

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФІРНИХ ОЛІЙ ТА ЇХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЦИНІ

Л.В. Гаврилюк¹, Д.Т. Гентош², О.В. Башта²

¹Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: gavriluklilia410@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6901-0766

²Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)
e-mail: dgentosha@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8647-7843
e-mail: elenabashta@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4682-1595

У статті розглянуто сучасний стан наукових досліджень, присвячених лікарським та ефіроолійним культурам, які становлять важливу складову фармацевтичної, харчової та косметичної промисловості. Особливу увагу приділено аналізу наукової літератури останніх років, що охоплює широкий спектр тем, пов'язаних із вивченням морфолого-анатомічних, фітохімічних та фармакологічних властивостей цих рослин. Описано лікувальні властивості цих речовин, включно з протимікробною, антиоксидантною, протизапальною, спазмолітичною, седативною та алелопатичною дією, що відкриває нові можливості для використання цих культур у медицині та сільському господарстві. Значна увага приділяється потенціалу застосування ефірних олій і фітокомпонентів у різних сферах, а саме в медицині, фармацевтичній промисловості, сільському господарстві та екологічно орієнтованих технологіях. Окрім того, науковці розробляють нові препарати на основі алелохімічних речовин, які можуть замінити традиційні синтетичні засоби, адже у зв'язку з негативними наслідками тривалого використання синтетичних гербіцидів, які порушують екологічну рівновагу, спричиняють деградацію ґрунтів, забруднення водних ресурсів і накопичення токсичних речовин у харчовому ланцюгу, дедалі більше уваги приділяється пошуку екологічно безпечних альтернатив. Одним із перспективних напрямів є застосування ефірних олій, що мають виражений алелопатичний потенціал. Ці природні сполуки здатні пригнічувати ріст бур'янів та шкідливих мікроорганізмів завдяки вмісту біоактивних компонентів, як-от терпени, феноли та альдегіди. Використання ефірних олій як природних гербіцидів відкриває можливості для створення нових засобів захисту рослин, які є біологічно розкладними, нетоксичними та безпечними як для навколишнього середовища, так і для здоров'я людини. Крім того, такі препарати не викликають резистентності у бур'янів, що є важливою перевагою порівняно з хімічними аналогами. Тому, впровадження ефірних олій у практику агровиборництва може стати важливим кроком на шляху до сталого землеробства та біологізації сільського господарства.

Ключові слова: лікарські і ефіроолійні рослини, біоактивні речовини, протимікробна, антиоксидантна, протизапальна та алелопатична дії.

ВСТУП

Вивчення лікарських і ефіроолійних рослин на сьогодні є одним із ключових напрямів у біомедичних та аграрних науках. Ці культури розглядаються як цінне джерело натуральних біологічно активних речовин, що мають широкий спектр застосування: від створення лікарських засобів і косметичних препаратів до використання у засобах захисту рослин та функціональних харчових продуктах. Зростаючий попит на природну сировину, безпечну для довкілля

й здоров'я людини, обумовлює необхідність глибокого наукового аналізу потенціалу ефірних олій та фітокомпонентів [1].

Однак, ефективне впровадження цих ресурсів у практику нашої країни потребує низку наукових і технологічних викликів. Передусім бракує комплексної інформації щодо хімічного складу, механізмів дії, стабільності та біодоступності активних сполук. Багато видів лікарських рослин залишаються недостатньо дослідженими, а їхні препарати — не стандартизованими. Додаткові труднощі виникають через

залежність якісного складу сировини від чинників середовища: кліматичних умов, ґрунту, способів збирання і зберігання. Важливою екологічною проблемою є також потреба в збереженні природного різноманіття та у відповідальному застосуванні рослинних ресурсів.

Метою дослідження є аналіз сучасних наукових підходів до вивчення лікарських і ефіроолійних рослин, оцінка їхнього біологічного потенціалу, а також формування напрямів для подальших досліджень і практичного застосування в рамках стійкого розвитку біотехнологій та природоорієнтованих інновацій.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ефірні олії використовуються з давніх часів у багатьох культурах як засіб для поліпшення фізичного та психічного здоров'я. Вони застосовувалися ще в Давньому Єгипті, Індії, Китаї та інших країнах для релаксації, покращанні настрою, ароматерапії, косметології та медичних цілях, оскільки вони мають антисептичні, заспокійливі та лікувальні властивості. Використання ефірних олій датують приблизно 3000 років до н.е. [2; 3].

Наразі відомо понад 2000 видів рослин, уміст ефірних олій в яких коливається від 0,1 до 4%. Застосування ефірної олії залежить від їх хімічного складу та цінності компонентів. Кожна рослина має свої унікальні ароматичні властивості та належать переважно до таких родин, як *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae* [3].

В Україні вирощують близько 50 видів рослин, які можуть бути джерелом ефірних олій. Кожен вид має свої специфічні властивості та застосування. Серед розповсюджених видів рослин, до складу яких входять ефірні олії, є: лаванда (*Lavandula*), череда (*Bidens*), ромашка (*Matricaria*), меліса (*Melissa*), м'ята (*Mentha*), часник (*Allium*) тощо.

Дослідження лікарських та ароматичних рослин є зростаючою галуззю як у вітчизняній, так і в міжнародній науковій літературі. Вчені та дослідники в усьому світі

вивчають терапевтичні властивості різних рослин та ефірних олій на предмет їх потенційної лікувальної медичної користі.

Дослідниками A. Sher, D. Andrade, V. Rezende та ін. було з'ясовано, що ефірні олії здатні пригнічувати розмноження харчових патогенів, зокрема як-от *Salmonella* spp., *Escherichia coli* та *Listeria monocytogenes* [4]. У наукових працях D. Nazari, H. Badi, та ін. було проаналізовано антиоксидантну активність *Zataria multiflora* (затарія багато-квітка або чебрець Ширази) [5]. Останні роботи L. Kaïrey у співавт. із вченими повідомляють про ефективне застосування ефірної олії чайного дерева (протизапальна дія) [6]. В наукових працях C. Fernandes, A. Dias, J. Santos, I. da Silva, та M. Miranda розкрито аделопатичну та протигрибкову дію екстрагованих із сухих листків ефірних олій Каліптрантес концинна [7].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ця стаття має оглядовий характер і базується на аналізі наукових джерел, що висвітлюють сучасний стан досліджень лікарських і ефіроолійних культур. Інформаційною базою для написання роботи слугували публікації у рецензованих міжнародних та вітчизняних наукових журналах, а також дані з електронних наукових баз: PubMed, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar.

Методологія аналізу включала контент-аналіз наукових текстів, порівняння результатів, систематизацію знань із метою визначення основних тенденцій, проблемних аспектів та перспектив подальших досліджень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОРОДЖЕННЯ

Ефірні олії — це суміші природних ароматичних речовин маслянистої консистенції, що легко випаровуються та формуються в різних органах рослин, зокрема у листках, квітах, корі й коренях. Основу хімічного складу ефірних олій становлять переважно сполуки з класу терпеноїдів, хоча іноді до їхнього складу входять і пред-

ставники аліфатичних або ароматичних рядів. Серед компонентів можна виділити як вуглеводневі, так і кисневмісні речовини: спирти, феноли, альдегіди, кетони, кислоти, оксиди, а також прості та складні ефіри. Свою назву ці речовини отримали завдяки характерній властивості — легкій леткості (ефірність) та маслянистій консистенції (олії). У рослинах ефірні олії накопичуються в спеціалізованих структурах як зовнішнього (екзогенного), так і внутрішнього (ендогенного) походження [8; 9].

Фізико-хімічні та біологічні характеристики. Як правило, ефірні олії мають прозору або злегка жовтувате забарвлення. Водночас існують винятки, пов'язані з особливостями хімічного складу. Наприклад, ефірна олія бергамоту може мати зеленуватий відтінок завдяки наявності хлорофілу, а свіжа олія чебрецю — червонувате забарвлення (крім того, різні види чебрецю мають різне забарвлення ефірної олії, що обумовлено хімічним складом). Усі ефірні олії мають запашні речовини, добре розчиняються в жирних оліях та спирті [10].

Ефірні олії та сировина, що містять терпеноїди, мають широкий спектр біологічно активних речовин та корисні властивості. До прикладу, ефірна олія лаванди (*Lavandula spica*) має заспокійливу, спазмолітичну, антимікробну дію [11–13].

Також лаванда містить багато корисних елементів: кумарини, вітаміни, дубильні речовини, ліналоол, смоли, а також валеріанову, капронову та оцтову кислоти. Ефірна олія коріандру (*Coriandrum sativum*) має бактерицидну, слабку цитотоксичну, жовчогінну дію, а також покращує травлення та зменшує метеоризм [14].

Плоди коріандру містять низку біологічно активних сполук, серед яких терпени, аскорбінова кислота, фелландрен, пінени, жирні олії, пектинові речовини та алкалоїди. Ключову роль серед активних компонентів відіграє ефірна олія, що включає такі сполуки, як цимол, борнеол, ліналоол та їхні ефіри [15].

Ефірна олія м'яти (*Mentha piperita*) у своєму складі має ментол і терпеноїди: пінени, лимонен, цинеол, фелландрен та

ін., завдяки чому олія має антисептичну, спазмолітичну, жовчогінну дію. Також містить бактерицидну, протівірусну, протигрибкову дії. Ефективне її використання за гострих респіраторних і гострих респіраторно-вірусних інфекцій, є жарознижувальним засобом; сприяє відновленню голосу у разі ларингіту [16; 17].

Ефірна олія шавлії *Salvia officinalis* характеризується складним хімічним складом, завдяки якому вона має специфічний аромат і біологічну активність. До її компонентів входять терпени, кетони, ефіри та інші органічні сполуки, що визначають властивості цього ароматичного продукту. Серед позитивних властивостей, що впливають на стан людини слід зазначити бактерицидну та спазмолітичну дію [18; 19].

Вчені О.В. Шевчук, Л.М. Голосна та їх співавт. провели дослідження щодо фунгістатичної дії рослинних екстрактів проти альтернаріозу, де виявили, що екстракти шавлії лікарської, полину однорічного та маклеї серцеподібної проявили виражену фунгістатичну дію проти *Alternaria tenuissima*. Науковці вважають, що ці дані свідчать про потенційну можливість використання екстрактів цих рослин для розробки засобів захисту рослин від альтернаріозу в майбутньому [20].

Багато ефірних олій, завдяки їх антимікробній дії мають різноманітне застосування, а саме ефективно знищують деякі грибові, вірусні й бактеріальні збудники, включаючи стійких до метициліну *Staphylococcus aureus* і *Candida albicans*, які є поширеними мікроорганізмами мікробіому шкіри. Завдяки широкому спектру хімічних сполук, що входять до складу ефірних олій, рослини мають антимікробну дію, що пов'язана з поєднанням кількох механізмів дії на різні частини мікробної клітини. Також володіє антиоксидантними та протизапальними властивостями. Крім того, існує аделопатична взаємодія [21].

У сфері медицини активно використовують як ефіроолійну сировину, так і самі ефірні олії, включаючи їх окремі фракції та індивідуальні компоненти — наприклад, ментол, тимол і камфору. Такі

ефірні олії, як камфорна, скипидарна та розмаринова, часто входять до складу лікувальних мазей, призначених під час ревматичних болях, невралгії та симптомах застуди. Завдяки розчиненню у жирах, ці олії після нанесення на шкіру проявляють протизапальні властивості. Крім того, багато з них мають відхаркувальний ефект: вони впливають на секрецію бронхіальних залоз, регулюючи обсяг слизу. Деякі ефірні олії та сировина для їхнього добування (зокрема з чебрецю, пижма, полину) демонструють виражену антигельмінтну активність [22].

Антибактеріальна дія ефірних олій обумовлена їх гідрофобними властивостями. Завдяки цьому вони здатні взаємодіяти з ліпідною оболонкою бактеріальних клітин, порушуючи її цілісність і підвищуючи проникність мембрани. Найбільш ефективними у цьому плані вважаються ефірні олії, багаті на фенольні сполуки або альдегіди, як-от тимол, карвакрол, цитраль, евгенол, циннамальдегід. Ці компоненти руйнують мембрани мікроорганізмів, порушують електронний транспорт, протонний потік і викликають коагуляцію внутрішньоклітинного вмісту, що призводить до загибелі бактерій [23].

Важливо зазначити, що ефірні олії більш активні проти грампозитивних, ніж грамнегативних бактерій. Останні менш сприйнятливі до дії ефірних олій із зовнішньою мембраною, що оточує клітинну стінку, яка обмежує дифузію гідрофобних сполук через її ліпополісахаридну плівку. До того ж антибактеріальна активність ефірних олій пов'язана з їх хімічним складом, пропорціями летючих молекул та їх взаємодією [24]. Адитивний ефект спостерігається, коли комбінація дорівнює сумі окремих ефектів. Антагонізм відбувається, коли ефект однієї або обох сполук менш важливий, коли вони тестуються разом, ніж їх окреме використання.

Дослідження А. Sher, D. Andrade, V. Rezende та ін. показали, що ефірні олії здатні ефективно пригнічувати ріст і розмноження небезпечних харчових патогенів, зокрема як-от *Salmonella* spp., *Escherichia coli* та

Listeria monocytogenes. Це робить їх перспективною альтернативою традиційним антимікробним препаратам або ж допоміжним засобом до основного лікування, що може зменшити ризик токсичних побічних ефектів і підвищити загальну ефективність терапії [4; 25].

Антиоксидантна активність. Також численні наукові роботи підтверджують антиоксидантну активність ефірних олій. Їх здатність нейтралізувати вільні радикали прямо залежить від хімічного складу, насамперед від наявності фенольних сполук та інших біологічно активних компонентів. Встановлено, що фенольні сполуки та вторинні метаболіти з кон'югованими подвійними зв'язками зазвичай виявляють значні антиоксидантні властивості. У більшості ефірних олій переважають оксигеновані монотерпени, як-от спирти (*Achillea filipendulina*), альдегіди (*Galagania fragrantissima*), кетони (*Anethum graveolens*, *Artemisia rotifolia*, *Hyssopus seravschanicus*, *Mentha longifolia* та *Ziziphora clinopodioides*) та складні ефіри (*Salvia officinalis*) [5; 6; 26].

До числа ефірних олій із вираженими антиоксидантними властивостями належать олії кориці, мускатного горіха, гвоздики, чебрецю, васильок, петрушки та материнки. Основними активними речовинами в їхньому складі є тимол і карвакрол — сполуки з фенольною будовою, що обумовлює їхню високу біологічну активність. Крім того, антиоксидантна дія ефірних олій частково пояснюється наявністю таких компонентів, як спирти, ефіри, кетони, альдегіди й монотерпени: ліналоол, 1,8-цинеол, гераніал, нерал, цитронелаль, ізоментон, ментон, α -терпінен, β -терпінен та α -терпінолен [5].

Завдяки здатності нейтралізувати вільні радикали, ефірні олії можуть відігравати важливу роль у профілактиці хронічних і дегенеративних захворювань, зокрема серцево-судинних патологій, онкологічних процесів, нейродегенеративних порушень і ослаблення імунної системи. Ці захворювання можуть бути наслідком пошкодження клітин, викликаного вільними радикалами [26].

У наукових працях D. Nazari, H. Badi, A. Mehrafarin, F. Taj-abadi, M. Soltanipour було оцінено антиоксидантну активність ефірної олії *Zataria multiflora* (затарія багатоквіткова) у щурів. Антиоксидантну активність вимірювали за допомогою тесту на інгібування радикалів 1,1-дифеніл-2-пікрілгідразу та інгібування перекисного окислення ліпідів шляхом вимірювання індексу реактивних речовин тіобарбітурової кислоти. Три дози 100, 200 і 400 мкл/кг вводили тваринам шляхом внутрішньошлункової інтубації впродовж 10 діб. Кров збирали на одинадцятий день шляхом прямої пункції та швидко вирізали печінку. Гістопатологічні дослідження тварин порівнювали з тваринами в групі бутильованого гідроксилтолуолу. Автори повідомили, що всі випробувані дози олії *Zataria multiflora* здатні поглинати радикал ($p < 0,05$), а також не було жодних змін у ферментах тесту функції печінки або змін у гістопатології печінки. Результати показали, що ефірна олія *Zataria multiflora* може бути використана людиною та харчовій промисловості [5; 26].

Протизапальні властивості. Запалення — це природна захисна відповідь організму, яка виникає у відповідь на інфекційне ураження або пошкодження тканин. Його основна функція полягає в нейтралізації патогенних мікроорганізмів, чужорідних клітин і виведенні пошкоджених чи загнаних клітин власного організму. Запальна реакція індукує підвищення проникності ендотеліальних клітин вистилання та приплив лейкоцитів крові в інтерстицій, окислювальний вибух і вивільнення цитокінів, як-от інтерлейкіни та чинник некрозу пухлини- α . Він також стимулює активність низки ферментів (оксигенази, синтази оксиду азоту, пероксидази та ін.), а також метаболізм арахідонової кислоти. Останні дослідження L. Kaïrey та співавт. свідчать про ефективне застосування ефірних олій у клінічній практиці для терапії запальних станів, зокрема ревматизму, артриту та алергічних реакцій. Зокрема, ефірна олія чайного дерева (*Melaleuca alternifolia*) демонструє виражену протизапальну дію,

що пов'язують із вмістом α -терпінолену — основного активного компонента. Механізм дії ефірних олій полягає у зниженні синтезу медіаторів запалення або пригніченні вивільнення гістаміну. Іншим прикладом є геранієва олія, у складі якої ліналоол і ліналілацетат виявляють протинабрякову активність у моделях, викликаних карагеном у лабораторних тварин [6].

Протизапальну дію ефірних олій можна пояснити не тільки їхньою антиоксидантною активністю, але й їхньою взаємодією з сигнальними каскадами, що включають цитокіни та регуляторні чинники транскрипції, а також з експресією прозапальних генів. Отже, ефірні олії — це новий варіант у лікуванні запальних захворювань.

Крім того, вони містять фенольні сполуки, які можуть поглинатися через органи дихання (інгаляція), через шкіру (місцево) або за перорального введення. Рідше вони вводяться трансмукозально через пряму кишку або піхву. Рослинні ефірні олії містять ліпофільні леткі речовини, які вільно проникають через клітинні мембрани. Після поглинання їх хімічна різноманітність, низька молекулярна маса та структура допомагають їм виробляти широкий спектр активності завдяки багатьох шляхам, механізмам та фармакологічним мішеням [27].

Численні докази підтверджують вплив запахів на мозок і емоції людини. Молекули ефірної олії мають унікальну кваліфікацію, щоб впливати на настрій, пильність, стрес, занепокоєння та виконання завдань через їх прямиий зв'язок із областями мозку, залученими до емоцій та пізнання, особливо лімбічної системи [27].

Алелопатична активність. Відповідно до Міжнародного товариства алелопатії, алелопатія була визначена в 1996 р. як «наука, яка вивчає будь-який процес за участю вторинних метаболітів, що виробляються рослинами, водоростями, бактеріями та грибами, що впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських і біологічних систем». Алелопатичні ефекти виникають внаслідок утворення вторинних метаболітів — сполук, які синтезуються рослинами та мікроорганізмами як захисна відповідь

на вплив навколишнього середовища. Ці речовини, які беруть участь у взаємодії між організмами, отримали назву алелохімікати [27].

Леткі ефірні олії та їхні окремі компоненти активно вивчаються як перспективні засоби боротьби з бур'янами та шкідниками. Їх розглядають немов потенційне джерело біологічно активних молекул, які можуть знайти широке застосування у сільському господарстві. Терпеноїди, які входять до складу цих олій, відіграють ключову роль у природному захисті багатьох організмів і водночас залишаються малодослідженим, але багатообіцяльним ресурсом для аграрного сектору. Багато алелохімічних сполук із вираженою фітотоксичною активністю формуються за участі біосинтетичних шляхів терпеноїдної природи. Дослідження підтверджують, що ефірні олії можуть чинити значний фітотоксичний вплив. Зокрема, вивчали алелопатичну дію ефірної олії чайного дерева (*Melaleuca alternifolia*) у контексті її впливу на *Trichoderma harzianum* — грибовий контамінант, що викликає значні втрати за вирощування грибів роду *Pleurotus*. Результати *in vitro* досліджень свідчать, що ця ефірна олія ефективно пригнічує розвиток *T. harzianum* за рахунок своєї алелопатичної активності [28; 29].

У працях С. Fernandes, A. Dias, J. Santos, I. da Silva, та М. Miranda повідомляється про хімічний склад, алелопатичну та протигрибову дію ефірних олій, екстрагованих із сухих листків *Calyptanthus concinna* (Сс-ЕО), та його чистого основного компонента елеміцину. Їхню протигрибову активність визначали завдяки методу дискової дифузії [7]. Алелопатичний ефект оцінювали, вивчаючи пригнічення проростання та росту насіння *Lactuca sativa* (салат латук). Хімічний склад Сс-ЕО виявляли за допомогою аналізів GC-MS та GC-FID. Основними компонентами Сс-ЕО були елеміцин (60,5%), α -кадиол (9,0%) і каріофіленоксид (8,3%). Сс-ЕО та елеміцин аналізували *in vitro* проти 17 грибів (*Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. nomius*, *Penicillium digitatum*, *P. expansum*, *Sclerotinia sclerotiorum*,

S. rolfisii, *S. minor*, *Fusarium graminearum*, *Myrothecium verrucaria*, *Corynespora cassicola*, *Erwinia psidii*, *Colletotrichum musae*, *Alternaria carthami*, *Rhizoctonia solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Macrophomina phaseolina*). Концентрація Сс-ЕО (0,4 мг/мл) пригнічувала 100% ріст міцелію семи штамів, що еквівалентно фунгіциду флуазинаму, який використовувався як позитивний контроль [7]. Елеміцин продемонстрував протигрибову активність проти всіх грибів у всіх досліджуваних концентраціях (вище 50%). Сильний алелопатичний ефект був зафіксований для Сс-ЕО та елеміцину в дозі 0,28 мг/мл, з майже повним пригніченням проростання. Це дослідження вперше виявило сильну фунгіцидну та алелопатичну дію Сс-ЕО та елеміцину, що є важливим відкриттям для агрохімічної галузі [7].

Єгипетськими вченими R. Elghobashy, S. El-Darier, A. Atia та M. Zakaria було вивчено алелопатичний вплив ефірних олій та водних екстрактів *Rosmarinus officinalis* (розмарин) та *Thymus vulgaris* (чебрець) як джерело нових природних гербіцидних сполук для придушення двох видів бур'янів: *Chenopodium album* та *Echinochloa crus-galli*. Основними компонентами, виявленими в ефірній олії чебрецю, були тимол, о-цимен, каріофілен та гамма-терпінен. Результати показали, що ефірні олії чебрецю мали найбільш негативний вплив, пригнічуючи проростання бур'янів. Як ефірні олії розмарину, так і чебрецю мали загалом знижувальний вплив на параметри росту бур'янів. Ефірні олії розмарину та чебрецю мають алелопатичний потенціал і повинні оцінюватися як алелопатичні агенти, що використовуються для боротьби з бур'янами [30].

З огляду на те, що тривале застосування синтетичних гербіцидів становить загрозу для екологічної рівноваги та стійкості агровиробництва, ефірні олії з алелопатичним потенціалом розглядаються як перспективна альтернатива. Їх використання може сприяти створенню безпечних для довкілля, біологічно розкладаних і нетоксичних речовин, здатних ефективно замінити хімічні засоби захисту рослин.

ВИСНОВКИ

Опрацьований значний обсяг літературних джерел дав змогу висвітлити найперспективніші напрями використання та наведення сучасних досліджень та результатів оцінки ефективності застосування ефірних олій. Сучасні досягнення, що здійснюються науковцями з усього світу, в галузі дослідження щодо використання та дії деяких компонентів ефіроолійних рослин, свідчать про зростаючий інтерес до природних джерел біологічно активних речовин. Рослинні ефірні олії та інші фітокомпоненти є засобами не лише народної чи тра-

диційної медицини, а й фармакопейними засобами, офіційними засобами гуманної і ветеринарної медицини. Результати досліджень підтверджують високу ефективність цих сполук у медичній, фармацевтичній, косметичній та аграрній сферах. Особлива увага приділяється розкриттю механізмів їх дії на рівні клітин і молекул, а також їх впливу на патогени, запальні реакції й окислювальні процеси. Крім того, науковці розробляють безпечні для довкілля біопрепарати на основі аеллохімічних речовин, які можуть замінити традиційні синтетичні засоби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глушенко, Л. А., & Приведенюк, Н. В. (2023). Перспективи вирощування лікарських, ефіроолійних і пряноароматичних культур в умовах України. *Збалансоване природокористування*, (4), 41–49. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292734>.
2. Udourioh, G. A., Bazza, B. M., Pilani, M. P., & Solomon, M. M. (2025). Therapeutic characteristics of essential oils: historical and scientific considerations. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 29(2), 569–579. DOI: <https://doi.org/10.4314/jasem.v29i2.28>.
3. Johnson, S. A., Rodriguez, D., & Allred, K. (2020). A systematic review of essential oils and the endocannabinoid system: a connection worthy of further exploration. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1, 8035301. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8035301>.
4. Sher, A., Andrade, D., Rezende, V., Aoyanagi, M., Franco, B., Kamimura, E., & Oliveira, C. (2022). Essential oils as potential tools to control *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Science and Engineering*, 3(2), 184–193. DOI: <http://dx.doi.org/10.37256/fse.3220221769>.
5. Nazari, D., Badi, H. N., Mehrafarin, A., Taj-abadi, F., & Soltanipour, M. (2024). Expression of the changes in essential oil components of Shirazi thyme (*Zataria multiflora* Boiss.) as affected by various drying methods. *Industrial Crops and Products*, 220, 119222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119222>.
6. Kairey, L., Agnew, T., Bowles, E.J., Barkla, B.J., Wardle, J., & Lauche, R. (2023). Efficacy and safety of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil for human health. A systematic review of randomized controlled trials. *Frontiers in pharmacology*, 14, 1116077. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1116077>.
7. Fernandes, C. C., Dias, A. L., Santos, J. G. D., da Silva, I. J., & Miranda, M. L. (2024). Antifungal and allelopathic effects of essential oil from *Calyptanthus concinna* dc. Dried leaves and of its major constituent elemicin. *Agronomy*, 14(7), 1527. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071527>.
8. De Sousa, D. P., Damasceno, R. O. S., Amorati, R., Elshabrawy, H. A., de Castro, R. D., Bezerra, D. P., ... Lima, T. C. (2023). Essential oils: Chemistry and pharmacological activities. *Biomolecules*, 13(7), 1144. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom13071144>.
9. Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari Lajayer, B., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of essential oils and plant extracts in different industries. *Molecules*, 27(24), 8999. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27248999>.
10. Sadgrove, N. J., Padilla-González, G. F., & Phumthum, M. (2022). Fundamental chemistry of essential oils and volatile organic compounds, methods of analysis and authentication. *Plants*, 11(6), 789. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11060789>.
11. Crișan, I., Ona, A., Vârban, D., Muntean, L., Vârban, R., Stoie, T., ... Morea, A. (2023). Current trends for lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) crops and products with emphasis on essential oil quality. *Plants*, 12(2), 357. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12020357>.
12. Siddique, A. B., Ahsan, H., Shahid, M., Aslam, B., Nawaz, Z., Hussain, R., ... Li, K. (2025). Preparation and characterization of essential oil from lavender spica plant and its antimicrobial activity against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Microbial Pathogenesis*, 198, 107157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.107157>.
13. Свиденко, Л. В., Глушенко, Л. А., Вергун, О. М., Гудзь, Н. І., & Марковська, О. Є. (2022). Оцінка впливу погодних умов на господарсько-цінні ознаки *Lavandula angustifolia* L. в умовах Херсонської обл. *Агроекологічний журнал*, (3), 84–93. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266413>.
14. Al-Khayri, J. M., Banadka, A., Nandhini, M., Nagella, P., Al-Mssallem, M. Q., & Alessa F. M. (2023). Essential oil from *Coriandrum sativum*: A review on its phytochemistry and biological activity. *Molecules*, 28(2), 696. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28020696>.
15. Talebi, S. M., Naser, A., & Ghorbanpour, M. (2024). Chemical composition and antimicrobial activity of

- the essential oils in different populations of *Coriandrum sativum* L. (coriander) from Iran and Iraq. *Food Science & Nutrition*, 12(6), 3872–3882. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.4047>.
16. Hudz, N., Kobylinska, L., Pokajewicz, K., Horčinová Sedláčková, V., Fedin, R., ... Lipok, J. (2023). *Mentha piperita*: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products. *Molecules*, 28(21), 7444. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28217444>.
 17. El Maimouni, M. A., El Amrani, S., Fadil, M., Menyiy, N., Bouslamti, R., Annemer, S., ... Lalami, A. (2024). Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Multivariate Analysis of Four Moroccan Essential Oils: *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus serpyllum*, and *Thymus zygis*. *The Scientific World Journal*, 1, 5552496. DOI: <https://doi.org/10.1155/tswj/5552496>.
 18. Jažo, Z., Glumac, M., Paštar, V., Bektić, S., Radan, M., & Carev, I. (2023). Chemical composition and biological activity of *Salvia officinalis* L. essential oil. *Plants*, 12(9), 1794. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12091794>.
 19. Mot, M. D., Gavrilaș, S., Lupitu, A. I., Moisa, C., Chambre, D., Tit, D. M., ... Bungau, S. G. (2022). *Salvia officinalis* L. essential oil: Characterization, antioxidant properties, and the effects of aromatherapy in adult patients. *Antioxidants*, 11(5), 808. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11050808>.
 20. Шевчук, О. В. Голосна, Л. М., Афанасьєва, О. Т., Заславський, О. М., Приведенюк, Н. В., & Куцук, Т. П. (2021). Вплив рослинних екстрактів на *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire в умовах *in vitro*. *Карантин і захист рослин*, 4(267), 23–28. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.4.23-28>.
 21. Hou, T., Sana, S. S., Li, H., Xing, Y., Nanda, A., Netala, V. R., & Zhang, Z. (2022). Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. *Food Bioscience*, 47, 101716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101716>.
 22. Kluj, A., Kosiada, M., Mularczyk, P., Robakowski, F., Spławski, J., Tylkowska, K., & Hadaś, E. (2023). The use of phytotherapy in the fight against parasitic diseases. *Annals of Parasitology*, 69(3/4), 91–102. DOI: <https://doi.org/10.17420/ap6903/4.513>.
 23. Ouedrhiri, W., Mechchate, H., Moja, S., Baudino, S., Saleh, A., Al Kamaly, ... Greche, H. (2022). Optimized antibacterial effects in a designed mixture of essential oils of *Myrtus communis*, *Artemisia herba-alba* and *Thymus serpyllum* for wide range of applications. *Foods*, 11(1), 132. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11010132>.
 24. Yamaguchi, T. (2022). Antibacterial effect of the combination of terpenoids. *Archives of Microbiology*, 204(8), 520. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03142-y>.
 25. Maurya, A., Prasad, J., Das, S., & Dwivedy, A. K. (2021). Essential oils and their application in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 20(5), 653420. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.653420>.
 26. Tohidi-Nejad, Z., Khajoei-Nejad, G., Tohidi-Nejad, E., & Ghanbari, J. (2024). Essential oil production, chemical composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* as affected by harvesting season and drying conditions. *Drying Technology*, 42(7), 1208–1220. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2024.2332464>.
 27. Johnson, S. A., Rodriguez, D., & Allred, K. (2020). A systematic review of essential oils and the endocannabinoid system: A connection that deserves further investigation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 8035301. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8035301>.
 28. Chandrawanshi, N. K., & Tandia, D. K. (2024). Determination of Antimicrobial Potency of some Polar Solvent Extracts of Polypore Mushrooms. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 17(12), 5689–5696. DOI: <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2024.00866>.
 29. Yang, X., Li, T., Liu, Y., Gu, Y., Li, J., Wang, C., ... Cheng, F. (2024). *Bacillus* sp. alone or combined with salicylic acid inhibited *Trichoderma* spp. infection on harvested white *Hypsizygus marmoreus*. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1324833. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1324833>.
 30. Elghobashy, R. M., El-Darier, S. M., Atia, A. M., & Zakaria, M. (2024). Allelopathic potential of aqueous extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. and *Thymus vulgaris* L. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24(1), 700–715. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01576-x>.

Стаття надійшла до редакції журналу 22.06.2025