	следы	0.10
Геранилацетат	1.25	следы	следы
β -Кариофиллен	следы	0.59	0.67
Эвгенол	1.68	1.45	1.46
Тимол	0.35	26.29	17.32
Карвакрол	28.5	0.93	0.60

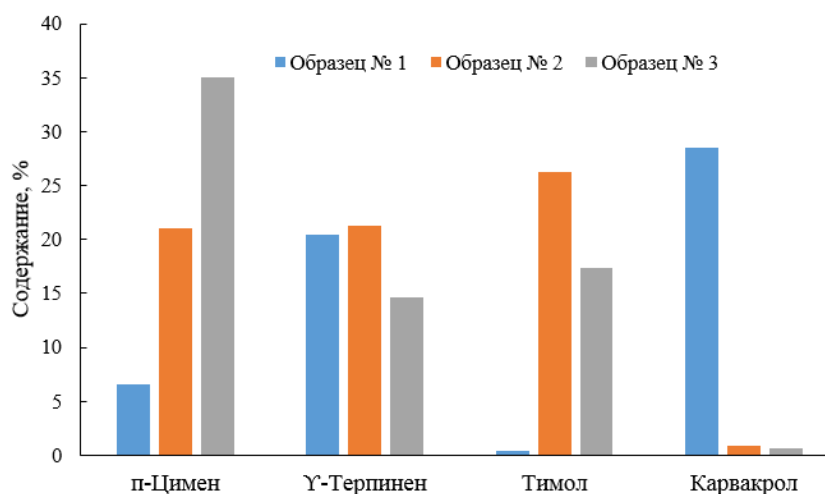


Рис. 1. Содержание основных компонентов в образцах эфирного масла монарды

Таблица 2. Диаметры зон ингибирования роста тест-культур растворами эфирного масла монарды

Тест-культуры бактерий	№ образца								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Концентрация эфирного масла, %								
	5.0			0.5			0.05		
	Диаметр зоны ингибирования, мм								
<i>Staphylococcus aureus</i>	17.4	18.1	16.1	11.7	12.5	10.0	9.2	10.5	8.2
<i>Bacillus subtilis</i>	14.8	16.0	13.6	11.3	12.0	9.4	8.1	9.5	6.6
<i>Clostridium</i> sp.	18.1	19.7	15.2	13.6	15.7	10.5	11.4	13.6	8.7
<i>Salmonella alony</i>	16.5	18.6	14.1	13.2	14.0	9.2	10.4	12.0	7.6
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	17.5	19.6	15.1	12.5	15.3	9.3	10.0	13.2	8.9
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	16.0	16.4	13.5	10.0	11.1	8.6	9.1	10.1	7.7

В интервале исследуемых концентраций эфирные масла подавляли рост всех тест-культур бактерий. Эффективность действия эфирных масел зависела от типа микроорганизма. Растворы всех образцов активнее всего действовали на микроорганизмы *Clostridium* sp. Несколько слабее проявлялось их ингибирующее влияние в отношении *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony* и *Escherichia coli*. Согласно литературным данным [10, 15], механизм их антимикробного действия заключается в нарушении проницаемости цитоплазматических мембран, снижении интенсивности метаболизма и активности аэробного дыхания микроорганизмов. В целом, рост грамположительных бактерий подавлялся эфирными маслами сильнее, чем рост грамотрицательных микроорганизмов, что, вероятно, связано с особенностями строения их клеточной стенки.

Для подтверждения полученных данных были определены минимальные ингибирующие концентрации (МИК), значения которых приведены в таблице 3. Согласно полученным данным, наиболее выражена антимикробная активность у эфирного масла нового сортообразца монарды, выделенного из свежей наземной части растений. Достаточно высокую активность показало масло *Monarda fistulosa*, характеризующееся большим количеством карвакрола. Снижение антимикробных свойств у образца №3, вероятно, связано с более низкой (в ≈ 1.5 раза ниже, чем в образце №2) концентрацией тимола.

Поскольку бактерицидные свойства эфирных масел определяются их компонентным составом, то при изучении антимикробной активности необходимо знать вклад каждого основного компонента. Поэтому на третьем этапе исследования была проведена оценка антимикробных свойств стандартных соединений, являющихся основными компонентами эфирных масел монарды.

На рисунке 2 представлены данные по ширине зоны ингибирования роста тест-культур этанольными растворами стандартных соединений, входящих в состав эфирных масел *Monarda fistulosa*.

В условиях эксперимента тимол является самым сильным антимикробным соединением. Наибольшую активность тимол проявил в отношении грамотрицательных бактерий *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony* и *Clostridium* sp. Карвакрол несколько уступает тимолу по своим антимикробным свойствам. Аналогично тимолу раствор карвакрола оказался более эффективным в подавлении роста *Staphylococcus aureus* и *Salmonella alony*. Полученные данные близки к результатам, описанным в ряде публикаций по бактерицидным свойствам тимола и карвакрола [15–22]. Тимол и карвакрол являются активными антимикробными агентами в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий. Однако авторы ряда работ [15, 16] отмечают более выраженную активность карвакрола по сравнению с тимолом. Наблюдаемые различия антибактериальных свойств тимола и карвакрола, как и других компонентов эфирных масел, могут быть обусловлены использованием различных методов оценки их антимикробной активности.

Ингибирующее действие γ -терпинена оказалось в 1.3–1.7 раз ниже действия тимола. Этанольный раствор *n*-цимена был малоактивен в отношении практически всех исследуемых штаммов.

На основании полученных нами результатов по ингибирующему действию на рост тест-культур основные компоненты масла монарды можно расположить в ряд: тимол > карвакрол \geq γ -терпинен > *n*-цимен.

Таблица 3. Минимальные ингибирующие концентрации (МИК) эфирных масел

Тест-культуры бактерий	МИК эфирного масла, %		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.25	0.25	0.5
<i>Bacillus subtilis</i>	0.5	0.25	0.5
<i>Clostridium</i> sp.	0.1	0.1	0.25
<i>Salmonella alony</i>	0.25	0.1	0.5
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	0.25	0.1	0.25
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.25	0.25	0.5

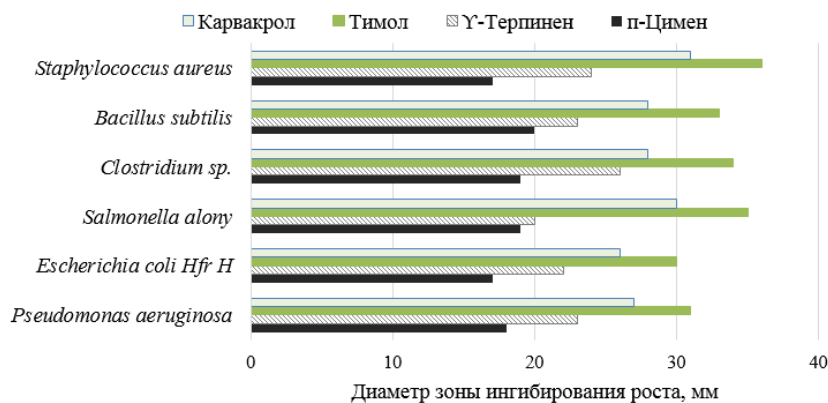


Рис. 2. Диаметры зон ингибирования роста тест-культур растворами стандартных соединений

Выводы

1. Определен компонентный состав эфирного масла *M. fistulosa* и сортообразца, отобранного ранее на основании морфологических показателей. Установлено преобладание тимола и п-цимена в эфирных маслах сортообразца, тогда как в эфирном масле *M. fistulosa* доминирует карвакрол.
2. Эфирное масло сортообразца обладает более выраженными антимикробными свойствами по сравнению с маслом *M. fistulosa*.
3. По антимикробной активности основные компоненты эфирного масла *M. fistulosa* и сортообразца можно расположить в ряд: тимол > карвакрол ≥ γ-терпинен > п-цимен.
4. Бактерицидные свойства эфирного масла *M. fistulosa* и отобранного сортообразца обусловлены высоким содержанием тимола и карвакрола, которые являются соединениями с высокой антимикробной активностью.
5. Сортообразец *M. fistulosa* с высоким содержанием тимола в эфирном масле может быть рекомендован в качестве перспективного лекарственного сырья для антимикробных препаратов.

Список литературы

1. Харченко В.А., Беспалько Л.В., Гинс В.К., Гинс М.С., Байков А.А. Монарда – ценный источник биологически активных соединений // Овощи России. 2015. №1. С. 31–35.
2. Федотов С.В. Эфирные масла монард видов *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cavantes ex Lag., их хемотипы и биологическая активность // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2015. Т. 141. С. 131–147.
3. Виноградов Б., Виноградова Н., Голан Л. Ароматерапия. Учебный курс. Энциклопедический курс. Fultus Corp., 2006. 430 с.
4. Лапина А.С., Варина Н.Р., Куркин В.А., Авдеева Е.В., Рязанова Т.К., Рыжов В.М., Рузаева И.В. Монарда дудчатая как перспективный источник получения лекарственных препаратов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2018. Т. 146. С. 175–178. DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.28.
5. Carovic-Stanko K., Petek M., Grdisa M., Pintar J., Bedekovic D., Herak Custic M., Satovic Z. Medicinal plants of family Lamiaceae as functional foods – a review // Czech Journal of Food Sciences. 2016. Vol. 34. N5. Pp. 377–390. DOI: 10.17221/504/2015-CJFS.
6. Pandey A.K., Kumar P., Singh P., Tripathi N., Vajpal V.K. Essential oils: sources of antimicrobials and food preservatives // Frontiers in Microbiology. 2017. Vol. 7. Article 2161. DOI: 10.3389/fmicb.2016.02161.
7. Бедуленко М.А. Интродукция, экологический аспект и современные направления изучения и применения лекарственного, пряно-ароматического и эфирномасличного растения *Monarda fistulosa* L. // Труды Белорусского государственного университета. 2013. Т. 8. №2. С. 52–60.
8. Mazza G., Marshall H.H. Geraniol, linalool, thymol and carvacrol-rich essential oils from *Monarda* hybrids // Journal of Essential Oil Research. 1992. Vol. 4. N4. Pp. 395–400. DOI: 10.1080/10412905.1992.9698091.
9. Анищенко И.У., Пупыкина К.А., Красюк Е.В., Жигунов О.Ю. Компонентный состав эфирных масел некоторых представителей рода *Monarda* L., интродуцированных в Республике Башкортостан // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. №3. С. 71–76.
10. Исмаилова Э.Т., Шемшура О.Н., Сейтбатталова А.И. Фенольные соединения растений рода *Monarda* // Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. 2015. Т.6. №304. С. 110–118.
11. Никитина А.С., Алиев А.М., Феськов С.А., Никитина Н.В. Компонентный состав эфирного масла травы *Monarda fistulosa* L. из коллекции Никитского ботанического сада // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 55–62. DOI: 10.14258/jcrpm.2018023295.

12. Опарин Р.В., Покровский Л.М., Высочина Г.И., Ткачев А.В. Исследование химического состава эфирного масла *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L., культивируемых в условиях Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2000. №3. С. 19–24.
13. Мяделец М.А., Домрачева Д.В., Крикливая А.Н., Высочина Г.И. Зависимость состава эфирного масла *Monarda didyma* L. от возраста растений и характера сырья // Химия растительного сырья. 2014. №1. С. 215–219.
14. Motarelli P., Epifano F., Minardi P., di Vito M., Modesto M., Barbanti L., Bellardi M. G. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from aerial parts of *Monarda didyma* and *Monarda fistulosa* cultivated in Italy // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2017. Vol. 20. Pp. 76–86. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1278184.
15. Xu J., Zhou F., Ji B.-P., Pei R.-S., Xu N. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli* // Letters in Applied Microbiology. 2008. Vol. 47. Pp. 174–179.
16. Memar M.Y., Raei P., Alizadeh N., Aghdam M.A., Kafil H.S. Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates // Reviews in Medical Microbiology. 2017. Vol. 28. N2. Pp. 63–68. DOI: 10.1097/MRM.000000000000100.
17. Adebayo O., Belanger A., Khanizadeh S. Variable inhibitory of essential oils of three *Monarda* species on the growth of *Botrytis cinerea* // Canadian Journal of Plant Science. 2013. Vol. 93. N6. Pp. 987–995. DOI: 10.4141/CJPS2013-044.
18. Ricci D., Epifano F., Fraternali D. The essential oil of *Monarda didyma* L (Lamiaceae) exerts phytotoxic activity in vitro against various weed seeds // Molecules. 2017. Vol. 22. N2. Pp. 222–232. DOI: 10.3390/molecules22020222.
19. Katoch M., Phull S., Vaid S., Singh S. Diversity, phylogeny, anticancer and antimicrobial potential of fungal endophytes associated with *Monarda citriodora* L. // BMC Microbiology. 2017. Vol. 17. Article 44. DOI: 10.1186/s12866-017-0961-2.
20. Contaldo N., Bellardi M.G., Cavicchi L., Epifano F., Genovese S., Curini M., Bertaccini A. Phytochemical effects of phytoplasma infections on essential oil of *Monarda fistulosa* L. // Bulletin of Insectology. 2011. Vol. 64. Pp. 177–178.
21. Nostro A., Blanko A.K., Cannatelli M.A., Enea V., Flamini G., Morelli I., Sudano Roccaro A., Alonzo V. Susceptibility of methicillin-resistant staphylococci to oregano essential oil, carvacrol and thymol // FEMS Microbiology Letters. 2004. Vol. 230. Pp. 191–195. DOI: 10.1016/S0378-1097(03)00890-5.
22. Vale-Silva L., Silva M.J., Oliveira D., Goncales M.J., Cavaleiro C., Salgueiro L., Pinto E. Correlation of the chemical composition of essential oils from *Origanum vulgare* subsp. *virens* with their *in vitro* activity against pathogenic yeasts and filamentous fungi // Journal of Medical Microbiology. 2012. Vol. 61. Pp. 252–260. DOI 10.1099/jmm.0.036988-0.

Поступила в редакцию 10 апреля 2020 г.

После переработки 15 апреля 2020 г.

Принята к публикации 1 февраля 2021 г.

Для цитирования: Коваленко Н.А., Леонтьев В.Н., Супиченко Г.Н., Ахрамович Т.И., Феськова Е.В., Шутова А.Г. Антимикробные свойства эфирного масла растений рода *Monarda*, культивируемых в Беларуси // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 137–144. DOI: 10.14258/jcrpm.2021027638.

Kovalenko N.A.^{1}, Leontiev V.N.¹, Supichenko G.N.¹, Ahramovich T.I.¹, Feskova E.V.¹, Shutova A.G.²* ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF ESSENTIAL OILS OF THE GENUS *MONARDA* PLANTS CULTIVATED IN BELARUS

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

² *Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, ul. Surganova, 2v, Minsk, 220012 (Republic of Belarus)*

The essential oils obtained by hydrodistillation method from the genus *Monarda* plants cultivated in Belarus were investigated. Using the technique of gas-liquid chromatography essential oil components were identified and determined. The dominant components of the essential oils were thymol (up to 27%), carvacrol (up to 29%), γ -terpinene (up to 22%) p-cimene (up to 35%). The distribution of dominant components of monarda essential oil depending on the plant chemotype and the method of preparing plant materials was shown. Antimicrobial activity of monarda essential oil against gram-positive and gram-negative bacteria test cultures was revealed. Gram-positive bacterial cultures were more sensitive to the inhibitory effect of monarda essential oils. Antimicrobial properties of dominant components (thymol, carvacrol, γ -terpinene and p-cimene) were investigated. Effect of dominant component concentration on the antimicrobial properties of monarda essential oils was established.

Keywords: *Monarda*, essential oils, composition, antimicrobial activity.

* Corresponding author.

References

1. Kharchenko V.A., Beshpal'ko L.V., Gins V.K., Gins M.S., Baykov A.A. *Ovoshchi Rossii*, 2015, no. 1, pp. 31–35. (in Russ.).
2. Fedotov S.V. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2015, vol. 141, pp. 131–147. (in Russ.).
3. Vinogradov B., Vinogradova N., Golan L. *Aromaterapiya. Uchebnyy kurs. Entsiklopedicheskiy kurs*. [Aromatherapy. Training course. Encyclopedic course]. Fultus Corp., 2006, 430 p. (in Russ.).
4. Lapina A.S., Varina N.R., Kurkin V.A., Avdeyeva Ye.V., Ryazanova T.K., Ryzhov V.M., Ruzayeva I.V. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2018, vol. 146, pp. 175–178. DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.28. (in Russ.).
5. Carovic-Stanko K., Petek M., Grdisa M., Pintar J., Bedekovic D., Herak Custic M., Satovic Z. *Czech Journal of Food Sciences*, 2016, vol. 34, no. 5, pp. 377–390. DOI: 10.17221/504/2015-CJFS.
6. Pandey A.K., Kumar P., Singh P., Tripathi N., Bajpal V.K. *Frontiers in Microbiology*, 2017, vol. 7, article 2161. DOI: 10.3389/fmicb.2016.02161.
7. Bedulenko M.A. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, vol. 8, no. 2, pp. 52–60. (in Russ.).
8. Mazza G., Marshall H.H. *Journal of Essential Oil Research*, 1992, vol. 4, no. 4, pp. 395–400. DOI: 10.1080/10412905.1992.9698091.
9. Anishchenko I.U., Pupykina K.A., Krasnyuk Ye.V., Zhigunov O.Yu. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2017, no. 3, pp. 71–76. (in Russ.).
10. Ismailova E.T., Shemshura O.N., Seytbattalova A.I. *Doklady Natsional'noy akademii nauk Respubliki Kazakhstan*, 2015, vol. 6, no. 304, pp. 110–118. (in Russ.).
11. Nikitina A.S., Aliyev A.M., Fes'kov S.A., Nikitina N.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 55–62. DOI: 10.14258/jcprm.2018023295. (in Russ.).
12. Oparin R.V., Pokrovskiy L.M., Vysochina G.I., Tkachev A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2000, no. 3, pp. 19–24. (in Russ.).
13. Myadelets M.A., Domracheva D.V., Krikliyeva A.N., Vysochina G.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 215–219. (in Russ.).
14. Motarelli P., Epifano F., Minardi P., di Vito M., Modesto M., Barbanti L., Bellardi M.G. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2017, vol. 20, pp. 76–86. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1278184.
15. Xu J., Zhou F., Ji B.-P., Pei R.-S., Xu N. *Letters in Applied Microbiology*, 2008, vol. 47, pp. 174–179.
16. Memar M.Y., Raei P., Alizadeh N., Aghdam M.A., Kafil H.S. *Reviews in Medical Microbiology*, 2017, vol. 28, no. 2. Pp. 63–68. DOI: 10.1097/MRM.000000000000100.
17. Adebayo O., Belanger A., Khanizadeh S. *Canadian Journal of Plant Science*, 2013, vol. 93, no. 6, pp. 987–995. DOI: 10.4141/CJPS2013-044.
18. Ricci D., Epifano F., Fraternali D. *Molecules*, 2017, vol. 22, no. 2, pp. 222–232. DOI: 10.3390/molecules22020222.
19. Katoch M., Phull S., Vaid S., Singh S. *BMC Microbiology*, 2017, vol. 17, article 44. DOI: 10.1186/s12866-017-0961-2.
20. Contaldo N., Bellardi M.G., Cavicchi L., Epifano F., Genovese S., Curini M., Bertaccini A. *Bulletin of Insectology*, 2011, vol. 64, pp. 177–178.
21. Nostro A., Blanko A.K., Cannatelli M.A., Enea V., Flamini G., Morelli I., Sudano Roccaro A., Alonzo V. *FEMS Microbiology Letters*, 2004, vol. 230, pp. 191–195. DOI: 10.1016/S0378-1097(03)00890-5.
22. Vale-Silva L., Silva M.J., Oliveira D., Goncalves M.J., Cavaleiro C., Salgueiro L., Pinto E. *Journal of Medical Microbiology*, 2012, vol. 61, pp. 252–260. DOI: 10.1099/jmm.0.036988-0.

Received April 10, 2020

Revised April 15, 2020

Accepted February 1, 2021

For citing: Kovalenko N.A., Leontiev V.N., Supichenko G.N., Ahramovich T.I., Feskova E.V., Shutova A.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 137–144. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021027638.