

7-бөлім
МИКРОБИОЛОГИЯ

Раздел 7
МИКРОБИОЛОГИЯ

Section 7
MICROBIOLOGY

¹Кушнаренко С.В.,
¹Утегенова Г.А., ²Шегебаева А.А.,
³Озек Г., ³Озек Т.,
⁴Абидкулова К.Т., ⁵Котухов Ю.А.,
⁵Данилова А.Н.

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы
²Республиканская коллекция микроорганизмов, Казахстан, г. Астана
³Анатолийский университет, Турция, г. Эскишехир
⁴Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
⁵Алтайский ботанический сад, Казахстан, г. Риддер

Антимикробная активность эфирных масел некоторых растений Казахстана

¹Kushnarenko S.V.,
¹Utegenova G.A., ²Shegebaeva A.A., ³Ozek G., ³Ozek T.,
⁴Abidkulova K.T., ⁵Kotukhov Y.A.,
⁵Danilova A.N.

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty
²Republican Collection of Microorganisms, Kazakhstan, Astana
³Anadolu University, Turkey, Eskishehir
⁴Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
⁵Altai Botanical Garden, Kazakhstan, Ridder

Antimicrobial activity of essential oils from several Kazakhstan plants

¹Кушнаренко С.В.,
¹Утегенова Г.А., ²Шегебаева А.А.,
³Озек Г., ³Озек Т.,
⁴Абидкулова К.Т., ⁵Котухов Ю.А.,
⁵Данилова А.Н.

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.
²Микроорганизмдердің республикалық коллекциясы, Қазақстан, Астана қ.
³Анадолу университеті, Түркия, Эскишехир қ.
⁴Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
⁵Алтай ботаникалық бағы, Қазақстан, Риддер қ.

Қазақстанның кейбір эндем өсімдіктерінің эфир майларының антимикробтық белсенділігі

Определена антимикробная активность 15 образцов эфирных масел, выделенных из 9 видов растений Казахстана: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Artemisia absinthium* L., *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin, *Ferula ovina* (Boiss.) Boiss., *Heraclium dissectum* Ldb., *Angelica decurrens* (Ledeb.) B. Fedtsch., *Thymus marschallianus* Willd. и *Juniperus sabina* L. Эфирные масла были получены из отдельных частей растений на разных фазах вегетации. Наибольший ингибирующий эффект в отношении всех исследованных штаммов микроорганизмов имело эфирное масло *Thymus marschallianus*, которое в концентрации 0,31 мкг/мл полностью ингибировало рост *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*. Высокой антимикробной активностью также обладали эфирные масла из корней эндемичного вида *Ferula iliensis*: в концентрации 0,31 мкг/мл. Эти эфирные масла полностью подавляли рост *Candida albicans*, а в концентрации 2,5 мкг/мл ингибировали рост *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Эфирное масло, выделенное из цветков и листьев полыни Котухова, в концентрации 1,25 мкг/мл подавляло рост всех исследуемых нами штаммов микроорганизмов. Это первое исследование, демонстрирующее антимикробную активность эндемичных видов Казахстана – *Ferula iliensis* и *Artemisia kotuchovii*.

Ключевые слова: эфирные масла, антимикробная активность, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*.

Antimicrobial activity of 15 essential oil samples extracted from nine Kazakhstan plant species: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Artemisia absinthium* L., *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin, *Ferula ovina* (Boiss.) Boiss., *Heraclium dissectum* Ldb., *Angelica decurrens* (Ledeb.) B. Fedtsch., *Thymus marschallianus* Willd. and *Juniperus sabina* L. has been determined. Essential oils were obtained separately from various plant parts at different phases of vegetation. Essential oil from *Thymus marschallianus* had the highest inhibitory effect on all the strains of microorganisms tested; at 0.31 $\mu\text{g/ml}$, it completely inhibited the growth of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. High antimicrobial activity also possessed the essential oils from roots of endemic species *Ferula iliensis*; at 0.31 $\mu\text{g/ml}$ these essential oils completely inhibited the growth of *Candida albicans*, and at 2.5 $\mu\text{g/ml}$ also inhibited the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Essential oil extracted from the flowers and leaves of *Artemisia kotuchovii* at 1.25 $\mu\text{g/ml}$ inhibited the growth of all the microorganisms studied. This is the first study demonstrating the antimicrobial activity of Kazakhstan's endemic species – *Ferula iliensis* and *Artemisia kotuchovii*.

Key words: essential oils, antimicrobial activity, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*.

Қазақстанның өсімдіктерінің 9 түрінен: *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Artemisia absinthium* L., *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin, *Ferula ovina* (Boiss.) Boiss., *Heraclium dissectum* Ldb., *Angelica decurrens* (Ledeb.) B. Fedtsch., *Thymus marschallianus* Willd. және *Juniperus sabina* L. бөліп алынған эфир майларының 15 үлгілерінің антимикробтық белсенділігі анықталды. Эфир майлары әртүрлі вегетация фазасындағы өсімдіктердің жеке мүшелерінен бөліп алынды. Микроорганизмдердің барлық зерттелген штаммдарына қатысты ең жоғары тежеуші әсерді *Thymus marschallianus* эфир майы көрсетті. *Thymus marschallianus* эфир майы 0,31 мкг/мл концентрацияда *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* және *Candida albicans* өсуін толығымен тежеді. Эндем түр *Ferula iliensis* тамырларынан алынған эфир майлары жоғары антимикробтық белсенділікке ие болды: 0,31 мкг/мл концентрацияда *Candida albicans* өсуін толығымен тежеді, ал 2,5 мкг/мл концентрацияда *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* өсуін тежеді. Котухов жусанының гүлдері және жапырақтарынан бөліп алынған эфир майы 1,25 мкг/мл концентрацияда зерттелген барлық микроорганизмдердің өсуін тежеді. Бұл Қазақстанның эндем өсімдіктері – *Ferula iliensis* және *Artemisia kotuchovii* антимикробтық белсенділігін көрсететін бірінші зерттеу жұмысы.

Түйін сөздер: эфир майлары, антимикробтық белсенділік, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*.

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ КАЗАХСТАНА

Введение

Эфирные масла обладают широким спектром биологической активности, что обусловлено присутствием в их составе активных компонентов, таких как моно- и сесквитерпены, ароматические и алифатические фенольные производные. С точки зрения фармакологии, наиболее важными эффектами эфирных масел являются их антимикробное, цитотоксическое, иммуномодулирующее, противовоспалительное, противовирусное и антиоксидантное действие, именно на исследованиях этих свойств нацелены усилия ученых всего мира [1-3].

Во многих исследованиях приводятся экспериментальные данные, что эфирные масла оказывают антимикробное действие на устойчивые формы микроорганизмов, например, на стафилококки, резистентные к антибиотикам [4, 5]. Изучение новых веществ с антимикробной активностью – это одно из важнейших направлений преодоления лекарственной устойчивости микроорганизмов. Биологическая активность эфирных масел связана с активностью основных компонентов масла [6]. В работе казахстанских исследователей эфирные масла полыни гладкой, мяты перечной и тимьяна Маршалла, основные компоненты 1,8-цинеол и тимол, а также хлорпроизводное лимонена и терахлокарбенпроизводное γ -терпинена при высокой концентрации ингибировали рост и размножение *S. aureus* и *E. coli* [7]. Также было проверено влияние эфирных масел растений семейства *Lamiaceae* Акмолинской области. Эфирные масла *Satureja hortensis* L. и *Ocimum basilicum* L. проявили значительную антимикробную активность в отношении тест-культур микроорганизмов *E.coli*, *Bacillus subtilis*, *S.aureus* и *Bacillus cereus* [8]. Основными компонентами, определяющими антимикробные свойства эфирных масел, считаются окисленные терпеноиды, такие как спирты и фенольные терпены [9-13]. Механизмы противомикробного действия компонентов эфирных масел включают в себя последовательное торможение общего биохимического пути, ингибирование защитных ферментных систем бактерий и изменение проницаемости клеточной стенки, что способствует повышению поглощения других противомикробных препаратов [10]. Нетрадиционные методы

лечения натуральными веществами могут являться эффективным средством против бактериальных инфекций и использоваться в качестве альтернативы антибиотикам.

В связи с этим, целью проводимых исследований являлось изучение *in vitro* антимикробной активности 15 образцов эфирных масел в отношении трех условно-патогенных тест-штаммов: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*.

Материалы и методы

Объекты исследования

Для выделения эфирных масел были использованы 9 видов растений Казахстана, относящиеся к 4 семействам, собранные в естественных местах произрастания в Восточно-Казахстанской и Алматинской областях: Asteraceae: *Artemisia kotuchovii* Kupr. (полынь Котухова), *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. (полынь метельчатая), *Artemisia absinthium* L. (полынь горькая); Apiaceae: *Ferula iliensis* Krasn. ex Kogovin (ферула илийская), *Ferula ovina* (Boiss.) Boiss. (ферула овечья), *Heracleum dissectum* Ldb. (борщевик рассеченный), *Angelica decurrens* (Ledeb.) V. Fedtsch. (дягиль низбегающий), Lamiaceae: *Thymus marschallianus* Willd. (тимьян Маршалла); Cupressaceae: *Juniperus sabina* L. (можжевельник казачий). Два вида из перечисленных – *Artemisia kotuchovii* и *Ferula iliensis* являются эндемиками Казахстана [14, 15].

Сбор растительного материала, экстракция эфирных масел и идентификация компонентов эфирных масел

Сбор образцов растений проводили согласно методике рендомизированного отбора с указанием географических координат точки сбора (широта, долгота, высота над уровнем моря), определяемых с помощью GPS-навигатора eTREX®N («Garmin», Тайвань). Экстракцию эфирных масел проводили методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера («Иdam», Турция) из воздушно сухой массы растительного сырья. Компонентный состав эфирных масел был определен методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором (GC-FID) и масс-спектрометрией (GC/MS). GC-FID анализ проводили с использованием системы Agilent 6890N GC; GC/MS анализ – с использованием системы Agilent 5975 GC-MSD («Agilent», США; SEM Ltd., Турция). Идентификация компонентов эфирных масел проведена путем сравнения их хроматографических пиков времени удерживания и масс-спектров со стандартами, проанализированными в этих же условиях, а также путем сравнения индекса удерживания

(индекс Ковача) с литературными данными. Были использованы стандартные растворы n-алканов А С₉–С₂₀ производства (Fluka, Buchs, Швейцария). Сравнение образцов при масс-спектрометрии проводилось со стандартами в базах данных Wiley GC/MS Library (Wiley, New York, NY, USA), MassFinder software 4.0 (Dr. Hochmuth Scientific Consulting, Hamburg, Germany), Adams Library и NIST Library, а также в базе данных “Baser Library of Essential Oil Constituents” Анатолийского университета, г. Эскишехир, Турция.

Изучение антимикробной активности эфирных масел

Антимикробную активность эфирных масел определяли в отношении тест-штаммов: *Staphylococcus aureus* В-RKM 0470, *Escherichia coli* В-RKM 0447 и *Candida albicans* Y-RKM 0475 из РГП «Республиканская коллекция микроорганизмов» (Казахстан, г. Астана). Для определения антимикробной активности использовали метод серийных разведений в жидкой питательной среде [16]. *S. aureus* и *E. coli* культивировали на питательном бульоне (Hi-Media, Индия); *C. albicans* – на бульоне Сабуро (Оболенск, Россия). Образцы эфирных масел растворяли в 90% этиловом спирте. Посев культур микроорганизмов проводили в пробирки с 0,5 мл питательного бульона, содержащие следующие концентрации эфирных масел: 0,075; 0,15; 1,31; 0,62; 1,25; 2,5 и 5,0 мкг/мл. Освеженную (суточную) культуру исследуемых бактерий вносили в количестве 0,5 мл титром клеток: *S. aureus* – $1,6 \times 10^8$ КОЕ/мл, *E. coli* – $2,5 \times 10^8$ КОЕ/мл, *C. albicans* – $2,5 \times 10^8$ КОЕ/мл. Инкубацию проводили при температуре 37°C в течение 24–48 ч. В качестве положительного контроля использовали питательный бульон в сочетании с этиловым спиртом (90%); отрицательного – инокулят микроорганизмов в питательном бульоне.

Эксперименты проводили в 3-х повторностях. Статистический анализ осуществляли по общепринятым методикам.

Результаты и их обсуждение

Антимикробная активность была определена у 15 образцов эфирных масел, выделенных из девяти видов растений. Эфирные масла были получены из отдельных частей растений на разных фазах вегетации:

Artemisia scoparia (полынь метельчатая), надземная часть, фаза цветения; место сбора – Алматинская область;

Ferula iliensis (ферула илийская), соцветия; место сбора – Алматинская область;

Ferula iliensis (ферула илийская), корень в фазе цветения;

Ferula iliensis (ферула илийская), зонтики с семенами;

Ferula iliensis (ферула илийская), корень в фазе плодоношения;

Ferula ovina (ферула овечья), зонтики с семенами; место сбора – Алматинская область;

Ferula ovina (ферула овечья), корень в фазе плодоношения;

Angelica decurrens (дягиль низбегающий), зонтики с семенами; место сбора – Восточно-Казахстанская область;

Artemisia absinthium (полынь горькая), бутоны + листья, фаза бутонизации; место сбора – Восточно-Казахстанская область;

Artemisia absinthium (полынь горькая), стебли, фаза бутонизации;

Artemisia kotuchovii (полынь Котухова), цветки + листья, фаза цветения; место сбора – Восточно-Казахстанская область;

Artemisia kotuchovii (полынь Котухова), стебли, фаза цветения;

Heracleum dissectum (борщевик рассеченный), зонтики с семенами; место сбора – Восточно-Казахстанская область;

Juniperus sabina (можжевельник казачий), побеги, фаза роста побегов; место сбора – Восточно-Казахстанская область;

Thymus marschallianus (тимьян Маршалла), листья + стебли+цветки, фаза цветения; место сбора – Восточно-Казахстанская область.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии антимикробной активности различной степени выраженности исследуемых эфирных масел (таблица 1-3). Наибольший ингибирующий эффект в отношении всех взятых в эксперимент культур микроорганизмов имело эфирное масло *Thymus marschallianus*, которое в концентрации 0,31 мкг/мл полностью ингибировало рост *S. aureus*, *E. coli* и *C. albicans* после суток культивирования.

Значительная антимикробная активность эфирного масла *Thymus marschallianus* обусловлена высоким содержанием в нем монотерпеновых фенолов, таких как тимол и карвакрол. В исследуемом нами образце *Thymus marschallianus*, собраном в Южном Алтае, содержание тимола составило 37,1%, карвакрола – 2,2% от общей массы эфирного масла.

Наивысшая антимикробная активность в отношении представителя условно патогенной микрофлоры человека – *C. albicans*, также выявлена у эфирного масла *Ferula iliensis*, выделенного из корней в фазе цветения и корни в фазе плодоно-

шения. В концентрации 0,31 мкг/мл эти эфирные масла (*Ferula iliensis*, корни в фазе цветения и корни в фазе плодоношения) полностью подавляли рост патогена, и даже в минимальной испытанной концентрации 0,075 мкг/мл показатели жизнеспособности *C. albicans* были ниже на 3-6 порядков по сравнению с контролем. Эти же образцы эфирных масел в концентрации 2,5 мкг/мл также полностью подавляли рост *S. aureus* и *E. coli*.

Кроме этого, эфирные масла из зонтиков с семенами *Ferula iliensis* и *Ferula ovina* эффективны в концентрации 2,5 мкг/мл для ингибирования роста *S. aureus*. Значительная антимикробная активность эфирного масла *Ferula iliensis* может быть обусловлена высоким содержанием в нем сераорганических соединений, таких как *trans*-пропенил сек бутил дисульфид и *cis*-пропенил сек бутил дисульфид, которые составляют 63,8% от общей массы эфирного масла. Так, в литературе сообщается об антимикробной активности эфирного масла, полученного из *Ferula assa-foetida* – вида ферулы, произрастающего в Иране [17]. В эфирном масле этого растения также идентифицированы органические дисульфиды – (*Z*)-1-пропенил сек-бутил дисульфид (27,7%) и (*E*)-1-пропенил сек-бутил дисульфид (20,3%).

Высокой антимикробной активностью также обладали эфирные масла из *Artemisia kotuchovii* и *Angelica decurrens*. Эфирное масло, выделенное из цветков и листьев полыни Котухова, при концентрации 1,25 мкг/мл полностью подавляло рост всех исследуемых нами штаммов микроорганизмов. Доминирующими компонентами эфирного масла *Artemisia kotuchovii* являются метилхавикол (эстрагол) (75,1- 76,6%), метил эвгенол (4,3-4,6%), (*Z*)- β -оцимен (3,8-3,9%) и (*E*)- β -оцимен (4,4-5,3%) [18]. Метилкавикол – органическое вещество фенольного ряда, а также монотерпены ((*Z*)- β -оцимен и и (*E*)- β -оцимен) могут обуславливать высокую антимикробную активность эфирного масла *Artemisia kotuchovii*.

Как показали проведенные нами исследования, основными компонентами эфирного масла *Angelica decurrens*, вида, произрастающего в Восточном Казахстане, являются монотерпены: в листьях они составляют 79,2% от общего объема эфирного масла, в зонтиках с семенами – 90,7%, в стеблях – 44,3%, в корнях – 92,1%. В образце эфирного масла *Angelica decurrens*, который мы использовали для тестирования на антимикробную активность – в зонтиках с семенами, главным образом преобладает β -фелландрен, составляющий 55,5% эфирного масла. Можно предполагать, что монотерпены, составляющие эфирного масла *Angelica decurrens*, определяют его высокие антимикробные свойства.

Таблица 1 – Влияние эфирных масел на жизнеспособность *Staphylococcus aureus*

Образцы эфирных масел	Концентрация эфирных масел, мкг/мл							Этанол 90%	Конт-роль
	5,0	2,5	1,25	0,62	0,31	0,15	0,075		
Показатель жизнеспособности, КОЕ/мл, (п = 3; М±m)									
<i>Artemisia scoparia</i>	0	0	0	19,5±0,5 x 10 ¹⁰	24,5±1,5 x 10 ¹⁰	25,0±0,6 x 10 ¹⁰	25,5±0,5 x 10 ¹⁰	22,4±1,5 x 10 ⁸	49,3±1,1 x 10 ¹⁰
<i>F. iliensis</i> соцветия	0	32,7±3,7 x 10 ⁹	40,0±5,8 x 10 ¹⁰	43,0±3,5 x 10 ¹⁰	43,3±1,5 x 10 ¹⁰	40,7±0,7 x 10 ¹⁰	45,0±2,1 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> корни в фазе цветения	0	0	53,3±3,3 x 10 ¹⁰	45,0±2,9 x 10 ¹⁰	47,7±3,0 x 10 ¹⁰	49,3±2,4 x 10 ¹⁰	50,3±2,6 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> зонтики с семенами	0	0	35,0±2,9 x 10 ¹⁰	37,3±3,7 x 10 ¹⁰	33,7±2,3 x 10 ¹⁰	31,3±2,9 x 10 ¹⁰	29,7±2,7 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> корни в фазе плодоношения	0	0	20,3±0,9 x 10 ¹⁰	26,7±1,8 x 10 ¹⁰	32,0±1,2 x 10 ¹⁰	37,7±1,5 x 10 ¹⁰	39,3±5,2 x 10 ¹⁰		
<i>Ferula ovina</i> , зонтики с семенами	0	0	16,0±3,1 x 10 ¹⁰	19,0±2,7 x 10 ¹⁰	26,7±3,3 x 10 ¹⁰	31,3±1,8 x 10 ¹⁰	38,7±1,3 x 10 ¹⁰		
<i>Ferula ovina</i> , корни в фазе плодоношения	0	2,7±0,3 x 10 ³	63,7±1,9 x 10 ¹⁰	58,3±1,7 x 10 ¹⁰	55,7±0,3 x 10 ¹⁰	53,3±1,8 x 10 ¹⁰	48,0±2,5 x 10 ¹⁰		
<i>Angelica decurrens</i>	0	0	0	26,7±3,3 x 10 ¹⁰	27,3±3,7 x 10 ¹⁰	25,7±2,3 x 10 ¹⁰	23,0±3,0 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia absinthium</i> , бутоны + листья	0	1,0±0,5 x 10 ¹⁰	2,5±0,5 x 10 ¹⁰	19,5±0,4 x 10 ¹⁰	30,0±1,0 x 10 ¹⁰	33,0±1,5 x 10 ¹⁰	39,0±2,0 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia absinthium</i> , стебли	0	9,0±0,5 x 10 ¹⁰	14,0±1,0 x 10 ¹⁰	26,5±1,5 x 10 ¹⁰	38,5±0,5 x 10 ¹⁰	43,5±2,5 x 10 ¹⁰	50,5±5,5 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , цветки + листья	0	0	0	1,0±0,45 x 10 ¹⁰	1,5±0,50 x 10 ¹⁰	2,8±2,6 x 10 ¹⁰	24,0±1,0 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , стебли	0	0	1,5±0,50 x 10 ⁵	2,3±0,45 x 10 ⁷	19,0±1,0 x 10 ¹⁰	20,0±1,4 x 10 ¹⁰	23,0±2,0 x 10 ¹⁰		
<i>Heraclium dissectum</i>	0	3,3±0,3 x 10 ⁴	35,0±2,9 x 10 ¹⁰	43,3±3,3 x 10 ¹⁰	58,3±1,7 x 10 ¹⁰	58,0±4,2 x 10 ¹⁰	44,0±2,3 x 10 ¹⁰		
<i>Juniperus sabina</i>	0	1,0±0,3 x 10 ¹⁰	2,0±1,0 x 10 ¹⁰	12,0±2,5 x 10 ¹⁰	18,0±1,0 x 10 ¹⁰	19,5±1,6 x 10 ¹⁰	21,0±1,0 x 10 ¹⁰		
<i>Thymus marschallianus</i>	0	0	0	0	0	19,0±0,5 x 10 ¹⁰	23,0±1,0 x 10 ¹⁰		

Примечания: КОЕ – колониеобразующая единица; М – среднее значение; m – ошибка среднего

Таблица 2 – Влияние эфирных масел на жизнеспособность *Escherichia coli*

Образцы эфирных масел	Концентрация эфирных масел, мкг/мл							Этанол 90%	Конт- роль
	5	2,5	1,25	0,62	0,31	0,15	0,075		
Показатель жизнеспособности, КОЕ/мл, (n=3, M±m)									
<i>Artemisia scoparia</i>	0	0	0	8,0±2,0 x 10 ¹⁰	9,0±1,0 x 10 ¹⁰	9,0±1,0 x 10 ¹⁰	8,5±0,5 x 10 ¹⁰	25,3±1,6 x 10 ⁸	39,4±2,6 x 10 ¹⁰
<i>F. iliensis</i> , соцветия	0	0	52,3±2,9 x 10 ¹⁰	48,7±1,3 x 10 ¹⁰	46,3±0,9 x 10 ¹⁰	41,7±0,9 x 10 ¹⁰	38,3±1,9 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> , корни в фазе цветения	0	0	13,3±1,9 x 10 ¹⁰	44,0±1,2 x 10 ¹⁰	49,3±0,7 x 10 ¹⁰	40,0±1,0 x 10 ¹⁰	39,7±0,3 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> , зонтики с семенами	0	2,3±0,3 x 10 ⁹	17,7±1,5 x 10 ¹⁰	26,7±3,3 x 10 ¹⁰	24,7±2,4 x 10 ¹⁰	21,0±2,5 x 10 ¹⁰	19,0±2,5 x 10 ¹⁰		
<i>F. iliensis</i> , корни в фазе плодоношения	0	0	33,3±3,3 x 10 ¹⁰	38,3±4,4 x 10 ¹⁰	36,7±6,7 x 10 ¹⁰	37,0±3,5 x 10 ¹⁰	38,7±4,7 x 10 ¹⁰		
<i>Ferula ovina</i> , зонтики с семенами	0	8,0±0,6 x 10 ¹⁰	15,0±2,9 x 10 ¹⁰	45,0±2,9 x 10 ¹⁰	46,7±2,4 x 10 ¹⁰	50,3±2,9 x 10 ¹⁰	48,3±5,0 x 10 ¹⁰		
<i>Ferula ovina</i> , корни в фазе плодоношения	0	3,3±0,3 x 10 ⁹	37,3±3,7 x 10 ¹⁰	46,0±3,1 x 10 ¹⁰	48,7±2,4 x 10 ¹⁰	50,0±0,6 x 10 ¹⁰	52,3±2,0 x 10 ¹⁰		
<i>Angelica decurrens</i>	0	0	26,7±3,3 x 10 ¹⁰	25,3±2,9 x 10 ¹⁰	23,0±1,5 x 10 ¹⁰	21,7±2,7 x 10 ¹⁰	18,3±2,0 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia absinthium</i> бутоны + листья	0	2,0±1,5 x 10 ¹⁰	4,0±1,0 x 10 ¹⁰	13,0±0,5 x 10 ¹⁰	16,5±1,5 x 10 ¹⁰	18,0±2,0 x 10 ¹⁰	20,5±0,5 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia absinthium</i> , стебли	0	8,5±2,0 x 10 ¹⁰	10,5±0,5 x 10 ¹⁰	11,0±0,5 x 10 ¹⁰	4,0±1,0 x 10 ¹⁰	12,0±1,5 x 10 ¹⁰	32,5±2,5 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , цветки + листья	0	0	0	21,0±2,0 x 10 ¹⁰	28,5±1,5 x 10 ¹⁰	17,5±0,5 x 10 ¹⁰	5,5±1,50 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , стебли	0	0	0	18,5±1,5 x 10 ¹⁰	22,0±2,0 x 10 ¹⁰	14,0±1,2 x 10 ¹⁰	6,0±1,0 x 10 ¹⁰		
<i>Heracleum dissectum</i>	0	6,3±0,3 x 10 ¹⁰	52,3±1,5 x 10 ¹⁰	46,7±1,3 x 10 ¹⁰	44,7±2,9 x 10 ¹⁰	42,0±1,2 x 10 ¹⁰	35,3±1,3 x 10 ¹⁰		
<i>Juniperus sabina</i>	0	8,5±0,5 x 10 ¹⁰	10,5±0,5 x 10 ¹⁰	9,0±1,5 x 10 ¹⁰	10,5±0,5 x 10 ¹⁰	13,5±1,5 x 10 ¹⁰	18,5±0,5 x 10 ¹⁰		
<i>Thymus marschallianus</i>	0	0	0	0	0	10,0±1,0 x 10 ¹⁰	13,0±2,0 x 10 ¹⁰		

Примечания: КОЕ – колониобразующая единица; M – среднее значение; m – ошибка среднего

Наименьшим подавляющим эффектом на рост микроорганизмов обладало эфирное масло из *Ferula ovina* (корень в фазе плодоношения), которое ингибировало рост патогенов только при самой высокой концентрации – 5 мкг/мл, а при 2,5 мкг/мл заметного влияния на жизнеспособность уже не наблюдалось. Также низкая антимикробная активность из проверенных эфирных масел выявлена у *Heracleum dissectum*.

В концентрации 2,5 мкг/мл этот образец несколько снижал прирост бактериальной биомассы *S. aureus*, а уже при концентрации 1,25 мкг/мл показатели не отличались от контрольных.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан №2117/GF4 «Фармакологические эффекты эфирных масел и их компонентов из растений Казахстана».

Таблица 3 – Влияние эфирных масел на жизнеспособность *Candida albicans*

Образцы эфирных масел	Концентрация эфирных масел, мкг/мл							Этанол 90%	Контроль
	5	2,5	1,25	0,62	0,31	0,15	0,075		
Показатель жизнеспособности, КОЕ/мл, (n=3, M±m); «-» отсутствие жизнеспособных микроорганизмов									
<i>Artemisia scoparia</i>	0	0	0	13,5±0,4 x 10 ¹⁰	11,5±1,5 x 10 ¹⁰	15,0±1,0 x 10 ¹⁰	5,5±1,5 x 10 ¹⁰	16,0±1,0 x 10 ⁷	36,0±1,0 x 10 ¹⁰
<i>F. iliensis</i> , соцвет	0	0	0	0	2,7±0,3 x 10 ⁵	2,7±0,7 x 10 ⁶	2,7±0,7 x 10 ⁶		
<i>F. iliensis</i> , корни в фазе цветения	0	0	0	0	0	1,7±0,3 x 10 ³	1,0±0,04 x 10 ⁴		
<i>F. iliensis</i> , зонтики с семенами	0	0	0	2,3±0,3 x 10 ⁵	2,3±0,9 x 10 ⁶	2,3±0,9 x 10 ⁶	2,3±0,9 x 10 ⁶		
<i>F. iliensis</i> , корни в фазе плодоношения	0	0	0	0	0	1,3±0,3 x 10 ⁷	1,3±0,3 x 10 ⁷		
<i>Ferula ovina</i> , зонтики с семенами	0	0	0	1,7±0,3 x 10 ⁵	1,7±0,3 x 10 ⁵	2,3±0,3 x 10 ⁵	7,3±0,3 x 10 ⁴		
<i>Ferula ovina</i> , корни в фазе плодоношения	0	0	2,3±0,7 x 10 ⁴	5,3±0,7 x 10 ⁵	4,0±1,5 x 10 ⁵	2,0±0,6 x 10 ⁵	3,0±0,6 x 10 ⁵		
<i>Angelica decurrens</i>	0	0	0	7,0±0,6 x 10 ³	2,0±0,6 x 10 ⁵	2,7±0,3 x 10 ⁶	1,3±0,3 x 10 ⁶		
<i>Artemisia absinthium</i> , бутоны + листья	0	1,0±0,5 x 10 ¹⁰	5,0±1,0 x 10 ¹⁰	8,5±2,0 x 10 ¹⁰	13,5±0,5 x 10 ¹⁰	15,0±1,0 x 10 ¹⁰	21,5±0,5 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia absinthium</i> , стебли	0	7,5±2,5 x 10 ¹⁰	10,0±1,0 x 10 ¹⁰	16,5±2,0 x 10 ¹⁰	22,5±2,5 x 10 ¹⁰	30,0±0,5 x 10 ¹⁰	34,0±1,0 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , цветки + листья	0	0	0	6,5±0,5 x 10 ¹⁰	14,0±1,0 x 10 ¹⁰	19,0±1,0 x 10 ¹⁰	28,5±1,5 x 10 ¹⁰		
<i>Artemisia kotuchovii</i> , стебли	0	26,0±1,0 x 10 ¹⁰	37,5±2,5 x 10 ¹⁰	42,5±1,5 x 10 ¹⁰	46,0±1,0 x 10 ¹⁰	47,0±1,5 x 10 ¹⁰	47,5±2,5 x 10 ¹⁰		
<i>Heraclium dissectum</i>	0	0	0	2,7±0,3 x 10 ⁴	1,7±0,3 x 10 ⁶	2,0±0,0 x 10 ⁶	2,7±0,3 x 10 ⁶		
<i>Juniperus sabina</i>	0	10,0±0,5 x 10 ¹⁰	25,5±1,0 x 10 ¹⁰	20,0±1,5 x 10 ¹⁰	37,5±1,5 x 10 ¹⁰	29,0±1,0 x 10 ¹⁰	33,5±1,5 x 10 ¹⁰		
<i>Thymus marschallianus</i>	0	0	0	0	0	2,5±0,4 x 10 ⁹	1,5±0,5 x 10 ⁹		
Примечания: КОЕ – колониеобразующая единица; М – среднее значение; m – ошибка среднего									

Литература

- 1 Mancini E., Senatore F., Del Monte D., De Martino L., Grulova D., Scognamiglio M., Snoussi M., De Feo V. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils // *Molecules*. – 2015. – Vol. 20, No. 7. – P. 12016-12028. DOI: 10.3390/molecules200712016.
- 2 Melo J.O., Fachin A.L., Rizo W.F., Jesus H.C.R., Arrigoni-Blank M.F., Alves P.B., Marins M.A., França S.C., Blank A.F. Cytotoxic effects of essential oils from three *Lippia gracilis* Schauer genotypes on HeLa, B16, and MCF-7 cells and

krobnaja aktivnost' osnovnyh komponentov jefirnyh masel i ih nekotoryh proizvodnyh. Vestnik nauki Kazahskogo Agrotehnicheskogo universiteta im. S. Sejfullina] 3:54-62. (In Russian).

8 Parshina GN, Ajtkel'dieva SA, Mukijanov US, Bejsetbaeva GM (2014) Content of essential oils and their antimicrobial activity in medicinal plants from *Lamiaceae* Lindl. Family cultivated in Akmola region. Bulletin of National Academy of Sciences of Republic of Kazakhstan. Biological and Medical Series [Soderzhanie jefirnyh masel i ih antimikrobnaja aktivnost' v lekarstvennyh rastenijah semejstva Lamiaceae Lindl., kul'tiviruemyh v Akmolinskoj oblasti. Izvestija Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Serija biologicheskaja i medicinskaja]. 2:19-24. (In Russian).

9 Bassole IHN, Lamien-Meda A, Bayala B, Tirogo S, Franz C, Novak J, Nebie RC, Dicko MH (2010) Composition and antimicrobial activities of *Lippia multiflora* Moldenke, *Mentha x piperita* L. and *Ocimum basilicum* L. essential oils and their major monoterpene alcohols alone and in combination. *Molecules*, 10:7825-7839. DOI: 10.3390/molecules15117825.

10 Bassole IHN, Juliani HR (2012) Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17:3989-4006. DOI: 10.3390/molecules17043989.

11 Burt S (2004) Essential oils: their antimicrobial properties and potential applications in foods – a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94:223-253. DOI: org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

12 Koroch A, Juliani HR, Zygadlo JA (2007) Bioactivity of essential oils and their components. *Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and sustainability*, Berger, R.G., Ed.; Springer Verlag: Berlin, Germany, 87-115. ISBN 978-3-540-49338-9.

13 Delaquis PJ, Stanish K, Girard B, Mazza G (2002) Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int. J. Food Microbiol.*, 74:101-109. DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6.

14 Kotuhov JuA, Anufrieva OA (2016) *Artemisia kotuchovii* Kupr. (Asteracea) – rare endangered species of Kazakhstan flora. *Botanical Research in Siberia and Kazakhstan [Artemisia kotuchovii Kupr. (Asteracea) – redkij ischezajushhij vid flory Kazahstana. Botanicheskie issledovanija Sibiri i Kazahstana]* 22:60-70 (In Russian).

15 Red Data Book of Kazakhstan (2014) The 2nd edition revised and supplemented. Vol. 2: Plants. Astana, LTD «AprPrintXXI», 222. ISBN 978-601-80334-7-6.

16 Murray P.R., Baron E.J., Pfaller M.A., Tenover F.C., Tenover R.H. *Manual of clinical microbiology*. 7th ed. – Washington: ASM, 1995. – P. 1773. ISBN 000-1555811264.

17 Kavooosi G, Rowshan V (2013) Chemical composition and antimicrobial activities of essential oil obtained from *Ferula assa-foetida* oleo-gum-resin: Effect of collection time. *Food Chemistry*, 138:2180-2187. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.131.

18 Schepetkin IA, Kushnarenko SV, Özek G, Kirpotina LN, Utegenova GA, Kotukhov YA, Danilova AN, Özek T, Başer KHC, Quinn MT (2015) Inhibition of human neutrophil responses by essential oil of *Artemisia kotuchovii* and its constituents. *J. Agric. Food Chem.*, 63:4999-5007. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b01307.

