

УДК 615.281/.9/.015

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-10\(56\)-2543-2558](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-10(56)-2543-2558)

**Застрижна Марта Львівна** аспірант кафедри фармакології, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0003-3469-2466>

**Римша Олена Вікторівна** кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0002-2718-0246>

**Багнюк Наталія Анатоліївна** доктор філософії, асистент кафедри мікробіології, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0003-4224-4356>

**Волощук Наталія Іванівна** доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фармакології, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0002-0166-9676>

**Цубанова Наталія Анатоліївна** доктор фармацевтичних наук, професор, Львівська медична академія ім. А. Крупинського, м. Львів, <https://orcid.org/0000-0002-9122-8291>

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИМІКРОБНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕКСТРАКТУ *SAPONARIA OFFICINALIS* ЩОДО МУЗЕЙНИХ І КЛІНІЧНИХ ШТАМІВ *S.AUREUS* ТА *E.COLI***

**Анотація.** ВООЗ стверджує, що поширення збудників внутрішньолікарняних інфекцій належить до пріоритетних проблем в практиці охорони здоров'я. Збудниками можуть бути грампозитивні бактерії (стафілококи, стрептококи), грамнегативна флора (клебсієли, ешерихії, ентеробактер, псевдомонади), віруси (герпес, грип, парагрип, кір, COVID), гриби (дріжджі, актиноміцети). Особливість штамів внутрішньолікарняних збудників інфекцій – їх стійкість до лікарських препаратів та дезінфектантів, які традиційно застосовуються для профілактики інфекцій. Резистентні клінічні ізоляти зустрічаються до основних груп антибактеріальних препаратів – пеніцилінів, цефалоспоринів, макролідів та аміноглікозидів, що підкреслює актуальність пошуку альтернативних терапевтичних стратегій. Застосування ефірних олій обумовлена широким спектром їх біологічної активності, здатністю запобігати формування мікробної резистентності і незначністю побічної дії та ускладнень.

Особливу увагу привертає собаче мило лікарське або мильнянка лікарська (*Saponaria officinalis* L) – трав'янистий багаторічник родини гвоздикових (Caryophyllaceae), яка у народній медицині застосовується як протизапальний, відхаркувальний, проти кашльовий, антимікробний, антивірусний, протиревматичний, сечогінний, жовчогінний, потогінний і болезаспокійливий засіб [1].

Результати дослідження показали значну антимікробну активність екстракту *Saponaria officinalis* щодо широкого спектра референтних та клінічних бактеріальних штамів. Найчутливішими виявились *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*, що підтверджує дані про активність сапонінів – основних біоактивних компонентів рослини.

Дослідження продемонструвало видоспецифічну чутливість бактерій до екстракту. Найнижчі значення МІК та МЦК спостерігали для *S. aureus*, як серед референтних ( $17,64 \pm 1,85$  мг/мл та  $22,56 \pm 2,29$  мг/мл), так і клінічних штамів ( $25,16 \pm 2,19$  мг/мл та  $36,64 \pm 2,95$  мг/мл). Для референтного штаму *E. coli* МІК склала  $21,88 \pm 2,63$  мг/мл, а МЦК –  $37,73 \pm 5,69$  мг/мл, що значно перевищує показники для *S. aureus* ( $p < 0,05-0,001$ ).

У клінічних ізолятів також найменші значення МІК та МЦК спостерігали для *S. aureus*, незважаючи на можливу резистентність до традиційних антибіотиків, включно з метициліном. Екстракт показав високу активність і проти *E. coli*, хоча МІК і МЦК для цього виду були вищими. Метод колодязів підтвердив ефективність концентрацій 50-6,25 % для обох мікроорганізмів, тоді як при 3,13 % та 1,28 % ефективність значно знижувалася.

Отримані дані свідчать про перспективність використання екстракту *S. officinalis* як джерела нових протимікробних сполук рослинного походження, особливо проти *S. aureus* – одного з основних збудників госпітальних інфекцій. Можливі форми застосування включають топічні антисептики, засоби для обробки ран, покриття для імплантатів або як компонент комбінованих антибактеріальних стратегій. Подальші дослідження повинні зосередитися на хімічному складі екстракту, виділенні активних фракцій, визначенні механізмів дії, токсикологічній оцінці та *in vivo* ефективності.

**Ключові слова:** екстракт *Saponaria officinalis*, антибіотикорезистентність, антимікробна дія, МІК, МЦК, референтні та клінічні штами бактерій.

**Zastrzhna Marta Lvivna** Aspirant of pharmacology department, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0003-3469-2466>

**Rimsha Olena Viktorovna** PhD, associate professor of the Department of Microbiology, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0002-2718-0246>

**Bahniuk Nataliia Anatoliivna** PhD, assistant of the Department of Microbiology, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0003-4224-4356>

**Voloshchuk Nataliia Ivanivna** MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Pharmacology, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0002-0166-9676>

**Tsubanova Nataliia Anatoliivna** MD, PhD, DSc, Professor of the Pharmacy Department, Andrei Krupynskyi Lviv Medical Academy, Lviv, <https://orcid.org/0000-0002-9122-8291>

### **STUDY OF THE ANTIMIBRIC PROPERTIES OF SAPONARIA OFFICINALIS EXTRACT ON MUSEUM AND CLINICAL STRAINS OF *S.AUREUS* AND *E.COLI***

**Abstract.** The increasing role of staphylococci and enterobacteria in the development of purulent-inflammatory infections is accompanied by the emergence of antibiotic resistance, significantly complicating treatment. Resistant clinical strains are found among major groups of antibacterial drugs (penicillins, cephalosporins, macrolides, aminoglycosides), highlighting the need for alternative therapeutic approaches. A promising strategy is the use of medicinal plants and essential oils, which are characterized by a broad spectrum of biological activity, low toxicity, and the ability to prevent the development of microbial resistance.

Among plant-based remedies, *Saponaria officinalis* (common soapwort), a member of the Caryophyllaceae family, attracts particular attention. Traditionally, it has been used in folk medicine as an anti-inflammatory, expectorant, antitussive, antimicrobial, antiviral, antirheumatic, diuretic, choleretic, sudorific, and analgesic agent [1].

The results of the study demonstrated significant antimicrobial activity of a 70 % ethanol extract of *S. officinalis* against a wide range of reference and clinical bacterial strains that are etiological agents of healthcare-associated infections (HAIs). The most sensitive species were *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, which is consistent with previous data on the antimicrobial activity of saponins, the main bioactive components of the plant.

The study revealed species-specific susceptibility of bacteria to the extract. The lowest MIC (minimum inhibitory concentration) and MBC (minimum bactericidal concentration) values were recorded for *S. aureus*, both for reference strains ( $17.64 \pm 1.85$  mg/mL and  $22.56 \pm 2.29$  mg/mL, respectively) and clinical isolates ( $25.16 \pm 2.19$  mg/mL and  $36.64 \pm 2.95$  mg/mL). For the reference strain of *E. coli*, the MIC was  $21.88 \pm 2.63$  mg/mL, and the MBC was  $37.73 \pm 5.69$  mg/mL, which were significantly higher than the corresponding values for *S. aureus* ( $p < 0.05-0.001$ ).

Among clinical isolates, the lowest MIC and MBC values were also observed for *S. aureus*, despite potential resistance to conventional antibiotics, including methicillin. The extract also showed high activity against *E. coli*, although MIC and MBC values for this species were higher. The well diffusion method confirmed the

effectiveness of concentrations between 50 % and 6.25 % for both microorganisms, whereas at 3.13 % and 1.28 %, efficacy decreased significantly.

These findings indicate the potential use of *S. officinalis* extract as a source of novel plant-derived antimicrobial compounds, particularly against *S. aureus*, a major pathogen in hospital-acquired infections. Potential applications include topical antiseptics, wound care products, implant coatings, or as a component of combined antibacterial strategies. Further studies should focus on analyzing the chemical composition of the extract, isolating active fractions, elucidating mechanisms of action, conducting toxicological assessments, and evaluating in vivo efficacy.

**Keywords:** *Saponaria officinalis* extract, antibiotic resistance, antimicrobial action, MIC, MBC, reference and clinical bacterial strains.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі антибіотикорезистентність мікроорганізмів, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), розглядається як одна з найсерйозніших глобальних загроз для здоров'я людини. Щороку відзначається зростання стійкості бактерій до антибіотиків, що зумовлено надмірним і неконтрольованим їх використанням у медицині, ветеринарії та сільському господарстві, а також потраплянням у навколишнє середовище – ґрунт і водні ресурси. Експертна комісія США з питань боротьби з антибіотикорезистентними бактеріями повідомляє, що щорічно у світі застосовується близько 73 млрд разових доз, що відповідає приблизно 300 тис. тон антибіотиків [2].

Антибіотикорезистентність є також значною економічною проблемою. За даними ВООЗ, лише у ЄС витрати на лікування пацієнтів із захворюваннями, спричиненими резистентними мікроорганізмами, оцінюються приблизно в 1,5 млрд євро на рік. Управління з оцінки технологій США підрахувало, що витрати на боротьбу з AMR у Сполучених Штатах складають від 0,1 до 10 млрд доларів США щорічно [3]. ВООЗ попереджає, що швидке зростання стійкості мікроорганізмів до антибіотиків загрожує підірвати основи охорони здоров'я, сформовані медичною наукою протягом останніх 50 років [1, 3, 4, 5].

Останніми роками спостерігається тенденція до активного використання різноманітних фітопрепаратів, які мають численні переваги над синтетичними засобами та широко застосовуються в комплексному лікуванні різних захворювань. Тому актуальним є пошук нових речовин, які б ефективно діяли на мікроорганізми і при цьому були безпечними для людини. Альтернативою хімічним препаратам можуть бути рослинні засоби, що містять біологічно активні речовини, які ефективно впливають на патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми та проявляють широкий спектр терапевтичної та профілактичної дії. До таких речовин належать сапоніни, ефірні олії, смоли, алкалоїди, флавоноїди, таніни та органічні кислоти, практичне застосування яких не спричиняє формування мікробної резистентності [6, 7].

У зв'язку з цим науково-практичне значення має представник родини гвоздикових (Caryophyllaceae), зокрема роду *Saponaria* – мильнянка лікарська

(*Saponaria officinalis*), яка у народній медицині застосовується як протизапальний, відхаркувальний, протикашльовий, антимікробний, антивірусний, протиревматичний, сечогінний, жовчогінний, потогінний і болезаспокійливий засіб [8].

Таким чином, всебічне фітохімічне дослідження трави та кореневищ мильнянки лікарської, яка широко використовується у народній медицині, є актуальним і має велике практичне значення.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Фармакологічні властивості мильнянки лікарської визначаються її хімічним складом, зокрема сапонінами, алкалоїдами, аскорбіновою кислотою, і флавоноїдами: вітексин, сапонарин, сапонаретин [9, 10].

Сапоніни (від лат. *sapo*, родовий відмінок *saponis* – мило) є складними безазотистими сполуками групи глікозидів рослинного походження, що володіють поверхнево-активними властивостями. Їх структура включає моносахариди та неуглеводні сапогеніни (аглікони). Розчини сапонінів при збовтуванні утворюють густу та стійку піну. Основна біологічна активність сапонінів пов'язана з їх здатністю взаємодіяти зі стеролами мембран, що у випадку бактерій може спричиняти порушення цілісності цитоплазматичної мембрани, втрату іонного балансу та лізис клітин. Крім того, низка досліджень свідчить про антибіоплівкову активність сапонінів, що є особливо важливим у боротьбі з хронічними інфекціями, пов'язаними з наданням медичної допомоги. Можливе також проявлення синергічного ефекту сапонінів із традиційними антимікробними препаратами, що потребує подальшого вивчення [11].

Згідно з даними літератури, препарати на основі біологічно активних речовин мильнянки лікарської сприяють посиленню секреторних функцій слизових оболонок верхніх дихальних шляхів та травного тракту, розріджують густе мокротиння і слизові виділення, полегшують відхаркування, а також проявляють потогінну, жовчогінну та діуретичну активність. Крім того, вони сприяють виведенню з організму токсичних продуктів обміну, що утворюються як у ході нормальних метаболічних процесів, так і при патологічних змінах у різних органах, тобто проявляють кровоочисну дію [9, 12, 13]. Витяжки з коренів і надземної частини мильнянки лікарської широко використовуються як потогінний і послаблюючий засіб [3].

Мильнянку лікарську (*Saponaria officinalis*) застосовують як внутрішньо у вигляді відварів і настоїв, так і зовнішньо – у формі примочок, компресів та ванночок. Локально вона ефективна при лікуванні корости, екземи, псоріазу, гнійних ран, фурункульозу, бешихи та дерматитів [9, 13].

Лікувальні властивості *Saponaria officinalis* традиційно використовуються переважно в народній медицині, тоді як у науковій клінічній практиці її застосування обмежене через потенційну токсичність – надмірне вживання препаратів може викликати симптоми інтоксикації.

Згідно з даними літератури, сапоніни *S. officinalis* проявляють протизапальну активність **in vitro** та здатні пригнічувати синтез простагландинів [14]. Дослідження Czaban J. та співавт. підтвердили протигрибкову активність сапонінової фракції *S. officinalis* проти *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* та *Fusarium culmorum*, які паразитують на злакових культурах, а також її антимікробні властивості [15].

Припускають, що екстракти цієї рослини можуть бути використані як природні консерванти у фармацевтичній та харчовій промисловості [1]. Крім того, наявність глюкозидів сапоніну в коренях мильнянки дозволяє застосовувати їх для виробництва мильних сурогатів, що використовуються для відбілювання та миття шовку, вовни та інших тканин, непридатних для обробки звичайним лужним милом. У фарбувальній промисловості корені мильнянки застосовують для фарбування шовкових і шерстяних тканин, а в парфумерній – для виготовлення шампунів.

**Метою** статті є вивчення протимікробної активності мильнянки лікарської щодо музейних та клінічних штамів *S. aureus* та *E. coli*.

#### **Виклад основного матеріалу.**

**Метріали і методи.** Досліджували антимікробну активність 50 % водного розчину екстракту *Saponaria officinalis*, що в перерахунку на основну діючу речовину становило 35 %, тобто вихідна концентрація досліджуваного розчину складала 350 мг/мл речовини. Водний розчин екстракту *Saponaria officinalis* готували, розчиняючи 50 г сировини у 100 мл фізіологічного розчину.

Вивчення антимікробних властивостей виконували на референтних штамів музею живих культур кафедри мікробіології Вінницького національного медичного університету ім. М. І. Пирогова *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922 та клінічних ізолятах цих видів умовно-патогенних мікроорганізмів (по 30 штамів кожного виду), які було отримано від пацієнтів з гнійно запальними процесами. Культивування мікроорганізмів виконували агар та бульйон Мюллера-Хінтона (HiMedia Laboratories, Індія).

Чутливість культур золотистого стафілокока та кишкової палички визначали стандартним методом двократних серійних розведень відповідно до рекомендацій Інституту клінічних і лабораторних стандартів (CLSI, США, 2024) та Європейського комітету з тестування антимікробної чутливості [16, 17].

Додатково визначали чутливість референтних та клінічних тест штамів *S. aureus* та *E. coli* якісним методом колодязів в агарі (agar well diffusion method). Досліджували активність концентрацій екстракту мильнянки лікарської 50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 %, 3,13 та 1,28 %, які в перерахунку на основну діючу речовину відповідали концентраціям 350 мг/мл, 175 мг/мл, 87,5 % мг/мл, 43,75 % мг/мл, 21,88 % мг/мл, 10,94 % мг/мл.

Чутливість кожного штаму досліджували в чотирьох повторях та проводили обчислення одержаних значень середньої арифметичної ( $M$ ), середньої арифметичної похибки ( $m$ ) та достовірності різниці значень ( $p$ ).

**Результати.** В результаті отримали результати, що свідчать про виражену антимікробну активність водного розчину 50 % екстракту *Saponaria officinalis* щодо умовно-патогенних мікроорганізмів, включаючи як референтні, так і полірезистентні клінічні штами, асоційовані з інфекціями, пов'язаними із наданням медичної допомоги (ІНМД).

*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 та *Escherichia coli* ATCC 25922 виявили високу чутливість до екстракту, так середні значення мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) склали відповідно  $17,64 \pm 1,85$  мг/мл та  $21,88 \pm 2,63$  мг/мл (табл. 1).

Таблиця 1

**Чутливість референтних штамів мікроорганізмів до екстракту мильнянки лікарської**

| Досліджуваний мікроорганізм | Середні концентрації екстракту (M $\pm$ s, мг/мл) |                                            |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                             | Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК)           | Мінімальна бактерицидна концентрація (МЦК) |
| <i>S.aureus</i> ATCC 25923  | $17,64 \pm 1,85$                                  | $22,56 \pm 2,29$                           |
| <i>E. coli</i> ATCC 25922   | $21,88 \pm 2,63$                                  | $37,73 \pm 5,69$                           |

Також встановили бактерицидну активність (МЦК) екстракту до референтних штамів *S. aureus* ATCC 25923 –  $22,56 \pm 2,29$  мг/мл, що достовірно менше відповідних показників щодо *E. coli* у 1,67-4,85 рази ( $p < 0,05$ ) (табл. 2). Ці результати свідчать про потенційну здатність екстракту не лише пригнічувати, але й повністю знищувати *S. aureus* при порівняно допустимих до застосування концентраціях.

Таблиця 2

**Достовірність різниці значень МІК екстракту мильнянки лікарської щодо референтних штамів мікроорганізмів**

|                 | <i>E. coli</i> | <i>S.aureus</i> |
|-----------------|----------------|-----------------|
| <i>E. coli</i>  |                | $>0,05$         |
| <i>S.aureus</i> | $>0,05$        |                 |

Схожу тенденцію спостерігали і при дослідженні клінічних мультирезистентних штамів (табл. 3). Найбільшу чутливість до екстракту знову продемонстрували ізоляти *S. aureus*, для яких середні значення МІК та МЦК становили  $25,16 \pm 2,19$  мг/мл та  $36,64 \pm 2,95$  мг/мл відповідно.

Таблиця 3

**Чутливість клінічних штамів мікроорганізмів до екстракту  
мильнянки лікарської**

| Досліджуваний мікроорганізм | Середні концентрації екстракту (M±s, мг/мл) |                                            |
|-----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                             | Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК)     | Мінімальна бактерицидна концентрація (МЦК) |
| <i>E. coli</i>              | 40,74±4,16                                  | 72,73±7,49                                 |
| <i>S.aureus</i>             | 25,16±2,19                                  | 36,64±2,95                                 |

Середні МІК екстракту мильнянки лікарської щодо штамів *E. coli* 40,74±4,16 мг/мл у 1,62 рази вищі за такі щодо *S.aureus* (p<0,01). А середні значення МЦК екстракту щодо клінічних штамів *S.aureus* були визначені достовірно нижчими (p<0,001) за МЦК щодо *E. coli* у 1,99 рази (табл. 4). Ці дані підтвердили, що екстракт *Saponaria officinalis* є більш ефективним щодо грампозитивних бактерій (*S. aureus*).

Таблиця 4

**Достовірність різниці значень МІК екстракту мильнянки лікарської  
щодо клінічних штамів мікроорганізмів**

|                 | <i>E. coli</i> | <i>S.aureus</i> |
|-----------------|----------------|-----------------|
| <i>E. coli</i>  | -              | <0,01           |
| <i>S.aureus</i> | <0,01          | -               |

Також чутливість референтних та клінічних штамів нозокоміальних патогенів було вивчено методом колодязів в агарі.

Було визначено активність концентрацій екстракту мильнянки лікарської 50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 %, 3,13 та 1,28 %, які в перерахунку на основну діючу речовину відповідали концентраціям 350 мг/мл, 175 мг/мл, 87,5 % мг/мл, 43,75 % мг/мл, 21,88% мг/мл, 10,94 % мг/мл.

Найвищу чутливість до екстракту *Saponaria officinalis* проявили референтний та клінічні мультирезистентні штами золотистого стафілококу. Розміри зон затримки росту (ЗЗР) навколо лунок із різними концентраціями екстракту (50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 %, 3,13 % та 1,28 %) для референтного та клінічних штамів *Staphylococcus aureus* представлені на рисунку 1. Відповідні значення кратності відмінностей та статистична значущість розбіжностей у ЗЗР між референтним та клінічними ізолятами для кожної з концентрацій подані в таблицях 5-8.

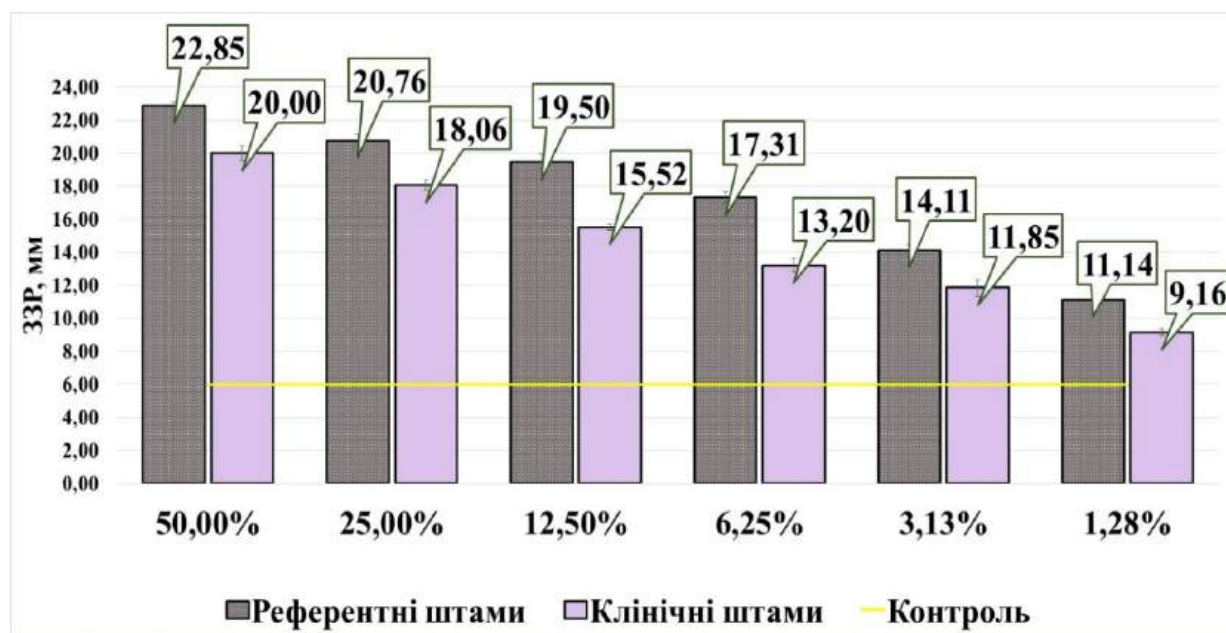


Рис.1. Середні діаметри зон затримки росту референтних та клінічних штамів *S. aureus* навколо лунок колодязів із різними концентраціями екстракту *S. officinalis*.

Усі досліджені концентрації екстракту виявили помітну антимікробну активність як щодо референтного штаму *S. aureus*, так і стосовно клінічних мультирезистентних ізолятів. При цьому розміри зон затримки росту для референтного штаму *S. aureus* ATCC 25923 були достовірно більшими ( $p \leq 0,05$  –  $p \leq 0,001$ ), порівняно з клінічними штамми, при всіх досліджених концентраціях екстракту (від 50 % до 1,28 %), а різниця становила від 1,14 до 1,22 рази.

Найбільші середні значення діаметрів зон затримки росту референтного штаму *S. aureus* ATCC 25923 відповідали концентраціям 50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 % та 3,13 % та становили  $22,85 \pm 0,25$  мм,  $20,76 \pm 0,37$  мм,  $19,5 \pm 0,44$  мм,  $17,31 \pm 0,34$  та  $14,11 \pm 0,5$  мм, а всі значення достовірно між собою відрізнялись. ЗЗР для 50% достовірно перевищували такі для 12,5 %, 6,25 %, 3,13 % та 1,28 % у 1,1-2,05 рази ( $p \leq 0,001$ ).

Таким чином, всі досліджувані концентрації екстракту мильнянки лікарської при дифузії в агар діяли ефективно щодо референтного штаму золотистого стафілококу. Екстракт був ефективним також щодо клінічних штамів *S. aureus* з ознаками множинної лікарської стійкості. Усі концентрації давали ЗЗР, які було визначено для концентрацій 50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 % та 3,13 % відповідно  $20,0 \pm 0,45$  мм,  $18,06 \pm 0,51$  мм,  $15,52 \pm 0,17$  мм,  $13,2 \pm 0,42$  мм,  $11,85 \pm 0,49$  мм та  $9,16 \pm 0,19$  мм, усі значення достовірно відрізнялись ( $p \leq 0,01$  –  $p \leq 0,001$ ), а кратності різниці між кожною наступною концентрацією становили відповідно 1,11, 1,29, 1,52, 1,69, 2,18 рази. Таким чином, досліджені концентрації ефективно впливали на клінічні штами стафілококу.

Таблиця 5

**Кратність різниці середніх ЗЗР референтного штаму *S. aureus* ATCC 259232 навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | 1,10    | 1,17    | 1,32   | 1,62   | 2,05   |
| 25,00 % | 0,91    |         | 1,07    | 1,20   | 1,47   | 1,86   |
| 12,50 % | 0,85    | 0,94    |         | 1,13   | 1,38   | 1,75   |
| 6,25 %  | 0,76    | 0,83    | 0,89    |        | 1,23   | 1,55   |
| 3,13 %  | 0,62    | 0,68    | 0,72    | 0,82   |        | 1,27   |
| 1,28 %  | 0,49    | 0,54    | 0,57    | 0,64   | 0,79   |        |

Таблиця 6

**Достовірність різниці середніх ЗЗР референтного штаму *S. aureus* ATCC 259232 навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | <0,001  | <0,001  | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 25,00 % | <0,001  |         | <0,05   | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 12,50 % | <0,001  | <0,05   |         | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 6,25 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  |        | <0,001 | <0,001 |
| 3,13 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 |        | <0,01  |
| 1,28 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 | <0,01  |        |

Таблиця 7

**Кратність різниці середніх ЗЗР клінічних штамів *S. aureus* навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | 1,11    | 1,29    | 1,52   | 1,69   | 2,18   |
| 25,00 % | 0,90    |         | 1,16    | 1,37   | 1,52   | 1,97   |
| 12,50 % | 0,78    | 0,86    |         | 1,18   | 1,31   | 1,69   |
| 6,25 %  | 0,66    | 0,73    | 0,85    |        | 1,11   | 1,44   |
| 3,13 %  | 0,59    | 0,66    | 0,76    | 0,90   |        | 1,29   |
| 1,28 %  | 0,46    | 0,51    | 0,59    | 0,69   | 0,77   |        |

Таблиця 8

**Достовірність різниці середніх ЗЗР клінічних штамів *S. aureus* навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | <0,01   | <0,001  | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 25,00 % | <0,01   |         | <0,001  | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 12,50 % | <0,001  | <0,001  |         | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 6,25 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  |        | <0,05  | <0,001 |
| 3,13 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,05  |        | <0,001 |
| 1,28 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 | <0,001 |        |

Як референтний штам *E. coli*, так і клінічні ізоляти продемонстрували відносно високу чутливість до екстракту *Saponaria officinalis*. Показники зон затримки росту (ЗЗР) навколо лунок з різними концентраціями екстракту (50 %, 25 %, 12,5 %, 6,25 %, 3,13 % та 1,28 %) для референтного та клінічних штамів *E. coli* наведено на рисунку 2. Кратність відмінностей та статистична достовірність різниці розмірів ЗЗР між референтним та клінічними штамами для кожної концентрації представлені у таблицях 9-12.

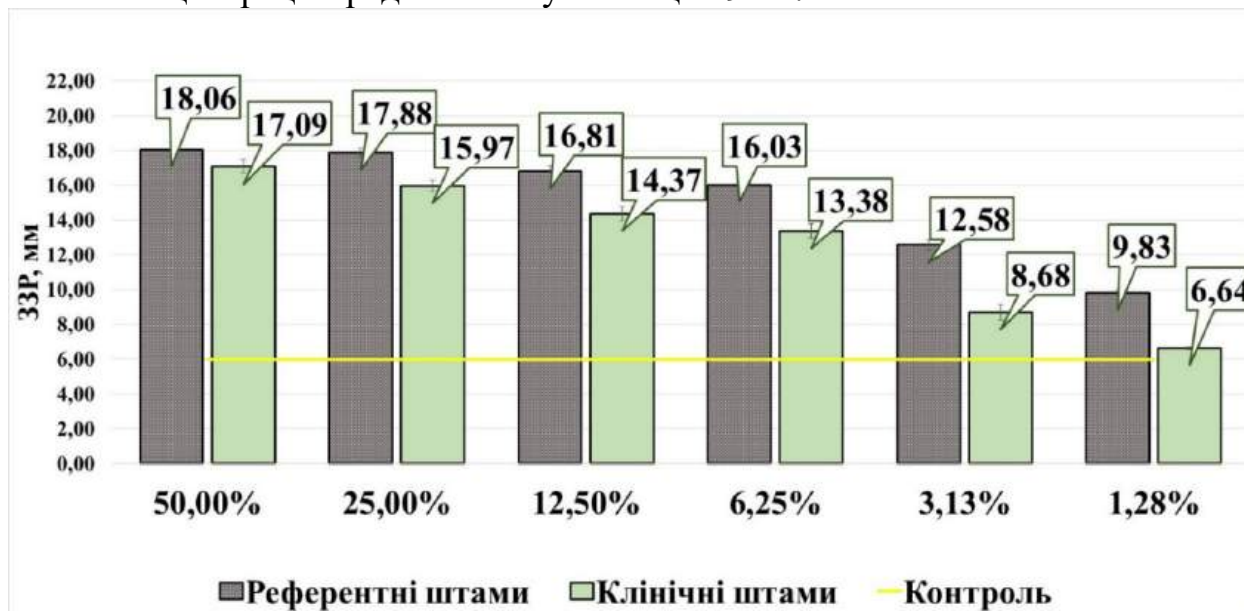


Рис.2. Середні діаметри зон затримки росту референтних та клінічних штамів *E. coli* навколо лунок колодязів із різними концентраціями екстракту *S. officinalis*.

Найбільш високі значення ЗЗР як для чутливих так і для клінічних полірезистентних штамів кишкової палички було визначено під впливом концентрацій від 50 % до 6,25 %. Значення ЗЗР для референтного штаму *E. coli* ATCC 25922 були статистично значущо більшими ( $p \leq 0,05$  –  $p \leq 0,001$ ), ніж у клінічних полірезистентних штамів, при концентраціях екстракту – від 50 % до 3,13 %, з різницею в межах 1,06-1,19 рази. Середні ЗЗР чутливих та клінічних штамів навколо лунок із концентрацією 50 % достовірно не відрізнялись ( $p > 0,05$ ). Водночас, вплив екстракту у концентрації 1,28 % на клінічні та референтний штам, а також дія концентрації 3,13 % на клінічні штами виявились недостатньо ефективними.

Найбільші середні значення діаметрів зон затримки росту референтного штаму *E. coli* ATCC 25922 відповідали концентраціям 50 %, 25 %, 12,5 % та

6,25 % та становили  $18,06 \pm 0,44$  мм,  $17,88 \pm 0,25$  мм,  $16,81 \pm 0,33$  мм та  $16,03 \pm 0,5$  мм, де значення для 50 % та 25 % достовірно не відрізнялись ( $p > 0,05$ ), тобто були рівнозначно ефективними. ЗЗР для 50% достовірно перевищували такі для 12,5 %, 6,25 %, 3,13 % та 1,28 % у 1,07-1,84 рази ( $p \leq 0,05 - p \leq 0,001$ ). Значення ЗЗР референтного штаму *E. coli* ATCC 25922 для концентрацій 3,13 % та 1,28 % ще були достатньо ефективними (рис.2), на відміну від клінічних штамів.

Таблиця 9

**Кратність різниці середніх ЗЗР референтного штаму *E. coli* ATCC 25922 навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | 1,01    | 1,07    | 1,13   | 1,44   | 1,84   |
| 25,00 % | 0,99    |         | 1,06    | 1,12   | 1,42   | 1,82   |
| 12,50 % | 0,93    | 0,94    |         | 1,05   | 1,34   | 1,71   |
| 6,25 %  | 0,89    | 0,90    | 0,95    |        | 1,27   | 1,63   |
| 3,13 %  | 0,70    | 0,70    | 0,75    | 0,78   |        | 1,28   |
| 1,28 %  | 0,54    | 0,55    | 0,58    | 0,61   | 0,78   |        |

Таблиця 10

**Достовірність різниці середніх ЗЗР референтного штаму *E. coli* ATCC 25922 навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | >0,05   | <0,05   | <0,01  | <0,001 | <0,001 |
| 25,00 % | >0,05   |         | <0,05   | <0,01  | <0,001 | <0,001 |
| 12,50 % | <0,05   | <0,05   |         | >0,05  | <0,001 | <0,001 |
| 6,25 %  | <0,01   | <0,01   | >0,05   |        | <0,001 | <0,001 |
| 3,13 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 |        | <0,001 |
| 1,28 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 | <0,001 |        |

Таблиця 11

**Кратність різниці середніх ЗЗР клінічних штамів *E. coli* навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | 1,07    | 1,19    | 1,28   | 1,97   | 2,57   |
| 25,00 % | 0,93    |         | 1,11    | 1,19   | 1,84   | 2,41   |
| 12,50 % | 0,84    | 0,90    |         | 1,07   | 1,65   | 2,16   |
| 6,25 %  | 0,78    | 0,84    | 0,93    |        | 1,54   | 2,02   |
| 3,13 %  | 0,51    | 0,54    | 0,60    | 0,65   |        | 1,31   |
| 1,28 %  | 0,39    | 0,42    | 0,46    | 0,50   | 0,76   |        |

Таблиця 12

**Достовірність різниці середніх ЗЗР клінічних штамів *E. coli* навколо лунок із різними концентраціями екстракту**

|         | 50,00 % | 25,00 % | 12,50 % | 6,25 % | 3,13 % | 1,28 % |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 50,00 % |         | <0,05   | <0,001  | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 25,00 % | <0,05   |         | <0,01   | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 12,50 % | <0,001  | <0,01   |         | >0,05  | <0,001 | <0,001 |
| 6,25 %  | <0,001  | <0,001  | >0,05   |        | <0,001 | <0,001 |
| 3,13 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 |        | <0,001 |
| 1,28 %  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001 | <0,001 |        |

Найдієвішими концентраціями щодо клінічних штамів були 50 %, 25 %, 12,5 % та 6,25 %, ЗЗР навколо лунок з якими становили  $17,09 \pm 0,38$  мм,  $15,97 \pm 0,34$  мм,  $14,37 \pm 0,4$  мм,  $13,38 \pm 0,38$  мм. Значення, що відповідають 50 % концентрації достовірно ( $p < 0,001$ ) були ефективнішими за такі для 3,13 % та 1,28 % у 1,94 та 2,57 рази відповідно. Таким чином концентрації розчинів у лунках колодязів від 50 % до 6,25 % включно є дієвими щодо як чутливих референтних так і щодо клінічних штамів резистентної *E. coli*.

Отримані результати відкривають перспективи застосування екстракту *S. officinalis* як джерела нових протимікробних сполук рослинного походження. Особливої уваги заслуговує висока активність проти *S. aureus* – одного з провідних збудників госпітальних інфекцій. Екстракт може бути потенційно використаний у формі топічних антисептичних засобів, засобів для обробки ран, покриттів для імплантатів або як допоміжний компонент у складі комбінованих антибактеріальних стратегій. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вивчення хімічного складу екстракту, зокрема виділення та характеристику активних фракцій, визначення механізмів дії, токсикологічну оцінку та дослідження ефективності *in vivo*.

**Висновки.**

Водний розчин спиртового 70 % екстракту *Saponaria officinalis* продемонстрував виражену антимікробну активність щодо як референтних, так і мультирезистентних клінічних штамів *S. aureus*, що є ключовими збудниками інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги.

Найвищу чутливість до екстракту показали штами *S. aureus*, для яких були визначені найнижчі значення МІК та МЦК, як серед референтних, так і клінічних ізолятів. Для референтного штаму *S. aureus* ATCC 25923 МІК становила  $17,64 \pm 1,85$  мг/мл, МЦК –  $22,56 \pm 2,29$  мг/мл. Для клінічних ізолятів *S. aureus* МІК склала  $25,16 \pm 2,19$  мг/мл, МЦК –  $36,64 \pm 2,95$  мг/мл. Ці значення були достовірно нижчими ( $p < 0,001$ ) у 1,6–6,2 рази порівняно з *E. coli*.

В методі колодязів усі досліджені концентрації (від 50 % до 1,28 %) були ефективними щодо *S. aureus*, однак максимальні зони затримки росту спостері-

гались при концентраціях від 50 % до 6,25 %, з достовірними статистичними відмінностями ( $p \leq 0,001$ ) між рівнями ефективності.

Високу чутливість також виявили штами *E. coli*. Для обох типів штамів ефективними були концентрації 50 %, 25 %, 12,5 % і 6,25 %. Водночас, при зниженні концентрації до 3,13 % та 1,28 % ефективність значно зменшувалася, особливо щодо клінічних штамів.

Встановлена висока ефективність екстракту проти полірезистентних штамів *S. aureus* вказує на потенційну можливість його використання як альтернативного або допоміжного антимікробного засобу у випадках антибіотикорезистентності.

Отримані результати обґрунтовують доцільність подальших досліджень з метою виділення активних фракцій екстракту, встановлення точних механізмів його дії та оцінки безпечності і ефективності у доклінічних і клінічних умовах.

### Література:

1. Ляшенко Л.Ю. Фітохімічне дослідження мильнянки лікарської (*saponaria officinalis* L.): магістерська робота. – Тернопіль, 2021. – 57 с.
2. Салманов А.Г. Стратегічний план дій України з профілактики інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги та антимікробної резистентності / А.Г. Салманов. – К.: Аграр Медіа Груп, 2016. – 380 с.
3. Антибіотикорезистентність умовно-патогенних мікроорганізмів: актуальність, умови виникнення, шляхи подолання / Л.Б. Романюк, Н.Я. Кравець, С.І. Климнюк, В.С. Копча, О.Й. Дронова // Інфекційні хвороби. – №4(98). – 2019. – С.63-71.
4. Мікробіологічна характеристика резистентності мікроорганізмів до антисептичних препаратів / О.А. Назарчук, Д.В. Палій, І.М. Коваленко, О.О. Гончар, О.В. Яцула // Вісник проблем біології та медицини. – 2015. – Вип. 4, Том 2 (125). – С. 282-286. <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologichna-harakteristika-rezistentnosti-mikroorganizmiv-do-antiseptichnih-preparativ/viewer>
5. Temporal evolution of bacterial species and their antimicrobial resistance characteristics in wound infections of war-related injuries in Ukraine from 2014 to 2023 / V. Kovalchuk, V. Kondratiuk, P. McGann, B.T. Jones, N. Fomina, O. Nazarchuk, [et al.] // Journal of Hospital Infection. – 2024. – вип. 152. – С. 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2024.06.011>
6. Порівняльна характеристика антимікробної дії фітопрепаратів / Т.В. Дерев'яно, М.М. Ананьєва, М.О. Фаустова, Г.А. Лобань // Вісник проблем біології і медицини. – 2020. – Вип. 1 (155). – С. 274-277. <https://vpbim.com.ua/wp-content/uploads/2023/02/62-min-6.pdf>
7. Вплив ефірної олії монарди трубчастої на еталонний та клінічні штами *staphylococcus aureus* / В. Полянська, В. Федорченко, Н. Боброва, С. Зачепило // Scientific Collection «InterConf» : SCIENTIFIC COMMUNITY: INTERDISCIPLINARY RESEARCH (January 26-28, 2022) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18253>
8. Дослідження впливу природи екстрагента на вилучення комплексу біологічно активних 35 речовин із мильнянки лікарської трави та коренів / Л. Костишин, С. Чолач, С. Марчишин, М. Васенда, О. Демидяк, Н. Горлачук // Фітотерапія. Часопис. – 2022. – № 3. – С. 86-92. <https://fchs.uanm.org.ua/1165/>
9. Мильнянка лікарська [Електронний ресурс] Травник. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dna.com.ua/4358-milnyanka-lkarska.html>

10. Highly polar triterpenoid saponins from the roots of *Saponaria officinalis* L. / B. Moniuszko-Szajwaj, M. Masullo, M. Kowalczyk, L. Pecio, M. Szumacher-Strabel, A. Cieslak, [et al.] // *Helv. Chim. Acta.* – 2016. – Vol. 99. – P. 347-354. <https://doi.org/10.1002/hlca.201500224>
11. Saponins and Their Synergistic Antibacterial Activity with Traditional Antibiotics against *Staphylococcus Aureus* and *Escherichia Coli*: Review / Nebyu Daniel Amaha, Samson Goitom Mebrahtu, Abdu, N., 2022. <https://doi.org/10.32388/yo91ze>
12. Рабинович. М.І. Лікарські рослини у ветеринарній практиці, 1987 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://medbib.in.ua/myilnyanka-lekarstvennaya-saponaria.html>
13. Повний атлас лікарських рослин / уклад. І. С. Алексєєв. – Київ: ТОВ «Видавництво Глорія», 2018. – С. 144-145.
14. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. / J-P. Vincken, L. Heng, A. de Grot, H. Gruppen // *Phytochemistry.* – 2007. – Vol. 68. – P. 275-297. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.10.008>
15. Effect of triterpenoid saponins of field scabious, alfalfa, red clover and common soapwort on growth of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and *Fusarium culmorum* / J. Czaban, J. Mołdoch, B. Wróblewska // *Allelopathy Journal.* – 2013. – № 32. – P. 79-90.
16. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, author. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST version 12.0. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing; Växjö, Sweden: 2022.
17. CLSI M07 (Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically, 12th ed., 2024.

### References:

1. Lyashenko, L.Yu. (2021). *Fitokhimichne doslidzhennya mil'nyanky likar's'koi (Saponaria officinalis L.) [Phytochemical study of medicinal soapwort (Saponaria officinalis L.)]*. Ternopil [in Ukrainian].
2. Salmanov, A.H. (2016. ) *Stratehichnyi plan diy Ukrayiny z profilaktyky infektsiy, pov'yazanykh z nadannyam medychnoi dopomohy ta antymikrobnoi rezystentnosti [Ukraine's Strategic Action Plan for the Prevention of Healthcare-Associated Infections and Antimicrobial Resistance]*. Kyiv: Agrar Media Group. [in Ukrainian].
3. Romanyuk, L.B., Kravets, N.Ya. Klymnyuk, S.I., Kopcha, V.S., & Dronova, O.Y. (2019). Antybiotykorezystentnist' umovno-patohenykh mikroorhanizmiv: aktual'nist', umovy vyniknennya, shlyakhy podolannya [Antibiotic resistance of opportunistic pathogens: relevance, conditions of occurrence, ways to overcome it]. *Infektsiyni khvoroby - Infectious diseases*, 4(98), 63-71. [in Ukrainian].
4. Nazarchuk, O.A., Paliy, D.V., Kovalenko, I.M., Honchar O.O., & Yatsula O.V. (2015). Mikrobiologichna kharakterystyka rezystentnosti mikroorhanizmiv do antyseptychnykh preparativ [Microbiological characteristics of the resistance of microorganisms to antiseptic drugs]. *Visnyk problem biologii ta medytsyny - Bulletin of Problems of Biology and Medicine*, 4(125), 282-286. <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologichna-harakteristika-rezistentnosti-mikroorganizmiv-do-antiseptichnih-preparativ/viewer> [in Ukrainian].
5. Kovalchuk, V., Kondratiuk, V., McGann, P., Jones, B.T, Fomina, N., & Nazarchuk, O. (2024). Temporal evolution of bacterial species and their antimicrobial resistance characteristics in wound infections of war-related injuries in Ukraine from 2014 to 2023. *Journal of Hospital Infection*, 152, 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2024.06.011>
6. Derevyanko, T.V., Ananyeva, M.M., Faustova, M.O., & Loban', H.A. (2020). Porivnyal'na kharakterystyka antymikrobnoi diyi fitopreparativ [Comparative characteristics of the antimicrobial action of herbal medicines]. *Visnyk problem biologii i medytsyny - Bulletin of Problems of Biology and Medicine*, 1(155), 274-277 <https://vpbim.com.ua/wp-content/uploads/2023/02/62-min-6.pdf> [in Ukrainian].

7. Polyans'ka, V., Fedorchenko, V., Bobrova, N., & Zacheplylo, S. (2022). Vplyv efirnoi olii monardy trubchastoi na etalonnii ta klinichni shtamy *Staphylococcus aureus* [Effect of Monarda tubular essential oil on reference and clinical strains of *Staphylococcus aureus*]. *Scientific Collection «InterConf» : SCIENTIFIC COMMUNITY: INTERDISCIPLINARY RESEARCH (January 26-28, 2022)*. Retrieved from: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18253> [in Ukrainian].
8. Kostyshyn, L., Cholach, S., Marchyshyn, S., Vasenda, M., Demidyak, O., & Horlachuk, N. (2022). Doslidzhennya vplyvu pryrody ekstrakta na vyluchennya kompleksu biolohichno aktyvnykh 35 rehovyn iz mil'nyanky likar's'koi travy ta koreniv [Study of the influence of the nature of the extractant on the extraction of a complex of 35 biologically active substances from the medicinal herb soapwort and its roots]. *Fitoterapiya. Chasopys - Phytotherapy. Journal*, 3, 86-92. <https://fchs.uanm.org.ua/1165/> [in Ukrainian].
9. Mil'nyanka likar's'ka. Travnyk. [Myrtle officinalis. Herbalist]. Retrieved from: <http://dna.com.ua/4358-milnyanka-lkarska.html> [in Ukrainian].
10. Moniuszko-Szajwaj, B., Masullo, M., Kowalczyk, M., Pecio, L., Szumacher-Strabel, M., & Cieslak, A. (2016). Highly polar triterpenoid saponins from the roots of *Saponaria officinalis* L. *Helv. Chim. Acta*, 99, 347-354. <https://doi.org/10.1002/hlca.201500224>
11. Nebyu Daniel Amaha, Samson Goitom Mebrahtu, & Abdu, N. (2022). Saponins and their synergistic antibacterial activity with traditional antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*: Review. Retrieved from: <https://doi.org/10.32388/yo91ze>
12. Rabynovych, M.I. (1987). *Likar's'ki roslyny u veterynarnii praktytsi [Medicinal plants in veterinary practice]*. Retrieved from: <http://medbib.in.ua/myilnyanka-lekarstvennaya-saponaria.html> [in Ukrainian].
13. Alekseyev, I.S. (2018). *Povnyi atlas likar's'kykh roslyn [Complete atlas of medicinal plants]*. Kyiv: TOV "Vydavnytstvo Gloria" [in Ukrainian].
14. Vincken, J-P., Heng, L., de Grot, A., & Gruppen, H. (2007). Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68, 275-297.
15. Czaban, J., Mołdoch, J., & Wróblewska, B. (2013). Effect of triterpenoid saponins of field scabious, alfalfa, red clover and common soapwort on growth of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and *Fusarium culmorum*. *Allelopathy Journal*, 32, 79-90.
16. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, author. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST version 12.0. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing; Växjö, Sweden: 2022.
17. CLSI M07 (Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically, 12th ed., 2024.