

УДК 615.322:58:615.281:615.451.16

Дмитро КОЛОСОВ

студент, медичний факультет № 2, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010 (gymnazistdd@gmail.com)

ORCID: 0009-0007-5846-2100

Яшвант СІНГХ

студент, факультет іноземних студентів, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010 (yashwant2002singh@gmail.com)

ORCID: 0009-0008-9025-5678

Степан НЕДЗЕЛЬСЬКИЙ

аспірант кафедри мікробіології, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010 (stepn995@gmail.com)

ORCID: 0009-0002-6945-9760

Антон ДАНИЛЕВИЧ

лікар-інтерн оториноларинголог, КНП «1 територіальне медичне об'єднання м. Львова», вул. Івана Миколайчука, 9, м. Львів, Україна, 79000 (adanylevych@gmail.com)

ORCID: 0009-0007-0464-2480

Олена МОТИКА

завідувач лабораторії вакцинокованих та інших бактерійних інфекцій, Інститут епідеміології та гігієни, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів Україна, 79010 (diferiandi@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4837-9606

SCOPUS: 57103522400

Андрій ЛОЗИНСЬКИЙ

доктор фармацевтичних наук, доцент кафедри фармацевтичної, органічної і біоорганічної хімії, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010 (lozynskiyandrii@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7151-2159

SCOPUS: 56465146600

Роксолана КОНЕЧНА

кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри технології біологічно активних речовин, фармації та біотехнології, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013 (roksolana.t.konechna@lpnu.ua)

ORCID: 0000-0001-6420-9063

SCOPUS: 56038094400

Юліан КОНЕЧНИЙ

доктор філософії (PhD), лікар-терапевт, доцент кафедри мікробіології, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів Україна, 79010 (yuliankonechnyi@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4789-1675

SCOPUS: 57222226566

Бібліографічний опис статті: Колосов Д., Сінгх Я., Недзельський С., Данилевич А., Мотика О., Лозинський А., Конечна Р., Конечний Ю. (2024). Дослідження антимікробної дії екстрактів із *Camellia sinensis* L. (чаю). *Фітотерапія. Часопис*, 4, 190–211, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-190>

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ ДІЇ ЕКСТРАКТІВ ІЗ *CAMELLIA SINENSIS* L. (ЧАЮ)

Актуальність. Антимікробна резистентність бактерій – виклик сучасній медицині. Із кожним роком відбувається зростання відсотку полірезистентних до антибіотиків мікроорганізмів, що утруднює надання закладами охорони здоров'я медичної допомоги та викликає низку проблем, зокрема обмеження варіантів лікування, збільшення фінансових витрат на охорону здоров'я, підвищена смертність та летальність, поширення інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги (внутрішньолікарняних інфекцій). Тому зростає актуальність пошуку нових доступних речовин з антимікробною дією.

Мета дослідження. Дослідити антимікробну дію екстрактів із листя *Camellia sinensis* L. (чаю) на клінічних та музейних штаммах мікроорганізмів.

Матеріал і методи. Дослідження проводили з використанням 19 зразків листя *Camellia sinensis* L. різних виробників та різного типу ферментації, придбаних у загальнодоступних торгових мережах. Екстракти одержували методом мацера-

ції, як екстрагент використовували воду очищену та розчин NaCl 0,9%. Виявлення антимікробної активності проводилося методом дифузії в агар. Для оцінки активності екстрактів використовувалися референтні та клінічні штами мікроорганізмів: *Candida albicans* ATCC 885-653 (музейна); *Candida lusitanae* (клінічна); *Aspergillus niger* (музейна); *Candida albicans* (клінічний 85); *Staphylococcus aureus*, ATCC 25923 biofilm(+) (музейний); *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (клінічний b2); *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (клінічний b5); *Staphylococcus delphinium* (клінічна); *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 biofilm (-) (музейний); *Aeromonas hydrophila* (клінічний); *Enterococcus* spp.(клінічна); *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (музейний); *Pseudomonas aeruginosa* (клінічний); *Raoultella ornithinolytica* ATCC 31898 (музейна); *Raoultella terrigena* ATCC 33257(музейна); *Klebsiella pneumoniae* subsp. *ozaenae* (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 218); *Klebsiella variicola* AS3958 (клінічний); *Klebsiella variicola* AS3793 (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 216); *Klebsiella quasipneumoniae* AS4023 (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 215); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 213); *Escherichia coli* non-MDR (клінічний), *Actinomyces naeslundii*; *Lactobacillus fermentum*.

Результати дослідження. Екстракти з *Camellia sinensis* L. показали значну антимікробну активність проти широкого спектру мікроорганізмів. Зокрема, екстракти зеленого чаю виявилися ефективними проти клінічних біоплівкоутворюючих штамів *Staphylococcus aureus* із максимальним діаметром зони затримки росту до 43 мм. Екстракти червоного чаю проявили високу антимікробну активність проти клінічних штамів *Candida albicans* і референтних штамів *Raoultella ornithinolytica* та *Pseudomonas aeruginosa*.

Найбільшу антимікробну активність показали екстракти зеленого чаю «PickWick», «Lovare», «Basilur», «Ahmad» та «Мао Фенг», зокрема проти клінічних штамів *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus delphinium*, а також проти клінічного штаму *Pseudomonas aeruginosa*. Екстракти червоного чаю, такі як «Золоті Голки», проявили значну антимікробну дію проти клінічних штамів *Staphylococcus aureus* biofilm (+) та *Candida albicans*.

Висновок. Екстракти з листя *Camellia sinensis* L. мають значну антимікробну активність *in vitro* проти різних клінічних та референтних штамів мікроорганізмів, включаючи полірезистентні до антибіотиків бактерії з групи ESKAPE (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*). Найвищу антимікробну дію проявили екстракти зеленого чаю, що свідчить про залежність ефективності від типу ферментації листя.

Ключові слова: *Camellia sinensis* L., чай, антимікробна активність, екстракти, антимікробна резистентність, природні антимікробні засоби, антибактеріальна терапія.

Dmytro KOLOSOV

Student, Faculty of Medicine No. 2, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (gymnazistdd@gmail.com)

ORCID: 0009-0007-5846-2100

Yashwant SINGH

Student, Faculty of International Students, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (yashwant2002singh@gmail.com)

ORCID: 0009-0008-9025-5678

Stepan NEDZELSKYI

PhD Student at the Department of Microbiology, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (stepn995@gmail.com)

ORCID: 0009-0002-6945-9760

Anton DANYLEVYCH

ENT-resident, Lviv Territorial Medical Union «Multidisciplinary Clinical Hospital of Emergency and Intensive Care, Ivan Mykolaichuk, str., 9, Lviv, Ukraine, 79000 (adanylevych@gmail.com)

ORCID: 0009-0007-0464-2480

Olena MOTYKA

Head of the Vaccine-Controlled and Other Bacterial Afections Laboratory, Research Institute of epidemiology and hygiene, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (diferiandi@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4837-9606

SCOPUS: 57103522400

Andrii LOZYNSKYI

ScD, Associate Professor at the Department of Pharmaceutical, Organic, and Bioorganic Chemistry, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (lozynskiyandrii@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7151-2159

SCOPUS: 56465146600

Roksolana KONECHNA

Candidate of Pharm.D., Associate Professor at the Department of Technology of Biologically Active Substances, Pharmacy and Biotechnology of Lviv Polytechnic National University, Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, 79013 (roksolana.t.konechna@lpnu.ua)

ORCID: 0000-0001-6420-9063

SCOPUS: 56038094400

Yulian KONECHNYI

PhD, MD, Associate Professor at the Department of Microbiology, Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi, Pekarska str., 69, Lviv, Ukraine, 79010 (yuliankonechnyi@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4789-1675

SCOPUS: 57222226566

To cite this article: Kolosov D., Singh Ya., Nedzelskyi S., Danylevych A., Motyka O., Lozynskyi A., Konechna R., Konechnyi Yu. (2024). Doslidzhennya antymikrobnoyi diyi ekstraktiv z *Camellia sinensis* L. (chayu) [Study on the Antimicrobial Activity of Extracts from *Camellia sinensis* L. (tea)]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 4, 190–211, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-190>

STUDY ON THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF EXTRACTS FROM *CAMELLIA SINENSIS* L. (TEA)

Actuality. Antimicrobial resistance of bacteria poses a significant challenge to modern medicine. Each year, the percentage of multi-drug-resistant microorganisms increases, complicating the provision of medical care by healthcare facilities and leading to several issues, including limited treatment options, increased healthcare costs, higher mortality rates, and the spread of healthcare-associated infections (nosocomial infections). Therefore, the search for new accessible substances with antimicrobial properties is becoming increasingly relevant.

Objective. To investigate the antimicrobial activity of extracts from the leaves of *Camellia sinensis* L. (tea) on clinical and museum strains of microorganisms.

Materials and methods. The study was conducted using 19 samples of *Camellia sinensis* L. leaves from various manufacturers and different fermentation types, purchased from publicly accessible retail networks. Extracts were obtained using the maceration method, with purified water and 0.9% NaCl solution as extractants. The antimicrobial activity was detected using the agar diffusion method. Reference and clinical strains of microorganisms were used to assess the activity of the extracts: *Candida albicans* ATCC 885-653 (museum); *Candida lusitanae* (clinical); *Aspergillus niger* (museum); *Candida albicans* (clinical 85); *Staphylococcus aureus*, ATCC 25923 biofilm(+) (museum); *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (clinical b2); *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (clinical b5); *Staphylococcus delphinium* (clinical); *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 biofilm (-) (museum); *Aeromonas hydrophila* (clinical); *Enterococcus* spp. (clinical); *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (museum); *Pseudomonas aeruginosa* (clinical); *Raoultella ornithinolytica* ATCC 31898 (museum); *Raoultella terrigena* ATCC 33257 (museum); *Klebsiella pneumoniae* subsp. *ozaenae* (clinical); *Klebsiella pneumoniae* (clinical 218); *Klebsiella variicola* AS3958 (clinical); *Klebsiella variicola* AS3793 (clinical); *Klebsiella pneumoniae* (clinical 216); *Klebsiella quasipneumoniae* AS4023 (clinical); *Klebsiella pneumoniae* (clinical 215); *Klebsiella pneumoniae* (clinical 213); *Escherichia coli* non-MDR (clinical), *Actinomyces naeslundii*; *Lactobacillus fermentum*.

Results and discussion. *Camellia sinensis* L. extracts showed significant antimicrobial activity against a wide range of microorganisms. Specifically, green tea extracts were effective against clinical biofilm-forming strains of *Staphylococcus aureus*, with a maximum growth inhibition zone diameter of up to 43 mm. Red tea extracts exhibited high antimicrobial activity against clinical strains of *Candida albicans* and reference strains of *Raoultella ornithinolytica* and *Pseudomonas aeruginosa*.

The highest antimicrobial activity was demonstrated by green tea extracts from «PickWick», «Basilur», «Ahmad» and «Mao Feng» particularly against clinical strains of *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus delphinium*, as well as against the clinical strain *Pseudomonas aeruginosa*. Red tea extracts, such as «Golden Needles» showed significant antimicrobial effects against clinical strains of *Staphylococcus aureus* biofilm (+) and *Candida albicans*.

Conclusions. *Camellia sinensis* L. leaf extracts exhibit significant *in vitro* antimicrobial activity against various clinical and reference strains of microorganisms, including multi-drug-resistant bacteria from the ESKAPE group (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*). The most substantial antimicrobial effect was observed with green tea extracts, indicating that effectiveness depends on the fermentation type of the leaves.

Key words: *Camellia sinensis* L., tea, antimicrobial activity, extracts, antimicrobial resistance, natural antimicrobial agents, antibacterial therapy.

Вступ. Актуальність. Резистентність бактерій – глобальний виклик сучасній медицині та фармації. Із кожним роком відбувається зростання кількості резистентних штамів мікроорганізмів, що зумовлює пошук нових ефективних антибактеріальних засобів. Розроблення нових протимікробних засобів та впровадження їх у практику дадуть змогу

поліпшити надання закладами охорони здоров'я медичної допомоги пацієнтам та вирішити такі проблеми:

– обмеженість варіантів лікування: багато антибіотиків стають неефективними проти резистентних бактерій, що зменшує можливості для лікування інфекційних захворювань;

– збільшення витрат на охорону здоров'я: лікування резистентних інфекцій є дорогим через використання більш складних і дорогих препаратів, а також подовження термінів госпіталізації;

– підвищена смертність та летальність: резистентні інфекції часто мають вищий рівень смертності, оскільки лікування менш ефективне;

– поширення інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги (внутрішньолікарняних інфекцій): резистентні бактерії легко поширюються в лікарнях, де пацієнти вже мають ослаблений імунітет.

Дослідження та впровадження в практичне застосування ефективних антимікробних засобів природного походження, зокрема на основі рослинної сировини з антимікробною дією, є актуальними та перспективними.

Згідно з даними літератури, цікавими об'єктами є ефірні олії з грейпфруту, екстракт чайного куща і т. д. Так, науковцями Університету медичних наук і технологій, Хартум, Судан, було досліджено антимікробну дію ефірних олій зі шкірок грейпфруту, лайму та апельсину методом дифузії в агар супроти *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* та *Staphylococcus aureus*, порівнюючи з 78% комерційним антисептиком для рук на спиртовій основі. Ефірна олія зі шкірки лайму показала найкращий результат супроти грам-позитивних бактерій. Використовуючи шкалу виміру діаметру затримки росту мікроорганізмів, запропоновану дослідниками, ефірна олія зі шкірки лайму аналогічно до 78% антисептику демонструє активність у затримці росту. Ефірні олії зі шкірок грейпфруту та апельсину показують часткову активність *P. aeruginosa* та *Escherichia coli*. Ефірна олія зі шкірки апельсину мала слабкий вплив на *P. aeruginosa*, проте ефірні олії зі шкірок грейпфруту, лайму та 78% антисептик виявили значну антимікробну активність (Mohammed, Alrasheid, & Hussein Ayoub, 2024).

Перспективним антимікробним засобом, на нашу думку, є екстракти з листя *Camellia sinensis* L., про що свідчить дослідження науковців з Університету Кульна, Бангладеш. Досліджували ефективність екстракту зеленого чаю щодо *Staphylococcus aureus* та *Klebsiella pneumoniae* на сирому курячому м'ясі. Експеримент проводився за повністю рандомізованим планом (CRD), який включав шість (6) варіантів обробки з трьома (3) повтореннями. Антимікробна активність визначалася методом капельної пластини. Результати показали, що додавання екстракту зеленого чаю (ЕЗЧ) знижувало мікробну популяцію у сирому курячому м'ясі. Існувала достовірна різниця ($p < 0.001$) у КУО мл⁻¹ *Staphylococcus aureus* та

Klebsiella pneumoniae серед різних варіантів обробки, тобто ЕЗЧ має значний вплив ($p < 0.001$) на *Klebsiella pneumoniae* та *Staphylococcus aureus*. Максимальна кількість *Staphylococcus aureus* у сирому курячому м'ясі була 14×10^5 КУО мл⁻¹ без ЕЗЧ ($T_0 = 0$ мл) за методом загального мікробного рахунку (TVC), тоді як мінімальна була 4×10^4 КУО мл⁻¹ при обробці ЕЗЧ ($T_5 = 5$ мл). Подібна тенденція спостерігалася також для *Klebsiella pneumoniae*. Ураховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що додавання 5 мл ЕЗЧ знижує мікробну популяцію сирого курячого м'яса (Kaderi et al., 2023).

Camellia sinensis L. (GENUS – *Camellia*; FAMILY – Theaceae) – вічнозелений, галузистий, 50–150 см заввишки кущ родини чайних (*Camellia Sinensis*, 2024). Листки почергові, видовжено-овальні, цілісні, 6–7 см завдовжки, 3,5–4 см завширшки, гостро зубчасті, зверху темно-зелені, зісподу світло-зелені, з короткою тупою, іноді роздвоєною верхівкою та широкою клиноподібною основою. Квітки правильні, двостатеві, 2,5–3 см у діаметрі, поодинокі або по 2–5 у пазухах листків; пелюстки (їх 5–9) білі, рідше рожеві. Плід – коробочка. Цвіте у червні – липні (Гродзінський, 1992).

Батьківщина чаю – гірські ліси Південного Китаю та Індокитайського півострова (Гродзінський, 1992). Кущ є вічнозеленим і поширений переважно у вологих та теплих регіонах, таких як Китай, Індія, Японія, Шрі-Ланка та інші країни Південно-Східної Азії (Reay, 2019) (рис. 1).

У листі чаю містяться різні біологічно активні речовини: кофеїн, ліналін, теанін, епігаллокатехіни, флавоноїди, каротиноїди, вітамін Р, таніни, каротини, фітостероли, ефірні олії (Musial, Kuban-Jankowska, & Gorska-Ponikowska, 2020; Карпенко, 2021) (рис. 2).

Комплекс біологічно активних речовин зумовлює такі ефекти: протизапальний, антибактеріальний, антиангіогенний, антиоксидантний, нейропротекторний та антисклеротичний (Kaderi et al., 2023; Mokra, Joskova, & Mokry, 2022).

Екстракти чаю застосовують при онкологічних, серцево-судинних, нервових, ниркових та метаболічних захворюваннях (Chacko, Thambi, Kuttan, & Nishigaki, 2010).

Вивчено (Xu et al., 2021), що перспективними біологічно активними речовинами чаю є катехіни (флаван-3-оли): галлат епігалокатехіну (EGCG), епікатехін-3-галат (ECG), епігалокатехін (EGC) та епікатехін (EC), галлокатехін (GC), катехін (C), галокатехін галат (GCG), катехін галат (CG), уміст яких становить 70–80% поліфенолів чаю. Найвність

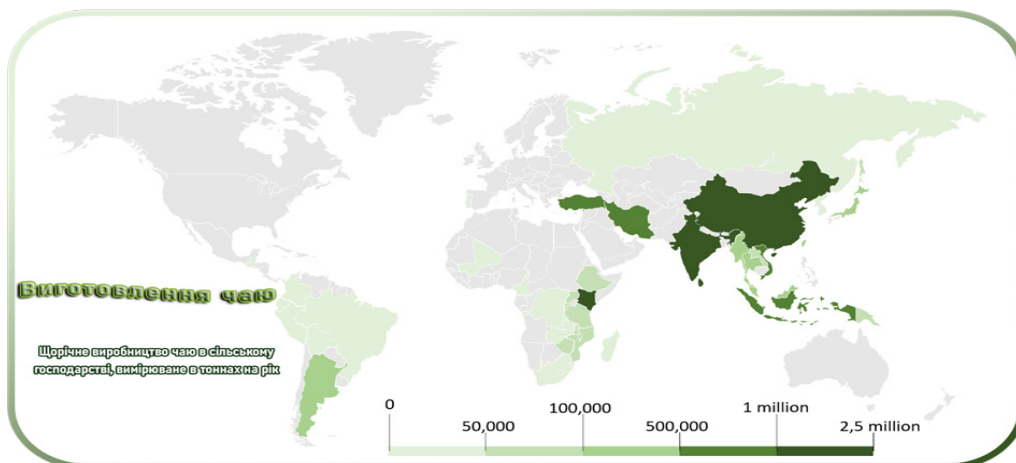


Рис. 1. Країни, які спеціалізуються на виготовленні чаю, та обсяг виробництва чаю, т на рік

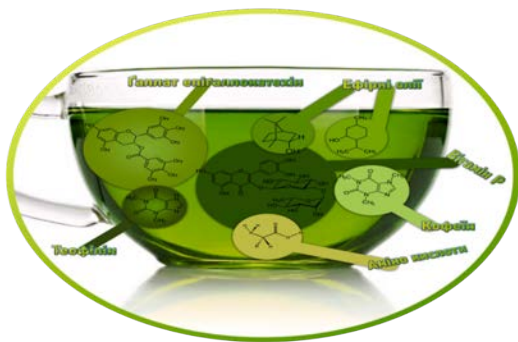


Рис. 2. Основний хімічний склад чаю, що зумовлює його фармакологічну активність

численних гідроксильних груп забезпечує їх високу антимікробну та протизапальну активність (рис. 3).

EGCG (50–75% усіх катехинів) пригнічує ріст бактерій через кілька механізмів: порушення клітинних

мембран шляхом взаємодії з поверхневими білками; розщеплення та окиснення ключових метаболітів (наприклад, глюкози та амінокислот); інгібування критичних ферментів, таких як тіоредоксинредуктаза; індукцію стресу, спричиненого реактивними формами кисню (ROS), та деструкцію структури клітинної стінки. Згідно з дослідженнями (Xu et al., 2021), EGCG пригнічує поглинання глюкози бактеріями *Escherichia coli* через взаємодію з пориновим білком зовнішньої мембрани, що призводить до пригнічення росту цих бактерій. Тіоредоксин і тіоредоксинредуктаза є важливими для синтезу бактеріальної ДНК і захисту від окиснювального стресу. EGCG продемонстрував здатність інгібувати тіоредоксин і тіоредоксинредуктазу у *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*, що також пригнічує ріст цих патогенів. Бактеріальні біоплівки, які складаються переважно з бактерій, полісахаридів, білків

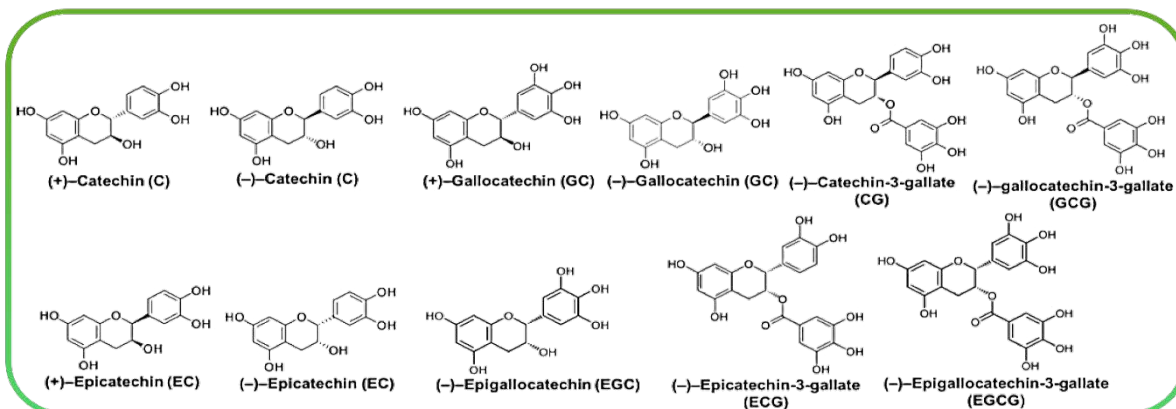


Рис. 3. Перелік катехинів, які містяться у чаї

та ліпідів, утворюють компакту структуру гідратованих екстрацелюлярних полімерних речовин. EGCG перешкоджає утворенню амілоїдних волокон із субодниць та фосфоетаноламін-модифікованих целюлозних фібрил, що заважає формуванню біоплівки (Xu et al., 2021). Ефективність антимікробної дії значною мірою залежить від якості рослинної сировини, з якої видобуваються катехіни. Для забезпечення високої біологічної активності важливо дотримуватися правильного збору та обробки листя *Camellia sinensis*.

Збір листя з куща *Camellia sinensis* передбачає вибір однорідних флешів, які складаються з нерозвиненої бруньки і двох-трьох молодих листочків (рис. 4).



Рис. 4. Зображення чайного куща та флешу – ключового субстрату для виготовлення чаю

Такі флеші мають високу якість і сприяють формуванню аромату, смаку чаю та забезпечують ефективну фармакологічну дію завдяки максимальному вмісту біологічно активних речовин. Також можуть бути використані глушки, які складаються з одно- або дволисткових пагонів без бруньки, проте вони можуть відрізнятися за вмістом біологічно активних речовин (Карпенко, 2021).

Цінність листків чаю як лікарської рослинної сировини залежить від технологічних операцій виробництва, а саме сушіння, ферментації, зав'ялення, томління та фіксування (Карпенко, 2021):

- зав'ялення – початковий етап, який полягає у частковому висушуванні свіжозібраного чайного листя;
- ферментація – біохімічні процеси перетворення поліфенолів ферментативним окисненням чи постферментацією;
- фіксування – стабілізація поліфенолів у сировині шляхом інгібування біохімічних перетворень ферментації;
- томління – унікальний процес під час виготовлення жовтого чаю;
- сушка – завершальний етап обробки чаю, метою якого є його стабілізація для забезпечення довготривалого зберігання (Sun et al., 2022).

Оптимальні умови обробки листя чаю визначають відповідно до забезпечення максимального кількісного вмісту поліфенолів у чаю.

Згідно з Китайською класифікацією, чай поділяють на:

- зелений – листя піддається обробці шляхом нагрівання або підсушування, щоб зупинити окиснення, після чого воно зберігає свій зелений колір та свіжий смак;
- червоний (у Європі відомий як темний) – листя піддається повному окисненню перед обробкою, що призводить до його темного кольору та більш насиченого смаку;
- білий – листя збираються на ранній стадії росту;
- оолонг (улун) – листя піддається частковому окисненню, що дає змогу зберегти елементи як зеленого, так і чорного чаю;
- пуер (темний) – постферментований грибками виду *Aspergillus acidus*;

Таблиця 1

Відсоток та вид ферментації, що зазнав тип чаю

Тип чаю (листя <i>Camellia sinensis</i>)	Вид ферментації	% ферментативного процесу, що зазнав чай
Зелений	Неферментований	1–5
Жовтий	Слабоферментований	9
Білий	Слабоферментований	11–15
Червоний	Повністю ферментований	90–100
Східнофуцзянські улун	Напівферментований	60–80
Південнофуцзянські улун	Напівферментований	30–50
Гуандунські улун	Напівферментований	25–50
Тайванські улун	Напівферментований	15–80
Шу пуер	Постферментований	100
Молодий шен пуер	Постферментований	15
Зрілий шен пуер	Постферментований	90

– жовтий – рідкісний і високоякісний вид чаю, що проходить стадію томління та займає проміжне положення між зеленим і білим чаєм (табл. 1, рис. 5).

Імпортери. Найбільшими імпортерами чаю є країни з територіями, де розташовані природні місця зростання *Camellia sinensis* L.: Китай, Індія, Кенія, Шрі-Ланка та ін.

Структура поставок чаю в Україні має такий вигляд: 50% – цейлонський (Шрі-Ланка), 15% – індійський, 15% – кенійський, 10% – китайський, 10% – інші країни (Карпенко, 2021).

Матеріали та методи. Експеримент проводили із сировиною різних торгових марок, що дало змогу провести незалежне оцінювання, порівняти ефективність декількох представників різних стадій обробки чаю та ефективність однієї і тієї самої сировини, але що вирощувалася в різних кліматичних умовах. Зразки були придбані в загальнодоступних торгових мережах.

Тож був застосований такий чайний асортимент: Lipton Yellow Label (*Kenya, темний*), Feelton Earl Grey (*India, темний*), De Luxe (*Sri Lanka, темний*), Feelton London classic (*India, темний*), Sherlock secrets Night time (*Kenya, темний*), De Lue (*China, зелений*), Monomax 1001 Nights (*Sri Lanka, темний*), PickWick (*невідомо, зелений*), Monomax Champagne moments (*темний кенійський байховий дрібний, зелений китайський байховий «Сенча»; Кенія, Китай*), Basilur (*Sri Lanka, зелений*), Ahmad (*невідомо, зелений*), квітки ромашки сушені подрібнені (*трави, Україна*), Lovare (*Китай, зелений*), Улун із женьшенем (*Китай, півферментований оолонг*), Мао Фенг (*Китай, зелений*), Сенча (*Китай, зелений*), Да Хон Пао (Великий червоний халат) ЛАН ХУА (*Китай, півферментований улун*), Золоті Голки (*Китай, червоний*), Feelton (*Індія, зелений*), Пуер (*Китай, пуер*) (табл. 2).



Рис. 5. Китайська класифікація чаю, що залежить від обробки сировини з листя *Camellia sinensis*

Таблиця 2

Розподіл дослідженого чайного асортименту згідно з Китайською класифікацією

Червоний тип	Зелений тип	Інші	EGCG (харчова добавка в капсулах)
Lipton Yellow Label	De Luxe	Пуер	EGCG 100 мг/мл NaCl
Feelton Earl Grey	PickWick	Monomax Champagne moments	EGCG 1 мг/мл води
De Luxe	Lovare	Улун з женьшенем	EGCG 10 мг/мл води
Feelton London classic	Basilur	Да Хон Пао (Великий червоний халат) ЛАН ХУА	EGCG 100 мг/мл вода
Sherlock secrets Night time	Ahmad		EGCG 10 мг/мл ДМСО 100%
Monomax 1001 Nights	Мао Фенг		ДМСО 100%
Золоті Голки	Сенча		EGCG 1 мг/мл етанол 90
	Feelton		EGCG 10 мг/мл етанол 90
			етанол 90

Рослинну сировину подрібнювали до розміру частинок 0,5–1 мм. Екстракти готували методом мацерації з використанням екстрагентів вода очищена та NaCl 0,9% у співвідношенні 1:10.

Паралельно готували розчин EGCG у DMSO, етиловому спирті 90% та розчині NaCl 0,9%, який служив препаратом порівняння з відомою антимікробною дією.

Протимікробна дія

Приготування суспензій мікроорганізмів із визначеною концентрацією мікробних клітин (оптична щільність) проводили за допомогою стандарту каламутності (0,5 од. за шкалою McFarland). Використовували денситометр DEN-1 Biosan (Biosan, Латвія). Суспензію готували згідно з інструкцією до приладу та інформаційного листа про нововведення в системі охорони здоров'я № 163-2006 «Стандартизація приготування мікробних суспензій», м. Київ.

Як контроль використовували EGCG, екстракт *Matricaria chamomilla* (ромашка), 90% етанольно-водний розчин, DMSO нерозведене.

Середовища для культивування застосовували відповідно до виду мікроорганізмів згідно з існуючими методичними розробками і рекомендаціями. Визначення чутливості штамів мікроорганізмів до антибактеріальних лікарських засобів проводили відповідно до методичних указівок «Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів» (Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 05.04.2007 № 167) методом колодязів на середовищі Мюллера – Хінтона (HimediaLaboratorlesPvt. Ltd India). Середовище готували відповідно до інструкції виробника. Чутливість грибів визначали на Сабуро-декстрозному агарі. Визначення чутливості дослідних речовин проводили на шарі поживного середовища, яке розливали у чашки Петрі. Після застигання агар засівали мікроорганізмами методом штрихів. Із поживного середовища насадкою на піпетку виколували колодязі діаметром 5,5 мм. Після виконання всіх попередніх маніпуляцій у лунки вносять дослідну речовину (100 мкл).

Використовували референтні та клінічні штами мікроорганізмів, серед яких 4 штами грибків (дріжджеві та плісняві), 9 Грам-позитивних штамів, 13 Грам-негативних штамів: *Candida albicans* ATCC 885-653 (музейна); *Candida lusitanae* (клінічна); *Aspergillus niger* (музейний); *Candida albicans* (клінічний 85); *Staphylococcus aureus*, ATCC 25923 biofilm(+) (музейний); *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (клінічний b2); *Staphylococcus aureus* biofilm (+) (клінічний b5); *Staphylococcus delphinium* (клінічний); *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228

biofilm (-) (музейний); *Aeromonas hydrophila* (клінічний); *Enterococcus spp.* (клінічний); *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (музейний); *Pseudomonas aeruginosa* (клінічний); *Raoultella ornithinolytica* ATCC 31898 (музейний); *Raoultella terrigena* ATCC 33257 (музейний); *Klebsiella pneumoniae subsp. ozaenae* (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 218); *Klebsiella variicola* AS3958 (клінічний); *Klebsiella variicola* AS3793 (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 216); *Klebsiella quasipneumoniae* AS4023 (клінічний); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 215); *Klebsiella pneumoniae* (клінічний 213); *Escherichia coli* non-MDR (клінічний), *Actinomyces naeslundii*; *Lactobacillus spp.*

Оцінку антибактеріальної активності дослідних речовин проводили вимірюванням діаметра зон затримки росту:

- 0–10 мм – мікроорганізм не чутливий до дослідної речовини;
- 10,1–20 мм – мікроорганізм слабкочутливий до дослідної речовини;
- 20,1–30 мм – мікроорганізм чутливий до дослідної речовини;
- 30,1 мм та більше – мікроорганізм високочутливий доданої речовини.

Статистичний аналіз

Під час розрахунку показників опису розподілів використовувався статистичний пакет Microsoft Excel 2019. Усі чаї, де містився надпис «чорний чай», були віднесені за Китайською класифікацією до червоного, оскільки вони не були пуерами й отримали позначення чорного за Європейською класифікацією – згідно з кольором чайної сировини. Зелені ж чаї так названі, але офіційної інформації, які хімічні процеси зазнала сировина, не вдалося відшукати на сайтах компанії, під марками яких чаї випускаються. Тож ці чинники призвели до того, що дані, які отримані в ході проведення дослідів, формують неправильний (непараметричний) розподіл і, як наслідок, під час аналізу будуть використовуватися середні величини непараметричного розподілу: згідно з вимогами Департаменту атестації кадрів (ДАК) України для опису розподілів, що не є «нормальними», необхідно вказувати значення медіани та інтерквартильний розмах. За традиційного використання 25% і 75% процентилів, тобто верхньої межі 1-го і нижньої межі 4-го квартилей, цей запис може мати, наприклад, такий вигляд: Me (25%; 75%) = 125 (53; 182) (Акімова & Дубинська, 2007; Москаленко, Гульчій, Голубчиков, & Голубчиков та ін., 2009). Показники ж діаметру затримки росту конкретного чаю конкретної компанії були параметричним роз-

поділом, що дало змогу вирахувати середнє арифметичне та квадратичне відхилення.

Результати

Чайний асортимент

У дослідження було залучено 19 різних чаїв, серед них зелених було 42,1% (n=8), червоних – 36,8% (n=7), улун – 10,5% (n=2) та по одному темному чаю і суміш червоного та зеленого (рис. 6).

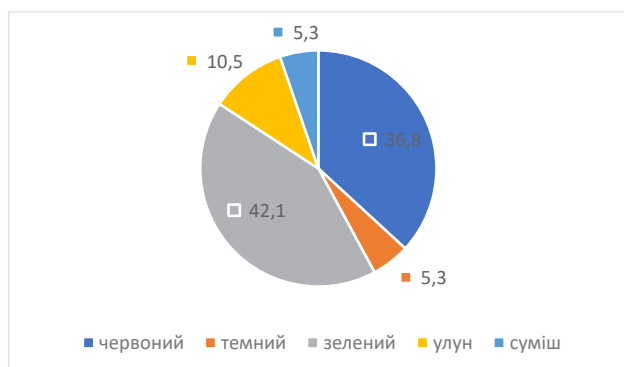


Рис. 6. Розподіл чаю, який залучений в експеримент (%)

Чаї класифікували за країною походження: Кенія – 10,53% (n=2); Індія – 15,79% (n=3); Шрі Ланка – 15,79% (n=3); Китай – 42,11% (n=8); невідомо – 5,26% (n=1); реєстрація бренду Нідерланди – 5,26% (n=1); суміш Китай та Кенія – 5,26% (n=1) (рис. 7).



Рис. 7. Розподіл чаю за країною походження (%)

Протимікробна дія

Червоний тип

Серед семи зразків листя червоного типу екстрактів із *Camellia sinensis* найкращу протимікробну дію проявили «Золоті Голки» щодо клінічних штамів *Staphylococcus aureus*, biofilm (+) (42,2 мм) та *Candida albicans*, N85 (рис. 8, табл. S1, S2, S3) та щодо референтних штамів *Raoultella ornithinolitica* ATCC 31898 (табл. S5) та *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (табл. S4).

Усі інші шість зразків листя червоного типу екстрактів із *Camellia sinensis* проявили протимікробну дію щодо всіх Грам-позитивних мікроорганізмів, найвираженіше щодо біоплівкоутворюючого стафілококу (табл. S2–3). Також усі зразки червоного типу проявили дію щодо псевдомонад (клінічної або музейної) (табл. S4) та до одного клінічного штаму *Klebsiella pneumoniae* (табл. S6).

Зразки «Feelton Earl Grey» та «De Lue» проявили дію щодо грибків роду *Candida* (табл. S1).

Чотири клінічні штами клебсієл, *Raoultella terrigena* ATCC 3325, два штами лактобактерій та *Aspergillus niger* були нечутливими до всіх зразків листя червоного типу екстрактів (рис. 8).

Зелений тип

Серед восьми зразків листя зеленого типу екстрактів із *Camellia sinensis*, найкращу протимікробну дію проявили 5 екстрактів («PickWick», «Lovare», «Basilur», «Ahmad», «Мао Фенг») щодо Грам (+) штамів мікроорганізмів, зокрема щодо клінічних біоплівкоутворюючих штамів *Staphylococcus aureus* (43,0 мм щодо штаму b5) та щодо клінічного штаму *Staphylococcus delphinium* (35 мм) (рис. 9, табл. S2, S3).

Три екстракти («De Lue», «Basilur», «Lovare») проявили значну протимікробну дію щодо клінічного штаму синьогнійної палички (*Pseudomonas aeruginosa*) та меншу дію щодо референтного штаму *Pseudomonas aeruginosa* (табл. S4).

Чотири екстракти («De Luxe», «Ahmad», «Lovare», «Basilur») проявили дію проти клінічних штамів клебсієл (*Klebsiella pneumoniae subsp. Ozaena*, 218, 216, 213) (табл. S6).

Два екстракти («Basilur» та «De Luxe») проявили незначну дію щодо грибків роду *Candida* (табл. S1).

Усі зразки екстрактів зеленого типу не проявили дії щодо лактобактерій, клінічного штаму грибка *Candida albicans*, *Aspergillus niger* та деяких більш резистентних штамів *Klebsiella variicola* та *Klebsiella quasipneumoniae* (табл. S1, S7) (рис. 9).

Інші

Серед чотирьох зразків листя екстрактів із *Camellia sinensis*, які були класифіковані як «інші», найкращу протимікробну дію проявили два екстракти («Да Хон Пао (Великий червоний халат) ЛАН ХУА», «Улун з женьшенем») щодо Грам (+) штамів мікроорганізмів, зокрема щодо клінічного біоплівкоутворюючого штаму *Staphylococcus aureus* (30,4 і 43,0 мм щодо штаму b5, відповідно).

Екстракти «Пуер» та «Monomax Champagne moments» проявили активність щодо референтного штаму *Staphylococcus aureus*, ATCC 25923 biofilm(+) (18,7 і 24,4 мм відповідно).

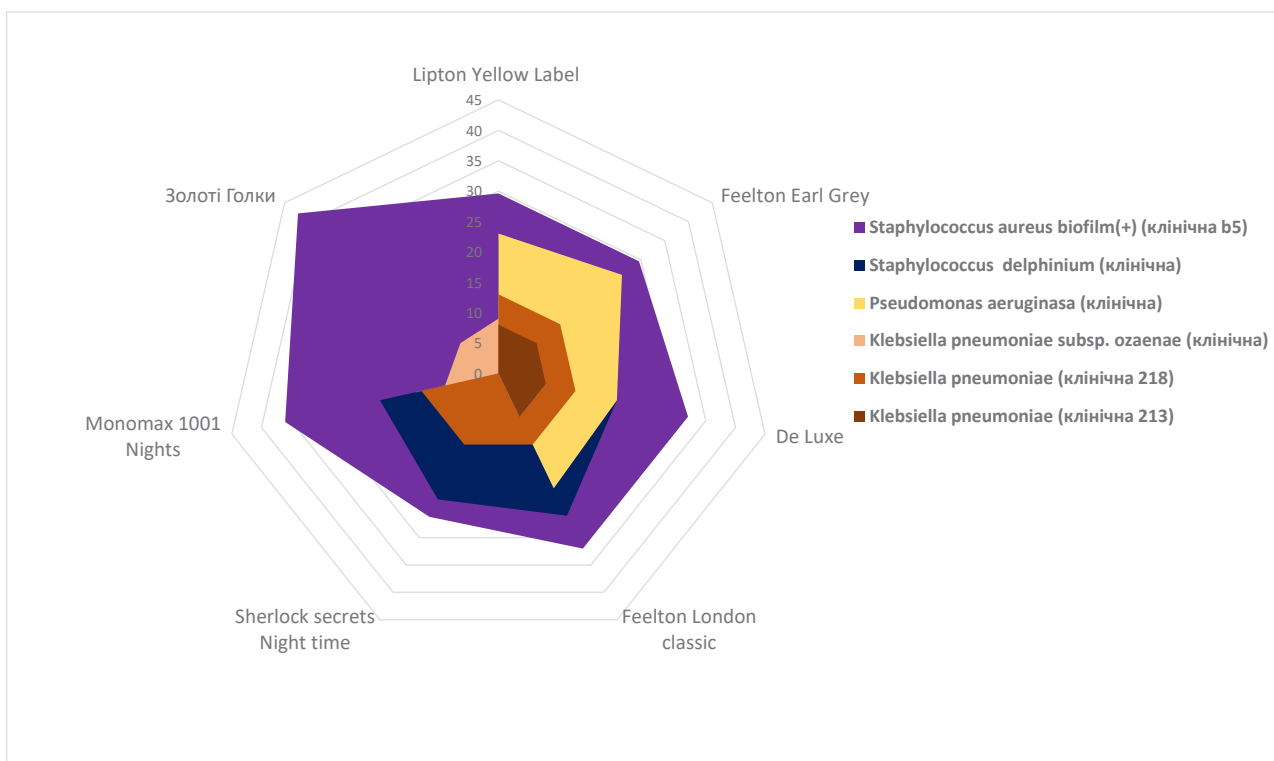


Рис. 8. Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis*, червоні типи, діаметр затримки росту, мм

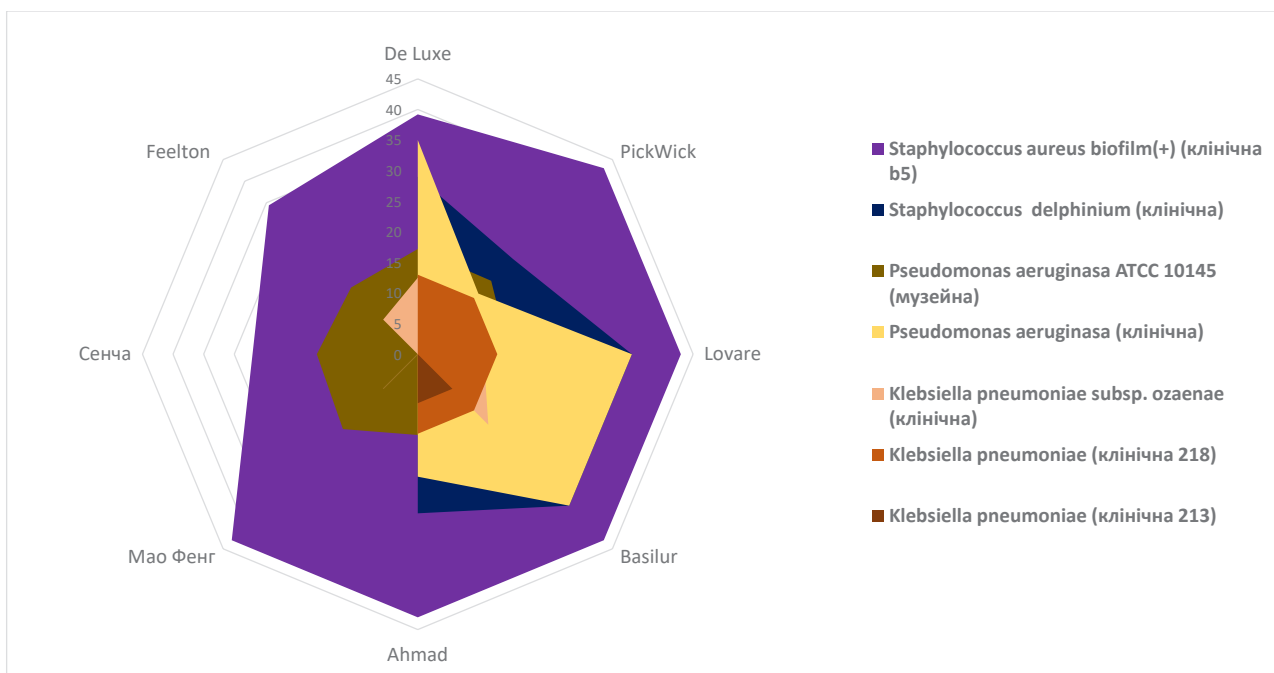


Рис. 9. Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis*, зелені типи, діаметр затримки росту, мм

Усі чотири екстракти проявили незначну активність щодо *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (музейна) та *Klebsiella pneumoniae subsp. ozaenae* (клінічна) (рис. 10).

EGCG

В експеримент було залучено 55% епігалокатехин як основна діюча речовина екстрактів, за даними літератури (Singh, Shankar, & Srivastava, 2011), у кон-

центрації 1 мг/мл, 10 мг/мл, 100 мг/мл, розчинені або у NaCl/воді, або у ДМСО 100% або в етанолі 90°. Для дослідження антимікробної активності було вибрано концентрації 1 мг/мл, 10 мг/мл та 100 мг/мл. Такий широкий діапазон концентрацій був вибраний із метою виявлення порогової концентрації (1 мг/мл), оцінки дозозалежної активності (10 мг/мл) та верхньої межі активності *in vitro* (100 мг/мл).

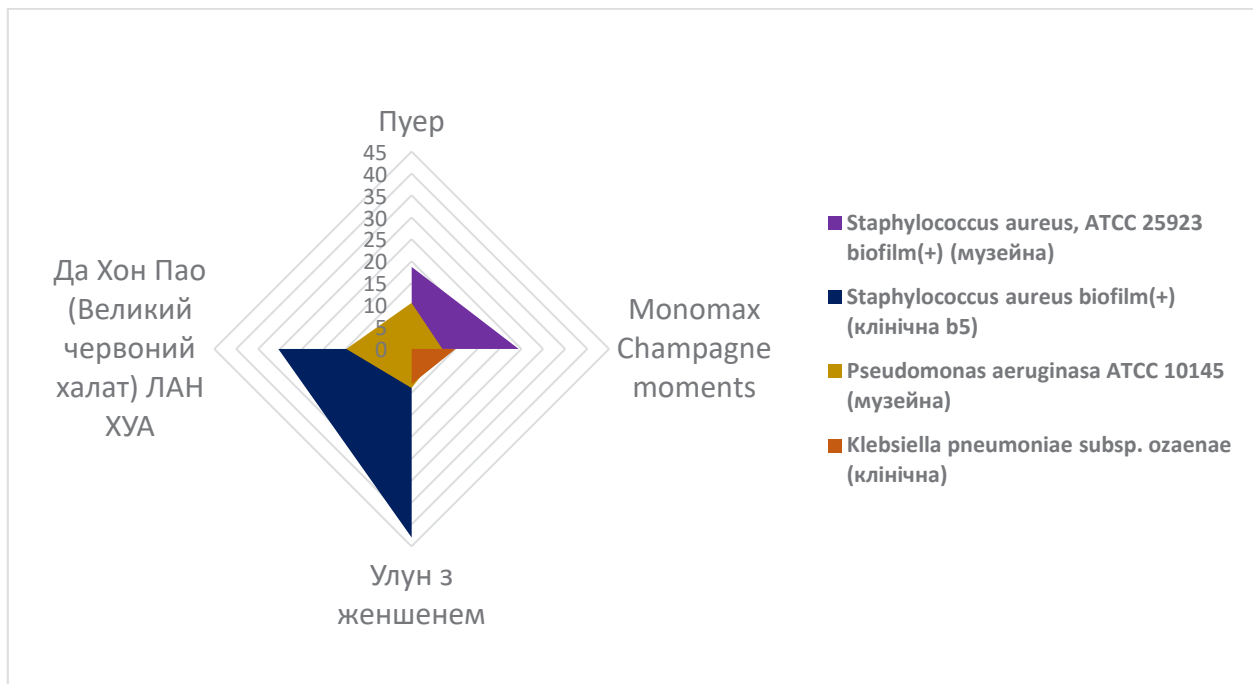


Рис. 10. Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis*, інші типи, діаметр затримки росту, мм

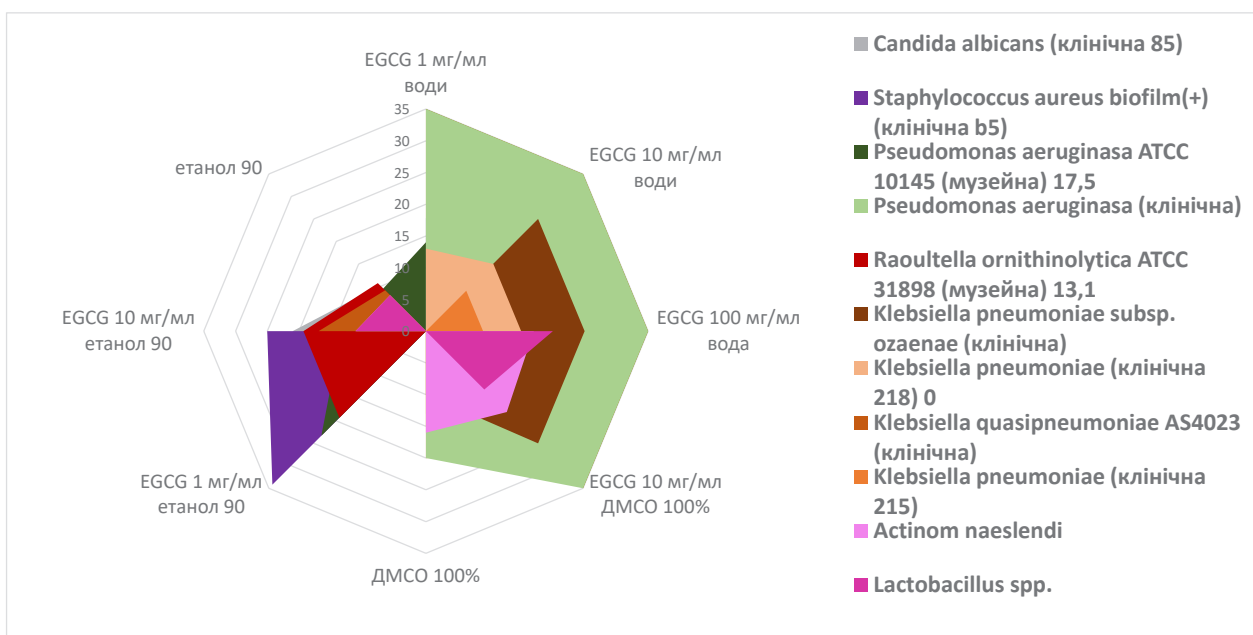


Рис. 11. Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis*, EGCG, діаметр затримки росту, мм

Водні розчини EGCG проявили виражену дію на весь спектр мікроорганізмів (грибки, Грам(-), Грам (+)), найбільш вираженою активністю була щодо *Pseudomonas aeruginosa* (клінічна) (35 мм), *Klebsiella pneumoniae subsp. ozaenae* (клінічна) (25 мм) (рис. 11, табл. S4, S6).

Етанольні розчини EGCG (вираженіше розчин 1 мг/мл) проявили протимікробну дію щодо широкого спектру бактерій та грибків, зокрема щодо *Staphylococcus aureus* biofilm(+) (клінічна b5) (34,2 мм), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 (музейна) (23,3 мм), *Raoultella ornithinolytica* ATCC 31898 (музейна) (19,3 мм), *Klebsiella quasipneumoniae* AS4023 (клінічна) (16,9 мм), *Lactobacillus* spp. (11,1 мм), *Candida albicans* (клінічна 85) (22,9 мм) (табл. S1–2, S4–8,) (рис. 11).

Результати дослідження та їх обговорення.

Пошук сполук із протимікробною дією залишається короткотерміновим методом боротьби з антимікробною резистентністю, згідно з глобальним планом BOO3 (Mendelson & Matsoso, 2015). У цьому пошуку сполуки природнього походження з рослин мають низку переваг перед синтетичними сполуками, рослинні сполуки часто менш токсичні для людини і мають різноманітні механізми дії, що знижує ризик розвитку стійкості у бактерій (Stan et al., 2021).

У нашому дослідженні були використані мікроорганізми з групи ESKAPE, такі як *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* та *Staphylococcus aureus*. Результати дослідження продемонстрували виражену дію екстрактів із *Camellia sinensis* щодо клінічного штаму стафілококу *Staphylococcus aureus*, який характеризується здатністю до біоплівкоутворення, а також проти *Pseudomonas aeruginosa* та грибків роду *Candida* (рис. 8–10). Це корелює з дослідженнями інших авторів. Так, у роботі Vasudeo та ін. (Vasudeo & Sonika, 2009) чайні екстракти показали антибактеріальну активність проти різноманітних бактеріальних штамів, включаючи *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* та *Bacillus subtilis*. Дослідження Vasudeo та інші показує, що різні розчинники (хлороформ, діетиловий ефір, нафтовий ефір, метанол) можуть впливати на ефективність екстрактів чаю, при цьому хлороформний екстракт демонстрував найвищу активність проти *B. subtilis*. У роботі Fagooghi та ін. (Fagooghi et al., 2015) виявлено синергічну дію *Juglans regia* (горіху волоського) та *Camellia sinensis* щодо метицилін резистентного *Staphylococcus aureus* (MRSA). Варто зазначити середній вплив екстрактів на високорезистентні клінічні штами бактерій *Klebsiella pneumoniae* (№ 218, № 213) (рис. 8–9).

У нашому дослідженні активність екстрактів зеленого чаю була вищою щодо клінічних, аніж до референтних штамів *Pseudomonas aeruginosa* (рис. 9). Це можна пояснити метаболічною активністю, деякі клінічні штами можуть мати більш високу метаболічну активність порівняно з референтними штамми, і це може призводити до того, що вони швидше вбирають та метаболізують антимікробні сполуки (Fagooghi et al., 2015).

Близько 200 антимікробних сполук, включаючи рослинні ефірні олії та їхні активні інгредієнти, фенольні сполуки, катехіни чаю та теафлавіни, були визначені як активні сполуки проти патогенних бактерій (Fagooghi et al., 2015). Однією з найбільш досліджених сполук є епігаллокатехін-3-галату (EGCG), який може інгібувати бактеріальний ріст шляхом порушення функції клітинної стінки та мембрани, а також шляхом інтерференції з бактеріальними ферментами та сигнальними шляхами (Mokra, Joskova, & Mokry, 2022). Також EGCG володіє протизапальною, антиоксидантною, протипухлинною (Hou et al., 2005; Talib et al., 2024) та протівірусною активністю, мати вплив на лікування хвороби Паркінсона (Wang et al., 2022), а також може бути застосований із ранозагоювальною дією (Akhtari et al., 2023).

Бактерії *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus epidermidis* часто є причиною інфекції м'яких тканин шкіри (фурункули, карбункули). З огляду на високу чутливість цих мікроорганізмів до екстрактів із *Camellia sinensis* та розчину з епігаллокатехін-3-галату (EGCG), можливим є використання чаю для поверхневої обробки місця запалення. Це може бути особливо корисно як заміна або доповнення до хімічних антибактеріальних речовин, що зменшить ризик побічних ефектів та розвитку резистентності.

Кандидоз – це захворювання, яке часто уражує слизову оболонку ротової порожнини та жіночих статевих шляхів. У нашому дослідженні було встановлено, що чутливість грибка *Candida albicans* до екстрактів із *Camellia sinensis* є слабкою й аналогічною до екстрактів із ромашки. Ці результати вказують на обмежену ефективність використання чайних екстрактів для лікування кандидозу. Однак EGCG, головний поліфенол зеленого чаю, демонструє значно вищу антимікробну активність (рис. 10). EGCG має потужні антиоксидантні та протизапальні властивості, які можуть сприяти ефективному лікуванню поверхневих мікозів.

У результаті нашого дослідження було встановлено, що лактобактерії мають повну резистентність до екстрактів із *Camellia sinensis*, що свідчить про їх безпечність для використання чаю у підтримці здо-

рової кишкової мікрофлори. Однак розчини з EGCG демонструють слабку чутливість до цих мікроорганізмів (рис. 11). Це відкриває можливості для використання чаю або його компонентів при лікуванні дисбактеріозів кишечника. Перед тим як почати застосування чаю для цієї мети, необхідно провести додаткові дослідження щодо впливу соляної кислоти шлункового соку на поліфеноли, зокрема на EGCG. Це важливо для розуміння стабільності та ефективності антимікробних властивостей чаю під час проходження через шлунково-кишковий тракт.

Отже, чай є відносно доступною дешевою та масовою сировиною, яка містить кілька хімічних речовин з антимікробними властивостями. Основний антибактеріальний вплив, імовірно, належить EGCG, однак наявність великого набору катехинів та інших сполук сприяє тому, що резистентність до чаю розвивається повільніше, ніж до антибіотиків. Це відкриває перспективи для використання чаю та його компонентів у лікуванні різних інфекційних захворювань, включаючи інфекції шкіри, кандидоз та дисбактеріоз кишечника.

Таблиця S1

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо грибків роду *Candida* та пліснявого грибка роду *Aspergillus* (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			C. albicans	C. lusitaniae	C. albicans	A. niger
			Муз	клін	Клін	Муз
червоний	Lipton Yellow Label	H ₂ O	0	0	0	0
червоний	Feelton Earl Grey	H ₂ O	0	16(1,36)	0	0
червоний	De Lue	H ₂ O	0	13(0,78)	0	0
червоний	Feelton London classic	H ₂ O	0	0	0	0
червоний	Sherlock secrets Night time	H ₂ O	0	0	0	0
червоний	Monomax 1001 Nights	H ₂ O	0	0	0	0
червоний	Золоті Голки	H ₂ O	(-)	(-)	18,4(1,67)	0
зелений	De Lue	H ₂ O	15(0,87)	16(1,21)	0	0
зелений	PickWick	H ₂ O	0	0	0	0
зелений	Lovare	H ₂ O	0	0	0	0
зелений	Basilur	H ₂ O	0	20(1,56)	0	0
зелений	Ahmad	H ₂ O	0	0	0	0
зелений	Мао Фенг	H ₂ O	(-)	(-)	0	0
зелений	Сенча	H ₂ O	(-)	(-)	0	0
зелений	Feelton	H ₂ O	(-)	(-)	0	0
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H ₂ O	0	0	15,3(1,45)	13,5(2,12)
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H ₂ O	0	0	(-)	0
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H ₂ O	(-)	(-)	0	0
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H ₂ O	(-)	(-)	0	0
темний	Пуер	NaCl	(-)	0	(-)	(-)
темний	Пуер	H ₂ O	(-)	0	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	(-)	13,8(0,5)	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H ₂ O	12(1,2)	0	(-)	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H ₂ O	17(0,9)	23(0,9)	(-)	0
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H ₂ O	0	30(1,6)	(-)	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	18(1,4)	28(1,4)	(-)	10(0,5)
	DMSO 100%		0	20(1,1)	(-)	15(0,4)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл ethanol 90	(-)	(-)	22,9(1,2)	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл ethanol 90	(-)	(-)	21(0,4)	0
	ethanol 90		(-)	(-)	10,2(0,1)	0

Таблиця S2

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-позитивних мікроорганізмів (стафілококів золотистих) біоплівкоутворюючих, клінічні та референтний штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			S. aureus	S. aureus b2	S. aureus b5
			муз	клін	клін
червоний	Lipton Yellow Label	H2O	23(0,86)	17,5(0,38)	29,6(0,4)
червоний	Feelton Earl Grey	H2O	23(0,76)	20(0,93)	29,6(0,4)
червоний	De Lue	H2O	21,9(0,56)	21(2,56)	32(1,2)
червоний	Feelton London classic	H2O	22,9(0,45)	21,3(1,93)	32(1,2)
червоний	Sherlock secrets Night time	H2O	12,7(0,63)	13(1,76)	26,2(0,34)
червоний	Monomax 1001 Nights	H2O	17,9(0,54)	14(1,56)	36(1,4)
червоний	Золоті Голки	H2O	(-)	(-)	42,2(2,1)
Зелений	De Lue	H2O	21(1,9)	24,5(2,36)	39,2(1,35)
Зелений	PickWick	H2O	22,5(0,63)	16(0,73)	43(2,6)
Зелений	Lovare	H2O	25(0,45)	20(1,8)	43(2,4)
Зелений	Basilur	H2O	23(2,5)	30(2,3)	43(2,6)
Зелений	Ahmad	H2O	18,6(0,49)	18(0,88)	43(2,4)
Зелений	Мао Фенг	H2O	(-)	(-)	43(2,4)
Зелений	Сенча	H2O	(-)	(-)	27(1,3)
Зелений	Feelton	H2O	(-)	(-)	34,4(1,6)
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H2O	0	0	43(2,2)
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H2O	24,4(1,9)	19,5(0,79)	(-)
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H2O	(-)	(-)	43(2,6)
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H2O	(-)	(-)	30,4(1,8)
Темний	Пуер	NaCl	17,3(0,57)	(-)	(-)
Темний	Пуер	H2O	18,7(0,4)	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	22,6(0,4)	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H2O	17,8(0,2)	13(0,3)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H2O	28(1,1)	22(0,7)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H2O	24,6(0,7)	35(1,6)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	33,3(0,8)	25(0,8)	(-)
	DMSO 100%		0	0	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 mg/ml ethanol 90	(-)	(-)	34,2(0,9)
	green tea extract, 55% EGCG	10 mg/ml ethanol 90	(-)	(-)	25(1,2)
	ethanol 90		(-)	(-)	0

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-позитивних мікроорганізмів роду *Staphylococcus* та *Enterococcus*, клінічні та референтний штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			S. epidermidis	Enterococcus	S. delphinium
			муз	клін	клін
червоний	Lipton Yellow Label	H2O	(-)	(-)	22(0,3)
червоний	Feelton Earl Grey	H2O	(-)	(-)	22(0,45)
червоний	De Lue	H2O	(-)	(-)	20(1,2)
червоний	Feelton London classic	H2O	(-)	(-)	26(2,5)
червоний	Sherlock secrets Night time	H2O	(-)	(-)	23(1,4)
червоний	Monomax 1001 Nights	H2O	(-)	(-)	20(1,2)
червоний	Золоті Голки	H2O	(-)	(-)	(-)
зелений	De Lue	H2O	23,4(1,2)	(-)	29(2,2)
зелений	PickWick	H2O	(-)	(-)	22(1,4)
зелений	Lovare	H2O	(-)	(-)	35(1,7)
зелений	Basilur	H2O	22,7(1,2)	(-)	35(1,8)
зелений	Ahmad	H2O	(-)	(-)	26(1,7)
зелений	Мао Фенг	H2O	(-)	(-)	(-)
зелений	Сенча	H2O	(-)	(-)	(-)
зелений	Feelton	H2O	(-)	(-)	(-)
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H2O	(-)	(-)	0
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H2O	(-)	(-)	35(3,5)
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H2O	(-)	(-)	(-)
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H2O	(-)	(-)	(-)
темний	Пуер	NaCl	21,4(0,56)	0	(-)
темний	Пуер	H2O	20,1(0,5)	0	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	25,1(0,3)	20,2(0,4)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H2O	(-)	(-)	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H2O	(-)	(-)	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H2O	(-)	(-)	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	(-)	(-)	35(0,6)
	DMSO 100%		(-)	(-)	0
	green tea extract, 55% EGCG	1 mg/ml ethanol 90	(-)	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	10 mg/ml ethanol 90	(-)	(-)	(-)
	ethanol 90		(-)	(-)	(-)

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-негативних мікроорганізмів виду *Pseudomonas aeruginosa*, клінічний та референтний штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			<i>P. aeruginosa</i>	<i>P. aeruginosa</i>
			муз	Клін
червоний	Lipton Yellow Label	H ₂ O	12,75(0,21)	23(0,4)
червоний	Feelton Earl Grey	H ₂ O	12,25(0,35)	26(0,6)
червоний	De Lue	H ₂ O	14,25(0,35)	20(0,25)
червоний	Feelton London classic	H ₂ O	13,25(1,06)	21(0,3)
червоний	Sherlock secrets Night time	H ₂ O	9,85(1,20)	0
червоний	Monomax 1001 Nights	H ₂ O	15,2(1,13)	14(0,4)
червоний	Золоті Голки	H ₂ O	19,9(2,3)	(-)
зелений	De Lue	H ₂ O	17,2(0)	35(1,2)
зелений	PickWick	H ₂ O	16,95(1,48)	14(0,5)
зелений	Lovare	H ₂ O	15(3,56)	35(1,5)
зелений	Basilur	H ₂ O	18,3(2,4)	35(1,7)
зелений	Ahmad	H ₂ O	13,2(2,54)	20(1,1)
зелений	Мао Фенг	H ₂ O	17,3(1,8)	(-)
зелений	Сенча	H ₂ O	16,5(1,5)	(-)
зелений	Feelton	H ₂ O	15,4(1,4)	(-)
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H ₂ O	0	20(0,4)
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H ₂ O	7(0,43)	35(0,5)
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H ₂ O	8,9(0,23)	(-)
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H ₂ O	14,9(0,37)	(-)
темний	Пуер	NaCl	9,2(0,45)	(-)
темний	Пуер	H ₂ O	10,5(0,5)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	17,5(0,5)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H ₂ O	14(1,1)	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H ₂ O	0	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H ₂ O	34(0,3)	35(0,6)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	30(0,5)	35(0,6)
	DMSO 100%		0	20(0,5)
	green tea extract, 55% EGCG	1 mg/ml ethanol 90	23,3(0,4)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	10 mg/ml ethanol 90	13,3(0,3)	(-)
	ethanol 90		9,5(0,5)	(-)

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-негативних мікроорганізмів роду *Raoultella*, референтні штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			R. ornithinolytica	R. terrigena
			муз	муз
червоний	Lipton Yellow Label	H2O	0	0
червоний	Feelton Earl Grey	H2O	0	0
червоний	De Lue	H2O	0	0
червоний	Feelton London classic	H2O	0	0
червоний	Sherlock secrets Night time	H2O	0	0
червоний	Monomax 1001 Nights	H2O	0	0
червоний	Золоті Голки	H2O	16,6(0,3)	0
зелений	De Lue	H2O	0	0
зелений	PickWick	H2O	0	0
зелений	Lovare	H2O	0	0
зелений	Basilur	H2O	0	0
зелений	Ahmad	H2O	0	0
зелений	Мао Фенг	H2O	0	0
зелений	Сенча	H2O	0	0
зелений	Feelton	H2O	16,6(0,3)	0
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H2O	0	0
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H2O	0	0
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H2O	0	0
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H2O	0	0
темний	Пуер	NaCl	0	(-)
темний	Пуер	H2O	0	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	13,1(0,3)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H2O	0	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H2O	8(0,1)	0
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H2O	17(0,5)	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	13(0,2)	0
	DMSO 100%		0	0
	green tea extract, 55% EGCG	1 mg/ml ethanol 90	19,3(1,1)	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 mg/ml ethanol 90	19,3(1,1)	11(0,7)
	ethanol 90		10,7(0,6)	8(0,6)

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-негативних мікроорганізмів виду *Klebsiella pneumoniae*, клінічні штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			К. pneumoniae subsp. Ozaenae	К. pneumoniae 218	К. pneumoniae 216	К. pneumoniae 215	К. pneumoniae 213
			клін	клін	клін	клін	клін
червоний	Lipton Yellow Label	H2O	9(1,4)	13(0,5)	0	0	8(0,3)
червоний	Feelton Earl Grey	H2O	9(1,4)	13(0,5)	0	0	8(0,3)
червоний	De Lue	H2O	9(1,4)	13(0,5)	0	0	8(0,3)
червоний	Feelton London classic	H2O	9(1,4)	13(0,5)	0	0	8(0,3)
червоний	Sherlock secrets Night time	H2O	9(1,4)	13(0,5)	0	0	0
червоний	Monomax 1001 Nights	H2O	9(1,41)	13(0,5)	0	0	0
червоний	Золоті Голки	H2O	8(0,7)	(-)	(-)	0	(-)
зелений	De Lue	H2O	12,5(3,36)	13(0,5)	13,9(0,37)	7(1,38)	12(0,5)
зелений	PickWick	H2O	10,25(0,35)	13(0,5)	0	0	0
зелений	Lovare	H2O	10,75(1,77)	13(0,5)	0	0	0
зелений	Basilur	H2O	16,3(2,4)	13(0,5)	0	0	8(0,3)
зелений	Ahmad	H2O	0	13(0,5)	0	0	8(0,3)
зелений	Мао Фенг	H2O	8(0,8)	(-)	(-)	0	(-)
зелений	Сенча	H2O	0	(-)	(-)	0	(-)
зелений	Feelton	H2O	8(0,7)	(-)	(-)	0	(-)
Herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H2O	0	0	0	0	0
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H2O	10(1,2)	13(0,5)	0	0	0
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H2O	8(0,7)	(-)	(-)	0	(-)
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H2O	0	(-)	(-)	0	(-)
темний	Пуер	NaCl	(-)	0	(-)	(-)	(-)
темний	Пуер	H2O	(-)	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG		100 мг/мл NaCl	(-)	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG		1 мг/мл H2O	0	13(0,3)	0	0	0
green tea extract, 55% EGCG		10 мг/мл H2O	25(0,7)	15(0,3)	0	9(0,1)	0
green tea extract, 55% EGCG		100 мг/мл H2O	25(0,7)	15(0,3)	10(0,1)	9(0,1)	0
green tea extract, 55% EGCG		10 мг/мл DMSO 100%	25(0,7)	15(0,3)	10(0,1)	10(0,1)	0
DMSO 100%			10(0,1)	13(0,2)	0	0	0
green tea extract, 55% EGCG		1 mg/ml ethanol 90	0	(-)	(-)	0	(-)
green tea extract, 55% EGCG		10 mg/ml ethanol 90	12,6(0,3)	(-)	(-)	0	(-)
ethanol 90			9(0,2)	(-)	(-)	0	(-)

Протимікробна дія екстрактів із *Samellia sinensis* L. щодо Грам-негативних мікроорганізмів родів *Klebsiella*, *Escherichia* та *Aeromonas*, клінічні штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

	K. varicola AS3958	K. varicola AS3793	K. quasineoponiae	E. coli clin non-MDR		A. hydrophila
				клін	клін	
червоний	0	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	0	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	8(0,1)	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	8(0,1)	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	0	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	0	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
зелений	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
herb	0	0	0	(-)	(-)	(-)
червоний + зелений	0	0	0	(-)	(-)	(-)
улуґ(оолонґ)	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
улуґ(оолонґ)	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
темний	(-)	(-)	(-)	0	0	0
темний	(-)	(-)	(-)	0	0	0
green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	(-)	(-)	11,6(0,2)	20,7(0,3)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H2O	0	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H2O	0	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H2O	8(0,1)	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	8(0,1)	14(0,4)	(-)	(-)	(-)
DMSO 100%		0	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл ethanol 90	0	0	(-)	(-)	(-)
green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл ethanol 90	0	16,9(0,3)	(-)	(-)	(-)
ethanol 90		0	9,1(0,1)	(-)	(-)	(-)

Протимікробна дія екстрактів із *Camellia sinensis* L. щодо Грам-позитивних мікроорганізмів родів *Actinomyces* та *Lactobacillus*, клінічні штами (діаметр затримки росту, мм ± SE)

			<i>A. naeslundii</i>	<i>Lactobacillus</i>
червоний	Lipton Yellow Label	H ₂ O	0	0
червоний	Feelton Earl Grey	H ₂ O	0	0
червоний	De Lue	H ₂ O	0	0
червоний	Feelton London classic	H ₂ O	0	0
червоний	Sherlock secrets Night time	H ₂ O	0	0
червоний	Monomax 1001 Nights	H ₂ O	0	0
червоний	Золоті Голки	H ₂ O	0	0
зелений	De Lue	H ₂ O	0	0
зелений	PickWick	H ₂ O	0	0
зелений	Lovare	H ₂ O	0	0
зелений	Basilur	H ₂ O	0	0
зелений	Ahmad	H ₂ O	0	0
зелений	Мао Фенг	H ₂ O	0	0
зелений	Сенча	H ₂ O	0	0
зелений	Feelton	H ₂ O	0	0
herb	квіти ромашки сушені подрібнені	H ₂ O	0	0
червоний + зелений	Monomax Champagne moments	H ₂ O	0	0
улун(оолонг)	Улун з женшенем	H ₂ O	0	0
улун(оолонг)	Да Хон Пао	H ₂ O	0	0
темний	Пуер	NaCl	(-)	(-)
темний	Пуер	H ₂ O	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл NaCl	(-)	(-)
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл H ₂ O	0	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл H ₂ O	0	0
	green tea extract, 55% EGCG	100 мг/мл H ₂ O	17(0,5)	20(1,1)
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл DMSO 100%	18(0,2)	13(0,7)
	DMSO 100%		16(0,4)	0
	green tea extract, 55% EGCG	1 мг/мл ethanol 90	0	0
	green tea extract, 55% EGCG	10 мг/мл ethanol 90	11,1(0,3)	11,1(0,3)
	ethanol 90		8(0,2)	8(0,2)

Висновки

1) Екстракти з листя *C. sinensis* проявляють високу протимікробну активність *in vitro* щодо клінічних та референтних штамів мікроорганізмів, у тому числі щодо полірезистентних до антибіотиків бактерій із групи ESKAPE (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*).

2) Найкращу протимікробну дію проявили екстракти зеленого типу на відміну від червоного та інших типів. Дана варіативність ефективності, скоріше за все, залежить від виробника та типу ферментації листя *C. sinensis*.

Перспективи та практичне значення:

Отримані результати демонструють потенціал використання екстрактів із *Camellia sinensis* L. як природних антимікробних засобів, що можуть бути застосовані у медицині для боротьби з резистентними до антибіотиків мікроорганізмами. Подальші дослідження необхідні для встановлення оптимальних умов екстракції та концентрацій екстрактів для максимізації антимікробної ефективності.

Обмеження дослідження:

Інформація про деякі чаї з рубрики «зелені» була відсутня на сайтах компанії. Дослідження не передбачало визначення кількісного вмісту діючих речовин у сировині.

ЛІТЕРАТУРА

- Akhtari N., Ahmadi M., Kiani Doust Vaghe Y., Asadian E., Behzad S., Vatanpour H., Ghorbani-Bidkorpheh F. Natural agents as wound-healing promoters. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-023-01318-6>
- Camellia sinensis. 2024. URL: https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Camellia_sinensis.html
- Chacko S. M., Thambi P. T., Kuttan R., Nishigaki I. Beneficial effects of green tea: A literature review. *Chinese Medicine*. 2010. 5(1). 13. DOI: <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-13>
- Farooqui A., Khan A., Borghetto I., Kazmi S. U., Rubino S., Paglietti B. Synergistic Antimicrobial Activity of Camellia sinensis and Juglans regia against Multidrug-Resistant Bacteria. *PLOS ONE*, 2015. 10(2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118431>
- Hou Z., Sang S., You H., Lee M.-J., Hong J., Chin K.-V., Yang C. S. Mechanism of Action of (–)-Epigallocatechin-3-Gallate: Auto-oxidation–Dependent Inactivation of Epidermal Growth Factor Receptor and Direct Effects on Growth Inhibition in Human Esophageal Cancer KYSE 150 Cells. *Cancer Research*. 2005. 65(17). 8049–8056. DOI: <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-05-0480>
- Kaderi K., Islam M., Sarker T., Islam S., Mondol D., Faruk M., Biswas G. Study on the Efficacy of Green Tea Extract on Staphylococcus aureus and Klebsiella pneumonia of Raw Chicken Meat. *Meat Research*. 2023. 3(1). DOI: <https://doi.org/10.55002/mr.3.1.45>
- Mendelson M., Matsoso M. P. The World Health Organization Global Action Plan for antimicrobial resistance. *South African Medical Journal*. 2015. 105(5). 325. DOI: <https://doi.org/10.7196/SAMJ.9644>
- Mohammed I. O., Alrasheid A. A., Hussein Ayoub S. M. GC-MS Analysis and Study of the Antimicrobial Activity of Citrus paradisi, Citrus aurantifolia, and Citrus sinensis Peel Essential Oils as Hand Sanitizer. *International Journal of Microbiology*. 2024. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/4957712>
- Mokra D., Joskova M., Mokry J. Therapeutic Effects of Green Tea Polyphenol (–)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in Relation to Molecular Pathways Controlling Inflammation, Oxidative Stress, and Apoptosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022. 24(1). 340. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24010340>
- Musial C., Kuban-Jankowska A., Gorska-Ponikowska M. Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020. 21(5). 1744. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21051744>
- Reay D. Climate-Smart Tea. In *Climate-Smart Food* 2019. (pp. 35–47). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-18206-9_4
- Singh B. N., Shankar S., Srivastava R. K. Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochemical Pharmacology*. 2011. 82(12). 1807–1821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2011.07.093>
- Stan D., Enciu A.-M., Mateescu A. L., Ion A. C., Brezeanu A. C., Stan D., Tanase C. Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation. *Frontiers in Pharmacology*. 2021. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.723233>
- Sun M.-F., Jiang C.-L., Kong Y.-S., Luo J.-L., Yin P., Guo G.-Y. Recent Advances in Analytical Methods for Determination of Polyphenols in Tea: A Comprehensive Review. *Foods*. 2022. 11(10). 1425. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11101425>
- Talib W. H., Awajan D., Alqudah A., Alsawwaf R., Althunibat R., Abu AlRoos M., ... Al Kury L. T. Targeting Cancer Hallmarks with Epigallocatechin Gallate (EGCG): Mechanistic Basis and Therapeutic Targets. *Molecules*. 2024. 29(6). 1373. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29061373>
- Vasudeo Z., Sonika B. Antimicrobial activity of tea (Camellia sinensis). *Biomedical and Pharmacology Journal*. 2009. 2(1). 173–175.
- Wang Y., Wu S., Li Q., Lang W., Li W., Jiang X., et al. Epigallocatechin-3-gallate: A phytochemical as a promising drug candidate for the treatment of Parkinson's disease. *Frontiers in Pharmacology*. 2022. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.977521>
- Xu F.-W., Lv Y.-L., Zhong Y.-F., Xue Y.-N., Wang Y., Zhang L.-Y., ... Tan W.-Q. Beneficial Effects of Green Tea EGCG on Skin Wound Healing: A Comprehensive Review. *Molecules*. 2021. 26(20). 6123. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26206123>
- Гродзінський А. М. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. Київ, 1992. 455 с. URL: <https://archive.org/details/grodzinsky1/page/455/mode/2up?view=theater>
- Акімова О. В., Дубинська О. С. Статистика в малюнках та схемах : навчальний посібник. Київ, 2007.
- Карпенко Я. О. Сучасний асортимент та особливості експертизи байхового чаю : автореф. дис. ... канд. економ. наук : 076. Полтава, 2021. 114 с.
- Біостатистика : підручник / В. Ф. Москаленко та ін. Київ, 2009.

REFERENCES

- Akhtari, N., Ahmadi, M., Kiani Doust Vaghe, Y., Asadian, E., Behzad, S., Vatanpour, H., et al. (2023). Natural agents as wound-healing promoters. *Inflammopharmacology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-023-01318-6>
- Camellia sinensis. (2024). Retrieved from https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Camellia_sinensis.html
- Chacko, S. M., Thambi, P. T., Kuttan, R., & Nishigaki, I. (2010). Beneficial effects of green tea: A literature review. *Chinese Medicine*, 5(1), 13.
- Farooqui, A., Khan, A., Borghetto, I., Kazmi, S. U., Rubino, S., & Paglietti, B. (2015). Synergistic Antimicrobial Activity of Camellia sinensis and Juglans regia against Multidrug-Resistant Bacteria. *PLOS ONE*, 10(2).
- Hou, Z., Sang, S., You, H., Lee, M.-J., Hong, J., Chin, K.-V., et al. (2005). Mechanism of Action of (–)-Epigallocatechin-3-Gallate: Auto-oxidation–Dependent Inactivation of Epidermal Growth Factor Receptor and Direct Effects on Growth Inhibition in Human Esophageal Cancer KYSE 150 Cells. *Cancer Research*, 65(17), 8049–8056.
- Kaderi, K., Islam, M., Sarker, T., Islam, S., Mondol, D., Faruk, M., et al. (2023). Study on the Efficacy of Green Tea Extract on Staphylococcus aureus and Klebsiella pneumonia of Raw Chicken Meat. *Meat Research*, 3(1).
- Mendelson, M., & Matsoso, M. P. (2015). The World Health Organization Global Action Plan for antimicrobial resistance. *South African Medical Journal*, 105(5), 325.

Mohammed, I. O., Alrasheid, A. A., & Hussein Ayoub, S. M. (2024). GC-MS Analysis and Study of the Antimicrobial Activity of Citrus paradisi, Citrus aurantifolia, and Citrus sinensis Peel Essential Oils as Hand Sanitizer. *International Journal of Microbiology*. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/4957712>

Mokra, D., Joskova, M., & Mokry, J. (2022). Therapeutic Effects of Green Tea Polyphenol (–)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in Relation to Molecular Pathways Controlling Inflammation, Oxidative Stress, and Apoptosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1), 340.

Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2020). Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *International Journal of Molecular Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21051744>

Reay, D. (2019). Climate-Smart Tea. *Climate-Smart Food*. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-18206-9_4

Singh, B. N., Shankar, S., & Srivastava, R. K. (2011). Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Mechanisms, perspectives and clinical applications. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2011.07.093>

Stan, D., Enciu, A.-M., Mateescu, A. L., Ion, A. C., Brezeanu, A. C., Stan, D., et al. (2021). Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.723233>

Sun, M.-F., Jiang, C.-L., Kong, Y.-S., Luo, J.-L., Yin, P., & Guo, G.-Y. (2022). Recent Advances in Analytical Methods for Determination of Polyphenols in Tea: A Comprehensive Review. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11101425>

Talib, W. H., Awajan, D., Alqudah, A., Alsawwaf, R., Althunibat, R., Abu AlRoos, M., et al. (2024). Targeting Cancer Hallmarks with Epigallocatechin Gallate (EGCG): Mechanistic Basis and Therapeutic Targets. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29061373>

Vasudeo, Z., & Sonika, B. (2009). Antimicrobial activity of tea (*Camellia sinensis*). *Biomedical and Pharmacology Journal*, 2(1), 173–175.

Wang, Y., Wu, S., Li, Q., Lang, W., Li, W., Jiang, X., ... Wang, H. (2022). Epigallocatechin-3-gallate: A phytochemical as a promising drug candidate for the treatment of Parkinson's disease. *Frontiers in Pharmacology*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.977521>

Xu, F.-W., Lv, Y.-L., Zhong, Y.-F., Xue, Y.-N., Wang, Y., Zhang, L.-Y., et al. (2021). Beneficial Effects of Green Tea EGCG on Skin Wound Healing: A Comprehensive Review. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26206123>

Hrodzins'kyi, A. M. (1992). *Likars'ki roslyny: Entsyklopedychnyy dovidnyk [Medicinal plants: Encyclopedic guide]* Kyiv: Vydavnytstvo «Ukrayins'ka Entsyklopediya» im. M. P. Bazhana [in Ukrainian].

Akimova, O. V., & Dubyns'ka, O. S. (2007). *Statystyka v malyunkakh ta skhemakh: Navchal'nyy posibnyk [Statistics in pictures and diagrams: Study guide.]* Kyiv: Tsentri uchbovoyi literatury [in Ukrainian].

Karpenko, YA. O. (2021). *Suchasnyy asortyment ta osoblyvosti ekspertyzy baykhovoho chayu [Modern assortment and features of examination of Baik tea.] Extended abstract of candidate's thesis.* Poltava: PUET [in Ukrainian].

Moskalenko, V. F., Hul'chiiy, O. P., Holubchikov, M. V., & in Holubchikov ta. (2009). *Biostatystyka: pidruchnyk. [Biostatistics: a textbook.]* Kyiv: Knyha plyus [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 05.09.2024.

Стаття прийнята до друку 30.10.2024.

Конфлікт інтересів: відсутній, у тому числі відсутня співпраця з будь-якими виробниками чи дистриб'юторами чайної сировини.

Фінансування: дослідження було профінансоване Міністерством охорони здоров'я України [грант номер 0123U100153]; гранти Національного фонду досліджень України 2023.03/0104; 2023.05/0021.

Внесок авторів:

Колосов Д.Д. – ідея, методологія виконання експерименту, аналіз даних (30%);

Сінгх Я. – виконання експерименту (10%);

Недзельський С.В. – аналіз даних (5%);

Данилевич А.Д. – аналіз даних (5%);

Мотика О.І. – аналіз даних, методологія (5%);

Лозинський А.В. – участь у написанні рукопису (5%);

Конечна Р.Т. – аналіз літератури, вступ (15%);

Конечний Ю.Т. – дизайн дослідження, фінансування, адміністрування, фінальне затвердження рукопису (25%).

Подяка: Автори висловлюють свою подяку Збройним силам України.

Електронна адреса для листування з авторами:

yuliankonechnyi@gmail.com