

УДК 615.281.9 : 665.354

І.В. Страшнова, Ф.П. Ткаченко, Є.І. Чигріна

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
e-mail: fabiyanska@ukr.net

АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ОЛІЙ З НАСІННЯ ГАРБУЗА ЗВИЧАЙНОГО, КІСТОЧОК ВИНОГРАДУ І ПЛОДІВ ОБЛІПХИ

Наразі не втрачає своєї актуальності пошук нових альтернативних ефективних джерел для отримання сполук з антимікробною активністю. **Мета.** Дослідити антимікробну активність олій, отриманих методом холодного пресування з насіння гарбуза звичайного, кісточок винограду і плодів обліпихи. **Методи.** Антимікробну дію олій з насіння гарбуза, кісточок винограду і плодів обліпихи щодо штамів індикаторних мікроорганізмів *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Micrococcus luteus* ATCC 4698, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Kocuria rhizophila* DSM 3480, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus vulgaris* ATCC 6896, *Salmonella enterica* NCTC 6017, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Pseudomonas putida* KT 2440 та *Candida albicans* ATCC 18804 визначали на напіврідкому середовищі LB методом лунок. **Результати.** Усі протестовані рослинні олії проявили антимікробну активність щодо окремих штамів грампозитивних і грамнегативних бактерій, але виявилися неефективними проти *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *P. putida* та еукаріотичного мікроорганізму *C. albicans*. Штами грампозитивних бактерій виявилися більш чутливими до дії усіх трьох видів рослинних олій. Найбільш чутливим був штамі *M. luteus* ATCC 4698, розміри зон відсутності росту якого перевищували 16 мм за впливу усіх протестованих олій. Кращу ефективність щодо чутливих тест-штамів індикаторних мікроорганізмів проявила олія з насіння гарбуза. **Висновки.** Рослинні олії, отримані методом холодного пресування з насіння гарбуза, кісточок винограду і плодів обліпихи, проявили варіативну антимікробну активність, яка кращою була у олій з насіння гарбуза. До її впливу найчутливішими були штамі *K. rhizophila* DSM 3480 і *M. luteus* ATCC 4698, розміри зон відсутності росту яких склали $16,5 \pm 0,1$ мм і $16,3 \pm 0,2$ мм, відповідно. Проведення подальших досліджень необхідне для визначення хімічного складу і кількісної оцінки біоактивних сполук цих олій, а також механізму їх дії на клітини мікроорганізмів.

Ключові слова: антимікробна активність, рослинні олії, індикаторні мікроорганізми



Рослинні олії досить різноманітні за своїм складом та біологічними властивостями і широко використовуються передусім у харчовій і фармацевтичній промисловості, а також у медицині. Рослинні олії – це екологічно чиста сировина, яка в достатній кількості є в природі, доступна в усьому світі та має відносно низьку вартість. Їх біомолекулам притаманні різноманітні біологічні властивості, зокрема антиоксидантні, антибактеріальні, протизапальні та протипухлинні, завдяки чому рослинні олії є досить перспективними в певних аспектах біомедицини [19]. Рослинні олії холодного пресування вважаються більш якісними і корисними за харчовою цінністю, ніж ті, які оброблені термічно або розчинниками [7, 17].

Гарбуз звичайний (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbitaceae*) має високу харчову та лікувальну цінність [5]. Його плоди, квіти та насіння споживали як овочі, які багаті на вітаміни та антиоксиданти. Екстракти інгредієнтів гарбуза (шкірка, м'якоть, олія з насіння та борошно із знежиреного насіння) мають різноманітну біологічну активність, включаючи антимікробну, противірусну, цитотоксичну та протипухлинну [5, 25].

Олія з насіння гарбуза темно-зеленого кольору, містить велику кількість вільних жирних кислот, включаючи чотири панівні жирні кислоти (олеїнову, лінолеву, пальмітинову та стеаринову) з відносним розподілом 43,8%, 33,1%, 13,4% та 7,8%, відповідно, що становить $98 \pm 0,1\%$ від загальної кількості жирних кислот [25]. Завдяки наявності у складі корисних речовин, зокрема, вітамінів А, С та Е, каротиноїдів, флавоноїдів, фітостеролів, фосфоліпідів, хлорофілу, ненасичених жирних кислот, мікроелементів, наприклад, цинку і селену, гарбузова олія використовується в косметології і медицині [22]. Вона також проявляє антимікробні властивості, які можуть знайти практичне застосування в харчовій та фармацевтичній промисловості.

Кісточки винограду (*Vitis vinifera* L., *Vitaceae*) використовують для отримання олії як функціонального харчового продукту. Завдяки органолептичним властивостям, зокрема аромату та приємному смаку, вона використовується в кулінарії [15]. Ця олія містить значну кількість гідрофільних компонентів, таких як фенольні і ліпофільні сполуки, ненасичені жирні кислоти і фітостероли. Серед фенольних сполук у складі олії з кісточок винограду на увагу заслуговують ресвератрол, кверцетин, проціанідини, які проявляють протизапальну, антиоксидантну, протимікробну, протипухлинну, кардіопротекторну активність та гальмують вікові процеси старіння [9].

Обліпіха (*Hippophae rhamnoides* L., *Elaeagnaceae*) викликає інтерес у харчовому та лікувальному аспекті завдяки великій кількості біоактивних сполук [8]. Серед них антиоксидантну активність виявляють аскорбінова кислота, токофероли, каротиноїди, флавоноїди. Останніми роками було проведено багато досліджень з вивчення біологічної активності екстрактів плодів і листя обліпіхи, які проявляють протизапальну, імуномодельовальну, радіопротекторну, адаптогенну, протипухлинну дію тощо. Важливо підкреслити, що в насінні, м'якоті, плодах і соку обліпіхи міститься понад 190 сполук, у тому числі водо- та жиророзчинні вітаміни, жирні кислоти, органічні кислоти, каротиноїди, вуглеводи, амінокислоти та ін. [20].

Олії з плодів обліпихи притаманні ранозагоювальні властивості, вона не токсична, не має побічних ефектів; її можна використовувати як протипсоріатичний нутрицевтик. Водний екстракт листя обліпихи сприяє загоєнню ран, водні та водно-спиртові екстракти листя та плодів проявляють пригнічувальний ефект проти багатьох мікроорганізмів [27].

Метою цієї роботи було дослідити антимікробну активність олій, отриманих методом холодного пресування з насіння гарбуза звичайного, кісточок винограду та плодів обліпихи.

Матеріали і методи

В експерименті використано тест-штами індикаторних мікроорганізмів, які зберігаються в колекції кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Штами індикаторних мікроорганізмів були представлені грампозитивними (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Micrococcus luteus* ATCC 4698, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Kocuria rhizophila* DSM 3480) та грамнегативними (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus vulgaris* ATCC 6896, *Salmonella enterica* NCTC 6017, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Pseudomonas putida* KT 2440) бактеріями і дріжджоподібним грибом *Candida albicans* ATCC 18804. Антимікробну дію рослинних олій, отриманих методом холодного пресування з насіння гарбуза, кісточок винограду та плодів обліпихи, визначали на середовищі LB (LB broth (MILLER) for Microbiology (Merck), Darmstadt, Germany) із 0,7% вмістом агар-агару методом лунок [1].

Штами індикаторних бактерій попередньо культивували у живильному бульйоні (GranuCult® Nutrient Broth, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) упродовж 24 год при 37 °С. Штам *C. albicans* – у рідкому середовищі Сабуро (NutriSelect® Plus Sabouraud-2% Dextrose Broth, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) упродовж 24 год при 30 °С.

В день експерименту на поверхні напіврідкого середовища LB в чашках Петрі, попередньо засіяного 100 мкл добової культури індикаторного штаму (10^9 клітин/мл), стерильним пробійником робили лунки на однаковій відстані одна від одної і від краю чашки. В лунки вносили по 150 мкл комерційних нестерилізованих рослинних олій, отриманих методом холодного пресування, ТМ «Агросільпром». Використано олії з насіння гарбуза звичайного, кісточок винограду та плодів обліпихи, відповідно. Стерильний 0,9% розчин NaCl використано як негативний контроль, стерильний 10,0% водний розчин антибіотику цефтріаксон – як позитивний контроль.

Експеримент проведено в трьох повторях. Посіви бактерій інкубували 24 год при 37 °С, *C. albicans* – 48 год при 30 °С, після чого вимірювали розміри зон відсутності росту індикаторних штамів навколо лунок. Для аналізу результатів проведено описову статистику, яку здійснювали за допомогою програми Microsoft Office Excel-2016.



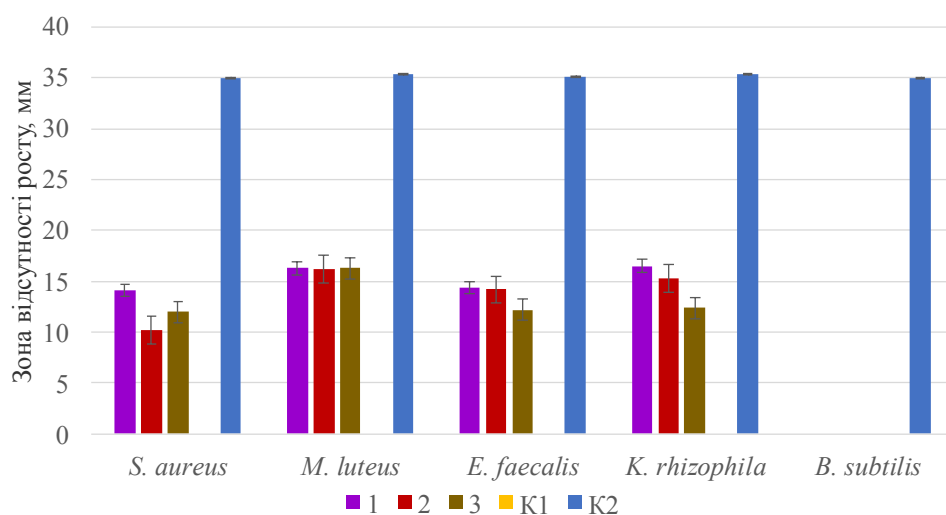
Результати дослідження та їх обговорення

Наразі зростає увага до пошуку натуральних продуктів, які можуть бути більш безпечною та ефективною альтернативою антимікробним агентам і джерелом нових сполук для сприяння благополуччю та здоров'ю людини. Серед численних біологічних ефектів, які проявляють рослинні олії, увагу привертають антимікробні властивості.

Результати визначення антимікробної активності трьох видів рослинних олій щодо тест-штамів індикаторних мікроорганізмів наведено на рисунках 1, 2.

Серед індикаторних штамів грампозитивних бактерій найбільшу чутливість до усіх взятих у дослід рослинних олій проявив штам *M. luteus* ATCC 4698 (розміри зон відсутності росту визначені у межах $16,3 \pm 0,2$ мм). Нечутливим до дії олій був штам *B. subtilis* ATCC 6633. На наш погляд, це пояснюється природною стійкістю, одним із прикладів якої є утворення ендоспор представниками роду *Bacillus* за несприятливих умов. Найменшу чутливість проявив штам *S. aureus* ATCC 25923. Розміри зон відсутності росту цього штаму коливалися від $12,0 \pm 0,1$ мм за дії олії з плодів обліпихи до $14,1 \pm 0,1$ мм під впливом олії з насіння гарбуза звичайного (рис. 1).

Із використаних олій найкраща антибактеріальна активність проти грампозитивних бактерій виявлена в олії з насіння гарбуза, до дії якої найбільш чутливими були штами *K. rhizophila* DSM 3480 і *M. luteus* ATCC 4698, розміри зон відсутності росту яких склали $16,5 \pm 0,1$ мм і $16,3 \pm 0,2$ мм, відповідно. Найменший антибактеріальний ефект мала олія з кісточок винограду щодо *S. aureus* ATCC 25923 (зона відсутності росту дорівнювала



1 – олія з насіння гарбуза звичайного; 2 – олія з кісточок винограду;
3 – олія з плодів обліпихи; K1 – фізрозчин (негативний контроль);
K2 – цефтріаксон (позитивний контроль)

Рис. 1. Антимікробна активність рослинних олій щодо грампозитивних бактерій

Fig. 1. Antimicrobial activity of vegetable oils against Gram-positive bacteria



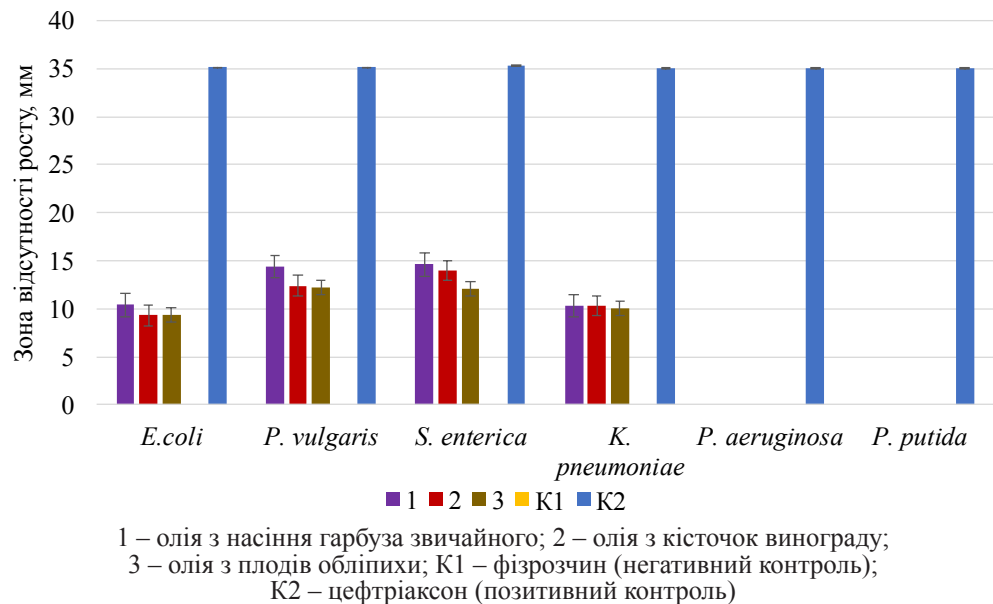


Рис. 2. Антимікробна активність рослинних олій щодо грамнегативних бактерій

Fig. 2. Antimicrobial activity of plant oils against Gram-negative bacteria

10,2 ± 0,2 мм). Чутливість інших штамів до олії з виноградних кісточок була дещо кращою, ніж стафілококу: розміри зон відсутності росту варіювали від 14,2 ± 0,1 мм (визначено для *E. faecalis* ATCC 29212) до 16,2 ± 0,2 мм (визначено для *M. luteus* ATCC 4698). Олія з плодів обліпихи найкраще пригнічувала ріст *M. luteus* ATCC 4698 (так само як за дії олії з насіння гарбуза, розмір зони відсутності росту цього штаму перевищив 16 мм). Інші індикаторні грампозитивні бактерії (*S. aureus*, *M. luteus* і *K. rhizophila*) виявилися менш чутливими до біологічно активних речовин цієї олії.

Як індикаторні штами грамнегативних бактерій були задіяні представники родини *Enterobacteriaceae* (*E. coli*, *P. vulgaris*, *S. enterica*, *K. pneumoniae*) і *Pseudomonadaceae* (*P. aeruginosa*, *P. putida*). Відразу зауважимо, що штами *P. aeruginosa* ATCC 27853 і *P. putida* КТ 2440 проявили стійкість до усіх олій. Щодо штамів кишкової групи, то найчутливішим до дії усіх олій був *S. enterica* NCTC 6017, найстійкішим – *E. coli* ATCC 25922 (рис. 2). Розміри зон відсутності росту штаму *S. enterica* NCTC 6017 склали 14,6 ± 0,2 мм, 14,0 ± 0,1 мм і 12,1 ± 0,1 мм за впливу олій з насіння гарбуза, кісточок винограду і плодів обліпихи, відповідно. Також відзначимо чутливість до олій штаму *P. vulgaris* ATCC 6896, на який найбільш суттєво, із досліджених, вплинула олія з насіння гарбуза. За її дії зона відсутності росту цього штаму склала 14,4 ± 0,1 мм. Щодо штаму кишкової палички, то найбільша зона відсутності росту (10,4 ± 0,2 мм) спостерігалася за дії олії з насіння гарбуза, менші (9,4 ± 0,1 мм і 9,3 ± 0,1 мм) – за дії олій з кісточок винограду і обліпихи, відповідно. Значну стійкість до олій проявив штам *K. pneumoniae* ATCC 10031, найменшу зону відсутності росту якого визначено за впливу олії з плодів обліпихи.



Як і у випадку грампозитивних бактерій, найкраща активність щодо грамнегативних бактерій відзначена в олії з насіння гарбуза. За дії цієї олії розміри зон відсутності росту коливалися від $10,3 \pm 0,2$ мм (у *K. pneumoniae* ATCC 10031) до $14,6 \pm 0,2$ мм (у *S. enterica* NCTC 6017). Менш виражені антибактеріальні властивості в олії з кісточок винограду, найменш ефективною щодо використаних індикаторних штамів була олія з плодів обліпихи.

Порівнюючи результати досліджень, наведених на рисунках 1 і 2, значимо, що загалом грампозитивні бактерії більш чутливі до дії взятих у дослід рослинних олій. У дослідженнях, проведених Ivanišová E. et al. (2020), щодо визначення антимікробної дії екстрактів обліпихи, також відмічається краща антибактеріальна активність проти грампозитивних, ніж грамнегативних бактерій. Автори пояснюють такі результати різницею у будові клітинних стінок. Грамнегативні бактерії мають зовнішню мембрану, яка складається з ліпопротеїну та ліпополіцукриду, що робить її вибірково проникною, і тому грамнегативні бактерії загалом менш чутливі до рослинних екстрактів, ніж грампозитивні [12].

Як і штами псевдомонад, абсолютну стійкість до дії олій виявив штам еукаріотичних мікроорганізмів *C. albicans* ATCC 18804.

Серед досліджених рослинних олій кращу антимікробну активність продемонструвала олія з насіння гарбуза. Проте, у порівнянні з контролем 2 (10,0% розчин цефтріаксону) антибіотична активність тестованих олій виявилася більш, ніж у 2 рази меншою. За припущеннями Santos J. S. et al. (2018) на біоактивні властивості олій можуть впливати способи вирощування рослин, причому олії, отримані з насіння органічно вирощених рослин, є більш ефективними, ніж олії, отримані із рослин, вирощених традиційним способом [21]. Тим не менше, прояв антимікробної активності оліями разом з протизапальними, протипухлинними, антиоксидантними властивостями характеризує їх як такі, що корисні для організму людини, та свідчить про перспективність і необхідність подальших досліджень для використання у біомедичній галузі.

Рослинні олії, а особливо їх есенціальний компонент, містять від 20 до 60 біологічно активних сполук. Це суміш терпенів, терпеноїдів, камфори, карвакролу, евганолу, гідрокарбонів, кетонів, фенолів та інших ароматичних і аліфатичних речовин, серед яких є хімічні компоненти з антимікробною дією [6]. Перш за все, антимікробну дію рослинних олій пов'язують з фенольними сполуками, а чутливість бактерій залежить від архітекτονіки клітинної стінки.

У дослідженнях щодо вивчення антиоксидантних та антимікробних властивостей шкірки, м'якоті та насіння гарбуза (*Cucurbita maxima*), проведених Hussain A. et al. (2021), антибактеріальна дія фенольних сполук пояснюється взаємодією цих сполук із клітинними компонентами бактерій, результатом чого є витік нуклеотидів і білкового матеріалу в позаклітинні області [11]. Song H. M. & Sun Z. X. (2017) в проведеному експерименті показали, що, окрім фенольних сполук, поліцукриди гарбуза в концентрації 200 мг/мл виявляють антибактеріальну дію проти *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* і *E. coli* [23]. Антимікробні властивості поліцукридів встановлені Leichtweis M. G. et al. (2022) при дослідженні ефекту олії з насіння гарбуза щодо *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus* і



Aspergillus niger [13]. Про значні пригнічувальні ефекти гарбузової олії проти широкого спектру мікроорганізмів, включаючи бактерії (*E. coli*, *K. pneumonia*, *P. putida*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, *Staphylococcus warneri*) і міцеліальні гриби (*Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella arachidicola*), йдеться у роботі Tambe S. et al. (2024). Автори пояснюють антимікробну активність з наявністю у насінні гарбуза низки біологічно активних речовин, зокрема флавоноїдів, глікозидів, сапонінів, а також білка кукурмушина. При цьому вони зазначають, що грампозитивні бактерії більш чутливі до дії метаболітів гарбуза, ніж грамнегативні і це пов'язано із будовою клітинних стінок: у грамнегативних бактерій ліполіцукриди клітинної стінки, зв'язуючись, з біологічно активними речовинами насіння гарбуза, блокують їх проникнення через цитоплазматичну мембрану [26]. Також про високий антимікробний потенціал біологічно активних речовин насіння гарбуза *Cucurbita pepo* var. *fastigata* проти *B. subtilis* і *S. aureus* повідомляється у роботі Soni R. R. S. & Bali M. (2019). При цьому автори не виявили пригнічувальної дії щодо *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* і *A. niger* [24]. Натомість, Amin et al. (2020) встановили високу ефективність насіння гарбуза проти різних штамів *E. coli* та *Shigella sonnei*, а також повідомили про значно вищу антибактеріальну активність олії, отриманої з місцевого генотипу *Cucurbita maxima* (IPSO), порівняно з гібридом *Cucurbita maxima* (HPSO) [3]. Крім того, у іншому дослідженні цих авторів олія місцевого гарбузового насіння містила у 2,5 рази більшу кількість токоферолів, ніж олія з гібридного генотипу гарбуза, і можливо саме з цим пов'язана краща антибактеріальна ефективність цієї конкретної олії [3].

Олія виноградних кісточок також токсично діє на деякі патогени, що свідчить про її антимікробні властивості. У дослідженнях Luchian C. E. et al. (2019) і Mollica A. et al. (2021) олія, отримана з виноградних кісточок, мала пригнічувальний вплив на ріст *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli* і *C. albicans* [14, 16]. Антимікробну активність автори пов'язують із фенольними сполуками, такими як ресвератрол, який індукує окиснювальне пошкодження бактеріальної мембрани, особливо *E. coli*, не впливаючи на клітини господаря, і зазначають, що це не єдиний чинник, який визначає антимікробний ефект.

Так само з фенольними речовинами пов'язують антимікробні властивості обліпихи [12, 20]. Ivanišová E. et al. (2020) у результаті проведених досліджень зазначають, що усі досліджені ними продукти з обліпихи, у тому числі олія з плодів, проявляють антимікробні властивості щодо широкого спектру мікроорганізмів [12]. На антибактеріальну ефективність обліпихи вказують результати, наведені у роботі Sandulachi E. et al. (2022). При цьому автори наводять дані, що свідчать про виражену антимікробну дію обліпихи щодо грампозитивних бактерій (*S. aureus* та *B. subtilis*) і меншу активність щодо грамнегативних бактерій (*Salmonella typhimurium* і *E. coli*). Еукаріотичний мікроорганізм *C. albicans*, як і в наших дослідженнях, виявив стійкість [20]. Наразі така вибіркова чутливість до фенольних сполук обліпихи пояснюється зниженою проникністю клітинної стінки грамнегативних бактерій через високий рівень фосфоліпідів у ній та з гідрофільною поверхнею їх зовнішньої



мембрани, яка складається з молекул ліпополіцукридів, що є бар'єром для проникнення численних сполук з антимікробними властивостями, механізм дії яких може бути пов'язаний з їх здатністю інактивувати мікробні адгезини, ферменти та транспортні білки клітинної оболонки [12, 20].

Загалом, механізми дії біологічно активних речовин рослинних олій визначаються їх складом та наявністю і доступністю клітин-мішеней [2, 18]. Зокрема, що стосується поліфенолів, то зазначається три основних механізми дії на мікроорганізми – модифікація проникності мембрани, інактивація внутрішньоклітинних ферментів та зміна морфології клітин. Окрім цього, поліфеноли, проникаючи в клітину, призводять до генерації АТФ та пригнічують синтез ДНК мікроорганізмів [18]. Флавоноїди також мають кілька механізмів антимікробної дії. Наприклад, кверцетин пригнічує ДНК-гіразу, підвищує проникність мембран і запобігає синтезу АТФ у *E. coli* [10], тоді як у *S. aureus* він пригнічує ключові ферменти, необхідні для синтезу білка [4].

Таким чином, протестовані рослинні олії виявили антимікробну активність до більшості індикаторних мікроорганізмів, серед яких більш чутливими були штами грампозитивних бактерій (*S. aureus* ATCC 25923, *M. luteus* ATCC 4698, *E. faecalis* ATCC 29212, *K. rhizophila* DSM 3480). Найбільшу чутливість до усіх протестованих олій проявив штам грампозитивних бактерій *M. luteus* ATCC 4698, розміри зон відсутності росту якого становили $16,3 \pm 0,2$ мм, найменшу – *E. coli* ATCC 25922, зони відсутності росту якого визначені у межах $10,4 \pm 0,2$ мм (за дії олії з насіння гарбуза) – $9,3 \pm 0,1$ мм (за дії олії з плодів обліпихи). Штами *B. subtilis* ATCC 6633, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *P. putida* КТ 2440 і *C. albicans* ATCC 18804 виявилися стійкими до усіх протестованих олій. Кращу ефективність щодо чутливих штамів мікроорганізмів встановлено для олії із насіння гарбуза, за дії якої найбільші зони відсутності росту спостерігали у штамів *K. rhizophila* DSM 3480 і *M. luteus* ATCC 4698 ($16,5 \pm 0,1$ мм і $16,3 \pm 0,2$ мм, відповідно). Отже, досліджувані олії можна використовувати не тільки через їхню високу харчову цінність, але й як джерело сполук з антимікробним потенціалом. Однак вкрай важливі подальші дослідження, щоб виявити і визначити біоактивні хімічні сполуки та дати їм кількісну оцінку, а також дослідити механізми їх дії на різні мікроорганізми. Також перспективним є створення різних комбінацій сумішей із залученням олій інших біологічно цінних рослин (наприклад, з насіння портулаку, льону, люфи, сої тощо), оскільки можливі синергетичні ефекти можуть покращити загальні біоактивні властивості рослинних олій.

I.V. Strashnova, F.P. Tkachenko, Ye.I. Chigrina

Odesa I. I. Mechnikov National University,
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine,
e-mail: fabiyanska@ukr.net

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF OILS FROM PUMPKIN SEEDS, GRAPE SEEDS AND SEA-BUCKTHORN FRUITS

Summary

Currently, the search for new alternative effective sources for obtaining compounds with antimicrobial activity does not lose its relevance. **Aim.** To investigate the antimicrobial activity of oils obtained by cold pressing from pumpkin seeds, grape seeds and sea-buckthorn fruits. **Methods.** Antimicrobial activity of oils from pumpkin seeds, grape seeds and sea-buckthorn fruits against strains of indicator microorganisms *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Micrococcus luteus* ATCC 4698, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Kocuria rhizophila* DSM 3480, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus vulgaris* ATCC 6896, *Salmonella enterica* NCTC 6017, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Pseudomonas putida* KT 2440 and *Candida albicans* ATCC 18804 was determined on semi-liquid LB medium by the well method. **Results.** All tested plant oils showed antimicrobial activity against certain strains of Gram-positive and Gram-negative bacteria, but were ineffective against *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *P. putida* and the eukaryotic microorganism *C. albicans*. Strains of Gram-positive bacteria were more sensitive to the action of all three types of plant oils. The most sensitive strain was *M. luteus* ATCC 4698, the size of which zones of no growth exceeded 16 mm under the influence of all tested oils. Pumpkin seeds oil was more effective against sensitive test strains of indicator microorganisms. **Conclusions.** Plant oils obtained by cold pressing from pumpkin seeds, grape seeds and sea-buckthorn fruits showed variable antimicrobial activity, which was better in pumpkin seeds oil. *K. rhizophila* DSM 3480 and *M. luteus* ATCC 4698 strains were the most sensitive to its influence, the sizes of the zones of no growth were 16.5 ± 0.1 mm and 16.3 ± 0.2 mm, respectively. Further researches are necessary to determine the chemical composition and quantitative assessment of the bioactive compounds of these oils, as well as the mechanisms of their action on the cells of microorganisms.

Key words: antimicrobial activity, plant oils, indicator microorganisms

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Климнюк С.І., Ситник І.О., Ширококов В.П. Практична мікробіологія: навчальний посібник / За заг. ред. В.П. Ширококова, С.І. Климнюка. – Вінниця: Нова книга, 2018. – 576 с.
2. Abu-Zaida A.A., Al-Bartyb A., Morsy K., Hamdi H. *In vitro* study of antimicrobial activity of some plant seeds against bacterial strains causing food poisoning diseases // Brazilian Journal of Biology. – 2022. – V. 82. – P. 256409. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256409>
3. Amin M.Z., Rity T.I., Uddin M.R., Rahman M.M., Uddin M.J. A comparative assessment of anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-bacterial activities of hybrid and indigenous varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.) seed



- oil // *Biocatal. Agric. Biotechnol.* – 2020. – V. 28. – P. 101767. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101767>
4. Bae J.Y., Seo Y.H., Oh S.W. Antibacterial activities of polyphenols against foodborne pathogens and their application as antibacterial agents // *Food Sci. Biotechnol.* – 2022. – V. 31. – P. 985–997. doi: 10.1007/s10068-022-01058-3
 5. Batool M., Ranjha M.M.A.N., Roobab U., Manzoor M.F., Farooq U. et al. Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (*Cucurbita* sp.) // *Plants (Basel)*. – 2022. – V. 11 (11). – P. 1394. doi: 10.3390/plants11111394
 6. Bhavaniramy S., Vishnupriya S., Al-Aboody M.S., Vijayakumar R., Basakaran D. Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications // *Grain & Oil Science and Technology*. – 2019. – V. 2 (2). – P. 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001>
 7. Can-Cauich C.A., Sauri-Duch E., Moo-Huchin V.M., Betancur-Ancona D., Cuevas-Glory L. F. Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico // *Food Chem.* – 2019. – V. 285. – P. 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.153>
 8. Chen Y., Cai Y., Wang K., Wang Y. Bioactive compounds in sea buckthorn and their efficacy in preventing and treating metabolic syndrome // *Foods*. – 2023. – V. 12. – P. 1985. <https://doi.org/10.3390/foods12101985>
 9. Di Pietro Fernandes C., Santana L.F., dos Santos J.R., Fernandes D.S., Hiane P.A. et al. Nutraceutical potential of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil in oxidative stress, inflammation, obesity and metabolic alterations: a review // *Molecules*. – 2023. – V. 28. – P. 7811. <https://doi.org/10.3390/molecules28237811>
 10. Gutiérrez-del-Río I., Fernández J., Lombó F. Plant nutraceuticals as antimicrobial agents in food preservation: terpenoids, polyphenols and thiols // *Int. J. Antimicrob. Agents*. – 2018. – V. 52. – P. 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.04.024>
 11. Hussain A., Kausar T., Din A., Murtaza A., Jamil M.A. et al. Antioxidant and antimicrobial of pumpkin (*Cucurbita maxima*) peel, flesh and seeds powders // *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. – 2021. – V. 11 (6). – P. 42–51.
 12. Ivanišová E., Blašková M., Terentjeva M., Grygorieva O., Vergun O. et al. Biological properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) derived products // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* – 2020. – V. 19 (2). – P. 195–205. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0809>
 13. Leichtweis M.G., Molina A.K., Pires T.C.S., Dias M.I., Calhelha R. et al. Biological activity of pumpkin byproducts: antimicrobial and antioxidant properties // *Molecules*. – 2022. – V. 27 (23). – P. 8366. doi: 10.3390/molecules27238366
 14. Luchian C.E., Cotea V.V., Vlase L., Toiu A.M., Colibaba L. C. et al. Antioxidant and antimicrobial effects of grape pomace extracts // 42nd World Congress of Vine and Wine. – 2019. – P. 1–6. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20191504006>
 15. Martin M.E., Grao-Cruces E., Milan-Linares M.C., Montserrat-de la Paz S. Grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil: A functional food from the winemaking



- industry // Foods. – 2020. – V. 9 (10). – P. 1360. <https://doi.org/10.3390/foods9101360>
16. Mollica A., Scioli G., Della Valle A., Cichelli A., Novellino E. et al. Phenolic analysis and *in vitro* biological activity of red wine, pomace and grape seeds oil derived from *Vitis vinifera* L. cv. Montepulciano d'Abruzzo // Antioxidants. – 2021. – V. 10. – P. 1704. <https://doi.org/10.3390/antiox10111704>
 17. Petropoulos S.A., Fernandes Á., Calhelha R.C., Rouphael Y., Petrović J. et al. Antimicrobial properties, cytotoxic effects, and fatty acids composition of vegetable oils from purslane, linseed, luffa, and pumpkin seeds // Applied Sciences. – 2021. – V. 11 (12). – P. 5738. <https://doi.org/10.3390/app11125738>
 18. Pinto L., Tapia-Rodríguez M.R., Baruzzi F., Ayala-Zavala J.F. Plant antimicrobials for food quality and safety: recent views and future challenges: a review // Foods. – 2023. – V. 12. – P. 2315. <https://doi.org/10.3390/foods12122315>
 19. Ribeiro A.R., Silva S.S., Reis R.L. Challenges and opportunities on vegetable oils derived systems for biomedical applications // Biomaterials advances. – 2022. – V. 134. – P. 112720. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2022.112720>
 20. Sandulachi E., Macari A., Cojocari D., Balan G., Popa S. et al. Antimicrobial properties of sea buckthorn grown in the Republic of Moldova // Journal of Engineering Science. – 2022. – V. 29 (1). – P. 164–175. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(1\).15](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(1).15)
 21. Santos J.S., Escher G.B., da Silva Pereira J.M., Marinho M.T., Prado-Silva L.D. et al. ¹H NMR combined with chemometrics tools for rapid characterization of edible oils and their biological properties // Ind. Crops Prod. – 2018. – V. 116. – P. 191–200. doi:10.1016/j.indcrop.2018.02.063
 22. Singh A., Kumar V. Pumpkin seeds as nutraceutical and functional food ingredient for future: a review // Grain & Oil Science and Technology. – 2024. – V. 7 (1). – P. 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2023.12.002>
 23. Song H.M., Sun Z.X. Hypolipidaemic and hypoglycaemic properties of pumpkin polysaccharides // 3 Biotech. – 2017. – V. 7 (3). – P. 159–165. doi:10.1007/s13205-017-0843-1
 24. Soni R.R.S., Bali M. Evaluation of antioxidant, antimicrobial, and antifungal potential of *Cucurbita pepo* var. *fastigata* seed extracts // Asian J Pharm Clin Res. – 2019. – V. 12 (2). – P. 289–293. <http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i2.28040>
 25. Susithra E., Nongmin P.J., Swathi P., Magibalan J., Balaji V. Review on pumpkin seed oil (*C. maxima*, *C. pepo*) // Indo American Journal of Pharmaceutical Research. – 2018. – V. 8 (05). – P. 1296–1302.
 26. Tambe S., Ram S., Rokade R., Tasgaonka R. Seed to wellness: the therapeutic potential of pumpkin seeds // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. – 2024. – V. 12 (3). – P. 2910–2916. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.59531>
 27. Wang Z., Zhao F., Wei P., Chai X., Hou G., Meng Q. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A comprehensive review // Front. Nutr. – 2022. – V. 9. – P. 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295>



REFERENCES

1. Klymniuk SI, Sytnyk IO, Shyrobokov VP. *Praktychna mikrobiolohiia: navchalnyi posibnyk* / Za zah. red. VP Shyrobokova, SI Klymniuka. Vinnytsia: Nova knyha, 2018. 576 s. [in Ukrainian].
2. Abu-Zaida AA, Al-Bartyb A, Morsy K, Hamdi H. *In vitro* study of antimicrobial activity of some plant seeds against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Brazilian Journal of Biology*. 2022; 82: 256409. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256409>
3. Amin MZ, Rity TI, Uddin MR, Rahman MM, Uddin MJ. A comparative assessment of anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-bacterial activities of hybrid and indigenous varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.) seed oil. *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 2020; 28: 101767. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101767>
4. Bae JY, Seo YH, Oh SW. Antibacterial activities of polyphenols against food-borne pathogens and their application as antibacterial agents. *Food Sci. Biotechnol*. 2022; 31: 985–997. doi: 10.1007/s10068-022-01058-3
5. Batool M, Ranjha MMAN, Roobab U, Manzoor MF, Farooq U et al. Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Plants (Basel)*. 2022; 11 (11): 1394. doi: 10.3390/plants11111394
6. Bhavaniramya S, Vishnupriya S, Al-Aboody MS, Vijayakumar R, Baskaran D. Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*. 2019; 2 (2): 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001>
7. Can-Cauich CA, Sauri-Duch E, Moo-Huchin VM, Betancur-Ancona D, Cuevas-Glory LF. Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. *Food Chem*. 2019; 285: 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.153>
8. Chen Y, Cai Y, Wang K, Wang Y. Bioactive compounds in sea buckthorn and their efficacy in preventing and treating metabolic syndrome. *Foods*. 2023; 12: 1985. <https://doi.org/10.3390/foods12101985>
9. Di Pietro Fernandes C, Santana LF, dos Santos JR, Fernandes DS, Hiane PA et al. Nutraceutical potential of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil in oxidative stress, inflammation, obesity and metabolic alterations: a review. *Molecules*. 2023; 28: 7811. <https://doi.org/10.3390/molecules28237811>
10. Gutiérrez-del-Río I, Fernández J, Lombó F. Plant nutraceuticals as antimicrobial agents in food preservation: terpenoids, polyphenols and thiols. *Int. J. Antimicrob. Agents*. 2018; 52: 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.04.024>
11. Hussain A, Kausar T, Din A, Murtaza A, Jamil MA et al. Antioxidant and antimicrobial of pumpkin (*Cucurbita maxima*) peel, flesh and seeds powders. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2021; 11 (6): P. 42–51.
12. Ivanišová E, Blašková M, Terentjeva M, Grygorieva O, Vergun O et al. Biological properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) derived



- products. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2020; 19 (2): 195–205. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0809>
13. Leichtweis MG, Molina AK, Pires TCS, Dias MI, Calhelha R et al. Biological activity of pumpkin byproducts: antimicrobial and antioxidant properties. *Molecules.* 2022; 27 (23): 8366. doi: 10.3390/molecules27238366
14. Luchian CE, Cotea VV, Vlase L, Toiu AM, Colibaba LC et al. Antioxidant and antimicrobial effects of grape pomace extracts. 42nd World Congress of Vine and Wine. 2019: 1–6. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191504006>
15. Martin ME, Grao-Cruces E, Milan-Linares MC, Montserrat-de la Paz S. Grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil: A functional food from the winemaking industry. *Foods.* 2020; 9 (10): 1360. <https://doi.org/10.3390/foods9101360>
16. Mollica A, Scioli G, Della Valle A, Cichelli A, Novellino E et al. Phenolic analysis and *in vitro* biological activity of red wine, pomace and grape seeds oil derived from *Vitis vinifera* L. cv. Montepulciano d'Abruzzo. *Antioxidants.* 2021; 10: 1704. <https://doi.org/10.3390/antiox10111704>
17. Petropoulos SA, Fernandes A, Calhelha RC, Roupheal Y, Petrović J et al. Antimicrobial properties, cytotoxic effects, and fatty acids composition of vegetable oils from purslane, linseed, luffa, and pumpkin seeds. *Applied Sciences.* 2021; 11 (12): 5738. <https://doi.org/10.3390/app11125738>
18. Pinto L, Tapia-Rodríguez MR, Baruzzi F, Ayala-Zavala JF. Plant antimicrobials for food quality and safety: recent views and future challenges: a review. *Foods.* 2023; 12: 2315. <https://doi.org/10.3390/foods12122315>
19. Ribeiro AR, Silva SS, Reis RL. Challenges and opportunities on vegetable oils derived systems for biomedical applications. *Biomaterials advances.* 2022; 134: 112720. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2022.112720>
20. Sandulachi E, Macari A, Cojocari D, Balan G, Popa S et al. Antimicrobial properties of sea buckthorn grown in the Republic of Moldova. *Journal of Engineering Science.* 2022; 29 (1): 164–175. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(1\).15](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(1).15)
21. Santos JS, Escher GB, da Silva Pereira JM, Marinho MT, Prado-Silva LD et al. 1H NMR combined with chemometrics tools for rapid characterization of edible oils and their biological properties. *Ind. Crops Prod.* 2018; 116: 191–200. doi:10.1016/j.indcrop.2018.02.063
22. Singh A, Kumar V. Pumpkin seeds as nutraceutical and functional food ingredient for future: a review. *Grain & Oil Science and Technology.* 2024; 7 (1): 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2023.12.002>
23. Song HM, Sun ZX. Hypolipidaemic and pypoglycaemic properties of pumpkin polysaccharides. *3 Biotech.* 2017; 7 (3): 159–165. doi: 10.1007/s13205-017-0843-1
24. Soni RRS, Bali M. Evaluation of antioxidant, antimicrobial, and antifungal potential of *Cucurbita pepo* var. *fastigata* seed extracts. *Asian J Pharm Clin Res.* 2019; 12 (2): 289–293. <http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i2.28040>
25. Susithra E, Nongmin PJ, Swathi P, Magibalan J, Balaji V. Review on pumpkin seed oil (*C. maxima*, *C. pepo*). *Indo American Journal of Pharmaceutical Research.* 2018; 8 (05): 1296–1302.



26. Tambe S, Ram S, Rokade R, Tasgaonka R. Seed to wellness: the therapeutic potential of pumpkin seeds. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*. 2024; 12 (3): 2910–2916. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.59531>
27. Wang Z, Zhao F, Wei P, Chai X, Hou G, Meng Q. Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A comprehensive review. *Front. Nutr.* 2022; 9: 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295>

Стаття надійшла до редакції 15.03.24 р.

