

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра фармації

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за спеціальністю 226 Фармація, промислова фармація
спеціалізація 226.01 Фармація

на тему:

ФІТОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ IRIS GERMANICA

Виконала:

здобувач вищої освіти VI курсу, 1 групи
медико-фармацевтичного факультету,
спеціальність

226 Фармація, промислова фармація,
заочна форма здобуття вищої освіти
спеціалізація 226.01 Фармація

ГОМОНЕЦЬ Софія Ярославівна

Керівник:

завідувач кафедри фармації,
кандидат фармацевтичних наук, доцент
ГЕРУШ Олег Васильович

Рецензент:

доцент закладу вищої освіти кафедри
фармації, кандидат фармацевтичних
наук, доцент

ПАЛАМАР Аліна Олександрівна

До захисту допущено
протокол № ____ від _____ 2026 р.

засідання кафедри фармації

Завідувач кафедри _____ О.В. ГЕРУШ

ЧЕРНІВЦІ - 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 БОТАНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, ХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІРИСУ НІМЕЦЬКОГО (огляд літератури).....	8
1.1 Ботанічна характеристика ірису німецького.....	8
1.2 Фітохімічний склад <i>Iris germanica</i> L.....	11
1.3 Застосування ірису німецького у традиційній та сучасній медицині.....	13
Висновки до розділу 1.....	16
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
2.1 Визначення втрати маси при висушуванні ірису німецької трави.....	17
2.2 Виявлення та визначення індивідуальних компонентів флавоноїдів методом ВЕРХ.....	18
2.3 Кількісне визначення суми флавоноїдів	19
2.4 Кількісне визначення суми гідроксикоричних кислот	19
2.5 Визначення суми поліфенолів	20
2.6 Кількісне визначення вмісту антоціанів.....	21
2.7 Дослідження летких компонентів.....	21
Висновки до розділу 2.....	22
РОЗДІЛ 3 ФІТОХІМІЧНЕ ВИВЧЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ТА КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ У ТРАВІ ІРИСУ НІМЕЦЬКОГО.....	23
3.1 Втрати в масі при висушуванні	23
3.2 Дослідження індивідуального складу флавоноїдів методом ВЕРХ.....	24
3.3 Вміст суми флавоноїдів	27
3.4 Вміст суми гідроксикоричних кислот	28
3.5 Вміст суми поліфенолів	29
3.6 Кількісний вміст антоціанів	30

3.7 Дослідження летких компонентів	33
Висновки до розділу 3.....	37
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БАР – біологічно активні речовини;

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія;

ГХ/МС – газова хроматографія з мас-спектрометричним детектором;

ДФУ – Державна Фармакопея України;

ЛД₅₀ – середня летальна доза;

ЛРС – лікарська рослинна сировина;

ФСЗ – фармакопейний стандартний зразок.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

На сучасному етапі розвитку фармацевтичної науки одним із пріоритетних напрямів є ідентифікація та залучення нових перспективних джерел лікарських засобів. Реалізація цього завдання значною мірою можлива шляхом розширення сировинної бази лікарських рослин із максимальним і раціональним використанням наявних природних ресурсів дикорослої флори.

Лікарські рослини становлять цінне джерело біологічно активних сполук, які широко застосовуються з профілактичною та лікувальною метою при різних патологічних станах організму людини. Під час розроблення нових фітотерапевтичних засобів особлива увага приділяється рослинним об'єктам, ефективність і безпечність яких підтверджені тривалим застосуванням у традиційній та науково обґрунтованій медицині.

Вагомими перевагами фітотерапії є її доступність, економічна доцільність та добра переносимість порівняно із синтетичними препаратами. Лікарські засоби рослинного походження, як правило, характеризуються багатоконпонентним складом, що забезпечує широкий спектр фармакологічної дії та можливість впливу на різні ланки патогенезу захворювань.

Останнім часом у наукових дослідженнях спостерігається посилення інтересу до вивчення фітохімічного складу та фармакологічних властивостей культивованих і декоративних рослин. Актуальним напрямом сучасної фармацевтичної та біомедичної науки є пошук нових рослинних об'єктів, які характеризуються значним вмістом біологічно активних сполук і можуть бути перспективними для практичного використання.

Завдяки широкому видовому різноманіттю та багатому комплексу біологічно активних речовин представники роду *Iris* є цінним об'єктом для ґрунтовних наукових досліджень з метою подальшого впровадження їх у медичну практику. Особливу увагу привертає ірис німецький (*Iris germanica* L.) – один із найбільш

відомих представників родини *Iridaceae*, який здавна застосовується в традиційній медицині різних країн світу.

Водночас аналіз наукових джерел свідчить про недостатню кількість сучасних публікацій, присвячених детальному дослідженню фітохімічного складу *Iris germanica* L. У зв'язку з цим метою даного дослідження було встановлення вмісту основних груп біологічно активних речовин у траві ірису німецького.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження було здійснення комплексного фітохімічного аналізу трави ірису німецького.

Для реалізації поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

– провести аналіз і узагальнення наукових літературних джерел, присвячених ботанічним характеристикам, хімічному складу та фармакологічним властивостям ірису німецького;

– здійснити ідентифікацію основних груп біологічно активних речовин, наявних у траві *Iris germanica* L.;

– визначити кількісний вміст провідних біологічно активних сполук у досліджуваній рослинній сировині.

Об'єктом дослідження є трава ірису німецького, яка підлягає комплексному фітохімічному вивченню.

Предмет дослідження – якісний склад та кількісний вміст основних біологічно активних речовин у траві ірису німецького.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовувалися хімічні, фізичні, фізико-хімічні, фітохімічні та статистичні методи аналізу, що забезпечило комплексний підхід до оцінки складу досліджуваної сировини.

Наукова новизна одержаних результатів. У процесі виконання дослідження здійснено вивчення якісного складу та встановлено кількісний вміст основних груп біологічно активних речовин у траві ірису німецького. У результаті проведеного аналізу підтверджено наявність та визначено кількісні показники гідроксикоричних кислот, флавоноїдів, поліфенольних сполук, антоціанів і летких компонентів у досліджуваній рослинній сировині.

Практичне значення одержаних результатів. У результаті проведених досліджень встановлено якісний склад та визначено кількісний вміст основних груп біологічно активних речовин у траві ірису німецького. Отримані експериментальні дані свідчать про наукову доцільність подальшого поглибленого вивчення цієї рослинної сировини та підтверджують перспективність використання виявлених біоактивних компонентів у медичній та фармацевтичній практиці.

Обсяг і структура роботи. Наукова робота структурована та містить вступ, огляд літератури, два розділи власних експериментальних досліджень, висновки, список використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 43 сторінки друкованого тексту. Матеріал проілюстровано 7 таблицями та 8 рисунками. Бібліографічний список налічує 46 найменувань використаних джерел літератури.

РОЗДІЛ 1

БОТАНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, ХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІРИСУ НІМЕЦЬКОГО (огляд літератури)

1.1 Ботанічна характеристика ірису німецького

Рід *Iris* є найбільшим у родині *Iridaceae* та налічує понад 300 видів, які характеризуються значною різноманітністю екологічних ніш. Переважна більшість представників цього роду зростає в пустельних, напівпустельних, сухих або кам'янистих умовах, тоді як лише незначна кількість видів трапляється у вологих біотопах [1]. Флора Китаю відзначається значним видовим різноманіттям ірисів: близько 60 видів поширені переважно у північно-західних, північно-східних та південно-західних регіонах країни [2].

Ірис німецький (*Iris germanica* L.) (рис. 1.1) належить до роду *Iris* і є одним із найбільш поширених у культурі видів родини *Iridaceae*, ареал якого охоплює переважно північну помірну зону. Рослини цього виду відомі своєю будовою квітки та широкою палітрою яскравих, «райдужних» забарвлень. Висока декоративність, а також простота вирощування і вегетативного розмноження зумовили надзвичайну популярність *Iris germanica* у світовому садівництві [3]. Водночас для більшості сортів характерний відносно короткий період цвітіння, який у Китаї зазвичай припадає на квітень [4].



Рис. 1.1 Ірис німецький

З метою подовження фази цвітіння у 2019 році було створено та представлено три нові культури *Iris germanica* – Autumnal Moon, Purple Canary та Butter Baby, які вирізняються привабливими квітками та раннім початком цвітіння у першій половині березня. Усі вони належать до групи стандартних карликових бородатих ірисів (Standard Dwarf Bearded, SDB).

Сорти Purple Canary і Butter Baby були отримані в результаті схрещування ‘Sun Doll’ × ‘00244’ та ‘00246’ × ‘00267’ відповідно, тоді як Autumnal Moon походить із популяції вільного запилення сорту ‘Blueberry Tart’. Селекційні роботи проводилися в Репозитарії генофонду ірисів Інституту ботаніки провінції Цзянсу Китайської академії наук. Вихідні батьківські форми були інтродуковані з Сіаньського ботанічного саду у 1997 році. Гібридизацію здійснювали у 2012 році, а у 2014 році з отриманих потомств було відібрано три перспективні форми, що відповідали групі SDB.

Упродовж 2014 - 2016 років відібрані рослини розмножували методом культури тканин, після чого у 2017 - 2019 роках проводили їх комплексну оцінку. Польові випробування в Нанкіні, Лішуї та Дунтаї засвідчили стабільність морфологічних ознак і більш ранній термін цвітіння порівняно з батьківськими

формами. У 2019 році ці культури були офіційно зареєстровані Американським товариством ірисів під назвами Autumnal Moon, Purple Canary та Butter Baby (реєстраційні номери 19-1004, 19-1005 та 19-1006) [3].

Сортове різноманіття *Iris germanica* L. (рис. 1.2) представлено трав'янистими багаторічними рослинами, які поєднують декоративні властивості з цінними морфологічними ознаками та широко використовуються в декоративному садівництві та ландшафтному дизайні. У результаті інтенсивної селекційної роботи створено значну кількість сучасних сортів, що відрізняються між собою забарвленням, формою та розмірами квіток і листків, висотою рослин, а також тривалістю та строками цвітіння.

Рослини *Iris germanica* L. характеризуються стабільною декоративністю протягом усього вегетаційного періоду, що зумовлено як морфологічними особливостями квіток, так і естетичною виразністю листкового апарату. Квітки здебільшого поодинокі, розміщені на прямостоячих квітконосах, висота яких залежить від сортових особливостей і варіює в межах 40 - 120 см. Квітка актиноморфна, складається з шести пелюсток, розташованих у два яруси: пелюстки верхнього ярусу спрямовані вгору та формують куполоподібну структуру, тоді як пелюстки нижнього ярусу вигнуті донизу. Характерною діагностичною ознакою більшості сортів є наявність добре розвиненої борідки на пелюстках нижнього ярусу [5].



Рис. 1.2 Сортове різноманіття ірису німецького

Усі сорти *Iris germanica* L. характеризуються наявністю високодекоративного листкового апарату, який за умов належного агротехнічного догляду зберігає естетичну привабливість упродовж усього вегетаційного періоду. У більшості сортів листки мають сизо-зелене забарвлення та лінійну форму, що забезпечує чіткий візуальний контраст із листям інших декоративних рослин. Довжина листкових пластинок варіює в межах 30 - 70 см, залежно від сортових особливостей [6].

1.2 Фітохімічний склад *Iris germanica* L.

За даними наукових джерел встановлено, що численні представники роду *Iris* характеризуються багатим і різноманітним хімічним складом. У їхній сировині виявлено значні кількості біологічно активних речовин, зокрема флавоноїдів, ізофлавоноїдів та їх глікозидних форм, бензохінонів, тритерпеноїдів, а також стильбенових глікозидів [7].

Фітохімічний склад *Iris germanica* L. є надзвичайно різноманітним і включає широкий спектр вторинних метаболітів, зокрема ізофлавоноли, флавоноли, флаванони, флаванолі, ксантони, стероли та терпеноїди. Провідне місце серед цих сполук займають ізофлавоноли та ксантони, які переважно локалізуються у кореневищах рослини [8]. Відомо, що листки ірису німецького є джерелом вітамінів, особливо вітаміну С (аскорбінової кислоти) [9].

Єгипетськими науковцями описано виділення та структурну ідентифікацію двох нових сполук – іригеніну S та ірисиду A, а також десяти вже відомих компонентів: стигмастеролу, α -іронолу, γ -іронолу, 3-гідрокси-5-метоксиацетофенону, ірилонолу, іризолідону, іригеніну, стигмастерол-3-O- β -D-глюкопіранозиду, ірилонолу-4'-O- β -D-глюкопіранозиду та іридину. Усі зазначені сполуки було ізольовано з кореневищ ірису німецького, що зростає на території Єгипту. Окрім фітохімічного аналізу, досліджено антимікробну активність метанольного екстракту кореневищ, а також протизапальні властивості як самого екстракту, так і виділених флавоноїдних сполук [10].

Екстракти ірису є багатим джерелом терпеноїдних сполук. Зокрема, у сировині ірису виявлено іридалового типу тритерпеноїди, специфічну групу С₃₁-тритерпеноїдів, які утворюються зі сквалену внаслідок унікального біосинтетичного шляху [11]. Для цих сполук характерна наявність секо-А-кільця, а за особливостями будови їх поділяють на моноциклічні, біциклічні та спіроциклічні похідні.

Крім того, *Iris germanica* L. є важливим джерелом терпеноїдів іридалового типу, серед яких ідентифіковано такі сполуки, як Irisgermanical A, Irisgermanical B, Irisgermanical C (рис. 1.3), Isoiridogermanal, 16-О-ацетилізоіридогерманал, α-ірігерманал та γ-ірігерманал. Ці речовини роблять істотний внесок у біологічну активність рослини та зумовлюють її фармакологічний потенціал [12].

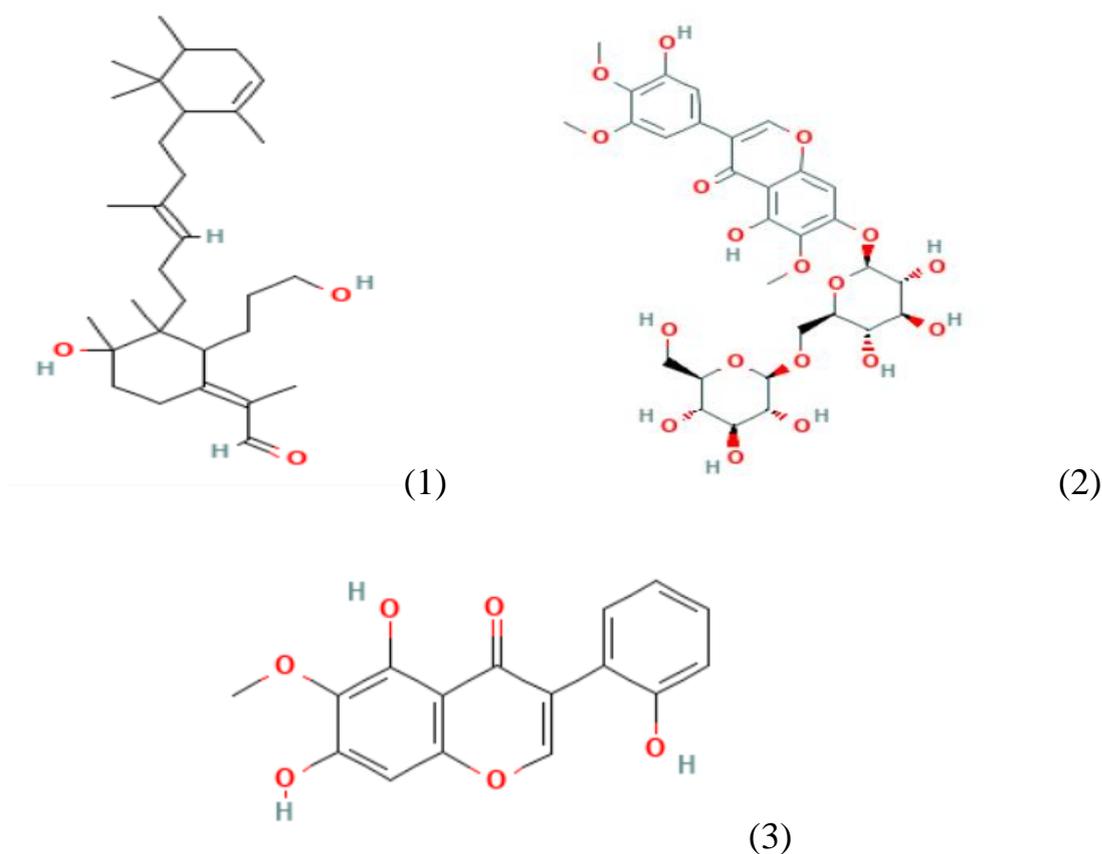


Рис. 1.3 Структурні формули Irisgermanical A (1), Irisgermanical C (2), Irisgermanical B (3)

1.3 Застосування ірису німецького у традиційній та сучасній медицині

У традиційній медицині для лікування різних захворювань використовують окремі органи ірису німецького. Кореневища є основною лікарською сировиною та входять до складу традиційних лікувальних засобів. Сік, отриманий із кореневищ, застосовують зовнішньо для обробки виразок і з метою зменшення пігментації шкіри, зокрема веснянок. Відвари з коренів використовують при водянці, а також як спазмолітичні, жовчогінні, сечогінні, послаблювальні та стимулювальні засоби; їх застосовують і при захворюваннях жовчного міхура та для регуляції менструального циклу [13].

Кореневища представників роду *Iris* здавна застосовувалися в традиційній перській медицині для лікування окремих нейродегенеративних захворювань, зокрема хвороби Альцгеймера [14]. За даними наукових джерел, низка видів роду *Iris* характеризується різноманітною біологічною активністю, у тому числі проявляє антибактеріальні, протиульцерозні та протизапальні властивості, що зумовлює їхній інтерес як перспективних об'єктів для фармакологічних досліджень [15].

Традиційно висушені та подрібнені кореневища *Iris germanica* L., а також препарати на їх основі (зокрема відвари та екстракти), застосовували як зовнішньо, так і внутрішньо. Зовнішнє використання включало застосування у вигляді зубного порошку для зменшення болю під час прорізування зубів, лікування шкірних ушкоджень і виразок, а також для усунення пігментних плям і ластовиння. Внутрішньо препарати з кореневищ використовували при набряках, спазмах, захворюваннях жовчного міхура, безсонні, а також як послаблювальний засіб [16].

Результати сучасних експериментальних (доклінічних) досліджень свідчать, що фітохімічні сполуки, виділені з різних екстрактів *Iris germanica* L., виявляють широкий спектр фармакологічної активності. Зокрема, встановлено їх здатність знижувати рівень холестерину та ліпідів у крові, проявляти протизапальну активність різного ступеня інтенсивності, антиоксидантні та антихолінергічні

властивості [8, 17, 18]. Окремі дослідження вказують на слабку або помірну протипухлинну дію, імуномодулювальний та естрогеноподібний ефекти, гепатопротекторну активність, інгібування α -амілази, нейропротекторну дію щодо порушень пам'яті, індукованих β -амілоїдом, а також антимікробні та протигрибкові властивості [14, 19, 20].

Науковцями була проведена оцінка токсикологічних характеристик сполук ірису німецького показала наявність у них молюскоцидної активності, при цьому найбільш виражений ефект був характерний для хлороформного екстракту кореневищ [21]. Біцеклічні іридали, одержані метанольним екстрагуванням кори кореневищ, проявляли іхтіоцидну активність, найбільш виражену у сполуки ірифлорентал. За даними досліджень гострої пероральної токсичності у щурів, значення LD_{50} становило близько 9,4 г/кг. Місцеве застосування нерозбавленого екстракту не спричиняло подразнювальної дії на шкіру лабораторних тварин та людей як у разових, так і в повторних аплікаційних тестах. Цитотоксичність оцінювали на пухлинних клітинних лініях A2780 та K562 із множинною лікарською резистентністю, при цьому деякі іридали виявили ефективність, що перевищувала контрольний препарат доксорубіцин [22]. Дослідження на культурі фібробластів легені плода людини (MRC-5) показали відсутність токсичної дії метанольних екстрактів листків, кореневищ і коренів *Iris germanica* L. навіть за максимальних досліджуваних концентрацій [23].

Водний екстракт *Iris germanica* L. виявляє виражений вплив на функціональний стан гладеньких м'язів, знижуючи їх скоротливу активність *in vivo*, а також стимулює дихальну функцію. Крім того, встановлено його центральну антисеротонінергічну дію. Застосування водного екстракту спричиняє короткочасне зниження артеріального тиску, що супроводжується негативним інотропним ефектом на міокард [24].

Iris germanica L. характеризується високим вмістом ізофлавонів, серед яких особливу увагу привертають ірисолідон та ірилон, ідентифіковані як сполуки з імуномодулювальними властивостями. У дослідженнях *Nazir* та

співавт. було проаналізовано вплив цих ізофлавонів на показники клітинної та цитокінової ланок імунної відповіді на експериментальній моделі мишей лінії Balb/c. Зокрема, оцінювали зміни у продукції Т-лімфоцитів CD4⁺ і CD8⁺, а також рівні ключових цитокінів – IFN- γ , IL-2, IL-4 та IL-5. Встановлено, що пероральне введення ірилоу зумовлює імуносупресивний ефект, який проявляється пригніченням експресії зазначених цитокінів, що свідчить про потенційну доцільність його застосування в клінічних ситуаціях, пов'язаних із трансплантацією органів. Натомість ірисолідон може бути перспективним засобом для корекції патологічних станів, що супроводжуються порушенням балансу Т-лімфоцитарних субпопуляцій [25].

Результати численних наукових досліджень свідчать про те, що окремі компоненти *Iris germanica* L. характеризуються антимікробною та протигрибковою активністю. Зокрема, антиплазмодіальні та протигрибкові властивості іридалу – тритерпеноїдної сполуки, ізольованої з ірису німецького, були детально досліджені Benoit-Vical та співавторами. У роботі оцінювали антимікробну активність іридалу *in vitro* щодо штамів *Plasmodium falciparum*, чутливих і резистентних до хлорохіну, а також *in vivo* на моделі *Plasmodium vinckei*. Крім того, досліджували його дію на окремі штами *Candida albicans* і *Candida parapsilosis*. Значення ЛД₅₀ у досліджах *in vitro* для збудника малярії людини коливалися в межах 1,8–26,0 мг/мл, тоді як показник ЛД₅₀ *in vivo* при внутрішньочеревному введенні мишам становив 85 мг/кг маси тіла на добу. Мінімальні інгібуючі концентрації щодо дріжджових грибів перевищували 50 мг/мл. Отримані дані засвідчили наявність у іридалу вираженої антиплазмодіальної активності, порівнюваної з ефектами екстрактів *Azadirachta indica*, що широко використовуються у фітотерапії малярії. Водночас істотної протигрибкової дії цієї сполуки виявлено не було [26].

Висновки до розділу 1

1. *Iris germanica* L. є одним із найбільш поширених і цінних представників роду *Iris*, який вирізняється декоративністю, стабільними морфологічними ознаками, значним сортовим різноманіттям та широкою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлює його популярність у декоративному садівництві та ландшафтному дизайні.

2. Аналіз літературних джерел свідчить про багатий і різноманітний фітохімічний склад *Iris germanica* L., у якому домінують ізофлавоноїди, флавоноїди, ксантони та терпеноїди іридалового типу, що формують біологічний потенціал рослини та визначають її фармакологічну активність.

3. Дані традиційної та сучасної медицини підтверджують широкий спектр біологічної дії *Iris germanica* L., зокрема протизапальні, антиоксидантні, антимікробні, імуномодулювальні та нейропротекторні властивості, а також перспективність окремих сполук у лікуванні метаболічних і нейродегенеративних захворювань.

4. Узагальнення наукових даних обґрунтовує доцільність подальших комплексних фітохімічних і фармакологічних досліджень *Iris germanica* L., зокрема його надземної частини, з метою розширення сировинної бази та створення нових фітотерапевтичних і фармацевтичних засобів.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом для досліджень була ірису німецького трава, яку заготовляли на території Чернівецької області, влітку 2025 року (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Ірис німецький

2.1 Визначення втрати маси при висушуванні ірису німецько трави

Аналітичну пробу рослинної сировини попередньо подрібнювали до розміру частинок близько 1 мм, після чого ретельно гомогенізували. Із підготовленої сировини відбирали три паралельні наважки масою по 3,0 г

кожна. Зважування здійснювали на аналітичних вагах з допустимою похибкою не більше $\pm 0,01$ г.

Кожну наважку переносили у бюкс, який попередньо висушували та зважували разом із кришкою і окремо без неї. Підготовлені бюкси з пробами розміщували у сушильній шафі, попередньо нагрітій до температури 100 - 105 °С.

Перше контрольне зважування проводили після 2 годин висушування. Подальше висушування здійснювали до досягнення сталої маси. Масу вважали сталою у випадку, якщо різниця між результатами двох послідовних зважувань, проведених після додаткового 30-хвилинного висушування та охолодження в ексікаторі протягом 30 хв, не перевищувала 0,01 г [27].

2.2 Виявлення та визначення індивідуальних компонентів флавоноїдів методом ВЕРХ

Наважку рослинної сировини кожного зразка масою 0,30 г (точна наважка) піддавали екстракції у 10 мл 80 % етанолу. Процес екстрагування здійснювали з використанням ультразвукової бані за температури 80 °С впродовж 5 год у герметично закритих скляних віалах із тефлоновими кришками. Після завершення екстракції одержані витяжки центрифугували при швидкості 3000 об/хв, після чого фільтрували через одноразові мембранні фільтри з розміром пор 0,22 мкм.

Рідинно-хроматографічний аналіз проводили на високоефективному рідинному хроматографі Agilent Technologies 1200. Як рухому фазу застосовували ацетонітрил (елуент А) та 0,1 % водний розчин мурашиної кислоти (елуент В). Розділення компонентів здійснювали в градієнтному режимі елюювання за такою програмою: на 0 хв – А 5 % : В 95 %; на 20 хв – А 30 % : В 70 %; на 30 хв – А 60 % : В 40 %; на 50 хв – А 100 % : В 0 %; на 60 хв – А 100 % : В 0 %. Хроматографування проводили на колонці Zorbax SB-C18 (3,5 мкм, 150 × 4,6 мм; Agilent Technologies, США) при швидкості потоку рухомої фази 0,25 мл/хв і температурі колонки 30 °С. Об'єм введення проби становив 4 мкл.

Детекцію здійснювали за допомогою діодно-матричного детектора з реєстрацією хроматографічних піків при довжинах хвиль 280 та 365 нм, а також зі зняттям спектрів поглинання в діапазоні 210 - 700 нм [28].

Ідентифікацію та кількісне визначення флавоноїдів проводили шляхом порівняння часу утримування та спектральних характеристик із відповідними стандартними зразками (рутину, кверцетин 3-О-β-D-глюкозиду, нарінгін, неогесперидину, кверцетину, нарінгеніну, кемпферолу, лютеоліну, апігеніну, кемпферол 3-О-β-D-глюкозиду, фісетину, силібеніну, байкалеїну, рамнетину, кастицину). Кількісний аналіз здійснювали методом зовнішніх стандартів із побудовою калібрувальних залежностей.

2.3 Кількісне визначення суми флавоноїдів

Для визначення сумарного вмісту флавоноїдів використовували спектрофотометричний метод у перерахунку на рутин. Вимірювали оптичну густину при довжині хвилі 408 нм у кюветі з товщиною оптичного шару 10 мм за допомогою спектрофотометра *Lambda 25 UV* (Perkin Elmer, США). Паралельно визначали оптичну густину стандартного розчину рутину. Вміст сумарних флавоноїдів, виражений у перерахунку на рутин та абсолютно суху сировину розраховували у % [29].

2.4 Кількісне визначення суми гідроксикоричних кислот

Кількісне визначення сумарного вмісту гідроксикоричних кислот у лікарській рослинній сировині ірису німецького здійснювали спектрофотометричним методом. Оптичну густину виміряли за допомогою спектрофотометра *Lambda 25* при довжині хвилі 327 нм у кюветі з товщиною оптичного шару 10 мм. Як контроль використовували 20 % етанол. Вміст гідроксикоричних кислот, виражений у перерахунку на хлорогенову кислоту та абсолютно суху сировину розраховували у % [30].

2.5 Визначення суми поліфенолів

Кількісне визначення сумарного вмісту поліфенольних сполук (у перерахунку на пірогалол) методом модифікованої УФ-спектрофотометрії.

Визначення вмісту танінів та загальної кількості поліфенольних сполук проводили з використанням модифікованого спектрофотометричного методу. Для цього 0,5 г точно зваженої рослинної сировини, подрібненої до порошкоподібного стану, поміщали у круглодонну колбу місткістю 250 мл, додавали 150 мл очищеної води (Р) та екстрагували на водяній бані протягом 30 хв. Після охолодження під проточною водою екстракт кількісно переносили у мірну колбу об'ємом 250 мл. Колбу промивали очищеною водою (Р), об'єднували промивні води з основним екстрактом та доводили об'єм до мітки. Отриманий розчин залишали для відстоювання, після чого фільтрували через фільтрувальний папір діаметром 125 мм, при цьому перші 50 мл фільтрату відкидали.

Визначення загального вмісту поліфенольних сполук.

Аліквоту очищеного фільтрату об'ємом 5 мл доводили очищеною водою (Р) до 25 мл. Із отриманого розчину відбирали 2 мл, до яких додавали 1 мл фосфорномолібденово-вольфрамового реагенту (Р) та 10 мл очищеної води (Р). Об'єм суміші доводили до 25 мл розчином натрію карбонату (Р) концентрацією 290 г/л. Через 30 хв визначали оптичну густину при довжині хвилі 760 нм (A_{1}), використовуючи очищену воду (Р) як компенсаційний розчин.

Визначення поліфенольних сполук, неадсорбованих шкірним порошком.

До 10 мл того ж фільтрату додавали 0,10 г шкірного порошку (ФСЗ) та інтенсивно струшували протягом 60 хв. Після цього суміш фільтрували, 5 мл фільтрату переносили у мірну колбу на 25 мл і доводили очищеною водою (Р) до мітки. Подальшу підготовку реакційної суміші проводили аналогічно попередньому етапу з додаванням фосфорномолібденово-вольфрамового реагенту,

очищеної води та розчину натрію карбонату. Оптичну густина вимірювали через 30 хв при довжині хвилі 760 нм (A_2), використовуючи очищену воду (Р) як компенсаційний розчин. Вміст суми поліфенольних сполук у перерахунку на пірогалол та абсолютно суху сировину, розраховували у відсотках [31].

2.6 Кількісне визначення вмісту антоціанів

Кількісне визначення антоціанів проводили спектрофотометричним методом із використанням спектрофотометра Lambda 25 (Perkin Elmer, США) відповідно до вимог Державної фармакопеї України, друге видання, том 3, монографія «Чорниці плоди свіжі» [32].

Для аналізу 5,0 г точно зваженої, подрібненої рослинної сировини екстрагували 95 мл метанолу Р. Суміш перемішували за допомогою механічного мішалкового пристрою протягом 30 хв, після чого фільтрували у мірну колбу об'ємом 100,0 мл. Фільтр промивали метанолом Р, а об'єм екстракту доводили тим самим розчинником до мітки.

З отриманого розчину готували 50-кратне розведення, використовуючи розчин 0,1 % (об/об) хлористоводневої кислоти Р у метанолі Р. Оптичну густина підготовленого розчину вимірювали при довжині хвилі 528 нм, застосовуючи як компенсаційний розчин 0,1 % (об/об) розчин хлористоводневої кислоти Р в метанолі Р.

Вміст антоціанів (X, %) у перерахунку на ціанідин-3-О-глюкозид хлорид розраховували з використанням питомого показника світлопоглинання ціанідин-3-О-глюкозиду хлориду, який становить 718.

2.7 Дослідження летких компонентів

Якісний склад і кількісний вміст летких сполук (мкг/г) визначали методом газової хромато-мас-спектрометрії з використанням хроматографа Agilent Technologies 6890, оснащеного мас-спектрометричним детектором 5973.

Наважку рослинної сировини масою від 0,2 до 1,5 г поміщали у герметичну скляну віалу об'ємом 20 мл. До кожної проби додавали внутрішній стандарт (тридекан), із розрахунку 20 мкг на наважку, що надалі використовували для кількісних розрахунків. Після цього у віалу вносили 10 мл очищеної води Р та здійснювали відгін летких компонентів з водяною парою протягом 2 годин.

Після завершення перегонки леткі речовини, адсорбовані на внутрішній поверхні зворотного холодильника, змивали шляхом повільного додавання 3 мл особливо чистого пентану у суху віалу місткістю 10 мл. Отриманий органічний екстракт концентрували у струмені азоту (швидкість потоку 100 мл/хв) до кінцевого об'єму 100 мкл. Сконцентрований екстракт повністю відбирали за допомогою хроматографічного шприца.

Газохроматографічне розділення та мас-спектрометричне детектування здійснювали на капілярній колонці HP-5ms (довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,25 мм). Як газ-носії використовували гелій зі швидкістю потоку 1,0 мл/хв. Температуру інжектора підтримували на рівні 250 °С. Температурну програму термостату колонки задавали в діапазоні від 50 до 320 °С зі швидкістю підвищення 4 °С/хв [33].

Ідентифікацію летких компонентів проводили на основі аналізу характерних закономірностей фрагментації молекул органічних сполук при електронному ударі, а також шляхом порівняння отриманих мас-спектрів із даними бібліотеки NIST 08 із застосуванням програмного забезпечення AMDIS та NIST.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі подано характеристику об'єктів дослідження, наведено опис застосованого обладнання, використаних методів аналізу та реактивів. Також детально викладено методичні підходи до ідентифікації якісного складу і визначення кількісного вмісту основних груп біологічно активних речовин.

РОЗДІЛ 3

ФІТОХІМІЧНЕ ВИВЧЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ТА КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ У ТРАВІ ІРИСУ НІМЕЦЬКОГО

З огляду на обмежене залучення природного ресурсу та недостатній рівень використання фармакологічного потенціалу трави ірису німецького у сучасній науковій фармації й медицині, доцільним є проведення її всебічного фармакогностичного вивчення.

У межах даного дослідження здійснено ідентифікацію якісного складу та визначено кількісний вміст основних груп біологічно активних речовин у досліджуваній рослинній сировині, зокрема флавоноїдів, поліфенольних сполук, гідроксикоричних кислот, антоціанів і летких компонентів.

3.1 Втрата в масі при висушуванні

Повітряно-суха лікарська рослинна сировина залежно від морфологічних особливостей може містити до 14 % гігроскопічної вологи та летких речовин. Перевищення допустимого рівня вологості призводить до погіршення якості сировини, зокрема до зміни зовнішнього вигляду, появи стороннього запаху, розвитку пліснявих грибів та зниження вмісту біологічно активних сполук. У зв'язку з цим з метою контролю якості було визначено втрату в масі при висушуванні ірису німецького трави відповідно до вимог Державної фармакопеї України.

Результати дослідження наведено у таблиці 3.1.

Таким чином, встановлено, що втрата в масі при висушуванні трави досліджуваного об'єкта становить $11,23 \pm 0,46$ %, що свідчить про належну якість сировини та відповідність фармакопейним вимогам.

Таблиця 3.1

Визначення вологості у траві ірису німецького

№ з/п	Сировина	Втрата в масі при висушуванні, % (m=5)
1.	Ірису німецького трава	11,23±0,46

Примітка. Вірогідність похибки $P < 0,05$.

3.2 Дослідження індивідуального складу флавоноїдів методом ВЕРХ

Флавоноїди являють собою велику групу поліфенольних сполук рослинного походження, біосинтез яких у рослинах відбувається на основі флавону як структурного попередника. Флавоноїди, що містяться у плодах та листових овочах, розглядаються як важливі біологічно активні речовини з широким спектром потенційних оздоровчих ефектів, зумовлених їх здатністю до зв'язування вільних радикалів та хелатування іонів металів. Антиоксидантна активність флавоноїдів, встановлена в умовах *in vitro*, пов'язана з їхньою здатністю пригнічувати утворення вільних радикалів, що, своєю чергою, обумовлює прояв різноманітних біологічних ефектів [34].

ВЕРХ-аналіз *Iris germanica* L. трави підтвердив наявність низки фенольних сполук, кількісні та якісні показники яких наведено в таблиці 3.2. Хроматографічний профіль флавоноїдів досліджуваної сировини представлено на рис. 3.1. У результаті дослідження в рослинній сировині було ідентифіковано дев'ять флавоноїдних сполук, зокрема рутин, кверцетин-3-О-β-D-глюкозид, нарингін, неогесперидин, кверцетин, нарингенін, апігенін, рамнетин та кастицин.

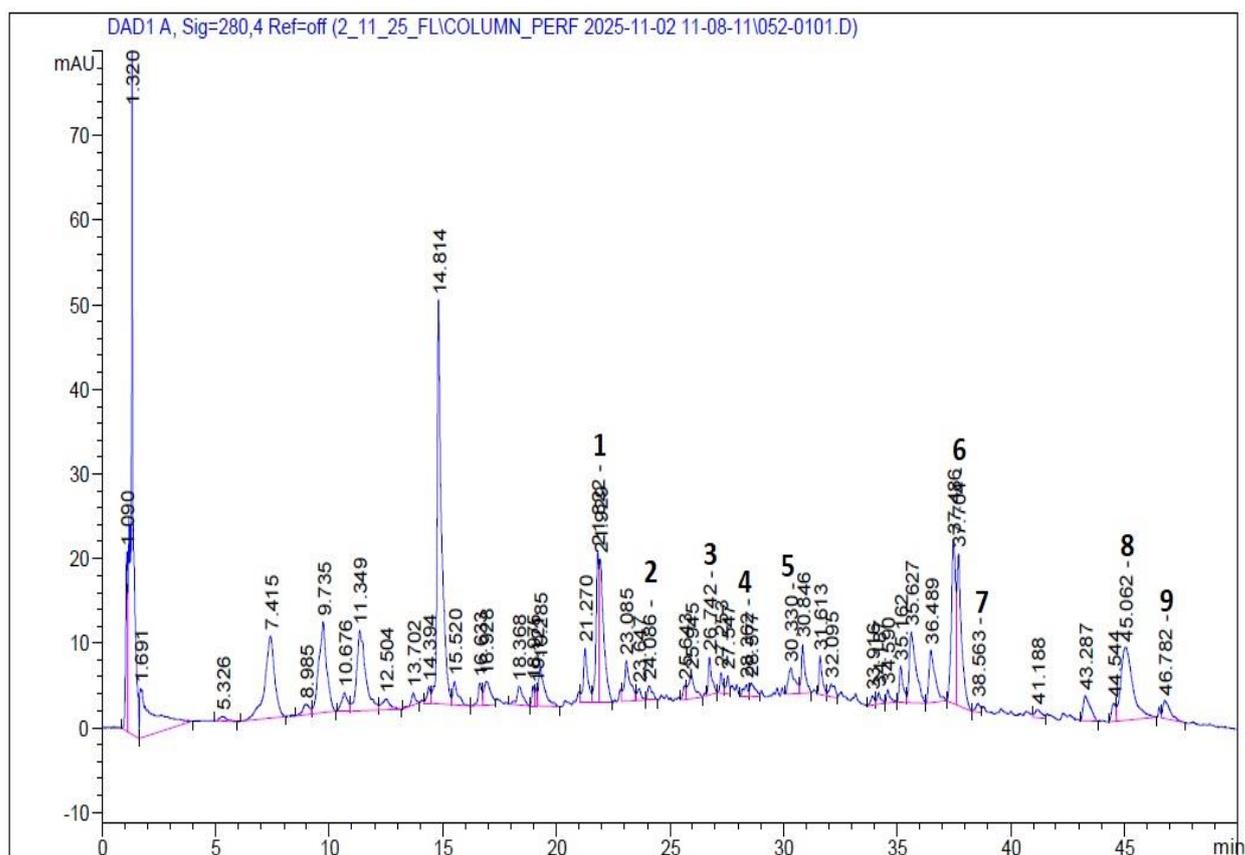


Рис. 3.1 ВЕРХ хроматограма визначення флавоноїдів: 1 - рутин, 2 - кверцетин-3-О-β-D-глюкозид, 3 - нарингін, 4 - неогесперидин, 5 - кверцетин, 6 - нарингенін, 7 - апігенін, 8 - рамнетин, 9 - кастицин

За результатами кількісного ВЕРХ-аналізу встановлено, що домінуючою флавоноїдною сполукою у досліджуваній сировині був рамнетин, вміст якого становив 1794,35 мкг/мг (табл. 3.2). Виявлені флавоноли, зокрема рамнетин і його похідні глікозидної природи (рутин, кверцетин), характеризуються вираженими антиоксидантними властивостями, що зумовлено особливостями їх хімічної будови, здатної забезпечувати донорство атомів водню та нейтралізацію вільних радикалів [35]. Крім того, флавоноли сприяють підвищенню рівня відновленого глутатіону та активації ключових антиоксидантних ферментів – супероксиддисмутази і каталази, а також інгібують активність ксантин-оксидази, яка є одним із джерел утворення активних форм кисню [36].

Таблиця 3.2

ВЕРХ аналіз індивідуальних компонентів флавоноїдів у траві *Iris germanica*

Час утримання (Rt), хв	Назва ідентифікованої сполуки	Кількісний вміст, мкг/г
21.82	Рутин	356,39
24.09	кверцетин-3-О-β-D-глюкозид	66,15
26.74	Нарингін	185,86
28.36	Неогесперидин	93,10
30.33	Кверцетин	220,86
37.70	Нарингенін	708,11
38.56	Апігенін	16,19
45.06	Рамнетин	1794,35
46.78	Кастичин	14,40

Значні концентрації також були встановлені для нарингеніну (708,11 мкг/мг) і рутина (356,39 мкг/мг). Згідно з даними наукової літератури, нарингенін виявляє виражений терапевтичний потенціал у різних експериментальних моделях запального болю, зокрема шляхом зниження больових реакцій, індукованих низкою хімічних і фізичних подразників. Окрім анагетичної дії, нарингенін проявляє протизапальні властивості, зменшуючи набряк шкіри, індукований УФ-В-опроміненням, пригнічуючи продукцію прозапальних цитокінів, активність мієлопероксидази, матриксної металопротеїнази-9 та інтенсивність оксидативного стресу [37]. Рутин (кверцетин-3-рутинозид), у свою чергу, характеризується широким спектром фармакологічної активності, включаючи антиоксидантну та протизапальну дію, а також позитивний вплив на серцево-судинну і нервову системи, метаболізм глюкози та процеси, пов'язані з канцерогенезом [38].

3.3 Вміст суми флавоноїдів

Флавоноїди є однією з найпоширеніших груп біологічно активних речовин, які широко застосовують у складі фітопрепаратів завдяки їхньому багатогранному позитивному впливу на організм людини. Відомо, що ці сполуки характеризуються вираженою антиоксидантною активністю, яка зумовлює захист клітин від ушкоджувальної дії вільних радикалів. Окрім цього, флавоноїди сприяють підтриманню функціонального стану серцево-судинної системи, чинять протизапальну дію та покращують мікроциркуляцію. Окремі фітопрепарати, що містять флавоноїди, застосовують для стимуляції імунної відповіді, зменшення проявів алергічних реакцій, а також з метою профілактики розвитку низки хронічних захворювань [13].

Кількісний вміст суми флавоноїдів у траві ірису німецького визначали спектрофотометричним методом відповідно до методики, наведеної в розділі 2, пункті 2.3.

Таблиця 3.3

Вміст суми флавоноїдів у траві ірису німецького

№ з/п	Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на рутин, % (n=5)
1.	Ірису німецького трава	4,24 ± 0,02

Примітка. Вірогідність похибки $P < 0,05$.

За результатами проведених досліджень встановлено, що загальний вміст флавоноїдів у досліджуваній сировині становив $4,24 \pm 0,02$ % у перерахунку на рутин. Отримані дані узагальнено та наведено в таблиці 3.3.

3.4 Вміст суми гідроксикоричних кислот

Гідроксикоричні кислоти належать до найбільш поширених фенольних кислот рослинного походження та за своєю хімічною природою є похідними коричної кислоти. Ці сполуки у значних кількостях накопичуються в багатьох видах лікарської рослинної сировини. Особливу наукову зацікавленість корична кислота привернула у східних дослідженнях, де її тривалий час застосовували як антиоксидантний компонент у складі харчових добавок в країнах Азії, а згодом і у фармакологічних дослідженнях, після підтвердження її ефективності як біологічно активної складової лікарських рослин, що використовуються в традиційній медицині [39].

Кількісне визначення сумарного вмісту гідроксикоричних кислот у перерахунку на хлорогенову кислоту в досліджуваній рослинній сировині проводили спектрофотометричним методом відповідно до методики, наведеної в розділі 2, пункті 2.4 даної роботи.

Результати визначення кількісного вмісту суми гідроксикоричних кислот у досліджуваному об'єкті узагальнено та подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Вміст суми гідроксикоричних кислот у траві ірису німецького

№ з/п	Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на хлорогенову кислоту, % (m=5)
1.	Ірису німецького трава	2,76 ± 0,01

Примітка. Вірогідність похибки $P < 0,05$.

За даними проведених досліджень встановлено, що сумарний вміст гідроксикоричних кислот у траві ірису німецького становить $2,76 \pm 0,01$ % у перерахунку на хлорогенову кислоту.

3.5 Вміст суми поліфенолів

Поліфеноли є природними органічними сполуками, структура яких містить кілька фенольних фрагментів. Вони належать до вторинних метаболітів рослин і відіграють важливу роль у терапевтичних та промислових застосуваннях. Хімічна будова поліфенолів представлена фенольним кільцем і структурними елементами, що забезпечують зв'язок між окремими фенольними ядрами.

Залежно від особливостей хімічної структури та біологічної дії поліфеноли поділяють на декілька основних груп, зокрема фенольні кислоти, флавоноїди, стилбени, лігнани, а також інші поліфенольні сполуки, до яких належать ксантони, таніни та антрахінони. Основними джерелами поліфенолів у харчуванні людини є плоди, овочі, зернові культури, бобові, лікарські рослини, прянощі та спеції.

Якісний і кількісний склад поліфенольних сполук значною мірою залежить від комплексу внутрішніх і зовнішніх чинників, зокрема агрокліматичних умов, термінів збирання сировини, особливостей вирощування, географічного походження рослин тощо. Поліфеноли розглядаються як фармаконутрієнти, що можуть бути використані при створенні лікарських засобів, функціональних харчових продуктів, барвників та інших добавок, спрямованих на підтримку і збереження здоров'я людини [40].

Спектрофотометричним методом, відповідно до методики, наведеної в розділі 2, п. 2.5, було проведено кількісне визначення сумарного вмісту поліфенольних сполук у траві ірису німецького.

Отримані експериментальні дані свідчать, що вміст суми поліфенолів у траві досліджуваного об'єкта становить $6,78 \pm 0,02$ % у перерахунку на пірогалол, що відображено в таблиці 3.5 та на рисунку 3.2.

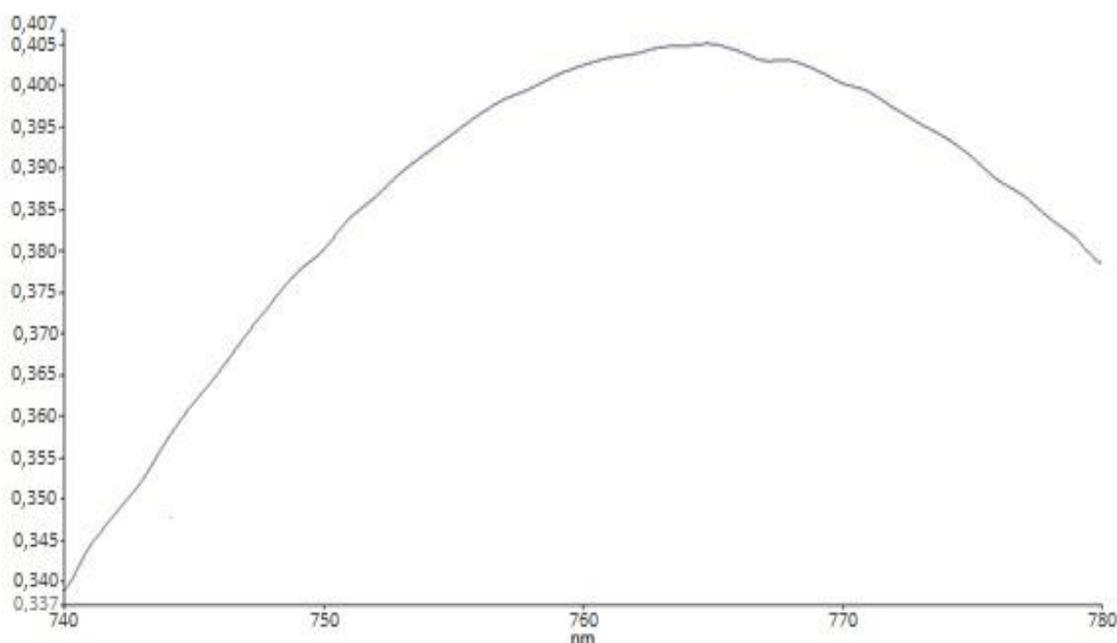


Рис. 3.2 УФ-спектр визначення суми поліфенольних сполук у траві ірису німецького

Таблиця 3.5

Вміст суми поліфенолів у траві ірису німецького

№ з/п	Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на пірогалол, % (m=5)
1.	Ірису німецького трава	6,78 ± 0,02

Примітка. Вірогідність похибки $P < 0,05$.

3.6 Кількісний вміст антоціанів

Антоціани є специфічними рослинними пігментами, які зумовлюють формування переважної більшості червоних, фіолетових і синіх відтінків забарвлення квіток, плодів та овочів. Водночас ці сполуки характеризуються високою хімічною реакційною здатністю та нестійкістю: вони легко деградують

або вступають у взаємодію з іншими компонентами середовища, зокрема з реакційноздатними металами (залізом, алюмінієм, оловом), унаслідок чого можуть утворюватися безбарвні або бурі продукти розпаду [41].

За хімічною природою антоціани є глікозидами антоціанідинів (агліконів), до яких приєднані вуглеводні залишки. Антоціанідини майже завжди глікозилюються в положенні С-3, однак у деяких випадках глікозилювання може відбуватися й в інших положеннях або одночасно в кількох позиціях. Крім того, вуглеводна частина молекули нерідко піддається ацилюванню аліфатичними чи ароматичними кислотами. Кількість відомих антоціанідинів є обмеженою, тоді як структурне різноманіття антоціанів зумовлене різними типами глікозилювання та ацилювання. На сьогодні в природі ідентифіковано близько 635 антоціанів, що включають шість основних агліконів у поєднанні з численними варіантами вуглеводних і ацильних замісників.

За даними численних досліджень, споживання антоціанів з харчовими продуктами позитивно впливає на стан здоров'я людини. Результати експериментів на клітинних культурах, тваринних моделях і в клінічних дослідженнях за участю людини свідчать, що антоціани проявляють протизапальну та протипухлинну активність, сприяють профілактиці серцево-судинних захворювань, регуляції маси тіла та полегшенню перебігу цукрового діабету. Більшість зазначених ефектів пов'язують із вираженими антиоксидантними властивостями цих сполук [42].

Кількісне визначення сумарного вмісту антоціанів у траві ірису німецького здійснювали спектрофотометричним методом із використанням спектрофотометра Lambda 25 (Perkin Elmer).

Отримані результати кількісного аналізу антоціанів у досліджуваній сировині наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Вміст суми антоціанів у траві ірису німецького

№ з/п	Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на ціанідин-3-О-глюкозиду хлориду, % (n=5)
1.	Ірису німецького трава	0,72 ± 0,01

Примітка. Вірогідність похибки $P < 0,05$.

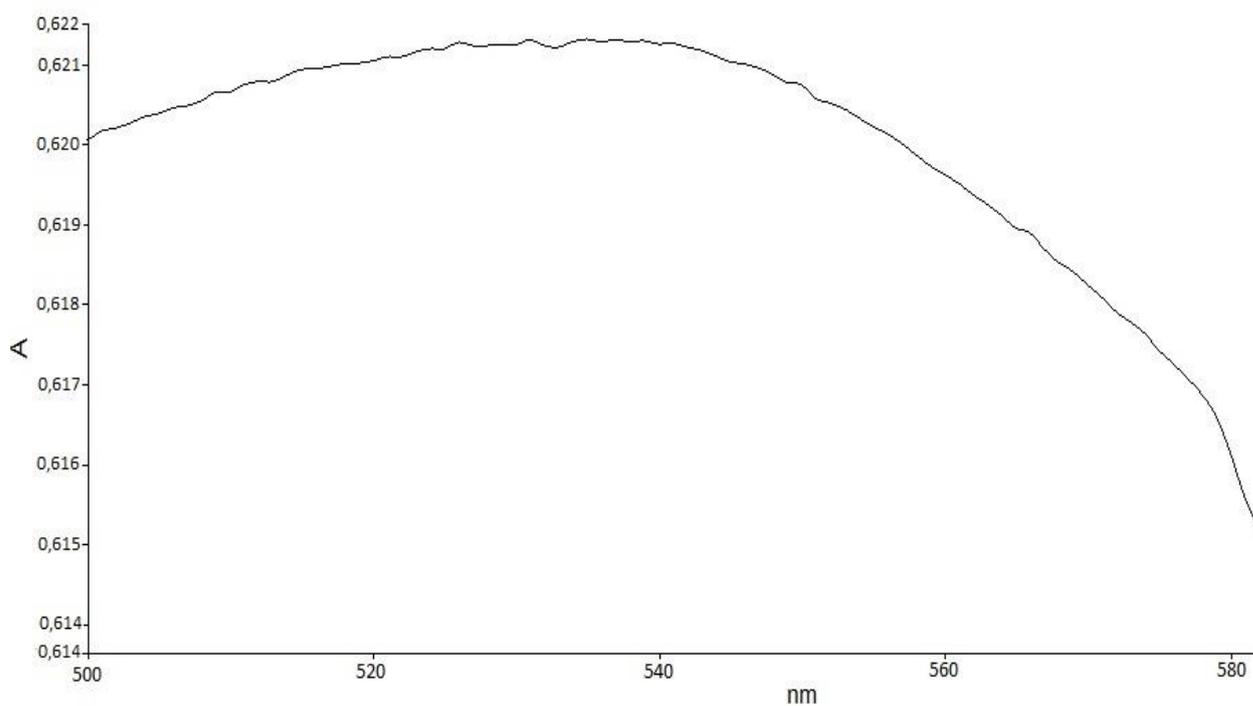


Рис. 3.3 Спектр поглинання антоціанів у ірису німецького траві

У ході дослідження встановлено, що вміст суми антоціанів, виражений у перерахунку на ціанідин-3-О-глюкозиду хлорид, у траві ірису німецького становить $0,72 \pm 0,01$ % (рис. 3.3).

Таблиця 3.7

Вміст летких сполук (мкг/г) у сировині ірису німецького (*Iris germanica* L.)

№	Компонент летких сполук	Час утримування, хв	Відсоток співпадіння сполук, %	Ірису німецького трава, мкг/г
1	Ліналоол	7.96	89	3,38
2	Анізол	9.98	91	29,76
3	Тридекан	11.89	внутрішній стандарт	
4	Евгенол	13.97	87	28,60
5	<i>цис</i> -біцикло[5.2.0]нонан	14.3	98	5,93
6	β -фарнезен	14.85	91	1,23
7	Неролідол	15.45	94	7,73
8	δ -аморфен	16.1	87	1,73
9	Спатуленол	17.08	93	35,76
10	β -каріофілен	17.19	91	54,14
11	α -муролен	18.18	93	6,32
12	α -кадинен	18.32	99	9,22
13	α -бісаболол	18.77	82	7,88
14	евдесма-4,11-дієн-2-ол	19.41	91	10,59
15	гексагідрофарнезил ацетон	21.1	90	13,14
16	β -неролідол	23.74	80	79,56
17	Фітол	24.81	90	6,29
18	Пентакозан	29.42	92	5,32

Перелік ідентифікованих сполук у порядку їх елюювання, а також кількісні показники вмісту наведено в таблиці 3.7. Загалом у досліджуваній сировині було виявлено 17 компонентів летких сполук.

Встановлено, що домінуючими складовими трави ірису німецького є β -неролідол (79,56 мкг/г), β -каріофілен (54,14 мкг/г), спатуленол (35,76 мкг/г), анізол (29,76 мкг/г) та евгенол (28,60 мкг/г). Виявлені відмінності у кількісному співвідношенні компонентів хімічного складу рослинної сировини можуть бути зумовлені особливостями екологічних умов зростання рослин, а також варіабельністю параметрів аналітичного визначення. Отриманий хроматографічний профіль свідчить про складний багатокомпонентний характер летких сполук досліджуваного об'єкта.

Згідно одержаних даних β -неролідол був переважаючим компонентом серед виявлених летких сполук у траві ірису німецького. Неролідол (3,7,11-триметил-1,6,10-додекатрієн-3-ол) є природним сесквітерпеновим спиртом, який трапляється у складі багатьох рослин і характеризується приємним квітковим ароматом. Завдяки цим властивостям він широко застосовується в різних галузях промисловості. Зокрема, неролідол активно використовують у косметичній продукції (шампуні, парфумерні композиції), а також у побутових не косметичних засобах, таких як мийні та очищувальні препарати. Крім того, Управління з контролю за якістю харчових продуктів і лікарських засобів США (FDA) дозволило застосування неролідолу як ароматизатора у харчовій промисловості [43].

Широка присутність неролідолу у продуктах повсякденного вжитку зумовила підвищений науковий інтерес до вивчення його біологічної активності. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється потенційним фармакологічним властивостям цієї сполуки, які можуть чинити сприятливий вплив на організм людини, що робить неролідол перспективним об'єктом для подальших медико-біологічних і фармацевтичних досліджень [44].

Також, достатньо високий вміст серед летких сполук у траві досліджуваного об'єкта становив β -каріофілен та спатуленол. Каріофілен є природним біциклічним сесквітерпеном, який належить до селективних фітоканабіноїдних агоністів

канабіноїдних рецепторів другого типу. Важливою особливістю цієї сполуки є відсутність психоактивної дії, що зумовлено її неспроможністю зв'язуватися з канабіноїдними рецепторами першого типу.

Результати численних досліджень *in vitro* та *in vivo* свідчать, що застосування β -каріофілену позитивно впливає на перебіг експериментальних моделей запальних патологій. Зокрема, показано його ефективність при захворюваннях нервової системи, таких як хвороба Паркінсона, хвороба Альцгеймера, розсіяний склероз, аміотрофічний бічний склероз та інсульт, а також при атеросклерозі й пухлинних процесах різної локалізації (рак товстої кишки, молочної залози, підшлункової залози, лімфоми, меланоми та гліоми).

Крім того, доклінічні дослідження вказують на перспективність β -каріофілену при стрептококових інфекціях, остеопорозі та стеатогепатиті. Також встановлено, що ця сполука проявляє протисудомні, анальгезивні, міорелаксувальні, седативні та антидепресивні властивості. Сукупність наведених даних свідчить про значний фармакологічний потенціал β -каріофілену та доцільність подальшого вивчення його біологічної активності як перспективного природного біоактивного компонента [45].

Спатуленол є трициклічним сесквітерпеном, структурною основою якого слугує скелет 5,10-циклоаромадендану. Аналіз літературних джерел свідчить, що дана сполука характеризується широким спектром біологічної активності. Зокрема, для спатуленолу встановлено антихолінергасну, анальгетичну (антиноцицептивну), антигіпералгезивну, антимікобактеріальну та антиоксидантну дію.

Окрім цього, спатуленол проявляє антипроліферативні та протинабрякові властивості, а також цитотоксичну активність. У ряді досліджень показано його потенціал як допоміжного засобу в хіміотерапії мультирезистентних форм злоякісних новоутворень. Сукупність наведених фармакологічних ефектів вказує на перспективність спатуленолу як біологічно активного компонента рослинної сировини та обґрунтовує доцільність подальших досліджень його фармакологічного потенціалу [46].

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що втрата в масі при висушуванні трави ірису німецького становить $11,23 \pm 0,46$ %, що відповідає вимогам Державної фармакопеї України та свідчить про належну якість досліджуваної рослинної сировини.

2. Методом ВЕРХ у траві *Iris germanica* ідентифіковано дев'ять індивідуальних флавоноїдних сполук, серед яких домінуючою є рамнетин. Встановлено значний вміст також нарингеніну та рутина, що підтверджує високий антиоксидантний і фармакологічний потенціал досліджуваного об'єкта.

3. Кількісним аналізом визначено, що сумарний вміст флавоноїдів, гідроксикоричних кислот і поліфенолів у траві ірису німецького становить відповідно $4,24 \pm 0,02$ %, $2,76 \pm 0,01$ % та $6,78 \pm 0,02$ %, що свідчить про насиченість сировини фенольними біологічно активними сполуками.

4. У результаті газової хромато-мас-спектрометрії виявлено 17 летких компонентів, серед яких переважають β -неролідол, β -каріофілен та спатуленол. Отриманий хімічний профіль підтверджує складний багатоконпонентний склад трави ірису німецького та обґрунтовує перспективність її подальшого фармакологічного вивчення.

ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу літературних джерел узагальнено сучасні дані щодо ботанічних особливостей, фітохімічного складу та напрямів медичного і фармацевтичного застосування ірису німецького (*Iris germanica* L.). Встановлено, що дана рослина є перспективним, проте недостатньо вивченим джерелом біологічно активних речовин, особливо надземна її частина.

2. У межах експериментальної частини роботи проведено комплексне фармакогностичне дослідження трави ірису німецького. Визначено показник втрати в масі при висушуванні, який становив $11,23 \pm 0,46$ % та відповідав вимогам Державної фармакопеї України, що підтверджує належну якість досліджуваної рослинної сировини.

3. Методом високоефективної рідинної хроматографії ідентифіковано індивідуальний склад флавоноїдів у траві *Iris germanica* L. та встановлено наявність дев'яти флавоноїдних сполук. Домінуючими компонентами були рамнетин, нарингенін і рутин, що свідчить про високий антиоксидантний і фармакологічний потенціал досліджуваної сировини.

4. Кількісними спектрофотометричними методами визначено вміст основних груп фенольних сполук. Встановлено, що сумарний вміст флавоноїдів становить $4,24 \pm 0,02$ % у перерахунку на рутин, гідроксикоричних кислот – $2,76 \pm 0,01$ % у перерахунку на хлорогенову кислоту, поліфенолів – $6,78 \pm 0,02$ % у перерахунку на пірогалол, та антоціанів – $0,72 \pm 0,01$ % у перерахунку на ціанідин-3-О-глюкозиду хлорид.

5. За результатами газової хромато-мас-спектрометрії встановлено багатокомпонентний склад летких сполук трави ірису німецького. Ідентифіковано 17 летких компонентів, серед яких переважали β -неролідол, β -каріофілен, спатуленол, анізол та евгенол, що зумовлює можливі протизапальні, антиоксидантні та антимікробні властивості рослинної сировини.

6. Отримані результати свідчать про значний вміст в траві *Iris germanica* L. біологічно активних речовин різних фітохімічних груп та обґрунтовують доцільність подальших поглиблених фармакогностичних, фармакологічних і технологічних досліджень з метою створення на її основі перспективних фітопрепаратів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kassak P. Secondary metabolites of the chosen genus *Iris* species / *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2012. Vol. 60. P. 269 - 280.
2. Three new early flowering *Iris germanica* cultivars / Y. Zhang, Q. Liu, Y. Wang et al. *HortScience*. 2020. Vol. 55 (9). P. 1533 - 1534.
3. Spring nitrogen uptake, use efficiency, and partitioning for growth in *Iris germanica* 'Immortality' / X. J. Zhao, G. H. Bi, R. L. Harkess et al. *HortScience*. 2016. Vol. 51. P. 563 - 566.
4. The major gene and polygene effects of ornamental traits in bearded iris (*Iris germanica*) using joint segregation analysis / Z. Fan, Y. Gao, R. Liu et al. *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 260. P. 108882.
5. Karpenko V. P. Introduction history of species and varieties of genus *Iris* L. in Ukraine against the background of global trends. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 2. С. 85 - 91.
6. Швець І., Колосова Н., Кулик А. Передумови використання сортового різноманіття *Iris germanica* L. у міському ландшафтному дизайні. *Деміург: ідеї, технології, перспективи дизайну*. 2025. № 2 (8). С. 361 - 372.
7. Isoflavonoid glycosides from the rhizomes of *Iris germanica* / A. U. Rahman, S. Nasim, I. Baig et al. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*. 2002. Vol. 50 (8). P. 1100 - 1102.
8. New isoflavones with cytotoxic activity from the rhizomes of *Iris germanica* L. / G. Y. Xie, X. Y. Qin, R. Liu et al. *Natural Product Research*. 2013. Vol. 27 (23). P. 2173 - 2177.
9. Phytochemical investigations on *Iris germanica* / S. F. Asghar, Habib-ur-Rehman, Atta-ur-Rahman et al. *Natural Product Research*. 2010. Vol. 24 (2). P. 131 - 139.
10. Sabrin R. M. I., Gamal A. M., Al-Musayeib N. M. New constituents from the rhizomes of Egyptian *Iris germanica* L. *Molecules*. 2012. Vol. 17. P. 2587 - 2598.

11. Major secondary metabolites of *Iris* spp. / W. Kukula-Koch, E. Sieniawska, J. Widelski et al. *Phytochemistry Reviews*. 2015. Vol. 14 (1). P. 51 - 80.
12. A review on phytochemical and therapeutic potential of *Iris germanica* / B. S. Yousefsani, M. Boozari, K. Shirani, A. Jamshidi et al. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2021. Vol. 73 (5). P. 611 - 625.
13. Asghar S. F., Aziz S., Habib-ur-Rehman, Choudhary M. I. Secondary metabolites isolated from *Iris germanica*. *Records of Natural Products*. 2009. Vol. 3 (3). P. 139 - 152.
14. Protective effect of *Iris germanica* L. in β -amyloid-induced animal model of Alzheimer's disease / M. Borhani, M. Sharifzadeh, M. H. Farzaei et al. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2017. Vol. 14 (4). P. 140 - 148.
15. Effects of ethanolic extract of *Iris germanica* on lipid profile of rats fed on a high-fat diet / M. I. Choudhary, S. Naheed, S. Jalil et al. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005. Vol. 98. P. 217 - 220.
16. Lim T. K. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Modified Stems, Roots, Bulbs*. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. Vol. 11. P. 27 - 40.
17. Nadaroğlu H., Demir Y., Demir N. Antioxidant and radical scavenging properties of *Iris germanica*. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2007. Vol. 41. P. 409 - 415.
18. Ullah F., Ayaz M., Sadiq A. Phenolic, flavonoid contents, anticholinesterase and antioxidant evaluation of *Iris germanica* var. *Florentina*. *Natural Product Research*. 2016. Vol. 30 (12). P. 1440 - 1444.
19. *Belamcanda chinensis* (L.) DC: ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology / R. H. Xin, J. F. Zheng, L. Cheng et al. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2015. Vol. 12 (6). P. 39 - 70.
20. 8-Hydroxyirilone-5-methyl ether and 8-hydroxyirilone – new antioxidant and α -amylase inhibitors isoflavonoids from *Iris germanica* rhizomes / S. R. M. Ibrahim, G. A. Mohamed, M. F. Zayed et al. *Bioorganic Chemistry*. 2017. Vol. 70. P. 192 - 198.

21. Molluscicidal activity and new flavonoids from Egyptian *Iris germanica* L. (var. alba) / A. N. B. Singaba, A. H. Ahmed, J. Sinkkonen et al. *Zeitschrift für Naturforschung C*. 2006. Vol. 61 (1-2). P. 57 - 63.
22. Cytotoxicity of iridals, triterpenoids from *Iris*, on human tumor cell lines A2780 and K562 / J. P. Bonfils, F. Pinguet, S. Culine et al. *Planta Medica*. 2001. Vol. 67 (1). P. 79 - 81.
23. Phytochemical composition and in vitro biological activity of *Iris* spp. (Iridaceae) / L. Hoang, F. Beneš, M. Fenclová et al. *Antibiotics*. 2020. Vol. 9 (7). Art. 403. P. 1 - 20.
24. Anti-inflammatory isoflavonoids from the rhizomes of *Iris germanica* / A. U. Rahman, S. Nasim, I. Baig et al. *Journal of Ethnopharmacology*. 2003. Vol. 86. P. 177 - 180.
25. Immunomodulatory activity of isoflavones isolated from *Iris germanica* / N. Nazir et al. *Phytotherapy Research*. 2009. Vol. 23 (3). P. 428 - 433.
26. Antiplasmodial and antifungal activities of iridal, a plant triterpenoid / F. Benoit-Vical et al. *Phytochemistry*. 2003. Vol. 62 (5). P. 747 - 751.
27. Солодовниченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. Н. *Лікарська рослинна сировина та фітонпрепарати* : навч. посіб. Харків: НФаУ, 2001. 408 с.
28. HPLC-DAD analysis of flavonoids and hydroxycinnamic acids in *Aster novi-belgii* L. / D. Demydiak, L. Slobodianiuk, O. Gerush et al. *Pharmacia*. 2023. Vol. 70 (3). P. 745 - 750.
29. Марчишин С. М., Гусак Л. В., Бердей Т. С. Дослідження флавоноїдів у траві та кореневих бульбах чистецю Зібольда. *Фітотерапія. Часопис*. 2017. № 1. С. 27 - 30.
30. Визначення кількісного вмісту гідроксикоричних кислот у сировині дивини звичайної / А. А. Волошина, В. С. Кисличенко, І. О. Журавель та ін. *Український медичний альманах*. 2012. № 5 (15). С. 39 - 40.
31. Державна фармакопея України: у 3 т. – 2-ге вид. Харків: ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. Т. 1. 1128 с.

32. Державна фармакопея України: у 3 т. – 2-ге вид. Харків: ДП «Науково-експертний фармакопейний центр», 2014. Т. 3. 732 с.
33. Порівняльний аналіз компонентного складу ефірної олії сировини ліпії солодкої / С. М. Марчишин, Л. В. Слободянюк, О. Ю. Худа та ін. *Медична та клінічна хімія*. 2024. Т. 26 (1). С. 81 - 88.
34. Seal T. Quantitative HPLC analysis of phenolic acids and flavonoids // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2016. Vol. 6 (2). P. 157 - 166.
35. Dabeek W. M., Marra M. V. Dietary quercetin and kaempferol: bioavailability and potential cardiovascular-related bioactivity in humans. *Nutrients*. 2019. Vol. 11 (10). Art. 2288. 19 p. <https://doi.org/10.3390/nu11102288>
36. Chouikh A. Phytochemical profile, antioxidant, analgesic and hypolipidaemic effects of *Ephedra alata* Decne. female cones extract. *Farmacia*. 2020. Vol. 68 (6). P. 1011 - 1020.
37. Manchope M.F., Casagrande R., Waldiceu A. V. Jr. Naringenin: An analgesic and anti-inflammatory citrus flavanone. *Oncotarget*. 2017. Vol. 8 (3). P. 3766 - 3767.
38. Rutin as a potent antioxidant: implications for neurodegenerative disorders / A. B. Enogieru, W. Haylett, D. C. Hiss et al. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018. Vol. 2018, Art. ID 6241017. 17 p. <https://doi.org/10.1155/2018/6241017>
39. Hydroxycinnamic acids / H. R. El-Seedi, E. A. Taher, B. Y. Sheikh et al. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2018. Vol. 55. P. 269 - 292.
40. Classifications of polyphenols / S. Prabhu, A. Molath, H. Choksi et al. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*. 2021. Vol. 6. P. 293 - 301.
41. Rymbai H., Sharma R. R., Srivastav M. Biocolorants and their implications // *International Journal of Pharmaceutical Technology Research*. 2011. Vol. 3 (4). P. 2228 - 2244.
42. Aswathy J. M., Lawrence B., Murugan K. Anthocyanin and its implications // *Kongunadu Research Journal*. 2017. Vol. 4. P. 65 - 72.
43. Effect of citral, eugenol, nerolidol / M. J. Park, K. S. Gwak, I. Yang et al. *Fitoterapia*. 2009. Vol. 80. P. 290 - 296.

44. Nerolidol: a sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities. W. K. Chan, L. T. H. Tan, K. G. Chan et al. *Molecules*. 2016. Vol. 21 (5). Art. 529. 40 p. <https://doi.org/10.3390/molecules21050529>

45. β -Caryophyllene: a sesquiterpene with countless biological properties. F. Francomano, A. Caruso, A. Barbarossa et al. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9. Art. 5420. 19 p. <https://doi.org/10.3390/app9245420>

46. Spathulenol as the most abundant component of essential oil of *Moluccella aucheri* (Boiss.) Scheen. M. Doorandishan, M. Gholami, P. Ebrahimi et al. *Natural Volatiles and Essential Oils*. 2021. Vol. 8 (2). P. 37-41.