

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра медичної біології, фармакогнозії, ботаніки та гістології

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Фітопрепарати як потенційні ад'юванти у терапії метаболічного синдрому»

Виконала: студентка заочної форми навчання спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація»

Коваль Тетяна

Керівник: Колосова Ірина Іванівна

доцентка, к.біол.н

Рецензент: Шаторна Віра Федорівна

професорка, д.біол.н.

Рекомендовано до захисту:

протокол засідання кафедри

№ 11 від 26.05 2026 р.

Завідувачка кафедри

Шаторна Віра Федорівна

Захищено на засіданні ЕК

протокол № 1 від «11» червня 2026 р.

Оцінка добре / 143 / D

(за національною шкалою/ за шкалою

ECTS/ бал)

Голова ЕК Лєвих А. Е.

Дніпро – 2026

ЗМІСТ

Вступ		5
Розділ 1	Метаболічний синдром як сучасна клініко-фармацевтична проблема	9
1.1.	Етіологія, патогенез та діагностичні критерії метаболічного синдрому	9
1.2.	Обмеження та побічні ефекти стандартної синтетичної фармакотерапії	10
1.3.	Концепція ад'ювантної терапії: роль та місце рослинних засобів	110
Розділ 2.	Фармакогностичний склад та механізми дії перспективних лікарських рослин	14
2.1.	Рослини-джерела флавоноїдів та поліфенольних комплексів у регуляції ліпідного та вуглеводного обміну	14
2.2.	Рослинні адаптогени та їхній вплив на інсулінорезистентність і системне запалення	15
2.3.	Есенціальні мікроелементи (цинк, хром, магній) у складі ЛРС як кофактори метаболічних процесів	17
Розділ 3	Методологічне обґрунтування та моделювання фармакологічної ефективності фітокомплексів	20
3.1.	Візуальна синестезія та когнітивне моделювання зв'язку «орган — метаболічна мішень — рослина»	20
3.2.	Аналітичний огляд та систематизація даних щодо антиоксидантного й протизапального потенціалу фітоекстрактів	23
Розділ 4.	Перспективи стандартизації та створення комбінованих фітопрепаратів	25

4.1.	Розробка нормативної документації та вимоги Державної Фармакопеї України до ад'ювантних засобів	25
4.2.	Технологічні аспекти створення та масштабування виробництва нових лікарських форм	26
Висновки		278
Список використаних джерел		32
Додатки		33

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР — біологічно активні речовини

ВЕРХ (HPLC) — високоефективна рідинна хроматографія

ДФУ — Державна Фармакопея України

ІМТ — індекс маси тіла

ІР — інсулінорезистентність

ЛР — лікарська рослина

ЛРС — лікарська рослинна сировина

МС — метаболічний синдром

ПОЛ — перекисне окиснення ліпідів

ТШХ — тонкошарова хроматографія

УЗЕ — ультразвукова екстракція

ЦД-2 — цукровий діабет 2-го типу

ВСТУП

Актуальність теми

Метаболічний синдром (МС) є однією з найглобальніших медико-соціальних проблем ХХІ століття, що охоплює комплекс взаємопов'язаних порушень: абдомінальне ожиріння, інсулінорезистентність, дисліпідемію та артеріальну гіпертензію. Тривала синтетична терапія цих станів часто супроводжується поліпрагмазією, високим ризиком побічних ефектів та резистентністю організму. У зв'язку з цим актуальним є пошук ефективних та безпечних ад'ювантів (допоміжних засобів) для посилення терапевтичного ефекту базових препаратів. Фітопрепарати, завдяки багатокomпонентному складу (поліфеноли, флавоноїди, сапоніни) та м'якому мультитаргетному впливу на клітинному рівні, мають високий потенціал для корекції метаболічних розладів, зниження оксидативного стресу та покращення якості життя пацієнтів.

Мета роботи

Науково обґрунтувати та системно проаналізувати перспективи застосування фітопрепаратів і комплексних рослинних екстрактів як потенційних мультитаргетних ад'ювантів у терапії метаболічного синдрому на основі систематизації сучасних даних про їхній біохімічний склад, молекулярні механізми дії та фармакологічний потенціал.

Завдання роботи

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань:

Провести критичний аналіз сучасних науково-клінічних джерел щодо етіології та патогенезу метаболічного синдрому, а також систематизувати дані про обмеження, побічні ефекти та ризики поліпрагмазії за умов стандартної синтетичної фармакотерапії.

Здійснити фармакогностичний скринінг та класифікацію перспективних лікарських рослин і їхніх вторинних метаболітів (поліфенолів, флавоноїдів,

сапонінів, адаптогенів) відповідно до векторів їхнього терапевтичного впливу на ключові ланки метаболічного синдрому.

Узагальнити та теоретично обґрунтувати молекулярні механізми синергічної взаємодії між рослинними поліфенольними комплексами та есенціальними мікроелементами (Zn, Mg, Cr) у регуляції інсулінорезистентності, дисліпідемії та зниженні оксидативного стресу.

Розробити теоретичну когнітивно-асоціативну модель інтегрованого переходу від морфолого-анатомічних ознак лікарської рослинної сировини до її цільової фітотерапевтичної дії на органи-мішені при метаболічних порушеннях.

Визначити та систематизувати сучасні вимоги Державної Фармакопеї України до стандартизації, контролю якості та безпеки рослинних засобів, перспективних для використання як ад'юванти у вітчизняній фармацевтичній галузі.

Об'єкт дослідження

Біотехнологічні, фармакогностичні та фармакологічні процеси створення, стандартизації та застосування фітозасобів для корекції обмінних порушень.

Предмет дослідження

Біологічно активні речовини (поліфенольні комплекси, флавоноїди, мікроелементи) лікарських рослин, їхні механізми антиоксидантного, гепатопротекторного та інсуліносенсibiliзуючого впливу в умовах метаболічного синдрому.

Методи дослідження:

Для досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань у роботі застосовано комплекс взаємопов'язаних методів теоретичного та науково-фармацевтичного аналізу:

Бібліографічно-пошуковий та контент-аналіз — для збору, відбору та систематизації наукової літератури, матеріалів фахових видань, нормативно-

правових актів та монографій у міжнародних наукометричних базах даних (PubMed, Scopus, Google Scholar, Web of Science).

Системно-аналітичний та порівняльний аналіз — для оцінки клінічної ефективності стандартної синтетичної терапії та виявлення її обмежень, а також для порівняння фармакологічного потенціалу різних груп біологічно активних речовин рослинного походження.

Теоретичне узагальнення та моделювання — для систематизації молекулярних механізмів дії фітокомпонентів на клітини-мішені та розробки когнітивно-асоціативних матриць структурно-функціонального зв'язку в межах досліджуваної концепції.

Фармакопейний та нормативний аналіз — для опрацювання вимог Державної Фармакопеї України, Фармацевтичної енциклопедії та чинних галузевих стандартів щодо регламентації якості та безпеки потенційних рослинних ад'ювантів.

Проведене дослідження містить наступні елементи наукової новизни:

Вперше обґрунтовано концепцію системного застосування фітоекстрактів як мультитаргетних ад'ювантів, що діють одночасно на кілька ланок патогенезу МС (ліпідознижувальна, антиоксидантна та інсуліносенсибілізуюча дія).

Систематизовано та доповнено дані щодо синергізму між поліфенольними сполуками та есенціальними мікроелементами рослинного походження у захисті мембран гепатоцитів та ендотелію судин.

Апробація результатів дослідження. Апробація результатів наукової роботи представлені в якості тез «Фітопрепарати як потенційні ад'юванти у терапії метаболічного синдрому» у збірнику 3 Міжнародної науково-практичної конференції Science and Technology: New Horizons of Development» 3-5 червня 2026 року, м. Прага, Чехія

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, огляду

літератури, 3-х розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, який включає 30 джерел, у тому числі 27 латиницею та 2 додатків. Зміст роботи викладено на 30 сторінках основного тексту, ілюстровано 1 таблицею.

РОЗДІЛ 1. МЕТАБОЛІЧНИЙ СИНДРОМ ЯК СУЧАСНА КЛІНІКО-ФАРМАЦЕВТИЧНА ПРОБЛЕМА

1.1. Етіологія, патогенез та діагностичні критерії метаболічного синдрому

Метаболічний синдром (МС) на сучасному етапі розвитку клінічної медицини та фармації розглядається як пандемічний кластер взаємопов'язаних метаболічних, клінічних та антропометричних порушень. Основними патогенетичними ланками цього комплексу є абдомінальне (вісцеральне) ожиріння, інсулінорезистентність (ІР), атерогенна дисліпідемія, артеріальна гіпертензія, а також хронічний субклінічний системний запальний процес [1].

Етіологія. Розвиток метаболічного синдрому має мультифакторну природу, зумовлену тісною взаємодією генетичної схильності та несприятливих чинників довкілля [2].

Ключова причина — хронічний профіцит калорій (надмірне споживання легкозасвоюваних вуглеводів і насичених жирів) у поєднанні з низькою фізичною активністю. Це веде до відкладення вісцерального жиру.

Генетична схильність: поліморфізм багатьох генів (наприклад, гена адипонектину, аполіпопротеїну С3 тощо) визначає особливості ліпідного обміну та схильність тканин до інсулінорезистентності.

Хронічний стрес: активація гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі призводить до гіперсекреції кортизолу, який безпосередньо стимулює вісцеральне ожиріння та блокує дію інсуліну. Первинним тригером каскаду метаболічних розладів найчастіше виступає надлишкове накопичення вісцеральної жирової тканини, яка функціонує як активний ендокринний орган. За умов гіпертрофії адипоцитів порушується секреція адипокінів: знижується синтез інсуліносенсibiliзуючого та протизапального гормону адипонектину, натомість критично зростає вивільнення прозапальних медіаторів (фактора некрозу пухлин- α (TNF- α), інтерлейкінів IL-1, IL-6) та лептину [3].

Молекулярний механізм розвитку інсулінорезистентності тісно пов'язаний із хронічним нутритивним стресом та ліпотоксичністю. Надлишок вільних жирних кислот (ВЖК) у системному кровотоці призводить до їхнього ектопічного відкладення у скелетних м'язах та паренхімі печінки (гепатоцитах). Це викликає активацію внутрішньоклітинних кіназ, які фосфорилують субстрат інсулінового рецептора-1 (IRS-1) за залишками серину, а не тирозину, що повністю блокує класичний сигнальний шлях інсуліну (PI3K/Akt) та пригнічує транслокацію глюкозних транспортерів GLUT-4 до плазматичної мембрани. Як наслідок, розвивається компенсаторна гіперінсулінемія, яка виснажує β -клітини острівців Лангерганса та є предиктором цукрового діабету 2-го типу (ЦД-2).

Згідно з погодженими критеріями Міжнародної діабетичної федерації (IDF) та фундаментальними положеннями національних медико-фармацевтичних стандартів, діагноз МС встановлюється за наявності центрального ожиріння (окружність талії > 94 см для чоловіків і > 80 см для жінок) у поєднанні з будь-якими двома з таких факторів:

- ✓ підвищення рівня тригліцеридів ($\geq 1,7$ ммоль/л);
- ✓ зниження холестерину ліпопротеїнів високої щільності (ХС-ЛПВЩ $< 1,03$ ммоль/л у чоловіків, $< 1,29$ ммоль/л у жінок);
- ✓ артеріальна гіпертензія ($\geq 130/85$ мм рт. ст.);
- ✓ порушення толерантності до глюкози або гіперглікемія натще ($\geq 5,6$ ммоль/л) [3,4].

1.2. Обмеження та побічні ефекти стандартної синтетичної фармакотерапії

Сучасні протоколи лікування компонентів МС передбачають агресивну, довготривалу (часто пожиттєву) медикаментозну терапію із застосуванням кількох класів синтетичних лікарських засобів. Фармакотерапія зазвичай включає бігуаніди (метформін), статини (аторвастатин, розувастатин), інгібітори АПФ або блокатори рецепторів ангіотензину II, а також антиагреганти. Проте така

стратегія має суттєві клініко-фармацевтичні обмеження та ризики для пацієнта [4,5].

Головною проблемою моно- та комбінованого лікування є феномен поліпрагмазії (одночасного призначення великої кількості препаратів). Поліпрагмазія не лише знижує комплаєнс пацієнта, але й геометрично збільшує ризик непередбачуваних міжлікарських взаємодій на етапах фармакокінетики (абсорбція, метаболізм системою цитохрому P450 у печінці) та фармакодинаміки.

Крім того, кожен клас синтетичних сполук має специфічний профіль вираженої побічної дії:

Бігуаніди (метформін): часто викликають диспепсичні розлади (нудота, діарея, метеоризм), а за умов тривалого застосування у високих дозах — ризик лактат-ацидозу та дефіциту вітаміну B12.

Статини (інгібітори ГМГ-КоА-редуктази): асоційовані з дозозалежним ризиком розвитку міопатій, міалгій, аж до загрози рабдоміолізу, а також виявляють виражену гепатотоксичність (підвищення рівнів трансаміназ АЛТ, АСТ) та можуть парадоксально посилювати інсулінорезистентність тканин.

Синтетичні гіпотензивні засоби: нерідко викликають системні метаболічні зрушення (наприклад, неселективні β -адреноблокатори та тiazидні діуретики погіршують ліпідний профіль та толерантність до вуглеводів).

Особливе занепокоєння викликає навантаження на детоксикаційну систему організму пацієнта. Тривалий ксенобіотичний стрес виснажує ендogenous антиоксидантні системи (глутатіонпероксидазу, супероксиддисмутазу), що призводить до інтенсифікації перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) у мембранах клітин та розвитку вторинних ендотеліопатій і гепатозів [6].

1.3. Концепція ад'ювантної терапії: роль та місце рослинних засобів

У зв'язку з вищезазначеними обмеженнями, у сучасній фармацевтичній науці активно формується нова парадигма — впровадження мультитаргетної ад'ювантної (допоміжної) терапії за допомогою фітопрепаратів та засобів

рослинного походження. Метою такого підходу є не заміна базових хіміопрепаратів, а синергічне посилення їхньої терапевтичної дії, зниження їхньої ефективної дози (і відповідно — мінімізація побічних ефектів), а також системний захист органів-мішеней від токсичного впливу [4].

Концептуальна перевага фітопрепаратів перед синтетичними молекулами полягає в еволюційно обумовленій спорідненості біологічно активних речовин (БАР) рослин до біорецепторів людського організму. На відміну від монокомпонентних синтетичних засобів, природний поліфенольний, флавоноїдний чи терпеновий комплекс лікарської рослинної сировини (ЛРС) діє одночасно на кілька патогенетичних мішеней МС («один комплекс — багато мішеней»):

Флавоноїди та фенолкарбонові кислоти виявляють потужну антиоксидантну дію, безпосередньо інактивуючи вільні радикали, що стабілізує мітохондріальні мембрани та покращує чутливість рецепторів до інсуліну.

Тритерпенові сапоніни та фітостерини здатні конкурувати з ендogenousним холестериним за міцелярне зв'язування в кишечнику, оптимізуючи ліпідний профіль без гепатотоксичного ефекту.

Рослинні адаптогени та глікозиди м'яко модулюють роботу гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі, знижуючи рівень хронічного стресу та кортизолу, який є потужним контрінсулярним гормоном.

Впровадження фітопрепаратів як ад'ювантів є критично важливим аспектом забезпечення національної безпеки в галузі охорони здоров'я, оскільки дозволяє розширити арсенал вітчизняних доступних засобів для профілактики та лікування хронічних захворювань [7-9]. Розробка та впровадження таких засобів потребує суворого дотримання вимог до аналізу та стандартизації сировини і готових форм, що регламентується чинними нормативними документами [8].

Таким чином, фітопрепарати виступають перспективними, безпечними та патогенетично обґрунтованими ад'ювантами у терапії метаболічного синдрому, здатними системно коригувати метаболічний гомеостаз людини.

РОЗДІЛ 2. ФАРМАКОГНОСТИЧНИЙ СКЛАД ТА МЕХАНІЗМИ ДІЇ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

2.1. Рослини-джерела флавоноїдів та поліфенольних комплексів у регуляції ліпідного та вуглеводного обміну

Поліфенольні сполуки є одними з найбільш фармакологічно значущих вторинних метаболітів лікарських рослин. До цієї гетерогенної групи належать флавоноїди, фенолкарбонові кислоти, таніни, проантоціанідини, лігнани та стилібени. Сучасні фундаментальні дослідження підтверджують їхню тригерну роль у регуляції ліпідного та вуглеводного обміну, що обґрунтовує перспективність використання поліфенолвмісної лікарської рослинної сировини (ЛРС) у комплексній профілактиці та ад'ювантній терапії метаболічних порушень [10–11].

Механізми гіпоглікемічної та гіполіпідемічної дії рослинних поліфенолів є багатокомпонентними та реалізуються на різних рівнях системного гомеостазу. На сьогодні доведено, що флавоноїдні комплекси здатні:

- ✓ дозозалежно пригнічувати активність ключових травних ферментів — α -амілази та α -глюкозидази, уповільнюючи гідроліз полісахаридів у тонкому кишечнику;
- ✓ ефективно знижувати рівень постпрандіальної гіперглікемії;
- ✓ підвищувати чутливість периферичних тканин-мішеней до інсуліну;
- ✓ активувати АМФ-активовану протеїнкіназу (АМРК), яка виступає головним регулятором енергетичного балансу клітини;
- ✓ модулювати експресію та транслокацію транспортерів глюкози GLUT-4 до плазматичних мембран адипоцитів і міоцитів [10, 12].

Особливе фармацевтичне значення мають представники родини Глухокропикові (*Lamiaceae*), які еволюційно схильні до надлишкового біосинтезу фенольних кислот та флавононів. Зокрема, шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.) накопичує значні кількості розмаринової кислоти, лютеоліну та апігеніну, які

виявляють потужні антиоксидантні й інсулінсенсibiliзуючі властивості [4,8,9,13]. Аналогічні терапевтичні ефекти описані для розмарину звичайного (*Rosmarinus officinalis L.*), поліфенольний комплекс якого сприяє інгібуванню процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) та нормалізації плазматичного профілю ліпопротеїнів низької щільності [4,8,9,14].

Важливими джерелами антоціанів та проантоціанідинів є представники родини Вересові (Ericaceae), серед яких провідне місце посідає чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus L.*). Антоціановий комплекс плодів чорниці здатний нівелювати прояви мітохондріального оксидативного стресу, покращувати функціональний стан ендотелію судин та регулювати вуглеводний обмін шляхом позитивного впливу на інсулінові сигнальні каскади [4,8,9,15].

Виражена гіпоглікемічна активність також детермінована для кори коричника справжнього (*Cinnamomum verum J.Presl*), поліфенольні олігомери якого імітують дію ендогенного інсуліну, підвищують рівень автофосфорилування інсулінових рецепторів та оптимізують утилізацію глюкози клітинами [4,8,9]. Перспективним джерелом мономерних флаванолів є чай китайський (*Camellia sinensis (L.) Kuntze*). Катехіни зеленого чаю, передусім епігалокатехін-3-галат (EGCG), виявляють мультитаргетну антиоксидантну, гіполіпідемічну та протизапальну активність, безпосередньо впливаючи на ферменти метаболізму жирних кислот та пригнічуючи процеси патологічного адипогенезу [4,8,9,16].

Таким чином, поліфенольні комплекси лікарських рослин є природними біорегуляторами метаболічних процесів, а їхня фармакологічна активність реалізується через поєднання антиоксидантних, протизапальних та інсулінсенсibiliзуючих молекулярних механізмів.

2.2. Рослинні адаптогени та їхній вплив на інсулінорезистентність і системне запалення

Адаптогени розглядаються у сучасній фармакогнозії як природні біологічно активні речовини рослинного походження, що здатні неспецифічно підвищувати резистентність організму до дії екзогенних та ендогенних стресових факторів різної етіології, сприяючи підтриманню та відновленню динамічного гомеостазу [16]. Наразі значна увага приділяється вивченню ролі адаптогенних засобів у корекції інсулінорезистентності та хронічного субклінічного системного запалення, які є фундаментальними патогенетичними ланками метаболічного синдрому та цукрового діабету 2-го типу.

Одним із найбільш патогенетично вивчених рослинних адаптогенів є женьшень панакс (*Panax ginseng* C.A.Mey.). Тетрациклічні тритерпенові сапоніни (гінзенозиди) коріння женьшеню мають здатність фосфорилувати та активувати сигнальний шлях АМПК, що веде до експресії GLUT-4, покращення чутливості периферичних тканин до інсуліну та супресії синтезу базових прозапальних цитокінів, таких як TNF- α та IL-6 [4,8,9,17].

Виражену адаптогенну, стреспротекторну та антиоксидантну активність виявляє родіола рожева (*Rhodiola rosea* L.), специфічними БАР якої є фенілпропаноїди (розавін, розирин, розаридин) та фенілетаноїди (салідрозид). Екстракти кореневищ з коренями родіоли сприяють зниженню інтенсивності вільнорадикальних процесів, оптимізації клітинного енергетичного метаболізму та стабілізації структурно-функціонального стану мітохондрій [4,8,9,18].

Перспективним інтродукованим фітозасобом є вітанія снодійна (*Withania somnifera* (L.) Dunal). Вітаноліди (стероїдні лактони) цієї рослини мають здатність модулювати активність гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, знижуючи плазматичну концентрацію кортизолу, пригнічувати NF-kB-залежні запальні каскади та покращувати ключові метаболічні індекси за умов тривалої інсулінорезистентності [4,8,9,19].

Серед вітчизняної офіциальної ЛРС фундаментальне значення має елеутерокок колючий (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim.). Його

біологічно активні сполуки лігнанової та фенілпропаноїдної природи (елеутерозиди В і Е) виявляють виражену стреспротекторну, антиоксидантну та метаболічно коригуючу дію на вуглеводний обмін [4,8,9,20].

Узагальнюючи накопичені дані, можна стверджувати, що провідними механізмами дії фітоадаптогенів є їхня здатність:

- ✓ тонко модулювати та стабілізувати функціональну активність гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи;
- ✓ гнітити експресію та вивільнення прозапальних медіаторів та хемокінів;
- ✓ індукувати активність ендогенних ферментів першої лінії антиоксидантного захисту (супероксиддисмутази, каталази);
- ✓ забезпечувати мітохондріальну протекцію та оптимізувати синтез АТФ [17–20].

Отже, залучення рослинних адаптогенів до схем терапії МС є патогенетично виправданим кроком завдяки їхньому унікальному поєднанню метаболічних та протизапальних ефектів.

2.3. Есенціальні мікроелементи (цинк, хром, магній) у складі ЛРС як кофактори метаболічних процесів

Есенціальні мінеральні компоненти є невід'ємною складовою частиною нативного фітокомплексу лікарської рослинної сировини та відіграють роль незамінних кофакторів у регуляції численних ферментативних систем метаболізму. Найбільше патогенетичне значення у підтриманні фізіологічного вуглеводного та ліпідного обміну мають мікроелементи цинк (Zn) і хром (Cr), а також магній (Mg) [21].

Цинк є незамінним структурним та каталітичним компонентом для понад 300 металоферментів і безпосередньо залучений до процесів транскрипції, біосинтезу, конформаційної стабілізації, секреції та депонування інсуліну в β -клітинах. Аліментарний або тканинний дефіцит цинку корелює зі зниженням

інсулінового сигналу та інтенсифікацією системного оксидативного стресу [22]. Здатністю концентрувати цинк у терапевтично значущих кількостях володіють такі види ЛРС, як листя кропиви дводомної (*Urtica dioica L.*), корені кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale F.H.Wigg.*) та трава вівса посівного (*Avena sativa L.*) [4,8,9,22].

Хром виступає ключовим компонентом низькомолекулярного органічного комплексу хромодуліну, що бере участь у потенціюванні дії інсуліну та регуляції толерантності до глюкози. Хром підвищує кіназну активність інсулінових рецепторів і стимулює транслокацію GLUT-4, забезпечуючи ефективний транспорт глюкози крізь мембрану в цитозоль [4,8,9,23]. Високим вмістом сполук хрому відзначаються пагони чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus L.*), стулки плодів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris L.*) та трава козлятника лікарського (*Galega officinalis L.*) [4,8,9,23].

Магній є універсальним макроелементом-кофактором понад 600 ферментативних реакцій енергетичного обміну, включаючи всі АТФ-залежні процеси фосфорилування, а також необхідний для підтримання належної активності Na^+/K^+ -АТФази. Гіпомагніємія безпосередньо асоціюється з поглибленням інсулінорезистентності, розвитком ендотеліальної дисфункції, судинним спазмом та прогресуванням МС [4,8,9,18,24]. Багатими на біодоступні сполуки магнію є трава меліси лікарської (*Melissa officinalis L.*), листя кропиви дводомної (*Urtica dioica L.*) та листя подорожника великого (*Plantago major L.*) [4,8,9,24].

Комплексна, взаємопотенціююча дія поліфенольних сполук та есенціальних мінеральних елементів у складі цілісних нативних фітопрепаратів забезпечує:

- ✓ ефективний багаторівневий антиоксидантний захист мембранних структур клітин;

- ✓ стабілізацію та протекцію клітинних мембран гепатоцитів та ендотеліоцитів;
- ✓ нормалізацію порушеної ферментативної активності інсулінозалежних метаболічних шляхів;
- ✓ підвищення загального рівня метаболічної адаптації організму в умовах хронічної патології.

Таким чином, лікарські рослини, що еволюційно поєднують у своєму складі збалансовані поліфенольні матрикси та есенціальні біоелементи, становлять першочерговий інтерес для розробки та стандартизації нових метаболічно активних вітчизняних фітозасобів ад'ювантного спрямування.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФАРМАКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОКОМПЛЕКСІВ

3.1. Візуальна синестезія та когнітивне моделювання зв'язку «орган — метаболічна мішень — рослина»

Сучасний етап розвитку фармацевтичної науки вимагає розробки нових методологічних підходів до систематизації масштабних масивів фармакогностичних та клініко-фармакологічних даних. У контексті ад'ювантної фітотерапії метаболічного синдрому (МС), що характеризується поліорганичним ураженням, виникає гостра потреба у наочному, системному структуруванні зв'язків між морфологічними ознаками лікарської рослинної сировини (ЛРС), її біохімічним складом та конкретними клітинними структурами людського організму. Одним із таких інноваційних теоретичних інструментів є когнітивне моделювання на основі інструментів візуального мислення та крос-модальної синестезії [4,8,9,25-27].

Впровадження концепту візуальної синестезії у межах даного теоретичного дослідження розглядається як методологічний прийом, що базується на інтеграції сенсорних та когнітивних процесів для розмивання меж між морфологією об'єкта та його біологічною суттю. Це дозволяє встановити стійкі асоціативні та структурно-функціональні зв'язки між макроскопічним виглядом (морфологією) рослинного органу, локалізацією в ньому певних груп біологічно активних речовин (БАР) та їхнім спрямованим лікувальним впливом на анатомо-фізіологічні мішені в організмі пацієнта. В основі цього підходу лежить трансформація абстрактних біохімічних каскадів у чіткі графічні когнітивні матриці типу «орган — метаболічна мішень — рослина». Як зазначають дослідники в галузі медичної освіти, генерація таких ментальних моделей є аналітичним і соціально ситуативним процесом створення смислів через візуальні та символічні форми [25-27].

Застосування когнітивного моделювання за принципами реляційної фармакології (Relational Pharmacology) дозволяє подолати обмеження класичного редукціоністського підходу та візуалізувати мультитаргетність фітотерапії у вигляді взаємопов'язаних системних карт:

Ланка «печінка — гепатопротекція та ліпідознижувальний ефект»: візуалізація зв'язку між фенолкарбоновими кислотами (наприклад, розмариноювою кислотою шавлії чи розмарину) та їхнім безпосереднім впливом на пригнічення синтезу холестерину в гепатоцитах шляхом модуляції ферменту ГМГ-КоА-редуктази.

Ланка «підшлункова залоза — інсуліносекреція»: моделювання взаємодії між цинк-концентруючими рослинами (кропива, кульбаба) та процесами конформаційної стабілізації секреторних гранул інсуліну в β -клітинах острівців Лангерганса.

Ланка «периферичні тканини (м'язи, адипоцити) — Інсуліносенсibiliзація»: графічне відображення каскаду, де хром-вмісна ЛРС (пагони чорниці, стулки квасолі) виступає активатором хромодуліну, посилюючи кіназну активність інсулінових рецепторів та стимулюючи переміщення транспортерів GLUT-4 до мембрани [25-27]. В таблиці 1 наведено практичну реалізацію когнітивно-асоціативної моделі візуальної синестезії, що інтегрує фармакогностичні ознаки із клініко-фармакологічним ефектом.

Таблиця 1

Узагальнювальна матриця структурно-функціональних зв'язків «рослина — БАР— метаболічна мішень»

Лікарська рослина (лат. назва)	Лікарська рослинна сировина ЛРС /	Провідні групи БАР та біоелементи	Клітинна / метаболічна мішень в організмі	Очікуваний ад'ювантний клінічний ефект
--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---	--

Шавлія лікарська (<i>Salvia officinalis</i> L.)	Листя (<i>Folia</i>)	Розмаринова кислота, лютеолін, апігенін	Гепатоцити, фермент ГМГ-КоА-редуктаза	Зниження синтезу ендогенного холестерину, ліпідознижувальна дія
Чорниця звичайна - <i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	Плоди (<i>Fructus</i>), пагони (<i>Cormi</i>)	Антоціани, проантоціанідини, хром (Cr)	Ендотеліоцити судин, інсулінові рецептори периферичних тканин	Зниження оксидативного стресу, активація GLUT-4, подолання ІР
Женьшень панакс (<i>Panax ginseng</i> С.А.Мey.)	Корені (<i>Radices</i>)	Тетрациклічні тритерпенові сапоніни (гінзенозиди)	Молекулярний сигнальний шлях АМРК, макрофаги	Стимуляція утилізації глюкози, супресія прозапальних цитокінів (TNF α , ІL-6)
Родіола рожева (<i>Rhodiola rosea</i> L.)	Кореневища з коренями (<i>Rhizomata et radices</i>)	Фенілпропаноїди (розавін), фенілетаноїди (салідрозид)	Мітохондріальні мембрани, транскрипційний фактор Nrf2	Оптимізація клітинного енергообміну, індукція ендогенних ферментів (СОД, каталаза)
Кропива дводомної (<i>Urtica dioica</i> L.)	Листя (<i>Folia</i>)	Флавоноїди, цинк (Zn), магній (Mg)	В-клітини острівців Лангерганса, Na ⁺ /K ⁺ -АТФаза	Стабілізація секреції інсуліну, покращення судинного тону

Таким чином, когнітивне моделювання зв'язку «орган — метаболічна мішень — рослина» виконує роль методологічного містка, який переводить

розрізнені дані фундаментальної ботаніки та біохімії у площину практичної, обґрунтованої фармакотерапії, унаочнюючи механізми подолання метаболічних розладів на системному рівні.

3.2. Аналітичний огляд та систематизація даних щодо антиоксидантного й протизапального потенціалу фітоекстрактів

Патогенез метаболічного синдрому нерозривно пов'язаний із розвитком хронічного вільнорадикального стресу та млявоперебігаючого системного запалення. За умов тривалої гіперглікемії та дисліпідемії мітохондрії клітин-мішеней починають надлишково генерувати активні форми кисню (АФК). Це призводить до інтенсифікації перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ), пошкодження ендотелію судин та активації транскрипційного фактора NFκB, який запускає синтез прозапальних цитокінів (TNF-α, IL-1, IL-6). Систематизація світових експериментальних та клінічних даних дозволяє обґрунтувати високу ефективність фітоекстрактів як засобів переривання цього патологічного каскаду.

Згідно з аналізом сучасних наукових публікацій, антиоксидантний потенціал досліджуваних фітокомплексів реалізується за двома основними механізмами:

Пряма інактивація (скевенджинг) радикалів: поліфенольні сполуки (зокрема, катехіни зеленого чаю *Camellia sinensis* та антоціани *Vaccinium myrtillus*) завдяки наявності рухливих фенольних гідроксильних груп безпосередньо зв'язують АФК, молекули пероксиду та синглетного кисню, перетворюючись на стабільні, малотоксичні радикали фенокисьного типу.

Активация ендогенного антиоксидантного захисту: БАР рослинних адаптогенів (*Panax ginseng*, *Rhodiola rosea*) та есенціальні мікроелементи діють на генетичному рівні, індукуючи транскрипційний фактор Nrf2, що призводить до посилення синтезу власних ферментів організму — супероксиддисмутази (СОД), каталази та глутатіонпероксидази.

Протизапальний потенціал рослинних комплексів, за даними чисельних клініко-лабораторних оглядів, базується на блокуванні сигнальних шляхів запалення. Зокрема, було доведено, що стероїдні лактони (вітаноліди *Withania somnifera*) та елеутерозиди *Eleutherococcus senticosus* здатні інгібувати фосфорилування субодиниць фактора NF- κ B, запобігаючи його транслокації в ядро клітини. Як наслідок, суттєво знижується прозапальний статус жирової тканини та судинної стінки, зменшується плазматична концентрація С-реактивного білка, TNF- α та інтерлейкіну-6 [4.8,9,28].

Важливим висновком аналітичного огляду є підтвердження явища синергізму. Поєднання в одному фітопрепараті флавоноїдних матриць, які гасять вільні радикали, та адаптогенних сполук, які блокують прозапальні цитокіни, забезпечує значно вищий індекс метаболічної протекції, ніж використання ізольованих синтетичних молекул.

Отже, результати аналітичного узагальнення переконливо доводять, що стандартизовані за вмістом поліфенолів та адаптогенних глікозидів фітоекстракти володіють потужним, науково доведеним антиоксидантним та протизапальним потенціалом, що робить їх незамінними ад'ювантами для нівелювання системних проявів метаболічного синдрому.

РОЗДІЛ 4. ПЕРСПЕКТИВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ФІТОПРЕПАРАТІВ

4.1. Розробка нормативної документації та вимоги Державної Фармакопеї України до ад'ювантних засобів

Переведення концепції ад'ювантної фітотерапії метаболічного синдрому (МС) у практичну площину охорони здоров'я неможливе без створення суворої системи стандартизації та контролю якості пропонованих рослинних засобів. Фармацевтична розробка будь-якого комбінованого фітопрепарату базується на засадах доказової медицини та потребує формування пакета нормативної документації — методів контролю якості (МКЯ) або специфікацій, які повністю гармонізовані з вимогами Державної Фармакопеї України (ДФУ) та Європейської Фармакопеї [4, 8-9].

Специфіка стандартизації багатокомпонентних фітоекстрактів як ад'ювантних засобів полягає у необхідності одночасного визначення вмісту різних груп біологічно активних речовин (БАР). Згідно з чинними монографіями ДФУ, ключовими етапами розробки нормативної документації на такі засоби є:

- ✓ макро- та мікроскопічна ідентифікація: валідація анатомо-морфологічних ознак подрібненої або порошкоподібної лікарської рослинної сировини (ЛРС), що входить до складу композиції;
- ✓ якісне визначення (ідентифікація) груп БАР: використання методів тонкошарової хроматографії (ТШХ) для підтвердження присутності флавоноїдів, фенолкарбонових кислот та адаптогенних глікозидів за зонами адсорбції стандартних зразків (наприклад, рутину, розмаринової кислоти, гінзенозидів);
- ✓ кількісне визначення цільових метаболітів: застосування сучасних інструментальних методів, передусім вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ / HPLC), для точного дозування діючих речовин, що гарантує відтворюваність терапевтичного ефекту фітопрепарату [4, 8-9].

Особлива увага у нормативній документації приділяється критеріям безпеки фітоекстрактів. Відповідно до загальних статей ДФУ, обов'язковим є нормування та контроль вмісту залишкових кількостей пестицидів, важких металів (кадмію, свинцю, ртуті), радіонуклідів та мікробіологічної чистоти. Оскільки пропонувані рослинні засоби містять есенціальні мінерали (цинк, хром, магній), у МКЯ розробляються окремі специфікації для визначення їхнього точного кількісного вмісту за допомогою методу атомно-абсорбційної або емісійної спектрометрії. Такий інтегрований підхід до розробки нормативної бази забезпечує стабільну якість, терапевтичну еквівалентність та повну токсикологічну безпеку фітопрепаратів, призначених для тривалого ад'ювантного застосування при метаболічних розладах [4, 8-9].

4.2. Технологічні аспекти створення та масштабування виробництва нових лікарських форм

Створення ефективного комбінованого фітопрепарату вимагає ретельного наукового обґрунтування вибору оптимальної лікарської форми та розробки раціональної технологічної схеми її промислового виробництва. Традиційні лікарські форми (відвари, настойки) мають суттєві недоліки: нестабільність при зберіганні, неточність дозування та низьку біодоступність макромолекулярних поліфенольних комплексів. Тому сучасна фармацевтична технологія орієнтована на створення твердих (таблетки, капсули) або інноваційних систем доставки (фітосоми, мікрокапсули) [29-30].

У процесі технологічного проектування виробництва комбінованих рослинних засобів для терапії МС ключове значення мають такі аспекти:

- ✓ оптимізація процесів екстракції: вибір ефективного екстрагенту (водно-спиртові суміші різної концентрації) для максимального вилучення як гідрофільних поліфенолів та мінералів, так і ліпофільних тритерпеноїдів чи вітанолідів. Перспективним є впровадження «зелених» технологій — ультразвукової екстракції (УЗЕ) або надкритичної CO₂-екстракції.

✓ отримання сухих стандартизованих екстрактів: переведення рідких витяжок у стабільний сухий стан за допомогою методів розпилювального сушіння або ліофілізації. Сухі екстракти мають значно вищий термін придатності та легше піддаються подальшій технологічній переробці.

✓ вибір допоміжних речовин: підбір технологічних добавок (розпушувачів, ковзних та зв'язуючих речовин), які забезпечують необхідні фізико-хімічні властивості порошкової маси (сипкість, пресованість) при капсулюванні або таблетуванні.

Масштабування виробництва (перехід від лабораторних умов до дослідно-промислових і промислових серій) потребує суворого дотримання вимог Належної виробничої практики (GMP). Основним технологічним завданням на етапі масштабування є збереження нативного профілю БАР рослинного комплексу та запобігання їхній термодеградації під час концентрування і сушіння. Моніторинг критичних параметрів процесу (температура, вакуум, швидкість мішалки) на кожній стадії виробничої схеми дозволяє мінімізувати технологічні втрати та забезпечити вихід високоякісної, стандартизованої готової продукції. Таким чином, науково обґрунтована технологічна стратегія створює передумови для успішного промислового впровадження нових вітчизняних фітопрепаратів мультитаргетної дії [29-30].

ВИСНОВКИ

На основі проведеного системного аналізу, теоретичного узагальнення та когнітивного моделювання сучасного науково-фармацевтичного масиву даних щодо застосування фітопрепаратів у терапії метаболічного синдрому, сформульовано такі висновки:

1. Доведено клініко-фармацевтичну доцільність впровадження концепції мультитаргетної ад'ювантної фітотерапії метаболічного синдрому. Встановлено, що класична моно- та комбінована синтетична терапія компонентів МС супроводжується ризиками поліпрагмазії та вираженою побічною дією (гепатотоксичність, міопатії, диспепсія). Застосування стандартизованих рослинних комплексів дозволяє синергічно посилити ефект базових засобів, знизити їхню ефективне дозування та захистити органи-мішені від ксенобіотичного стресу.

2. Здійснено системний фармакогностичний скринінг та класифікацію перспективних джерел біологічно активних речовин. Обґрунтовано терапевтичний потенціал поліфенольних комплексів рослин родин *Lamiaceae*, *Ericaceae*, а також нативних метаболітів рослинних адаптогенів (*Panax ginseng*, *Rhodiola rosea*, *Withania somnifera*). Визначено, що їхній вплив реалізується через активацію сигнального шляху АМПК, посилення транслокації глюкозних транспортерів GLUT-4 та супресію ядерного фактора транскрипції NF-κB.

3. Теоретично обґрунтовано молекулярний синергізм між органічною поліфенольною матрицею ЛРС та її мінеральним складом. Накопичення у рослинній сировині есенціальних мікроелементів цинку (Zn), хрому (Cr) та магнію (Mg) виступає незамінним фактором потенціювання дії інсуліну. Мінерали діють як кофактори понад сотні метаболічних ферментів, стабілізують процеси депонування інсуліну та нормалізують роботу Na⁺/K⁺-АТФази.

4. Розроблено та впроваджено когнітивно-асоціативну модель структурно-функціонального зв'язку «орган — метаболічна мішень — рослина» на основі

методології візуальної синестезії та реляційної фармакології. Створена концептуальна матриця дозволяє трансформувати складні біохімічні каскади поліорганних порушень у чіткі графічні схеми взаємодії БАР із клітинами печінки, підшлункової залози та периферичних тканин, забезпечуючи системний підхід до дизайну нових засобів.

5. Визначено перспективні вектори фармацевтичної розробки та стандартизації вітчизняних ад'ювантних фітопрепаратів. Обґрунтовано вимоги до створення нормативної документації (МКЯ, специфікацій) відповідно до чинних монографій Державної Фармакопеї України (ДФУ) з використанням високотехнологічних аналітичних методів (ВЕРХ, ТШХ, атомно-абсорбційна спектрометрія). Показано, що масштабування виробництва нових лікарських форм (сухих стандартизованих екстрактів у формі капсул чи таблеток) на засадах GMP та «зелених технологій» (ультразвукова та CO₂-екстракція) здатне забезпечити вітчизняний ринок безпечними та ефективними метаболічно активними фітозасобами.

ABSTRACT

Title: Herbal Medicines as Potential Adjuvants in the Therapy of Metabolic Syndrome.

Background. Metabolic syndrome (MS) represents a global medico-social challenge requiring long-term treatment with multiple synthetic pharmaceuticals. However, aggressive chemotherapy carries significant risks of polypragmasy and pronounced adverse effects (hepatotoxicity, myopathies, lactic acidosis), highlighting the urgent need for safe, domestic herbal medicines to serve as multi-target adjuvants (supportive therapies).

Aim of the Work. To scientifically substantiate and systematically analyze the prospects of utilizing herbal medicines and complex plant extracts in MS therapy by consolidating existing data on their biochemical profiles, molecular mechanisms of action, and regulatory-technological standardization criteria.

Methods. Bibliographic search and content analysis of international scientometric databases (PubMed, Scopus, Google Scholar), systemic-analytical and comparative analysis, theoretical generalization, cognitive modeling, and pharmacopoeial analysis.

Key Results. A comprehensive analysis of the therapeutic potential of polyphenolic compounds (flavonoids, phenolic acids) and plant adaptogens in addressing insulin resistance, dyslipidemia, and chronic subclinical inflammation was performed. The molecular synergism between organic plant matrices and essential elements (Zn, Cr, Mg) acting as metabolic enzyme cofactors was thoroughly substantiated. An innovative cognitive-associative model establishing the "Organ — Metabolic Target — Plant" linkage was developed based on relational pharmacology and visual synesthesia principles. Furthermore, the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine (SPU) and GMP criteria regarding the standardization and scale-up manufacturing of new solid dosage forms (capsules, tablets) derived from dry standardized extracts were systematized.

Scientific Novelty. For the first time, a model for the systemic use of herbal drugs as multi-target adjuvants in MS has been conceptualized; scientific insights into the synergism between polyphenols and bioelements in protecting target cells have been expanded; a new theoretical transition matrix bridging raw material morphology and cellular impact via visual synesthesia has been designed.

Practical Significance. The findings of this study can be directly applied to optimize MS comprehensive treatment protocols, draft quality control methods (QCM) for new combined herbal formulations, and integrate innovative cognitive methodologies into the educational process for training Masters of Pharmacy.

Keywords: metabolic syndrome, herbal medicines, adjuvant therapy, insulin resistance, polyphenols, adaptogens, essential micronutrients, standardization, SPU, visual synesthesia.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Farouk H. Metabolic syndrome: an extensive analysis of pathophysiology, clinical consequences, and treatment approaches. *Egypt J Intern Med.* 2026. Vol. 38, № 26. <https://doi.org/10.1186/s43162-026-00609-y>
2. Goel A., Goel P., Goel S. The Prevalence of Metabolic Syndrome and Its Association With Waist Circumference in Middle-Aged Individuals From Urban Mumbai. *Cureus.* 2024. Vol. 16, № 9. e69669. <https://doi.org/10.7759/cureus.69669>
3. Petersen M. C., Shulman G. I. Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiological reviews.* 2018. Т. 98, №. 4. С. 2133–2223.
4. Фармацевтична енциклопедія / голова ред. ради В. П. Черних. 3-тє вид., переробл. і доповн. Київ : Моріон, 2016. 1632 с.
5. Ling C., Rönn T. Epigenetics in human obesity and type 2 diabetes. *Cell metabolism.* 2019. Т. 29, №. 5. С. 1028–1044.
6. Ahlqvist E. et al. Novel subgroups of adult-onset diabetes and their association with outcomes: a data-driven cluster analysis of six variables. *The lancet Diabetes & endocrinology.* 2018. Т. 6, №. 5. С. 361–369.
7. Diego Valarezo-Sevilla, Sarzosa-Terán V. Herbal Medicines and Dietary Supplements: The Need for Regulatory Harmonization and Scientific Evidence. *BioNatura Journal: Ibero-American Journal of Biotechnology and Life Sciences.* 2026. Vol. 3, № 1. <https://doi.org/10.70099/BJ/2026.03.01.6>
8. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків : Моріон, 2016.
9. *European Pharmacopoeia.* 11th ed. Strasbourg : Council of Europe, 2022.
10. Williamson G. The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutr Bull.* 2017. Vol. 42, № 3. P. 226–235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
11. Cory H., Passarelli S., Szeto J., Tamez M., Mattei J. The Role of Polyphenols in Human Health and Food Systems: A Mini-Review. *Front Nutr.* 2018. Vol. 5. 87. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00087>

12. Xiao J. Dietary flavonoid aglycones and their glycosides: Which show better biological significance? *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017. Vol. 57, № 9. P. 1874–1905. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1032400>
13. Трач А., Конечна Р. *Salvia officinalis*. Аналітичний огляд літератури. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. № 1(10). С. 92–99. <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-1-11>
14. Senanayake S. N. Rosemary extract as a natural source of bioactive compounds. *Journal of Food Bioactives*. 2018. Vol. 2. P. 51–57. <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.2140>
15. Kalt W., Cassidy A., Howard L. R., Krikorian R., Stull A. J., Tremblay F., Zamora-Ros R. Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. *Adv Nutr*. 2020. Vol. 11, № 2. P. 224–236. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>
16. Fukutomi R., Ohishi T., Koyama Y., Pervin M., Nakamura Y., Isemura M. Beneficial Effects of Epigallocatechin-3-O-Gallate, Chlorogenic Acid, Resveratrol, and Curcumin on Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2021. Vol. 26. 415. <https://doi.org/10.3390/molecules26020415>
17. Suzuki T., Pervin M., Goto S., Isemura M., Nakamura Y. Beneficial Effects of Tea and the Green Tea Catechin Epigallocatechin-3-gallate on Obesity. *Molecules*. 2016. Vol. 21. 1305. <https://doi.org/10.3390/molecules21101305>
18. Kutnik K. et al. *Rhodiola rosea* as a Medicinal Adaptogen: A Review of Its Antidepressant, Anti-Stress, and Performance-Enhancing Effects. *Quality in Sport*. 2025. Vol. 46. 66651. <https://doi.org/10.12775/QS.2025.46.66551>
19. Lopresti A. L., Smith S. J., Malvi H., Kodgule R. An investigation into the stress-relieving and pharmacological actions of an ashwagandha (*Withania somnifera*) extract: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Medicine (Baltimore)*. 2019. Vol. 98, № 37. e17186. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017186>

20. Patyra A., Kołtun-Jasion M., Kupniewska K., Parzonko A., Kiss A. K. Eleutherococcus root: a comprehensive review of its phytochemistry and pharmacological potential in the context of its adaptogenic effect. *Front. Pharmacol.* 2025. Vol. 16. 1683795. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1683795>
21. Sunday E. K. Micronutrients in Metabolic Syndrome: A Comprehensive Review. *Food Sci Nutr Res.* 2025. Vol. 8, № 2. P. 1–6.
22. Chasapis C. T., Ntoupa P. A., Spiliopoulou C. A., Stefanidou M. E. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch Toxicol.* 2020. Vol. 94, № 5. P. 1443–1460. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02702-9>
23. Al-Mahdawi F. K. I., Mohammed M. R., Taher M. G., Alsunbuli M. M., Kadi A., Potoroko I. Chromium’s Hidden Role in Insulin Resistance, Metabolic Syndrome, and Diabetes. *SHIFAA.* 2025. Vol. 2025. P. 76–81. <https://doi.org/10.70470/SHIFAA/2025/010>
24. Al-Maqbali J. S., Al Harasi S., Al Mamary Q. et al. Ionized and total magnesium levels and health outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus. *Sci Rep.* 2025. Vol. 15. 4329. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88081-6>
25. García-Domínguez I., Rodríguez-Luna A., Machuca M. Visual Thinking to Explore “Relational Pharmacology”: Systemic Maps for Managing Non-Selective Antidepressants in Cardiovascular Prevention. *Pharmacy.* 2025. Vol. 13, № 4. 91. <https://doi.org/10.3390/pharmacy13040091>
26. Sigalov N. Embodied interconnectedness through synaesthesia: art, intersubjectivity and hypermnesia : PhD thesis. University of Glasgow, 2024.
27. Battaglia M. V., Melchiori F. M. Definitions, Taxonomies and Functions of Visual Thinking as an Educational Ecosystem: A Scoping Review. *Proceedings.* 2026. Vol. 139. 15. <https://doi.org/10.3390/proceedings2026139015>
28. Belounis Y. et al. Potential Natural Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of *Carthamus caeruleus* L. Root Aqueous Extract: An In Vitro Evaluation. *Processes.* 2025. Vol. 13. 878. <https://doi.org/10.3390/pr13030878>

29. Atanasov A. G., Zotchev S. B., Dirsch V. M. et al. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nat Rev Drug Discov.* 2021. Vol. 20. P. 200–216. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-00114-z>

30. Heinrich M. et al. Best Practice in the chemical characterisation of extracts used in pharmacological and toxicological research-The ConPhyMP- Guidelines. *Front Pharmacol.* 2022. Vol. 13. 953205. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.953205>

22) Задача привласнений Хрон нестимулює у взаємодії з лібісциндом хрому вив, суттєво підвищуючи клітинну активність існуючих рецепторів, тоді як Інокс борє безпосередню участь у процесі кристалізації, депонування та оцесії агуліну Sulfid в клітинних мембранах Лангерганса [22, 23, 24].

З метою оптимізації есенціальних білково-ліпідних даних у роботі вперше застосовано методологію когнітивного моделювання на засадах реакційної фармакокінетики та імунологічної синергії [25, 26, 27]. Це дозволило розробити інтегровану структурно-функціональну матрицю збірок «Орган — Метаболічний мікроорганізм» — «Рослина», яка наочно демонструє перехід від інтегровано-фармакологічних характеристик сировини до її молекулярного клітинного ефекту (Таблиця 1).

Таблиця 1. Узагальнювальна матриця керування дієвими фітоактивними МК.

ДРС (лат. назва)	Класифікаційна група БАР та елементи	Клітинна мішень в організмі	Очікуваний клінічний ефект
Галія Сальвіса officinalis	Полифеноли: флавоноли, лігнани	Гемостаз, ГМГ-КоА-синтаза	Ліпідомодуляція, антиатеросклероз
Галія Ульмарій аурата	Антоциани, Метилксатон Хрон (Сн)	Ендокринна регуляція інсуліну	Експресія рецепторів, інсулінопротекція
Радіох Радіох пренс	Тригліцериди олеїнових (γ-ліноленових)	Системний апоб-ліпід, мікрофлора	Стимуляція утилізації ліпідів, тригліцеридів
Рододіох rhodiolae	Фенілпропанойди (розини, олефіни)	Мітохондрії, фактор транскрипції Nrf2	Оптимізація енергетичного, антиоксидантного
Галія Ульмарій аурата	Флавоноли, Метилксатон, Zn, Mg	β-рецептори гіпертонічного тиску	Стабілізація інсуліну, контроль кров'яного тиску

Важливою складовою фармакологічної розробки нових дієвостимулюючих засобів є вивчення станів їхньої стандартизованості та промислової масштабованості виробництва відповідно до вимог ДФУ та принципів GMP [28, 29]. Особливим розширенням спектра впливу лібісциндів і олеїнових есенціальних ліпідів є інтеграція їх з біологічними матрицями на основі когнітивного підходу: використання методу транспозарної трансферації (TDX) для оцесії-демілітації профілю БАР та аксиофармакологічного підходу хромофармії (BEPK) для точного взаємного визначення маркерних сполук [8, 29, 36].

Для забезпечення високого комп'юлітету властивості та стабільності дієвих речовин при тривалому зберіганні, найбільш обургованими є отримання твердих дозованих лікарських форми (пелюди, таблетки) на основі сучас-

екстрактів, оцесіяних методами лібісциндів або розширювального сушіння [28, 30]. Застосування іноватичних «сетевих» технологій (ультраулітрової та надкритичної СО₂-екстракції) дозволяє максимально вичлупити дієві термочутливі натуральні комплекси, оцесіяючи унікальний складовий органічний розчинник у готовому продукті [28, 29]. Об'єктивними елементами специфікації якості (МКЗ) є суворе вимірювання параметрів безпеки: вмісту важких металів (Свинець, Кадмій, Ртуть), радіоуклінів, пестицидів та мікробіологічної чистоти згідно з чинними вимогами ДФУ [8].

Висновок. Таким чином, на основі проведеного теоретичного дослідження існуючою дозволено та інтегративно обурговано доцільність застосування стандартизованих фітопрепаратів як мультипараметричних адвантантів у комплексній терапії метаболічного синдрому. Показано, що послідовна поліфармакологічна оцесія, адитивних дієвостимулюючих та олеїнових мікроелементів забезпечує синергічний вплив на імуноенергетичність, дисліпідемію та системне запалення. Розроблена когнітивно-асоціативна матриця взаємодійності та узагальнені фармакологічні вимоги створюють надійну теоретичну та нормативну базу для подальшого проектування, стандартизації та апробації нових і промислово виробництво інтегративно-асоціативних лікарських засобів рослинного походження.

Список використаних джерел

1. Farouk H. Metabolic syndrome: an extensive analysis of pathophysiology, clinical consequences, and treatment approaches. *Egypt J Intern Med*. 2026. Vol. 38, No 26. <https://doi.org/10.1186/s43162-026-00609-y>
2. Goel A., Goel P., Goel S. The Prevalence of Metabolic Syndrome and Its Association With Waist Circumference in Middle-Aged Individuals From Urban Mumbai Cities. 2024. Vol. 16, No 9. e90669. <https://doi.org/10.7759/cureus.90669>
3. Petersen M. C., Shulman G. I. Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiological reviews*. 2018. T. 98, No. 4. С. 2133–2223.
4. Фармакологічна енциклопедія / головний ред. радя В. П. Чернова. 3-тє вид., перероб. і доповн. Київ : Моріон, 2016. 1632 с.
5. Ling C., Roca T. Epigenetics in human obesity and type 2 diabetes. *Cell metabolism*. 2019. T. 29, No. 3. С. 1028–1044.
6. Akkipour B. et al. Novel subgroups of adult-onset diabetes and their association with outcomes: a data-driven cluster analysis of six variables. *The Lancet Diabetes & endocrinology*. 2018. T. 6, No 5. С. 361–369.
7. Diego Valverde-Sevilla, Sarzoos-Teran V. Herbal Medicines and Dietary Supplements: The Need for Regulatory Harmonization and Scientific Evidence. *BioNatura Journal: Ibero-American Journal of Biotechnology and Life Sciences*. 2026. Vol. 3, No 1. <https://doi.org/10.70099/B1/2026.03.01.6>
8. Державна Фармакологія України : в 3 т. / ДНУ «Український науковий фармакологічний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Київ : Моріон, 2016.
9. European Pharmacopoeia. 11th ed. Strasbourg : Council of Europe, 2022.

10. Williamson G. The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutr Bull*. 2017. Vol. 42, No 3. P. 226–235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
11. Cory R., Passafium S., Szeto J., Tamez M., Mattel J. The Role of Polyphenols in Human Health and Food Systems: A Mini-Review. *Front Nutr*. 2018. Vol. 5. 87. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00087>
12. Xiao J. Dietary flavonoid aglycones and their glycosides: Which show better biological significance? *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017. Vol. 57, No 9. P. 1874–1905. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1032400>
13. Третьяк А., Кошечко П. Сальвіа офіціналіс. Аналітичний огляд літератури. Сучасні склади, форми та фармакологічне застосування. 2023. № 1(10). С. 92–99. <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-1-11>
14. Seranuyk S. N. Rosemary extract as a natural source of bioactive compounds. *Journal of Food Bioactives*. 2018. Vol. 2. P. 51–57. <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.2140>
15. Kati W., Cassidy A., Howard L. R., Kjekshus R., Stull A. J., Tremblay F., Zamora-Ros R. Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. *Adv Nutr*. 2020. Vol. 11, No 2. P. 224–236. <https://doi.org/10.1093/advances/nnaa065>
16. Fukutani R., Ohishi T., Keyama Y., Fervin M., Nakamura Y., Iemura M. Beneficial Effects of Epigallocatechin-3-O-Gallate, Chlorogenic Acid, Resveratrol, and Curcumin on Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2021. Vol. 26. 415. <https://doi.org/10.3390/molecules26020415>
17. Suzuki T., Fervin M., Goto S., Iemura M., Nakamura Y. Beneficial Effects of Tea and the Green Tea Catechin Epigallocatechin-3-gallate on Obesity. *Molecules*. 2016. Vol. 21. 1305. <https://doi.org/10.3390/molecules21101305>
18. Katrik K. et al. *Rhodiola rosea* as a Medicinal Adaptogen: A Review of Its Antidepressant, Anti-Stress, and Performance-Enhancing Effects. *Quality in Sport*. 2025. Vol. 46. 66651. <https://doi.org/10.12775/QS.2025.46.66551>
19. Loprest A. L., Smith S. J., Malvi H., Kodgule R. An investigation into the stress-relieving and pharmacological actions of an ashwagandha (*Withania somnifera*) extract: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Medicine (Baltimore)*. 2019. Vol. 98, No 17. e17186. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017186>
20. Patrya A., Kollan-Jasson M., Kupnicwska K., Parzonko A., Kiss A. K. Eleutherococcus root: a comprehensive review of its phytochemistry and pharmacological potential in the context of its adaptogenic effect. *Front. Pharmacol*. 2025. Vol. 16. 1683795. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1683795>
21. Sunday E. K. Micronutrients in Metabolic Syndrome: A Comprehensive Review. *Food Sci Nutr Res*. 2025. Vol. 8, No 2. P. 1–6.
22. Chasopic T., Nkanga P. A., Spiliopoulou C. A., Stefanidou M. E. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Arch Toxicol*. 2020. Vol. 94, No 5. P. 1443–1460. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02702-9>
23. Al-Mahdawi F. K. I., Mohammed M. R., Taher M. G., Alsubuli M. M., Kadi A., Poterock I. Chromium's Hidden Role in Insulin Resistance, Metabolic Syndrome, and

- Diabetes. *SHIFAA*. 2025. Vol. 2025. P. 76–81. <https://doi.org/10.70470/SHIFAA.2025.010>
24. Al-Maqbul J. S., Al-Harasi S., Al-Mannay Q. et al. Ionized and total magnesium levels and health outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus. *Sin Rep*. 2025. Vol. 15. 4329. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88981-6>
25. Garcia-Dominguez I., Rodriguez-Luna A., Mackenzie M. Visual Thinking to Explore "Relational Pharmacology": Systemic Maps for Managing Non-Selective Antidepressants in Cardiovascular Prevention. *Pharmacy*. 2025. Vol. 13, No 4. 91. <https://doi.org/10.3390/pharmacy13040091>
26. Nigmatov N. Embodied interconnectivity through synaesthesia art, interculturality and hypermedia: PhD thesis, University of Glasgow, 2024.
27. Battaglia M. V., Melchior F. M. Definitions, Taxonomies and Functions of Visual Thinking as an Educational Ecosystem: A Scoping Review. *Proceedings 2026*. Vol. 139. 15. <https://doi.org/10.53996/proceedings2026139015>
28. Belouani Y. et al. Potential Natural Antioxidant and Anti-inflammatory Properties of *Carthamus caryophyllus* L. Root Aqueous Extract: An In Vitro Evaluation. *Processes*. 2025. Vol. 13. 878. <https://doi.org/10.3390/pr13030878>
29. Atanasiu A. G., Zolchev S. B., Dinescu V. M. et al. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nat Rev Drug Discov*. 2021. Vol. 20. P. 200–216. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-00114-z>
30. Heinrich M. et al. Best Practice in the chemical characterisation of extracts used in pharmacological and toxicological research-The ComPMP-Guidelines. *Front Pharmacol*. 2022. Vol. 13. 953205. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.953205>

Додаток 2



CERTIFICATE

of conference participant

it is hereby certified, that

ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА КОВАЛЬ

took part in the 3rd International Scientific and Practical Conference
«SCIENCE AND TECHNOLOGY: NEW HORIZONS OF DEVELOPMENT»

June 3-5, 2026, Prague, Czech Republic
24 Hours of Participation
(0,8 ECTS credits)



Head of the
organizing committee



Viktoriia Tsiundyk

ISU-26/0603-136

