

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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за спеціальністю 226 Фармація, промислова фармація  
спеціалізація 226.01 Фармація  
на тему:

**Фітохімічний аналіз *Hydrangea macrophylla***

**Виконала:** здобувач вищої освіти VI курсу, 1 групи  
медико-фармацевтичного факультету,  
спеціальність  
226 Фармація, промислова фармація,  
спеціалізація 226.01 Фармація  
заочна форма здобуття вищої освіти  
ТУПИЧКА Кристина Володимирівна

**Керівник:** доцент закладу вищої освіти  
кафедри фармації  
кандидат фармацевтичних наук,  
МУЗИКА Наталія Ярославівна

**Рецензент:** доцент закладу вищої  
освіти кафедри фармації,  
кандидат фармацевтичних наук,  
БАСАРАБА Роксолана Юріївна

*До захисту допущено  
протокол №10 від 16.01.2026 р.  
засідання кафедри фармації*

*Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ доц. Олег ГЕРУШ*

**ЧЕРНІВЦІ 2026**



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ		4
ВСТУП		5
РОЗДІЛ 1	ПОШИРЕННЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА БОТАНІЧНА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ФАРМАКОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГОРТЕНЗІЇ ВЕЛИКОЛИСТОЇ	8
	1.1 Поширення і ботанічна характеристика	8
	1.2 Хімічний склад	11
	1.3 Фармакологічна активність та біологічні властивості <i>Hydrangea macrophylla</i>	15
	Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2	ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	19
	2.1 Дослідження вмісту кислоти аскорбінової	19
	2.2 Визначення індивідуальних компонентів дикарбонових кислот	20
	2.3 Визначення суми органічних кислот	21
	2.4 Вміст індивідуальних компонентів флавоноїдів	22
	2.5 Вміст суми флавоноїдів	23
	2.6 Вміст суми гідроксикоричних кислот	23
	2.7 Вміст суми поліфенолів	23
	2.8 Визначення втрати в масі при висушуванні	24
	Висновки до розділу 2	24
РОЗДІЛ 3	ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОХІМІЧНОГО ПРОФІЛЮ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ У КВІТКАХ ГОРТЕНЗІЇ ВЕЛИКОЛИСТОЇ	26
	3.1 Визначення аскорбінової кислоти	26

3.2	Індивідуальні компоненти дикарбонових кислот	27
3.3	Вміст суми органічних кислот	30
3.4	Визначення індивідуального складу флавоноїдів методом ВЕРХ	31 35
3.5	Визначення суми флавоноїдів	36
3.6	Визначення суми гідроксикоричних кислот	
3.7	Визначення суми поліфенолів	37
3.8.	Визначення втрати в масі при висушуванні сировини	38
	Висновки до розділу 3	39
	ВИСНОВКИ	40
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
	ДОДАТКИ	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР – біологічно активні речовини;

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія;

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

ДФУ – Державна фармакопея України.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Застосування рослин у медичних цілях має глибоке історичне коріння й супроводжує розвиток людства з найдавніших етапів його існування. Письмові джерела великих цивілізацій стародавнього Китаю, Індії та Північної Африки засвідчують цілеспрямоване використання рослинної сировини для лікування широкого спектра захворювань. У Стародавній Греції було закладено підґрунтя наукового підходу до вивчення лікарських рослин, зокрема шляхом їх опису, класифікації та систематизації, що суттєво полегшило процес ідентифікації та подальшого використання рослинних ресурсів.

Важливим етапом розвитку фармакогнозії стало виділення індивідуальних біологічно активних речовин (БАР) із лікарських рослин, яке розпочалося у ХІХ столітті та сприяло формуванню сучасної фармацевтичної науки [1]. Незважаючи на значні досягнення синтетичної фармакології, БАР й надалі відіграють ключову роль у створенні нових лікарських засобів. За даними літератури, близько 50 % препаратів, затверджених у період з 1981 по 2019 рік, мають природне походження або є похідними природних молекул [2]. Це свідчить про високий потенціал рослинної сировини як джерела структурно різноманітних БАР і підтверджує актуальність досліджень у галузі фітохімії та фармакогнозії.

З метою пошуку перспективних нових джерел БАР актуальним є проведення фітохімічного дослідження неофіційної декоративної рослини родини *Hydrangeaceae* – гортензії великолистої – *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) DC. Цей вид широко культивується як декоративна рослина, характеризується високою екологічною пластичністю та здатністю накопичувати різноманітні вторинні метаболіти, що зумовлюють прояв біологічної та фармакологічної активності. Аналіз наукових джерел свідчить про те, що більшість наявних досліджень присвячена листкам гортензії, тоді як хімічний склад і біологічні властивості її квіток вивчені недостатньо. У зв'язку

з цим дослідження квіток *Hydrangea macrophylla* є актуальним і науково обґрунтованим.

### **Мета й завдання дослідження**

Метою наших досліджень було провести фітохімічний аналіз квіток гортензії великолистої.

Для реалізації цієї мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз літературних джерел щодо поширення і ботанічної характеристики, хімічного складу та фармакологічної активності, біологічних властивостей гортензії великолистої;
- спектрофотометричним методом визначити у квітках гортензії великолистої кількісний вміст гідроксикоричних кислот, флавоноїдів, поліфенолів та аскорбінової кислоти;
- визначити методом газорідинної хроматографії вміст дикарбонових кислот та методом вискоефективної рідинної хроматографії вміст індивідуальних флавоноїдів у *Hydrangea macrophylla* квітках;
- визначити у квітках гортензії великолистої титриметричним методом вміст органічних кислот та гравіметричним методом – втрату в масі при висушуванні.

**Об'єкт дослідження** – комплексне фітохімічне дослідження квіток гортензії великолистої.

**Предмет дослідження.** Встановлення якісного складу і визначення кількісного вмісту БАР квіток гортензії великолистої.

**Практичне значення одержаних результатів.** Установлено якісний склад і кількісний вміст основних груп БАР у квітках гортензії великолистої. Отримані результати підтверджують перспективність подальших досліджень цієї рослини та можливість її використання у фармацевтичній і медичній практиці. Дані, одержані в ході дослідження квіток *Hydrangea macrophylla*, можуть бути використані при розробленні проєктів методик контролю якості даної рослинної сировини.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Здійснено дослідження якісного складу й кількісного умісту основних груп БАР квіток гортензії великолистої. Встановлено наявність, а також визначено кількісний вміст фенольних сполук, вміст органічних кислот, якісний склад та кількісний вміст дикарбонових кислот та індивідуальних сполук флавоноїдів, визначено втрату в масі при висушуванні *Hydrangea macrophylla*.

**Апробація результатів роботи.** Основні результати кваліфікаційної роботи представлено та обговорено на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Запорізький фармацевтичний форум – 2025» (місто Запоріжжя, 2025 рік).

**Публікації.** Результати кваліфікаційної роботи апробовано шляхом публікації у матеріалах конференції одних тез доповіді.

**Обсяг і структура роботи.** Наукова робота складається з таких частин: вступ, огляд літератури, два розділи, висновки, список використаних літературних джерел й додатків. Науковій роботі основного тексту обсяг складає 46 сторінок тексту друкованого. Робота ілюстрована рисунками і таблицями. Використаних літературних джерел перелік містить 50 найменувань.

# РОЗДІЛ 1

## ПОШИРЕННЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА БОТАНІЧНА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ФАРМАКОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ І БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГОРТЕНЗІЇ ВЕЛИКОЛИСТОЇ

### 1.1 Поширення і ботанічна характеристика

Рід *Hydrangea* налічує близько 80 видів, кілька з яких широко культивуються як декоративні рослини [3]. Представники цього роду поширені в Східній Азії, східній частині Північної Америки та Південній Америці. Рід *Hydrangea* належить до найбільш популярних декоративних квіткових рослин [4]. Назва роду походить від грецьких слів *hydor* – «вода» та *angos* – «посудина», що в сукупності означає «водяна посудина». Така етимологія зумовлена характерною формою плоду рослини, а також її підвищеною потребою у волозі.

Гортензія має тривалу й добре задокументовану історію в країнах Східної Азії. У японських поетичних творах періоду Нара (710–794 рр. н. е.) ця рослина згадується як характерний елемент природного та культурного ландшафту. Такі згадки свідчать про її поширення та естетичну цінність уже на ранніх етапах розвитку японської культури.

У період династії Тан (618–907 рр.) гортензія була інтродукована до Ханчжоу (Китай) японськими дипломатами, після чого поступово набула поширення в інших регіонах материкової Азії. Адаптація рослини до нових кліматичних умов і її високі декоративні властивості сприяли подальшому розширенню ареалу культивування та використанню гортензії в декоративному садівництві [5].

Гортензія великолиста (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) DC.) (рис. 1.1) – найпоширеніший і найбільш культивований вид у межах роду *Hydrangea*. У загальному вжитку під назвою «гортензія» зазвичай розуміють саме *Hydrangea*

*macrophylla*, суцвіття якої можуть бути кулястими (типу mophead) або плоскими з крайовими стерильними квітками (типу lacecap) [6-9].



Рисунок 1.1 – *Hydrangea macrophylla* [10]

*Hydrangea macrophylla* є інтродукованим видом у багатьох регіонах світу, зокрема в Європі (Албанія, Франція, Німеччина, Велика Британія, Італія, Португалія, Іспанія), Східній та Південно-Східній Азії (Південний і Південно-Східний Китай, Корея, В'єтнам, регіон Східних Гімалаїв), Північній Америці (штат Арканзас, південний захід Мексики), Центральній Америці та Карибському басейні (Коста-Рика, Панама, Тринідад і Тобаго), Південній Америці (Болівія, Еквадор, Венесуела), Океанії (Нова Зеландія), Африці (Маврикій, острів Реюньйон), а також на острівних територіях Атлантичного океану (Азорські та Канарські острови, Мадейра, Тристан-да-Кунья) [11].

Гортензія великолиста – багаторічний листопадний декоративний куш родини *Hydrangeaceae*, який у культурі зазвичай досягає 2–2,5 м заввишки, інколи – до 3 м залежно від умов вирощування та сорту [8, 11]. Рослина

характеризується добре розвиненою, розгалуженою кущовою формою та високою декоративністю в період цвітіння.

Пагони прямостоячі або злегка розлогі, молоді – зелені, з віком дерев'яніють і набувають бурого або сіруватого забарвлення. Закладання квіткових бруньок відбувається переважно на пагонах попереднього року, що є важливою біологічною особливістю виду та має суттєве значення для агротехніки й системи обрізування [6; 8].

Листки супротивні, прості, великі, що відображено у видовій назві *macrophylla* («великолиста»). Листкова пластинка досягає 10–15 см, інколи до 20 см завдовжки, має яйцеподібну, еліптичну або широкоовальну форму із загостреною верхівкою та клиноподібною або округлою основою. Краї листків пилчасті, поверхня – гладенька або злегка зморшкувата, темно-зеленого кольору, з добре вираженим жилкуванням [5, 9]. Листки тонкі, мембранні, що зумовлює високу транспіраційну активність рослини та її значну потребу у волозі [9, 11].

Суцвіття верхівкові, великі, щиткоподібні або кулясті, діаметром 10–25 см, формуються на кінцях пагонів [7]. За морфологічною будовою розрізняють два основні типи суцвіть – *torhead* (кулясті) та *lasescap* (плоскі), що мають важливе значення у декоративному садівництві та селекційній роботі [8, 9].

Суцвіття складаються з двох типів квіток: великих стерильних квіток із яскраво забарвленими чашолисточками, які формують основний декоративний ефект, та дрібних фертильних квіток, розташованих у центральній частині суцвіття або під стерильними [6-8]. Забарвлення суцвіть варіює від білого й рожевого до блакитного, синього або фіолетового та залежить від реакції ґрунту (рН), доступності іонів алюмінію й генетичних особливостей культивару [6, 12].

Залежно від реакції ґрунту (рН) квітки гортензії можуть змінювати своє забарвлення (білі гортензії кольору не змінюють). У лужних ґрунтах квітки набувають рожевого або навіть червоного відтінку, тоді як у кислих ґрунтах – синього. Така зміна кольору зумовлена зміною пігментів у квітках унаслідок наявності іонів алюмінію, які можуть поглинатися рослиною та накопичуватися

в її тканинах [5].

Залежно від реакції ґрунту (рН) квітки гортензії можуть змінювати своє забарвлення (білі гортензії кольору не змінюють). У лужних ґрунтах квітки набувають рожевого або навіть червоного відтінку, тоді як у кислих ґрунтах – синього. Така зміна кольору зумовлена зміною пігментів у квітках унаслідок наявності іонів алюмінію, які можуть поглинатися рослиною та накопичуватися в її тканинах [5].

Гортензія потребує родючих, добре дренованих ґрунтів із достатнім зволоженням. Оптимальний показник рН для білих і рожевих сортів становить 5,3–5,5, тоді як для синіх сортів – близько 4,5 або нижче. Рослину можна висаджувати восени з подальшим розвитком навесні; розмноження здійснюється переважно живцюванням.

Гортензія вегетативно росте навесні та влітку, формує квіткові бруньки восени, взимку перебуває у стані спокою (листя опадає), а цвіте навесні [5].

У японській культурі гортензії традиційно мають високу символічну та естетичну цінність. Наприкінці весни та влітку, в період масового цвітіння, у Японії проводять популярні фестивалі Адзісай, присвячені цій рослині. Значущість гортензії як декоративної культури підтверджується й сучасними досягненнями: у 2018 році на виставці Королівського садівничого товариства в Челсі (Chelsea Flower Show) один із сортів гортензії був удостоєний престижної нагороди «Рослина року» [5].

*Hydrangea macrophylla*, яка налічує понад 1000 різновидів, є одним із найважливіших декоративно-квітучих кущів. Її популярність зумовлена універсальністю використання – як садової рослини, горщикової культури для флористичного оформлення та квіти для зрізу [4].

## 1.2 Хімічний склад

До основних груп БАР, виявлених у листках *Hydrangea macrophylla* var.

*acuminata*, належать фенольні сполуки, ізокумарини, кумарини, флавоноїди, іридоїди та іридоїдні глікозиди, а також мегастигмани (рис. 1.2).

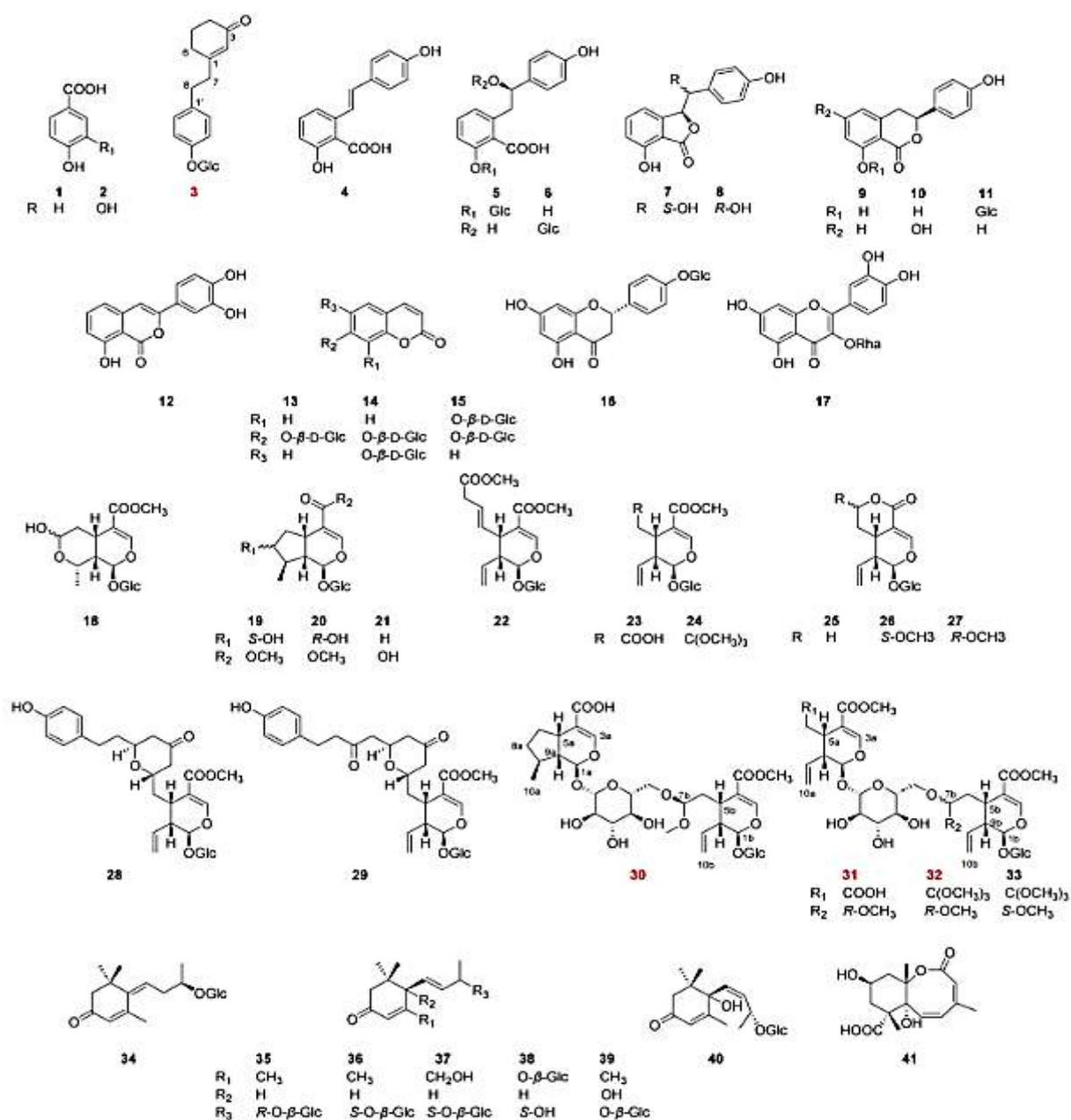


Рис. 1.2 – Основні групи БАР листків *Hydrangea macrophylla* var. *acuminata* [3]

Така різноманітність хімічних класів свідчить про інтенсивний вторинний метаболізм рослини та її адаптацію до екологічних факторів середовища. Фенольні сполуки представлені як простими фенольними структурами, так і

більш складними похідними (1–6). У ході дослідження було вперше ізольовано нову фенольну сполуку – гідрагенеон (3). Фенольні сполуки відомі своєю антиоксидантною активністю та здатністю впливати на перебіг окисно-відновних процесів у біологічних системах, що може частково пояснювати біологічну активність листків гортензії.

Значну частку вторинних метаболітів складають ізокумарини, які вважаються характерними маркерними сполуками для представників роду *Hydrangea* (7–12). Серед них особливу увагу привертають гідрамакрофілоли (7, 8), гідрангенол (9) та тунбергінол А (12). Наявність лактонних кілець і ненасичених фрагментів у структурі ізокумаринів зумовлює їх взаємодію з ферментними системами та клітинними мішенями.

У складі листків також ідентифіковано кумарини та флавоноїди (13–17). Ці класи речовин відіграють важливу роль у захисті рослин від ультрафіолетового випромінювання, патогенів та стресових факторів, а також проявляють антиоксидантні, протизапальні та метаболічно активні властивості.

Найбільш структурно різноманітною групою виявилися іридоїди та іридоїдні глікозиди (18–33), серед яких уперше описані біс-іридоїдні глікозиди – гідрасекологаніни А–С (30–32). Іридоїдні глікозиди відомі як важливі біологічно активні компоненти лікарських рослин, які можуть впливати на вуглеводний обмін, запальні процеси та ферментні системи організму.

Окрему групу складають мегастигмани – похідні каротиноїдів (34–41), які часто асоціюються з антиоксидантною та участю в регуляції клітинних процесів [3].

За даними літератури, для *Hydrangea macrophylla* (зокрема для сировини *Hydrangeae Dulcis Folium*, яку отримують із листків *Hydrangea macrophylla* var. *thunbergii*) характерною є присутність феніл-ізокумаринів та споріднених ізокумаринових похідних. До найбільш відомих маркерних сполук цієї групи належать філодульцин і гідрангенол, а також ізокумарини ряду тунбергінолів, зокрема тунбергінол А. В гортензії великолистій описані не лише аглікони, а й численні глікозидні форми даних сполук. Зокрема, для листків *Hydrangea*

*macrophylla* var. *thunbergii* показано наявність глікозидів філодुльцину, гідрангенолу та похідних тунбергінолу [13, 14].

Окрім ізокумаринів, у переробленому листі *Hydrangeae Dulcis Folium* виявлено стильбенові похідні, зокрема гортензієву кислоту [13].

Окремий напрям досліджень стосується іридоїдів і секоіридоїдних глікозидів у представників комплексу *Hydrangea macrophylla* / *Hydrangea serrata*. У літературних джерелах повідомляється про вміст сполук, типових для іридоїдного біосинтезу, зокрема логаніну, секологаніну, секологанової кислоти, сверозиду, а також ширшого спектра похідних секоіридоїдів [15-17].

У роботах, присвячених *Hydrangea macrophylla* subsp. *serrata*, описані також секоіридоїдні глікозиди (зокрема групи сполук, які різні автори позначають як гідрангенозиди або макрофілланозиди), що вказує на значну варіативність іридоїдної фракції залежно від таксона, умов вирощування та підходів до виділення [17].

Крім того, у гортензії великолистій наявні флавоноїди, зокрема сполуки ряду кверцетину та кемпферолу (у вигляді агліконів і/або глікозидів). Це узгоджується із антиоксидантною та адаптивною функцією [18].

Водночас хімічний склад квіток (забарвлених чашолистків) *Hydrangea macrophylla* має виражену органоспецифічність і відрізняється домінуванням пігментних фенольних сполук, насамперед антоціанів. У чашолистках гортензії незалежно від забарвлення (від рожевого до синього) ключовим антоціаном є дельфінідин-3-глюкозид, тоді як відмінності у відтінку зумовлюються особливостями його хімічного оточення в клітині та наявністю ко-факторів пігментації [19, 20].

Однією з найбільш характерних рис гортензії великолистої є формування так званого “hydrangea-blue complex” – металокомплексного пігменту, у складі якого беруть участь дельфінідин-3-глюкозид, іон  $Al^{3+}$  та ацилхінні кислоти (зокрема 5-О-кафеоїлхінна кислота і/або 5-О-*p*-кумароїлхінна кислота) як копігменти. У джерелах літератури зазначається, що саме поєднання цих трьох компонентів є критичним для прояву синього забарвлення, а комплекс є

стабільним лише за відповідних фізико-хімічних умов (зокрема в кислому діапазоні рН близькому 4) [21, 22].

Клітинно-специфічні дослідження складу пофарбованих клітин чашолистків підтверджують, що у синіх та червоних тканинах можуть бути присутні ті самі антоціани й копігменти, однак вирішальним чинником стає наявність  $Al^{3+}$  у вакуолях/тканині та співвідношення компонентів, що визначає переважання металокомплексної або “неметалевої” форми пігменту [19].

Окремо підкреслюється роль фенольних копігментів і загальної фенольної матриці чашолистків у формуванні мозаїчного забарвлення та відмінностей між культиварами: поряд з антоціанами в тканинах чашолистків описано присутність ко-пігментів фенольної природи (зокрема похідних хінних кислот), які впливають на спектральні характеристики та стабільність забарвлення [21, 23].

Таким чином, для квіток *Hydrangea macrophylla* провідними хімічними детермінантами забарвлення та пов'язаних із ним біологічних властивостей виступають антоціанова фракція (передусім дельфінідин-3-глюкозид), копігменти фенольної природи та іони  $Al^{3+}$ , які разом формують металокомплексні структури “hydrangea-blue complex” [19-21].

### 1.3 Фармакологічна активність та біологічні властивості *Hydrangea macrophylla*

Фармакологічна активність *Hydrangea macrophylla* зумовлена комплексом вторинних метаболітів, серед яких провідну роль відіграють фенольні сполуки, ізокумарини, іридоїди та їх глікозиди, а також пігментні фенольні компоненти квіток. Результати численних експериментальних і фармакологічних досліджень свідчать про широкий спектр біологічних властивостей цієї рослини, що підтверджує доцільність її використання у традиційній медицині та перспективність для подальших фармакологічних розробок.

Антидіабетична активність гортензії великолистої детально досліджена на прикладі переробленого листа *Hydrangeae Dulcis Folium*, з якого було

ізолювано фенольні сполуки із вираженим інгібувальним впливом на ферменти вуглеводного обміну. Зокрема, в роботі Zhang та інших показано, що гортензієва кислота, ідентифікована як одна з основних фенольних сполук переробленого листа, проявляє суттєву інгібувальну активність щодо  $\alpha$ -глюкозидази [24].

$\alpha$ -Глюкозидаза є ключовим ферментом кишкового травлення, який відповідає за гідроліз оліго- та дисахаридів до глюкози, що безпосередньо впливає на рівень постпрандіальної глікемії. Інгібування цього ферменту розглядається як ефективний фармакологічний підхід до контролю рівня глюкози в крові при цукровому діабеті 2 типу. За результатами дослідження, гортензієва кислота демонструє виражену дозозалежну інгібувальну дію щодо  $\alpha$ -глюкозидази, що підтверджує її потенціал як природного антигіперглікемічного агента.

Також встановлено, що антидіабетичний ефект екстрактів *Hydrangeae Dulcis Folium* зумовлений сукупною дією кількох БАР фенольної природи. Поряд із гортензієвою кислотою, у формуванні антидіабетичної активності беруть участь інші фенольні сполуки та феніл-ізокумарини, які можуть діяти синергічно, підсилюючи загальний інгібувальний ефект щодо ферментів, задіяних у регуляції вуглеводного обміну.

Отримані результати свідчать, що антидіабетичні властивості *Hydrangea macrophylla* реалізуються, зокрема, через модуляцію травних ферментів, що зумовлює зниження швидкості всмоктування глюкози. Це узгоджується з сучасними уявленнями про механізми дії рослинних антидіабетичних засобів і підтверджує перспективність фенольних компонентів гортензії як джерела БАР для профілактики та допоміжної терапії метаболічних порушень [24].

За даними досліджень Choi та інших екстракти листків гортензії великолистої характеризуються вираженою антиоксидантною активністю, яка пов'язана з високим вмістом поліфенольних сполук, зокрема фенолів, флавоноїдів та антоціанів. У роботі встановлено, що кількісний вміст поліфенолів, флавоноїдів та антоціанів суттєво відрізняється залежно від сорту рослини та умов культивування, проте в усіх досліджених зразках ці сполуки

формують основу антиоксидантного потенціалу екстрактів. Результати показали, що екстракти листків ефективно нейтралізують вільні радикали та проявляють відновну здатність щодо іонів металів ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ) зі змінною валентністю, що свідчить про наявність різних механізмів антиоксидантної дії [25].

Отже, антиоксидантна активність є однією з провідних біологічних властивостей гортензії великолистої, що зумовлена високим вмістом поліфенольних сполук і реалізується через поєднання радикал-поглинальної дії та відновної активності, що визначає перспективність цієї рослини як джерела природних антиоксидантів.

У статті Geum та інших описано вплив фенольних сполук *Hydrangea macrophylla* на функціональний стан імунної системи. Показано, що екстракти рослини та окремі ізольовані фенольні компоненти здатні впливати на активність макрофагів, які відіграють ключову роль у формуванні вродженої імунної відповіді. В експериментальних клітинних моделях встановлено, що фенольні сполуки гортензії великолистої модулюють продукцію імунорегуляторних цитокінів і медіаторів запалення, зокрема оксиду азоту, а також впливають на експресію ферментів і сигнальних молекул, залучених до розвитку запальної реакції. Такий характер дії свідчить не про неспецифічну стимуляцію імунітету, а про імуномодулювальний ефект, спрямований на регуляцію інтенсивності та спрямованості імунної відповіді. Імуномодулювальні властивості фенольних сполук гортензії великолистої тісно пов'язані з їх антиоксидантною та протизапальною активністю, оскільки зниження рівня окисного стресу та пригнічення надмірної продукції прозапальних факторів розглядаються як ключові механізми підтримання імунного гомеостазу [26].

## Висновки до розділу 1

1. Рід *Hydrangea* є широко поширеним і таксономічно різноманітним, а гортензія великолиста (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) DC.) є одним із найбільш культивованих і декоративно цінних його представників, що має

тривалу історію використання та значну культурну й естетичну вагу, зокрема в країнах Східної Азії.

2. Морфологічні особливості гортензії великолистої, зокрема кулясті та плоскі щиткоподібні суцвіття, будова квіток та здатність змінювати забарвлення залежно від ґрунтових умов і доступності іонів  $Al^{3+}$ , визначають високу декоративність виду та мають важливе біологічне й прикладне значення.

3. Хімічний склад гортензії великолистої характеризується значною різноманітністю вторинних метаболітів. У листках ідентифіковано фенольні сполуки, ізокумарини, флавоноїди, іридоїди та іридоїдні глікозиди.

4. Дані літератури свідчать про широкий спектр фармакологічної активності гортензії великолистої, зокрема антидіабетичну, антиоксидантну та імуномодулювальну дію, що зумовлена наявністю фенольних сполук та споріднених біологічно активних компонентів.

5. Узагальнення наведених даних обґрунтовує доцільність подальших експериментальних досліджень, зокрема квіток гортензії великолистої, як перспективної сировини для вивчення хімічного складу та біологічних властивостей.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом для досліджень були гортенії великолистої квітки, які заготовляли на території Чернівецької області, влітку 2025 року (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Гортензії великолистої квітки

#### 2.1 Дослідження вмісту кислоти аскорбінової

Кількісне визначення аскорбінової кислоти у квітках гортензії великостої здійснювали спектрофотометричним методом із використанням

спектрофотометра Lambda 25 UV відповідно до рекомендацій Державної фармакопеї України, наведених у монографії «Шипшини плоди» [27].

Для визначення вмісту аскорбінової кислоти використовували спектрофотометричний метод, що ґрунтується на утворенні забарвленого гідразону з динітрофенілгіdraзином.

Близько 0,500 г свіжоподрібненої рослинної сировини екстрагували сумішшю щавлевої кислоти в метанолі шляхом кип'ятіння зі зворотним холодильником протягом 10 хв. Після охолодження екстракт фільтрували. Відібрану аліквоту фільтрату послідовно обробляли стандартним розчином дихлорфеноліндофенолу, розчином тіосечовини та динітрофенілгіdraзину в сірчаній кислоті з подальшим нагріванням при 50 °С. Реакцію завершували поступовим додаванням суміші води та концентрованої сірчаної кислоти.

Після витримування розчину при кімнатній температурі вимірювали оптичну густину за довжини хвилі 520 нм відносно відповідного компенсаційного розчину. Кількісний вміст аскорбінової кислоти розраховували шляхом порівняння оптичної густини випробовуваного розчину з розчином порівняння, приготованим із стандартної аскорбінової кислоти.

## 2.2 Визначення індивідуальних компонентів дикарбонових кислот

Ідентифікацію та кількісне визначення індивідуальних компонентів дикарбонових кислот у квітках гортензії виликолистої здійснювали методом ГХ/МС [28].

Газохроматографічне розділення та детектування здійснювали на газовій хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973 inert (Agilent Technologies, США), оснащених капілярною колонкою HP-5ms (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм). Температуру інжектора встановлювали на рівні 250 °С, інтерфейсу – 280 °С. Розділення проводили в режимі програмованого нагрівання: початкову температуру 70 °С підтримували протягом 1 хв, далі підвищували зі швидкістю 5 °С/хв до 220 °С з витримуванням 1 хв, після чого температуру

підвищували зі швидкістю 10 °С/хв до 300 °С та витримували 5 хв. Об'єм інжекції становив 1 мкл, введення здійснювали в режимі поділу потоку 1:50. Детектування проводили в режимі SCAN у діапазоні мас  $m/z$  38–400, швидкість потоку газу-носія через колонку становила 1,0 мл/хв.

Екстракцію органічних кислот здійснювали з наважки рослинної сировини масою 0,06–0,20 г шляхом додавання 1,0 мл метанолу та 1,0 мл 0,5 н розчину хлороводневої кислоти з подальшим ретельним перемішуванням. Отриману суміш піддавали ультразвуковій обробці в ультразвуковій бані за температури 45 °С упродовж 3 годин. Після завершення екстрагування зразки центрифугували при швидкості 3000 об/хв протягом 5 хв.

Аліквоту екстракту об'ємом 1,0 мл випаровували досуха на роторному випарювачі за температури 40 °С. До сухого залишку додавали 600 мкл метанолу та 300 мкл 50 % розчину сірчаної кислоти, суміш ретельно перемішували. Процес метилювання органічних кислот проводили шляхом витримання зразків при температурі 60 °С протягом 12 годин. Після охолодження до кімнатної температури до реакційної суміші додавали 500 мкл хлороформу та 500 мкл 6,0 % розчину карбонату калію, після чого проводили інтенсивне перемішування. Для подальшого хроматографічного аналізу відбирали хлороформний шар.

### 2.3 Визначення суми органічних кислот

Кількісне визначення суми вільних органічних кислот здійснювали титриметричним методом [27]. Для аналізу брали 5,0 г (точна наважка) подрібненої рослинної сировини, яку переносили в колбу об'ємом 250 мл та заливали 200 мл очищеної води. Суміш екстрагували на водяній бані протягом 2 годин, після чого охолоджували до кімнатної температури та фільтрували у мірну колбу місткістю 250 мл. Об'єм фільтрату доводили водою до мітки та ретельно перемішували.

Для титрування відбирали 10,0 мл отриманого водного витягу, який переносили у конічну колбу об'ємом 500 мл, додавали 200 мл води, 1 мл розчину фенолфталеїну та 2 мл розчину метиленового синього (1 г/л). Отриманий розчин титрували 0,1 М розчином натрію гідроксиду до появи стійкого рожевого забарвлення піни, що свідчило про досягнення кінцевої точки титрування. Результати кількісного визначення суми вільних органічних кислот виражали у перерахунку на лимонну кислоту у %.

#### 2.4 Вміст індивідуальних компонентів флавоноїдів

Ідентифікацію та кількісне визначення індивідуальних флавоноїдних сполук у квітках гортензії великолистої здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ). Хроматографічний аналіз проводили з використанням високоефективного рідинного хроматографа Agilent Technologies 1200.

Розділення компонентів виконували в умовах градієнтного елюювання з використанням рухомої фази, що складалася з ацетонітрилу (елюент А) та 0,1 % водного розчину мурашиної кислоти (елюент В).

Реєстрацію хроматографічних піків здійснювали за допомогою діодно-матричного детектора при довжинах хвиль 280 та 365 нм, додатково фіксуючи ультрафіолетові спектри поглинання у діапазоні 210–700 нм [29].

Ідентифікацію флавоноїдів проводили шляхом порівняння часів утримування та спектральних характеристик досліджуваних сполук із відповідними стандартними зразками, зокрема рутину, кверцетин-3-О- $\beta$ -D-глюкозиду, нарінгіну, неогесперидину, кверцетину, нарінгеніну, кемпферолу, лютеоліну, апігеніну, кемпферол-3-О- $\beta$ -D-глюкозиду, фіетину, силібеніну, байкалеїну, рамнетину та кастицину.

Кількісне визначення індивідуальних компонентів здійснювали методом зовнішнього стандарту з використанням калібрувальних кривих, побудованих для кожної ідентифікованої сполуки.

## 2.5 Вміст суми флавоноїдів

Вміст суми флавоноїдів у рослинній сировині визначали спектрофотометричним методом у перерахунку на рутин. Для цього наважку подрібненої сировини (1,00 г) екстрагували 70 % етанолом шляхом нагрівання на водяній бані зі зворотним холодильником упродовж 2 годин. Після охолодження екстракт фільтрували.

Аліквоту отриманого витягу обробляли розчином хлориду алюмінію, доводили етанолом до встановленого об'єму та витримували протягом 40 хв для утворення комплексу. Оптичну густину вимірювали при довжині хвилі 408 нм на спектрофотометрі Lambda 25 UV, використовуючи рутин, як розчин порівняння [30].

## 2.6 Вміст суми гідроксикоричних кислот

Кількісне визначення сумарного вмісту гідроксикоричних кислот у лікарській рослинній сировині гортензії великолистій проводили спектрофотометричним методом. Подрібнену сировину екстрагували 20 % етанолом шляхом багаторазового нагрівання на водяній бані зі зворотним холодильником. Об'єднані екстракти фільтрували та доводили розчинником до визначеного об'єму.

Аліквоту отриманого розчину розбавляли 20 % етанолом і вимірювали оптичну густину при довжині хвилі 327 нм на спектрофотометрі Lambda 25 відносно контрольного розчину. Вміст гідроксикоричних кислот розраховували у перерахунку на хлорогенову кислоту та абсолютно суху сировину, виражаючи результат у відсотках [31].

## 2.7 Вміст суми поліфенолів

Сумарний вміст поліфенольних сполук у рослинній сировині визначали

модифікованим УФ-спектрофотометричним методом у перерахунку на пірогалол згідно методики Державної фармакопеї України (ДФУ) [32].

Водний екстракт одержували шляхом нагрівання подрібненої сировини на водяній бані з подальшим фільтруванням. Для аналізу використовували реакцію з фосфорномолібденово-вольфрамовим реагентом у лужному середовищі. Оптичну густина вимірювали при 760 нм, результати розраховували відносно стандартного розчину пірогалолу та виражали у відсотках до абсолютно сухої сировини.

## 2.8 Визначення втрати в масі при висушуванні

Аналітичну пробу рослинної сировини подрібнювали до розміру частинок близько 1 мм і гомогенізували. Із підготовленої сировини відбирали три паралельні наважки по 3,0 г, які зважували на аналітичних вагах з точністю  $\pm 0,01$  г.

Наважки поміщали у попередньо висушені та зважені бюкси й висушували у сушильній шафі при температурі 100–105 °С. Перше зважування проводили через 2 год, в подальшому після додаткового висушування по 30 хв до сталої маси.

Масу вважали сталою за умови, що різниця між двома послідовними зважуваннями не перевищувала 0,01 г [33].

## Висновки до розділу 2

1. У даному розділі охарактеризовано об'єкт дослідження та обґрунтовано комплекс сучасних фізико-хімічних і хроматографічних методів, використаних для вивчення хімічного складу квіток гортензії великолистої.

2. Застосовані методики забезпечили ідентифікацію та кількісне визначення органічних кислот, флавоноїдів, гідроксикоричних кислот, поліфенолів, аскорбінової кислоти, а також визначення показників якості

рослинної сировини. Обрані методи відповідають вимогам ДФУ та є придатними для подальших фармакогностичних і фітохімічних досліджень даного виду рослинної сировини.

### РОЗДІЛ 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОХІМІЧНОГО ПРОФІЛЮ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ У КВІТКАХ ГОРТЕНЗІЇ ВЕЛИКОЛИСТОЇ

### 3.1 Визначення аскорбінової кислоти

Було здійснено кількісне визначення вмісту аскорбінової кислоти у водних витяжках із квіток гортензії великолистої. Визначення концентрації аскорбінової кислоти в досліджуваній рослинній сировині проводили спектрофотометричним методом із використанням спектрофотометра Lambda 25 UV відповідно до вимог Державної фармакопеї України (т. 3, 2-ге видання).

Отримані результати кількісного вмісту аскорбінової кислоти, перераховані на абсолютно суху сировину, наведено в таблиці 3.1. Спектр поглинання аскорбінової кислоти у квітках гортензії представлено на рисунку 3.1.

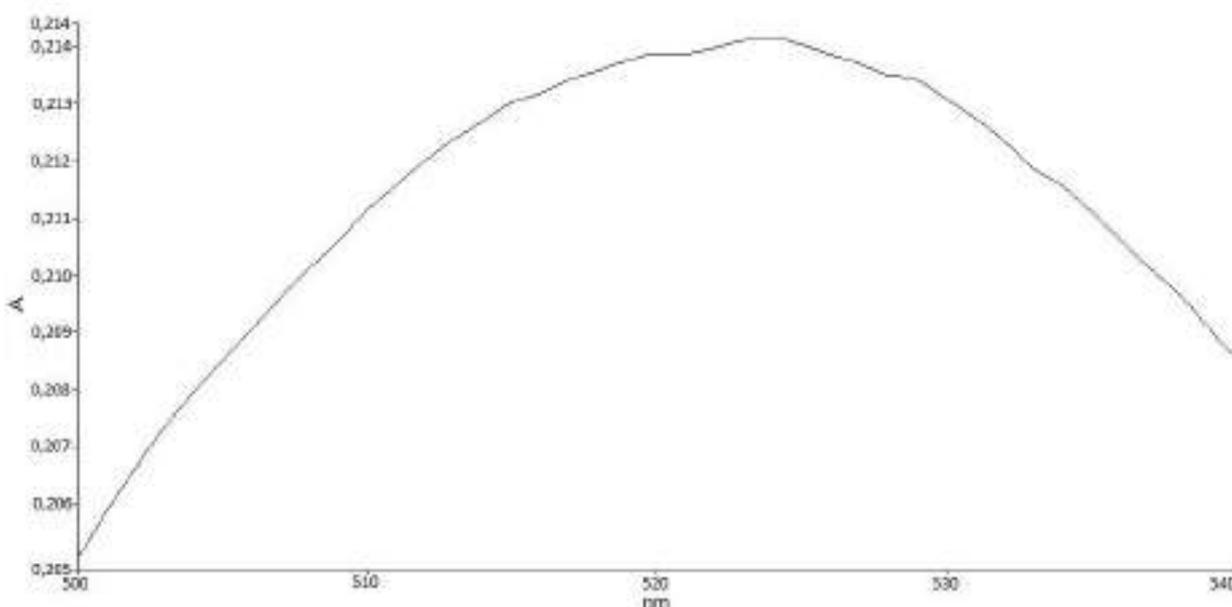


Рис. 3.1 – УФ-спектр визначення аскорбінової кислоти у квітках гортензії великолистої

Таблиця 3.1

Кількісний вміст кислоти аскорбінової у сировині гортензії великолистої

Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на абсолютно суху сировину (n=5)
Квітки	0,17±0,01

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

Встановлено, що вміст аскорбінової кислоти в досліджуваному об'єкті становить  $(0,17 \pm 0,01) \%$ .

Аскорбінова кислота (вітамін С) виконує функцію окисно-відновного кофактора та каталізатора у широкому спектрі біохімічних реакцій і процесів. Назва «аскорбінова кислота» зумовлена її здатністю запобігати розвитку та усувати прояви цинги [34]. Окрім антискорбутної дії, вітамін С характеризується вираженими відновними властивостями та здатністю нейтралізувати вільні радикали в біологічних системах, що зумовлює його антиоксидантну активність.

Аскорбінова кислота є незамінним кофактором низки ферментів, залучених до посттрансляційного гідроксилювання колагену, біосинтезу карнітину, перетворення нейромедіатора дофаміну в норадреналін, амідуювання пептидів, а також процесів метаболізму тирозину. Крім того, вітамін С відіграє важливу роль у регуляції засвоєння заліза, оскільки сприяє відновленню іонів феруму з тривалентної форми ( $Fe^{3+}$ ) у двовалентну ( $Fe^{2+}$ ), що забезпечує підвищення абсорбції негемового заліза в шлунково-кишковому тракті та стабілізацію залізов'язувальних білків [35].

### 3.2 Індивідуальні компоненти дикарбонових кислот

Карбонові кислоти належать до важливих фітохімічних сполук, які чинять позитивний вплив на перебіг і терапію цукрового діабету. Особливу

увагу привертає бурштинова кислота, здатна підвищувати секрецію інсуліну шляхом блокування АТФ-залежних калієвих каналів ( $K^+$ -АТР), індукції деполяризації клітинної мембрани та стимуляції надходження іонів кальцію ( $Ca^{2+}$ ) у клітину [36].

Фумарова кислота та її ефіри характеризуються імуномодулювальними, протизапальними й антиоксидантними властивостями, що є важливими фармакодинамічними показниками у комплексному лікуванні багатьох захворювань [37].

Результати якісного та кількісного аналізів дикарбонових кислот у квітках досліджуваного об'єкту представлені на рисунку 3.2, а також у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Компонентний склад дикарбонових кислот у квітках *Hydrangea macrophylla*

№ п/п	Час утримання, хв	Назва кислот	Вміст, мкг/г
1.	2.92	Оксалатна	108,6
2.	4.16	Малонова	130,71
3.	5.3	Левулінова	1567,43
4.	6.2	Бурштинова	35,62
5.	8.42	Яблучна	228,72
6.	17.15	Лимонна	371,69
7.	18.15	Ізолимонна	13.46
8.	18.33	Ванілінова	34.01
9.	23.44	<i>p</i> -кумарова	82,17

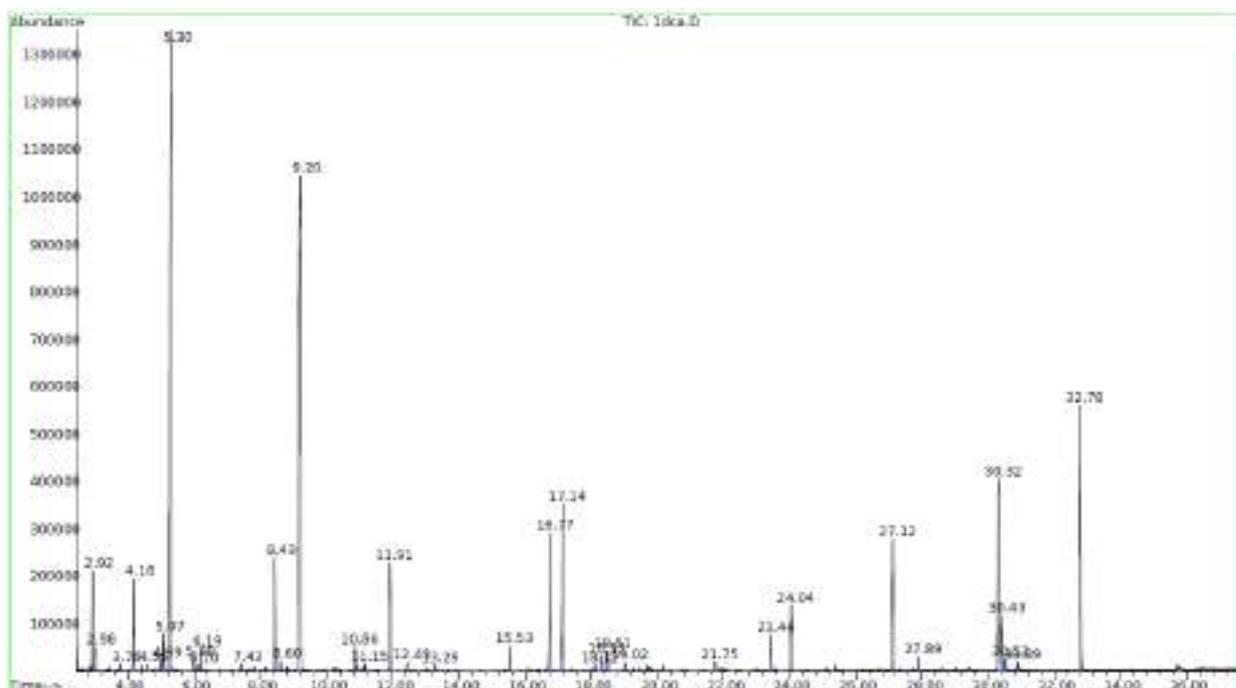


Рис. 3.2 – ГХ/МС хроматограма дикарбонових кислот у квітках гортензії великолистої

У результаті дослідження квіток гортензії великолистої методом ГХ/МС встановлено наявність 9 компонентів, що належать до карбонових кислот, а саме: оксалатної, маленової, леулінової, бурштинової, яблучної, лимонної, изолимонної, ванілінової та *p*-кумарової кислот (рис. 3.2).

Загальний вміст органічних кислот становив 2572,41 мкг/г. У структурі ідентифікованих сполук переважали три карбонові кислоти – леулінова (1567,43 мкг/г), частка якої сягала майже 61 % від сумарного вмісту, а також лимонна (371,69 мкг/г) та яблучна (228,72 мкг/г) кислоти, що становили відповідно 14,45 % і 8,89 %. Інші органічні кислоти були присутні у незначних кількостях (табл. 3.2).

Особливу увагу привертає виявлення леулінової кислоти, яка широко застосовується у фармацевтичній галузі як антисептичний і консервувальний агент, а також як регулятор кислотності. У косметологічній практиці ця сполука входить до складу кремів, мазей і сироваток завдяки зволожувальним та пом'якшувальним властивостям. Леулінова кислота та її похідні використовуються у синтезі протизапальних і знеболювальних лікарських

засобів, що частково пояснює виявлену протизапальну активність досліджуваної сировини. Крім того, вона є важливим прекурсором  $\gamma$ -амінолевулінової кислоти, яка застосовується у фотодинамічній терапії онкологічних захворювань [38].

Хімічне дослідження органічних кислот у межах метаболомного аналізу дає змогу отримати комплексну біохімічну інформацію про функціональний стан клітини, а також про метаболічні шляхи, що зазнають змін під впливом стресових факторів або патологічних процесів. Якісне та кількісне визначення широкого спектра метаболітів органічних кислот дозволяє сформувати цілісне уявлення про біохімічний профіль і метаболічний статус клітин [39].

### 3.3 Вміст суми органічних кислот

Органічні кислоти функціонують як проміжні або кінцеві продукти ключових метаболічних і катаболічних процесів у рослинних клітинах. Зокрема, такі сполуки, як цитрат, сукцинат, малат, фумарат і ацетат у формі ацетил-коензиму А, відіграють визначальну роль у циклі Кребса – центральному енергетичному шляху клітинного метаболізму. Окремі низькомолекулярні органічні кислоти виконують функцію попередників для синтезу різноманітних біологічно активних сполук (наприклад, ацетат або форміат), тоді як інші, зокрема малат, беруть участь у процесах клітинного дихання, фотосинтезу та механізмах детоксикації, до яких належать оксалат і цитрат [40].

Крім того, органічні кислоти істотно впливають на органолептичні властивості рослинних напоїв, зумовлюючи їхній смак, аромат, мікробіологічну стабільність і консистенцію, а також широко застосовуються в технологіях харчового консервування завдяки їхній інгібувальній дії на мікроорганізми [41].

Також було проведено визначення кількісного вмісту суми вільних кислот органічних у квітках гортензії титриметричним методом з перерахунком на лимонну кислоту (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Кількісний вміст суми вільних органічних кислот у сировині гортензії великолистої

Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на абсолютно суху сировину (n=5)
Квітки	1,14±0,02

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

Встановлено, що вміст суми вільних органічних кислот у квітках гортензії великолистої становить  $(1,14 \pm 0,02) \%$ .

### 3.4 Визначення індивідуального складу флавоноїдів методом ВЕРХ

Флавоноїди є широкою групою природних біологічно активних сполук із різноманітною фенольною структурою, які поширені у плодах, овочах, зернових культурах, корі, коренях, стеблах, квітках рослин, а також у чаї та вині. Ці вторинні метаболіти рослинного походження привертають значну увагу науковців завдяки вираженим позитивним ефектам на організм людини, у зв'язку з чим проводяться активні дослідження, спрямовані на їх виділення, очищення та вивчення.

На сьогодні флавоноїди розглядаються як невід'ємна складова багатьохнутрицевтичних, фармацевтичних, лікувально-профілактичних та косметичних засобів. Це зумовлено їх антиоксидантною, протизапальною, антимуtagenною та антиканцерогенною активністю, а також здатністю впливати на функціонування ключових ферментних систем клітини. Значний поштовх до поглибленого вивчення флавоноїдів було надано після встановлення зв'язку між їх споживанням та зниженням рівня серцево-судинної смертності, а також профілактикою ішемічної хвороби серця [42].

Незважаючи на інтенсивний розвиток досліджень у цій галузі, механізми

біологічної дії флавоноїдів залишаються не до кінця з'ясованими. Водночас відомо, що похідні рослинного походження здавна використовуються в медицині та характеризуються широким спектром фармакологічної активності. Сучасні напрями наукових досліджень флавоноїдів зосереджені на їх ізоляції, ідентифікації, структурній характеристиці, вивченні біологічних властивостей та обґрунтуванні можливостей практичного застосування з метою покращення здоров'я людини [43].

Якісний склад та кількісний вміст окремих флавоноїдних сполук у досліджуваній рослинній сировині було встановлено з використанням методу ВЕРХ (рис. 3.3).

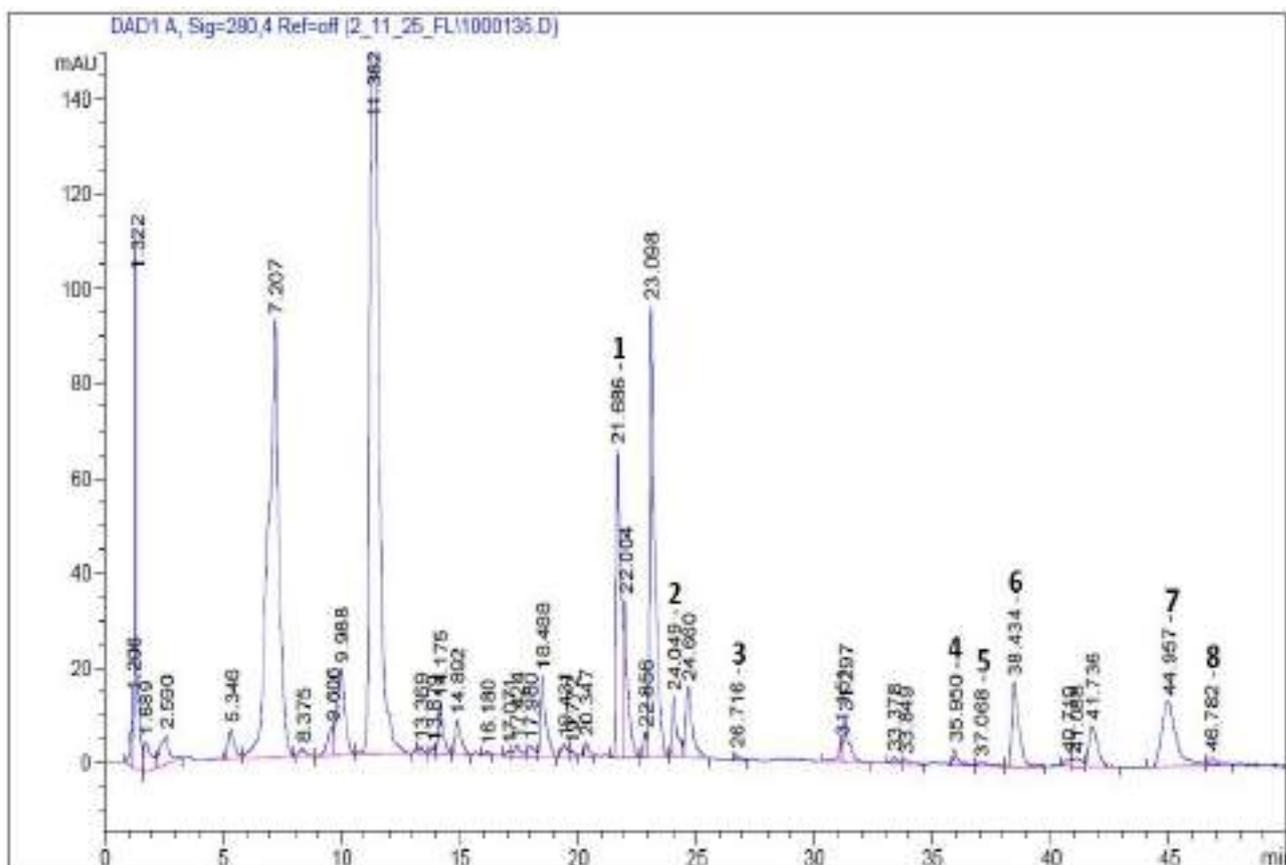


Рис. 3.3 – ВЕРХ хроматограма визначення флавоноїдів: 1 - рутин, 2 - кверцетин-3-О-β-D-глюкозид, 3 - нарингін, 4 - силібенін, 5 - лютеолін, 6 - апігенін, 7 - рамнетин, 8 - кастицин

У квітках гортензії великолистої ідентифіковано низку флавоноїдів, зокрема рутин, кверцетин-3-О-β-D-глюкозид, нарингін, силібенін, лютеолін,

апигенін, рамнетин та кастицин.

Результати кількісного визначення індивідуальних компонентів флавоноїдної фракції у квітках гортензії великолистої наведено в таблиці 3.4.

Аналіз отриманих даних показав, що домінуючими сполуками серед ідентифікованих флавоноїдів є рамнетин, вміст якого становив 3666,44 мкг/г, та рутин – 2208,56 мкг/г.

Таблиця 3.4

Вміст індивідуальних компонентів флавоноїдів у квітках гортензії великолистої

Час утримання (Rt), хв	Назва ідентифікованої сполуки	Кількісний вміст, мкг/г
21.69	рутин	2208,56
24.05	кверцетин-3-О-β-D-глюкозид	116,47
26.72	нарингін	97,48
35.95	силібенін	88,81
37.07	лютеолін	106,18
38.43	апигенін	334,18
44.96	рамнетин	3666,44
46.78	кастицин	4,21

Відомо, що рамнетин є метильованим похідним кверцетину та природно трапляється у складі багатьох рослинних джерел, зокрема галофітів, овочевих і плодових культур, а також у таких рослинах, як гвоздика, яблуня та вишня кисла. Як представник біофлавоноїдів, рамнетин характеризується широким спектром фармакологічної активності, що включає нейропротекторну, протизапальну, антиоксидантну, протиішемічну, антибактеріальну та

протипухлинну дію [44].

Особливу наукову зацікавленість викликає протипухлинна активність рамнетину, що зумовлює його перспективність як об'єкта сучасних онкологічних досліджень і потенційного терапевтичного засобу. Здатність цієї сполуки регулювати процеси оксидативного стресу, інгібувати запальні реакції та пригнічувати прогресування пухлинного росту свідчить про можливість її застосування як допоміжного або альтернативного компонента до стандартних схем протипухлинної терапії [45]. Накопичення експериментальних даних щодо терапевтичної ефективності та безпечності рамнетину підтверджує його значний потенціал у подоланні обмежень існуючих методів лікування онкологічних захворювань. Різноманітність біологічних ефектів цієї сполуки обґрунтовує доцільність подальших фундаментальних і прикладних досліджень з метою поглибленого вивчення механізмів її дії та можливостей використання у лікуванні злоякісних новоутворень і інших хронічних патологій [46].

Рутин є флавоноїдною сполукою, що широко поширена у рослинному світі, зокрема міститься в багатьох рослинах, плодах і харчових продуктах. У науковій та медичній літературі рутин також відомий під назвами «вітамін Р» або рутозид. За хімічною будовою він належить до поліфенольних сполук класу флавонолів і являє собою глікозид, утворений флавонолом кверцетином та дисахаридом рутинозою. Окрім надходження з харчових джерел, рутин на сучасному фармацевтичному ринку представлений у вигляді дієтичних добавок у формі таблеток і капсул. Завдяки вираженим антиоксидантним властивостям рутин вважається одним із найактивніших природних антиоксидантів серед флавоноїдів. Йому приписують широкий спектр біологічних ефектів, зокрема здатність покращувати засвоєння аскорбінової кислоти та стимулювати синтез колагену в організмі.

Рутин позитивно впливає на функціональний стан серцево-судинної системи, сприяючи поліпшенню мікроциркуляції, зміцненню стінок кровоносних судин, запобіганню тромбоутворенню, а також зниженню рівня холестерину та артеріального тиску. Експериментальними та клінічними

дослідженнями підтверджено його протизапальну, антибактеріальну, протигрибкову, антимікробну та протипухлинну активність [47].

Водночас у досліджуваній сировині встановлено порівняно нижчі концентрації апігеніну (334,18 мкг/г), кверцетин-3-О-β-D-глюкозиду (116,47 мкг/г) та лютеоліну (106,18 мкг/г), що також відображено в таблиці 3.4.

На підставі отриманих експериментальних даних встановлено, що флавоноїдні сполуки, ідентифіковані у квітках гортензії великолистої, характеризуються вираженою антиоксидантною активністю та проявляють протизапальні, антимікробні й противірусні властивості.

### 3.5 Визначення суми флавоноїдів

Флавоноїди належать до одного з основних класів рослинних поліфенольних сполук і характеризуються широким спектром біологічної активності. Провідну роль у механізмах їх дії відіграють антиоксидантні властивості, зокрема здатність інгібувати вільнорадикальні реакції та процеси перекисного окиснення ліпідів. Саме з цими ефектами пов'язують значущу роль флавоноїдів у профілактиці серцево-судинних і онкологічних захворювань, а також їхні радіопротекторні властивості. Завдяки антиоксидантній активності флавоноїдів знижується ризик розвитку онкопатологій, що виникають унаслідок дії хімічних агентів та іонізуючого випромінювання на організм людини [48].

За допомогою спектрофотометричного методу проведено визначення кількісного вмісту суми флавоноїдів у квітках гортензії великолистої. Встановлено, що загальний вміст флавоноїдних сполук у перерахунку на рутин у досліджуваній сировині становить  $(2,73 \pm 0,01)$  %, що підтверджено відповідними експериментальними даними (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Кількісний вміст суми флавоноїдів у сировині гортензії великолистої

Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на абсолютно суху сировину (n=5)
Квітки	2,73±0,01

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

### 3.6 Визначення суми гідроксикоричних кислот

Гідроксикоричні кислоти є широко розповсюдженими фенольними сполуками, які трапляються майже у всіх представників вищих рослин. Домінуючим представником цієї групи є кофейна кислота та її похідні, що здатні утворювати складні ефіри та димерні сполуки з аліциклическими кислотами, зокрема хінною та шикімовою. Найбільш відомим і біологічно значущим похідним є 3-кофейно-хінна (хлорогенова) кислота.

Кофейна та ферулова кислоти характеризуються вираженою жовтою активністю, тоді як кумарова кислота проявляє туберкулостатичні властивості. Хлорогенова кислота відзначається потужною антиоксидантною дією, здатністю знижувати рівень глюкози в крові, покращувати еластичність судинної стінки та чинити протизапальний ефект. Крім того, зазначену сполуку застосовують у складі комплексних програм корекції надлишкової маси тіла [49]. У зв'язку з наведеним, дослідження та кількісне визначення зазначених сполук у рослинній сировині є актуальним і науково обґрунтованим.

Кількісний вміст суми гідроксикоричних кислот у квітках гортензії великолистої визначали спектрофотометричним методом.

Кількісний вміст суми гідроксикоричних кислот у гортензії великолистої  
квітках

Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на абсолютно суху сировину (m=5)
Квітки	1,89 ± 0,01

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

За результатами проведених досліджень встановлено, що загальний вміст гідроксикоричних кислот у досліджуваній рослинній сировині становить (1,89 ± 0,01) % у перерахунку на хлорогенову кислоту, що свідчить про значну насиченість квіток гортензії сполуками даної групи (табл. 3.6).

### 3.7 Визначення суми поліфенолів

Фенольні сполуки становлять один із найважливіших класів органічних речовин, що характеризуються вираженою антиоксидантною активністю. Рослинні поліфеноли відзначаються високою біологічною ефективністю та дедалі ширше застосовуються у медицині й фармакології як сполуки з нейрорегуляторними, біостатичними, імуномодулювальними та протипухлинними властивостями. За даними сучасних наукових досліджень, фенольні речовини здатні запобігати виникненню й прогресуванню онкологічних та серцево-судинних захворювань, а також уповільнювати процеси передчасного старіння, зумовлені розвитком окиснювального стресу [50].

За результатами спектрофотометричного аналізу встановлено, що сумарний вміст поліфенольних сполук у квітках гортензії великолистої становить (4,08 ± 0,02) % у перерахунку на пірогалол (табл. 3.7).

## Кількісний вміст суми поліфенолів у сировині гортензії великолистої

Сировина	Кількісний вміст, % в перерахунку на абсолютно суху сировину (m=5)
Квітки	4,08 ± 0,02

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

На підставі отриманих результатів аналізу поліфенольного складу квіток гортензії можна зробити висновок, що досліджувана лікарська рослинна сировина характеризується потенційно широким спектром біологічної активності.

## 3.8. Визначення втрати в масі при висушуванні сировини

Залежно від морфологічної належності лікарської рослинної сировини повітряно-сухий матеріал може містити до 14 % гігроскопічної вологи та летких компонентів. Перевищення допустимого рівня вологості негативно впливає на якість сировини, зумовлюючи зміну її забарвлення, появу стороннього запаху, розвиток пліснявих грибів і, як наслідок, деструкцію БАР [33]. У зв'язку з цим було проведено визначення допустимого вмісту вологи для квіток гортензії великолистої.

Результати дослідження втрати маси при висушуванні квіток досліджуваного об'єкта наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

## Визначення втрати в масі при висушуванні у сировині гортензії великолистої

Сировина	Втрата в масі при висушуванні, % (m=5)
Квітки	12,07 ± 0,02

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

Висновки до розділу 3

1. У результаті проведених фітохімічних досліджень встановлено, що квітки гортензії великолистої характеризуються багатим і різноманітним складом біологічно активних сполук, зокрема аскорбінової кислоти, органічних кислот, флавоноїдів, гідроксикоричних кислот та поліфенолів, що свідчить про їх високу біологічну цінність.

2. Методами ГХ/МС та титриметричного аналізу визначено якісний і кількісний склад органічних кислот, серед яких домінували леулінова, лимонна та яблучна кислоти, а загальний вміст суми вільних органічних кислот у перерахунку на лимонну кислоту становив  $(1,14 \pm 0,02)$  %, що обґрунтовує участь досліджуваної сировини у регуляції метаболічних процесів.

3. За результатами ВЕРХ-аналізу у квітках гортензії великолистої ідентифіковано вісім індивідуальних флавоноїдів, серед яких переважали рамнетин та рутин. Загальний вміст суми флавоноїдів у перерахунку на рутин становив  $(2,73 \pm 0,01)$  %, що зумовлює виражені антиоксидантні, протизапальні, антимікробні та противірусні властивості досліджуваної рослинної сировини.

4. Встановлено значний вміст фенольних сполук, зокрема гідроксикоричних кислот та поліфенолів, сумарна кількість яких у перерахунку на хлорогенову кислоту та пірогалол становила  $(1,89 \pm 0,01)$  % та  $(4,08 \pm 0,02)$  % відповідно. Отримані дані свідчать про перспективність квіток гортензії великолистої як джерела рослинних антиоксидантів і доцільність їх подальшого фармакологічного дослідження.

1. У результаті аналізу літературних джерел узагальнено сучасні дані щодо поширення, ботанічної характеристики, хімічного складу та фармакологічної активності *Hydrangea macrophylla*, що дозволило обґрунтувати доцільність фітохімічного дослідження її квіток як перспективної рослинної сировини.

2. Спектрофотометричним методом у квітках гортензії великолистої визначено кількісний вміст основних груп фенольних сполук: суми флавоноїдів –  $(2,73 \pm 0,01)$  %, суми гідроксикоричних кислот –  $(1,89 \pm 0,01)$  %, суми поліфенолів –  $(4,08 \pm 0,02)$  %, а також аскорбінової кислоти –  $(0,17 \pm 0,01)$  % у перерахунку на абсолютно суху сировину, що свідчить про високий антиоксидантний потенціал досліджуваної сировини.

3. Методом ГХ/МС у квітках *Hydrangea macrophylla* ідентифіковано дев'ять дикарбонових кислот із домінуванням левулінової, лимонної та яблучної кислот, а методом ВЕРХ встановлено індивідуальний склад флавоноїдів, серед яких кількісно переважали рамнетин і рутин.

4. Титриметричним методом визначено суму вільних органічних кислот у квітках гортензії великолистої, що становила  $(1,14 \pm 0,02)$  %, а гравіметричним методом встановлено втрату в масі при висушуванні на рівні  $(12,07 \pm 0,02)$  %, що відповідає фармакопейним вимогам і підтверджує належну якість досліджуваної рослинної сировини.

1. Phillipson J. D. Phytochemistry and medicinal plants. *Phytochemistry*. 2001. T. 56, № 3. C. 237–243. URL: [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00456-8](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00456-8)
2. Newman D.J., Cragg G.M. Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*. 2020. T. 83, № 3. C. 770–803.
3. Phytochemical constituents of *Hydrangea macrophylla* var. *acuminata* leaves and their inhibitory activity against PTP1B and  $\alpha$ -glucosidase / T. L. Pham та ін. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 2025. T. 40, № 1. URL: <https://doi.org/10.1080/14756366.2025.2584940>
4. The New Domestic *Hydrangea macrophylla* Cultivar ‘Moonlight’ / S.-H. Bak та ін. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 2021. T. 39, № 6. C. 832–837. URL: <https://doi.org/10.7235/hort.20210073>
5. Sajwan A., Bora H., Rao V. K. *Hydrangea*: nature’s litmus paper. *Nursery Today*. 2024. T. 4, № 9. C. 44–46.
6. Uemachi T., Nishio T. Relationship between the Inflorescence Structure and Setting of Decorative Flowers on Lacecap Cultivars of *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. and *H. serrata* (Thunb.) Ser. *Horticultural Research (Japan)*. 2005. T. 4, № 4. C. 435–438. URL: <https://doi.org/10.2503/hrj.4.435>
7. Uemachi T., Kurokawa M., Nishio T. Comparison of Inflorescence Composition and Development in the Lacecap and its Sport, Hortensia *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2006. T. 75, № 2. C. 154–160. URL: <https://doi.org/10.2503/jjshs.75.154>
8. Kitamura Y., Ueno S. Inhibition of transpiration from the inflorescence extends the vase life of cut hydrangea flowers. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2015. T. 84, № 2. C. 156–160.
9. Change in Quality of Cut *Hydrangea* Flowers as Affected by Storage Period and Temperature. *korean Journal of Horticultural Science & Technology*. 2019. T. 37, № 2. URL: <https://doi.org/10.12972/kjhst.20190025>

10. Гортензія великолисна Фест Вайт. (*Hydrangea macrophylla* First White) С3. *ЦвітСад*. URL: [https://www.tsivtsad.com.ua/ua/catalogitem/gortenzia-krupnolistnaa-fest-vajt?utm\\_source](https://www.tsivtsad.com.ua/ua/catalogitem/gortenzia-krupnolistnaa-fest-vajt?utm_source) (дата звернення: 27.11.2025)
11. *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. *Plants of the World Online*. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:791637-1> (дата звернення: 09.10.2025).
12. Lee J. H., Lee A. K. Analysis of the Marketability of Korean-Cut *Hydrangea* Flowers to Japan to Promote Exports. *Flower Research Journal*. 2018. Т. 26, № 2. С. 49–54. URL: <https://doi.org/10.11623/frj.2018.26.2.02>
13. New type of anti-diabetic compounds from the processed leaves of *Hydrangea macrophylla* var. *thunbergii* (*Hydrangeae Dulcis Folium*) / H. Zhang та ін. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2007. Т. 17, № 17. С. 4972–4976. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2007.06.027>
14. Deciphering the genetics of phyllodulcin biosynthesis and development of markers for breeding / C. Tränkner та ін. *Food Bioscience*. 2025. Т. 68. С. 106539. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106539>
15. Separation of Dihydro-Isocoumarins and Dihydro-Stilbenoids from *Hydrangea macrophylla* ssp. *serrata* by Use of Counter-Current Chromatography / J. Wellmann та ін. *Molecules*. 2022. Т. 27, № 11. С. 3424. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27113424>
16. Differential gene expression in leaves and roots of *Hydrangea serrata* treated with aluminium chloride / A.-C. Scholpp та ін. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Т. 15. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1412189>
17. Studies on Monoterpene Glucosides and Related Natural Products Part 51. Absolute Structures of Hydrangenosides A, B, C, D, E, F, and G. Novel Type Secoiridoid Glucosides from Two *Hydrangea* Plants / S. Uesato та ін. *Helvetica Chimica Acta*. 1984. Т. 67, № 8. С. 2111–2127. URL: <https://doi.org/10.1002/hlca.19840670812>

18. Hydrangea macrophylla and Thunberginol C Attenuate Stress-Induced Anxiety in Mice / J. Lee та ін. *Antioxidants*. 2022. Т. 11, № 2. С. 234. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox11020234>
19. Chemical Studies on Different Color Development in Blue- and Red-Colored Sepal Cells of Hydrangea macrophylla / D. ITO та ін. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2009. Т. 73, № 5. С. 1054–1059. URL: <https://doi.org/10.1271/bbb.80831>
20. Role of delphinidin-3-glucoside in the sepal blue color change among Hydrangea macrophylla cultivars / S. Yuan та ін. *Scientia Horticulturae*. 2023. Т. 313. С. 111902. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111902>
21. Metal Complex Pigment Involved in the Blue Sepal Color Development of Hydrangea / K.-i. Oyama та ін. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015. Т. 63, № 35. С. 7630–7635. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02368>
22. Ito T., Oyama K.-i., Yoshida K. Direct Observation of Hydrangea Blue-Complex Composed of 3-O-Glucosyldelphinidin, Al<sup>3+</sup> and 5-O-Acylquinic Acid by ESI-Mass Spectrometry. *Molecules*. 2018. Т. 23, № 6. С. 1424. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules23061424>
23. Single-cell analysis clarifies mosaic color development in purple hydrangea sepal / K. Yoshida та ін. *New Phytologist*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1111/nph.17099>
24. Hydrangeic acid from the processed leaves of Hydrangea macrophylla var. thunbergii as a new type of anti-diabetic compound / H. Zhang та ін. *European Journal of Pharmacology*. 2009. Т. 606, № 1-3. С. 255–261. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2009.01.005>
25. Correlation of antioxidant and radical scavenging activity in Hydrangea macrophylla L. extract from various cultivars / Y.-M. CHOI та ін. *Food Science and Technology*. 2023. Т. 43. URL: <https://doi.org/10.5327/fst.00019>
26. Immune-enhancing activity of Hydrangea macrophylla subsp. serrata leaves through TLR4/ROS-dependent activation of JNK and NF-κB in RAW264.7

cells and immunosuppressed mice / N. G. Geum та ін. *Journal of Functional Foods*. 2020. Т. 73. С. 104139. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104139>

27. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». 2-е вид., Т. 3. Х.: Держ. п-во «Науково- експертний фармакопейний центр», 2014. 732 с.

28. Смойловська Г. П. Дослідження якісного складу та кількісного вмісту карбонових кислот у листі *Urtica dioica* L. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2015. №3 (19). С. 48-51.

29. HPLC-DAD analysis of flavonoids and hydroxycinnamic acids in *Aster novi-belgii* L. / D. Demydiak та ін. *Pharmacia*. 2023. Т. 70, № 3. С. 745–750.

30. Чубка М. Б., Вронська Л. В., Котляренко Л. Т. Порівняння можливостей застосування різних спектрофотометричних методик для визначення флавоноїдів. *Фармацевтичний часопис*. 2010. № 3. С. 56–61.

31. Визначення кількісного вмісту гідроксикоричних кислот у сировині дивини звичайної / А. А. Волошина та ін. *Український медичний альманах*. 2012. № 5(15). С.39-40.

32. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид., Т. 1. Х.: Держ. п-во «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. 1128 с.

33. Солодовниченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. Н. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: Посіб. з фармакогнозії з основами біохімії лікар. рослин / Харків: Вид-во НФАУ. Золоті сторінки, 2001. 408 с.

34. Johnston C. S., Steinberg F., Rucker R. Ascorbic acid. *Handbook of Vitamins*. 5th ed. Boca Raton : CRC Press, 2013. P. 489–520.

35. Hacısevki A. An overview of ascorbic acid biochemistry. *Journal of Faculty of Pharmacy, Ankara*. 2009. Vol. 38(3). P. 233–255.

36. The effect of succinic acid on the metabolic profile in high-fat diet-induced obesity and insulin resistance / S. J. Ives та ін. *Physiological Reports*. 2020. Т. 8 № 21. DOI: 10.14814/phy2.14630.

37. Fumaric acids directly influence gene expression of neuroprotective factors in rodent microglia / J. Kronenberg та ін. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Т. 20, № 2. С. 325.
38. Mild decarboxylation of neat muconic acid to levulinic acid: a combined experimental and computational mechanistic study / S. Bhardwaj та ін. *RSC Advances*. 2024. Т. 14, № 53. С. 39408–39417.
39. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits / C. Agius та ін. *MethodsX*. 2018. № 5. P. 537–550.
40. McCluskey J., Herdman L., Skene K. R. Iron deficiency induces changes in metabolism of citrate in lateral roots and cluster roots of *Lupinus albus*. *Physiologia Plantarum*. 2004. № 121. P. 586.
41. Truică G. (Badea), Teodor E. D., Radu G. L. Organic acids assessments in medicinal plants by capillary electrophoresis. *Revista Română de Chimie*. 2013. Т. 58, № 9-10. С. 809–814.
42. Dixon R., Pasinetti G. Flavonoids and isoflavonoids: from plant biology to agriculture and neuroscience. *Plant Physiology*. 2010. № 154. С. 453–457.
43. Panche A. N., Diwan A. D., Chandra S. R. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*. 2016. № 5. С. e47.
44. Rhamnetin induces sensitization of hepatocellular carcinoma cells to kinase inhibitors and chemotherapeutic agents / H. Jia та ін. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2016. Т. 1860, № 7. P. 1417–1430.
45. Benavente-García O., Castillo J. Update on uses and properties of citrus flavonoids: new findings in anticancer, cardiovascular and anti-inflammatory activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Т. 56, № 15. С. 6185–6205.
46. Abdel-Rasol M., El-Sayed W. Rhamnetin is a multifaceted flavonoid with potential in cancer therapy: current insights and future directions. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2025. Т. 11. DOI: 10.1186/s43094-025-00887-3.
47. The importance of rutin in nutrition / A. Salkić, L. Mujezin, A. Džafić et al. *Proceedings*. 2023. Т. 91, № 1. С. 236.

48. Kim S. H., Choi K. C. Anti-cancer effect and underlying mechanisms of kaempferol, a phytoestrogen, on the regulation of apoptosis in diverse cancer cell models. *Toxicological Research*. 2013. № 29. С. 229–234.

49. Науменко Л. С., Попова Н. В., Бобрицька Л. О. Гідроксикоричні кислоти обліпихи крушиноподібної. *Український біофармацевтичний журнал*. 2019. № 4 (61). С. 70–74.

50. Chaudhuri S., Pahari B., Sengupta P. K. Binding of the bioflavonoid robinetin with model membranes and hemoglobin: inhibition of lipid peroxidation and protein glycosylation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2019. Т. 98, № 1. С. 12–19.