

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 GAZANIA RIGENS "TIGER STRIPES" ТРАВИ**

**Виконала:** здобувач вищої освіти  
VI курсу, 3 групи  
медико-фармацевтичного факультету,  
спеціальність  
226 Фармація, промислова фармація,  
спеціалізація 226.01 Фармація  
заочна форма здобуття вищої освіти  
БОЙКО Вікторія Володимирівна

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

**Рецензент:** доцент закладу вищої  
освіти кафедри фармації,  
кандидат фармацевтичних наук, доцент  
ПАЛАМАР Аліна Олександрівна

*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, БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ФАРМАКОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ТА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ <i>GAZANIA RIGENS</i> (L.) GAERTN.	8
	1.1 Поширення та ботанічна характеристика	8
	1.2 Хімічний склад	13
	1.3 Фармакологічна активність та біологічні властивості	15
	Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2	ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
	2.1 Об'єкт дослідження	21
	2.2 Методики встановлення якісного складу й визначення кількісного вмісту БАР	22
	2.2.1 Визначення гідроксикоричних кислот	22
	2.2.2 Визначення флавоноїдів	22
	2.2.3 Визначення поліфенолів	24
	2.2.4 Одержання ліпофільної фракції	24
	2.2.5 Визначення хлорофілів та каротиноїдів	25
	2.2.6 Визначення кислот жирних	26
	2.3 Визначення показника якості сировини за вимогами ДФУ 2.0	26
	Висновки до розділу 2	26
РОЗДІЛ 3	ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ТРАВІ <i>GAZANIA RIGENS</i> СОПТУ 'TIGER STRIPES'	27
	3.1 Визначення суми кислот гідроксикоричних	27
	3.2 Визначення суми та індивідуальних сполук флавоноїдів	29

3.3	Визначення суми поліфенолів	34
3.4	Одержання ліпофільної фракції	36
3.5	Визначення пігментного складу	38
3.6	Визначення жирних кислот	40
3.7	Визначення числового показника – втрати в масі при висушуванні	42
	Висновки до розділу 3	43
	ВИСНОВКИ	45
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
	ДОДАТКИ	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БАР – біологічно активні речовини;

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія;

ГХ/МС – газова хроматографія з мас-спектрометрією;

ДФУ – Державна фармакопея України;

ФСЗ – фармакопейний стандартний зразок.

## ВСТУП

### **Обґрунтування вибору теми дослідження.**

З найдавніших часів рослини посідають важливе місце у становленні та розвитку медицини, що зумовлено їх здатністю продукувати вторинні метаболіти з вираженою біологічною активністю. У практиці традиційної медицини лікарські рослини широко використовувалися для лікування та профілактики різноманітних патологічних станів. За інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 80 % населення світу й нині застосовує методи народної та традиційної медицини, основою яких є рослинна сировина [1, 2].

Упродовж останніх десятиліть численні лікарські рослини стали об'єктом поглиблених досліджень із використанням сучасних аналітичних методів, що сприяло ідентифікації значної кількості перспективних біологічно активних речовин (БАР) [3]. Сполуки природного походження можуть бути залучені як для вдосконалення вже існуючих лікарських засобів, так і для розробки принципово нових фармакологічних препаратів [2, 4].

Особливу увагу науковців привертають такі групи сполук, як флавоноїди, алкалоїди, терпенові похідні та фенольні кислоти, які демонструють антиоксидантні, протизапальні, протипухлинні та імуномодулювальні властивості [5]. Завдяки багатовекторності фармакологічної дії природні речовини можуть використовуватися не лише як самостійні терапевтичні агенти, а й як важливі складові комбінованого лікування складних захворювань, зокрема онкологічних, нейродегенеративних і серцево-судинних патологій [6].

У зв'язку з цим інтерес до фітотерапії та пошуку нових лікарських засобів рослинного походження продовжує активно зростати у світовій науково-медичній спільноті.

З метою пошуку перспективних нових лікарських рослин актуально провести фітохімічне дослідження неофіційної рослини родини Айстрові

(*Asteraceae*) роду Газанія – *Gazania* (L.) Gaertn. – газанії жорстколистої сорту ‘*Tiger Stripes*’, що широко культивується як декоративна рослина та характеризується високою адаптивністю до різних умов вирощування та містить комплекс БАР, що проявляють широкий спектр фармакологічної активності. Аналіз різних джерел літератури свідчить про відсутність інформації про газанію жорстколисту сорту ‘*Tiger Stripes*’, тому її дослідження є актуальним.

### **Мета й завдання дослідження**

Метою наших досліджень було провести фітохімічний аналіз трави *Gazania rigens* сорту ‘*Tiger Stripes*’.

Для реалізації цієї мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз джерел літератури щодо поширення, ботанічної характеристики, хімічного складу, фармакологічної активності та біологічних властивостей *Gazania rigens* (L.) Gaertn.;
- провести ідентифікацію біологічно активних речовин трави *Gazania rigens* ‘*Tiger Stripes*’;
- визначити спектрофотометричним методом кількісний вміст флавоноїдів, гідроксикоричних кислот, поліфенолів та пігментів у *Gazania rigens* сорту ‘*Tiger Stripes*’ трави;
- визначити методом високоефективної рідинної хроматографії вміст індивідуальних сполук флавоноїдів, методом газорідинної хроматографії вміст жирних кислот у траві *Gazania rigens* ‘*Tiger Stripes*’.

**Об’єкт дослідження** – комплексне фітохімічне дослідження трави *Gazania rigens* сорту ‘*Tiger Stripes*’.

**Предмет дослідження.** Встановлення якісного складу та визначення кількісного вмісту основних БАР трави *Gazania rigens* ‘*Tiger Stripes*’.

**Практичне значення одержаних результатів.** Визначено якісний склад і кількісний вміст основних груп БАР *Gazania rigens* сорту ‘*Tiger Stripes*’ трави. Доведено подальшу перспективність дослідження рослини і використання її у

фармацевтичній й медичній галузях. Одержані результати проведених досліджень трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' можуть бути використані при розробці проекту методів контролю якості на сировину досліджуваної рослини.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Проведено вивчення якісного складу й визначення кількісного вмісту основних груп БАР трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes'. Встановлено наявність та визначено кількісний вміст фенольних сполук (флавоноїдів, гідроксикоричних кислот, поліфенолів), хлорофілів, каротиноїдів та жирних кислот; одержано ліпофільну фракцію та визначено втрату в масі при висушуванні *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes'.

**Апробація результатів роботи.** Результати кваліфікаційної роботи опубліковані і обговорені на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Запорізький фармацевтичний форум – 2025» (м. Запоріжжя, 2025 р.).

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тези доповіді у матеріалах конференції.

**Обсяг і структура роботи.** Наукова робота складається зі вступу, огляду літератури, двох розділів, висновків, списку використаних джерел літератури та додатків. Обсяг основного тексту наукової роботи складає 51 сторінку друкованого тексту. Робота проілюстрована 7 таблицями й 11 рисунками. Перелік використаних джерел літератури містить 48 найменувань.

**РОЗДІЛ 1**  
**ПОШИРЕННЯ, БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД,**  
**ФАРМАКОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ТА БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**  
***GAZANIA RIGENS* (L.) GAERTN.**

1.1 Поширення та ботанічна характеристика

Родина Айстрові – *Asteraceae*

Рід Газанія – *Gazania* (L.) Gaertn.

Вид Газанія жорстколиста – *Gazania rigens* (L.) Gaertn.

Сорт Тигрові смуги – ‘Tiger Stripes’

Рід *Gazania* (L.) Gaertn. належить до родини *Asteraceae* (*Compositae*), що є однією з найбільших і найрізноманітніших родин квіткових рослин та налічує понад 32000 видів, поширених у різних кліматичних зонах світу [7, 8]. Представники цієї родини характеризуються високою екологічною пластичністю та здатністю адаптуватися до широкого спектра ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлює їх значне поширення [8, 9].

Родова назва рослини присвячена Теодору з Гази (1398-1478), який переклав ботанічні праці Теофраста з грецької мови латинською [10].

*Gazania rigens* (L.) Gaertn. належить до роду Газанія, який включає близько 16 видів трав'янистих рослин родини *Asteraceae*.

*Gazania rigens* (L.) Gaertn. – вид квіткових багаторічних або однорічних трав'янистих рослин, заввишки до 30 см, що є ендеміком Південної Африки [11]. Рослина є трав'янистою багаторічною у Південній Африці та Середземноморському регіоні, тоді як у садах холодніших кліматичних зон її зазвичай вирощують як однорічну культуру [10]. У природних умовах цей вид поширений переважно в південних і південно-східних регіонах країни, де зростає на відкритих, добре освітлених територіях [12, 13, 14].

Типовими місцями природного зростання *Gazania rigens* є піщані та

супіщані ґрунти, прибережні узбережжя, дюни, кам'янисті схили, а також відкриті рівнини з мінімальним зволоженням [13, 15]. Такі екотопи характеризуються високим рівнем сонячного освітлення, нестачею вологи та бідністю ґрунтів, що зумовило формування у рослини комплексу морфоанатомічних і фізіологічних адаптацій до посушливих умов [13, 16].

Однією з основних екологічних особливостей *Gazania rigens* є висока посухостійкість, яка досягається завдяки невеликим розмірам надземної частини, добре розвиненій прикореневій розетці листків та наявності опушення на нижньому боці листової пластинки, що зменшує випаровування вологи [6, 9, 10]. Квітки рослини характеризуються здатністю реагувати на освітлення – вони відкриваються лише за достатнього сонячного освітлення, що є додатковою адаптацією до умов природного ареалу [16, 17].

Завдяки декоративним властивостям, екологічній пластичності та невибагливості до умов вирощування *Gazania rigens* була інтродукована й широко культивується в багатьох країнах світу, зокрема в Європі, Північній і Південній Америці, Австралії та Азії (рис. 1.1) [14, 18]. У деяких регіонах, зокрема на островах Мадейрі, Сицилії та Сардинії, газанія розглядається як бур'ян [10].

У багатьох країнах з м'якими кліматичними умовами *Gazania rigens* здатна виходити за межі культивованих насаджень, натуралізуватися та формувати стабільні популяції поза природним ареалом [19]. У таких регіонах її розглядають як інтродукований вид із ознаками натуралізації, здатний освоювати прибережні території, а також ділянки, змінені внаслідок господарської діяльності людини [13, 19]. Факт культивування та поширення цього виду за межами природного ареалу підтверджується даними міжнародних ботанічних баз, у яких зафіксовано наявність *Gazania rigens* у різних країнах світу, переважно як декоративної рослини, що вирощується в садах, парках і міському озелененні [14, 18].

Вид *Gazania rigens* (L.) Gaertn. включений до Реєстру декоративних трав'янистих рослин відкритого ґрунту ботанічних садів і дендропарків

України, що підтверджує його цінність як перспективної декоративної культури для озеленення.

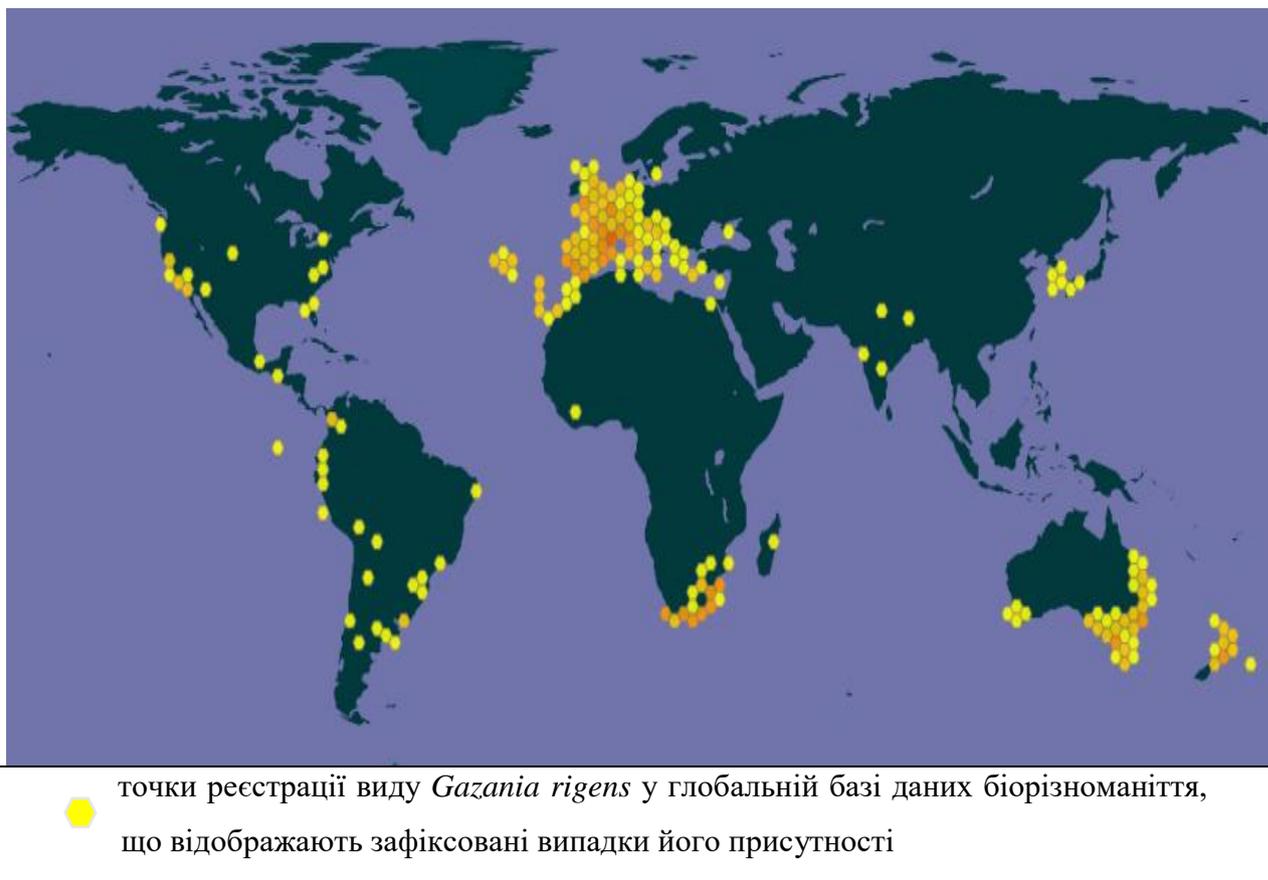


Рисунок 1.1 – Поширення виду *Gazania rigens* (за даними Global Biodiversity Information Facility) [18]

Листки газанії – численні, прикореневі, вузькі, переважно ланцетні, зазвичай цільні, інколи перистолопатові. Верхній бік листової пластинки блискучий, зеленого кольору, тоді як нижній бік має сірувато-біле забарвлення [10].

Суцвіття газанії представлені кошиками, що є типовою морфологічною ознакою представників родини *Asteraceae*. Кошики зазвичай мають діаметр 5-8 см і розміщені на коротких, міцних квітконосах, які піднімаються над прикореневою розеткою листків [12, 16]. Суцвіття складається з двох морфологічно відмінних типів квіток. Крайові язичкові квітки виконують переважно декоративну функцію та мають яскраве забарвлення – від жовтого і

помаранчевого до червоного, часто з темними смугами або плямами біля основи пелюсток, що є характерною ознакою багатьох сортів газанії [14, 17]. Серединні трубчасті квітки формують центральну частину суцвіття, мають жовте або темніше забарвлення та є здатними до утворення насіння [12, 16].

Розкриття квіток газанії відбувається лише за наявності достатнього сонячного світла, тоді як у вечірній час або за похмурої погоди вони закриваються. Така реакція розглядається як адаптація до умов відкритих і добре освітлених ділянок місцезростання, що сприяє ефективнішому запиленню в сприятливих умовах [16, 17].

Період цвітіння газанії за сприятливих кліматичних умов є тривалим і зазвичай триває з кінця весни до пізньої осені, що значно підвищує декоративну цінність рослини [16]. Плід газанії – сім'янка, інколи з чубчиком (папусом), який бере участь у поширенні насіння.

Вид представлений кількома природними різновидами, які слугували вихідним матеріалом для подальшої інтродукції та селекційної роботи [12, 14]. На основі природної внутрішньовидової мінливості *Gazania rigens* було створено численні декоративні сорти, що відрізняються забарвленням суцвіть, інтенсивністю контрастних смуг або плям на крайових язичкових квітках, а також розмірами рослин і тривалістю цвітіння [16, 17].

На відміну від деяких представників родини *Asteraceae*, для *Gazania rigens* не виділено чітко окреслених ботанічних різновидів. Вид характеризується значною внутрішньовидовою мінливістю, яка проявляється у формі та опушенні листків, а також у забарвленні та характері смуг на крайових язичкових квітках. Саме ця мінливість стала основою для створення численних декоративних сортів і сортових серій:

- ‘Tiger Stripes’ (рис. 1.2);
- ‘Daybreak’;
- ‘Talent’;
- ‘Kiss’;

- ‘New Day’;
- ‘Sunshine’;
- ‘Frosty Kiss’;
- ‘Big Kiss’;
- ‘Bronze Treasure’.



Рисунок 1.2 – *Gazania* ‘Tiger Stripes’ [18]

Одним із поширених декоративних сортів *Gazania rigens* є ‘Tiger Stripes’, який вирізняється яскравим і контрастним забарвленням крайових язичкових квіток. Характерною ознакою цього сорту є наявність виразних темних смуг біля основи пелюсток, що створює ефект «тигрового» візерунка та підсилює декоративність суцвіть [17]. Завдяки такому забарвленню рослина легко впізнається серед інших сортів газанії та широко використовується в декоративному садівництві.

Сорт ‘Tiger Stripes’ зберігає основні біологічні та екологічні особливості

виду *Gazania rigens*, зокрема світлолюбність, посухостійкість і невибагливість до ґрунтових умов. Рослини добре ростуть на відкритих сонячних ділянках, придатні для вирощування на бідних і піщаних ґрунтах та характеризуються тривалим періодом цвітіння протягом вегетаційного сезону [16, 19].

## 1.2 Хімічний склад

У результаті біоорієнтованого фітохімічного дослідження квіток *Gazania rigens*, проведеного Н. М. Hammada, було вивчено склад та біологічно активні компоненти різних фракцій спиртового екстракту рослини. Встановлено, що найбільш виражену біологічну активність проявляли етилацетатна та бутанольна фракції, з яких було ізольовано низку фенольних сполук.

У етилацетатній фракції квіток *Gazania rigens* ідентифіковано три сполуки, а саме флавоноїд 5,7,4'-тригідрокси-6-метоксифлавоон (гіспідулін), 6,7,8-тригідроксикумарин та кавову кислоту. З бутанольної фракції було виділено дві фенольні кислоти: 1,5-дикафеоїлхінову кислоту та хлорогенову кислоту, при цьому кількість ізольованих сполук досягала 15–60 мг, що свідчить про їх відносно високий вміст у даній фракції.

Отримані результати свідчать, що *Gazania rigens* є джерелом різних класів фенольних сполук, зокрема флавоноїдів, кумаринів і похідних кавової кислоти, які відомі своїми антиоксидантними, протизапальними, антимікробними та цитопротекторними властивостями [20].

У ході фітохімічного дослідження надземної частини *Gazania rigens*, проведеного Samy M. N., було здійснено ізоляцію та структурну ідентифікацію шести вторинних метаболітів. До складу ізольованих сполук увійшли тритерпеноїди лупеол і лупенон, стероїдний глікозид  $\beta$ -ситостерол-3-*O*- $\beta$ -глюкопіранозид, фенольні глікозиди дуналіанозид D і тахіозид, а також фенольна кислота 3,5-ди-*O*-кафеоїлхінова кислота (рис. 1.3). При цьому дані сполуки були вперше виділені саме з трави *Gazania rigens*.

Крім фенольних сполук, у складі *Gazania rigens* також виявлено інші класи вторинних метаболітів, зокрема тритерпеноїди та стероїдні глікозиди, що свідчить про багатокомпонентний характер хімічного складу рослини. Наявність таких сполук, як лупеол і лупенон, є характерною для багатьох представників родини *Asteraceae* та асоціюється з протизапальною, антимікробною й цитотоксичною активністю. Виявлення  $\beta$ -ситостерол-3-*O*- $\beta$ -глюкопіранозиду підтверджує присутність фітостеролів, які відіграють важливу роль у мембранній стабілізації клітин і можуть проявляти гіполіпідемічні та імуномодулювальні властивості [21].

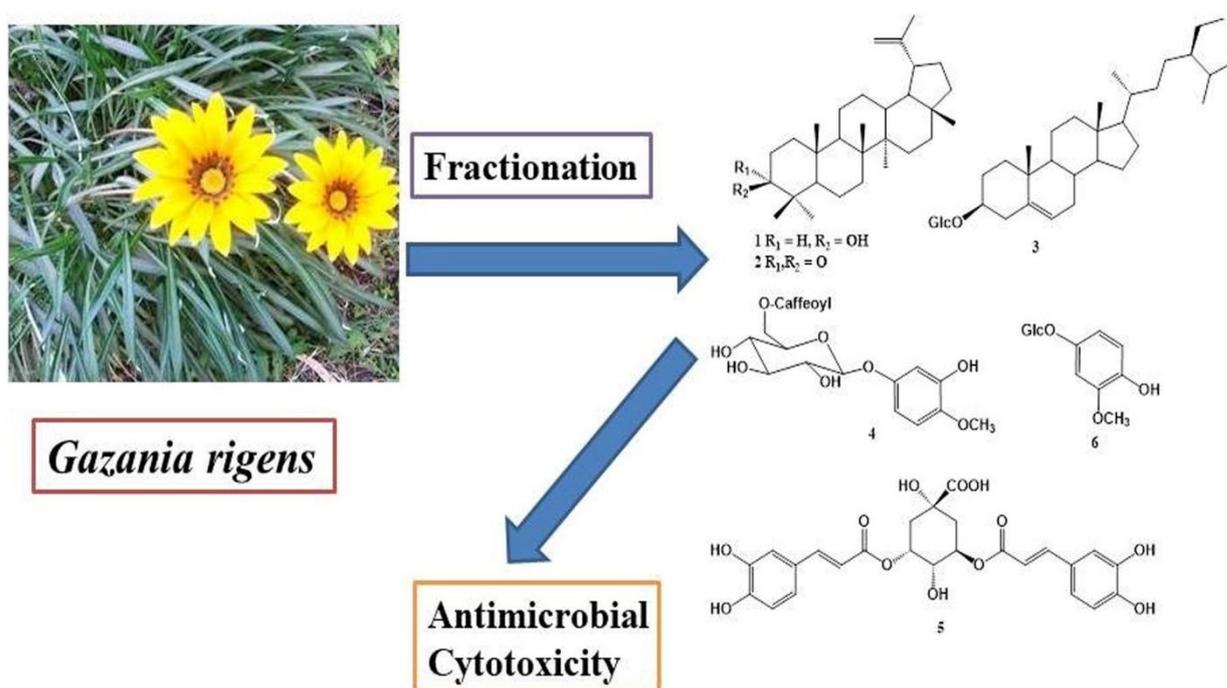


Рис. 1.3 – Основні вторинні метаболіти (1 – лупеол, 2 – лупенон, 3 –  $\beta$ -ситостерол-3-*O*- $\beta$ -глюкопіранозид, 4 – дуналіанозид D, 5 – тахіозид, 6 – 3,5-ди-*O*-кафеїлхінна кислота) *Gazania rigens*, виділені шляхом фракціонування, та їх біологічна активність [21]

Ідентифікація похідних кавової кислоти, а саме 1,5- та 3,5-ди-*O*-кафеїлхінних кислот і хлорогенової кислоти підтверджується даними інших досліджень, у яких ці сполуки розглядаються як основні носії антиоксидантної

та цитопротекторної активності рослинної сировини [20, 21]. Сукупність отриманих фітохімічних даних свідчить, що *Gazania rigens* характеризується широким спектром БАР різної хімічної природи.

За даними вітчизняного дослідження листків і квіток *Gazania rigens* проведеного методом тонкошарової хроматографії встановлено наявність флавоноїдів, серед яких гіперозид, кверцетин та рутин. Виявлення зазначених БАР підтверджує флавоноїдний характер фенольного комплексу рослини та узгоджується з результатами інших фітохімічних досліджень *Gazania rigens*.

Крім фенольних сполук, ідентифікованих у спиртових екстрактах *Gazania rigens*, у науковій літературі наведені дані щодо хімічного складу неполярних фракцій рослинної сировини. Так, у результаті фітохімічного дослідження *n*-гексанового екстракту надземної частини *Gazania rigens* було ідентифіковано п'ять низькополярних сполук. До складу гексанового екстракту входили 2-пентадеканон-6,10,14-триметил, гексадеканова кислота, метиловий естер гексадеканової кислоти, метилстеарат та гександиова кислота, біс(2-етилгексил) естер [22].

Виявлені сполуки належать переважно до класів жирних кислот, їх метилових естерів та похідних аліфатичних кетонів, що є характерними компонентами ліпофільної фракції рослин родини *Asteraceae*. Наявність таких компонентів свідчить про участь ліпідних сполук у формуванні біологічної активності *Gazania rigens*,

### 1.3 Фармакологічна активність та біологічні властивості

Експериментальні дослідження А. Abdel-Rhman та ін. свідчать про виражену гепатопротекторну, нефропротекторну та антиоксидантну активність *Gazania rigens*. Фармакологічну дію рослини було оцінено на моделі CCl<sub>4</sub>-індукованої гепаторенальної токсичності у щурів, яка широко застосовується для вивчення ушкоджень печінки та нирок. Введення тетрахлорметану спричиняє значне ушкодження печінки та нирок, що проявляється підвищенням

активності сироваткових ферментів аланінамінотрансферази (АЛТ) і аспаратамінотрансферази (АСТ).

Попереднє введення загального екстракту та окремих фракцій *Gazania rigens* значно зменшувало прояви CCl<sub>4</sub>-індукованого ушкодження. Найвищу захисну активність виявили етилацетатна та водна фракції, які забезпечували істотне зниження рівнів АЛТ, АСТ, загального білірубіну, креатиніну, сечовини, холестеролу та тригліцеридів, а також підвищення концентрації сироваткового альбуміну. Гістопатологічні дослідження тканин печінки та нирок засвідчили зменшення структурних ушкоджень органів.

Антиоксидантна активність *Gazania rigens* проявлялася у здатності знижувати рівень малонового діальдегіду – маркера ліпідної пероксидації, та підвищувати загальну антиоксидантну здатність тканин печінки й нирок. Крім того, екстракти рослини сприяли відновленню активності ключових антиоксидантних ферментів, зокрема супероксиддисмутази та каталази, які пригнічуються за умов оксидативного стресу.

Висока антиоксидантна та гепаторенальна захисна активність *Gazania rigens* пов'язана з наявністю у складі рослини флавоноїдів, кумаринів і похідних фенольних кислот, які здатні нейтралізувати вільні радикали та перешкоджати ушкодженню клітинних мембран. Таким чином, *Gazania rigens* розглядається як перспективне джерело біологічно активних сполук із потенційними гепатопротекторними, нефропротекторними та антиоксидантними властивостями [23].

Jawad та Kadhim встановили цитотоксичну та протипухлинну активність *Gazania rigens*, що підтверджено експериментальними *in vitro* дослідженнями [22]. Зокрема, у роботі з оцінки біологічної активності *n*-гексанового екстракту надземної частини рослини було показано його здатність інгібувати проліферацію пухлинних клітин ліній HRT-18 (колоректальний рак) та MCF-7 (рак молочної залози), що оцінювали за допомогою МТТ-тесту.

Отримані результати засвідчили достовірний дозозалежний цитотоксичний ефект *n*-гексанового екстракту *Gazania rigens* та свідчать про

високу чутливість обох типів пухлинних клітин до дії екстракту. Такий ефект можна пов'язати із наявністю у складі гексанової фракції терпенів і жирних кислот, що відомі своїми антипроліферативними властивостями.

Виявлений біологічно активний тритерпеноїд – лупеол у *n*-гексановому екстракті *Gazania rigens* здатний пригнічувати ріст пухлинних клітин через вплив на кілька онкоспецифічних мішеней. Активація мітохондріально опосередкованого апоптозу та інгібування шляху Akt/ПКВ розглядаються як ключові механізми цитотоксичної дії лупеолу, що може пояснювати антипроліферативну активність *n*-гексанового екстракту *Gazania rigens*.

Результати досліджень свідчать, що *Gazania rigens* є перспективним джерелом терпенів і жирних кислот із протипухлинною активністю, а гексановий екстракт рослини проявляє значний цитотоксичний потенціал щодо клітин колоректального раку та раку молочної залози.

*Gazania rigens* також характеризується вираженою антимікробною активністю, яка залежить від природи екстрагенту та хімічного складу відповідної фракції. Найбільш виражену антибактеріальну та протигрибкову дію проявляли фракції середньої та високої полярності, зокрема дихлорметанова, етилацетатна, метанольна та метанольно-водна фракції, що узгоджується з наявністю у їх складі фенольних сполук, флавоноїдів, терпенів і глікозидів, відомих своїми антимікробними властивостями. Зокрема, фенольні кислоти та флавоноїди здатні порушувати проникність клітинних мембран мікроорганізмів, інгібувати активність мікробних ферментів і пригнічувати ріст бактеріальних та грибкових клітин.

Крім того, *Gazania rigens* виявляє значний антиоксидантний потенціал, що підтверджено результатами досліджень із використанням методів DPPH- та H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-радикал-поглинання. Високий радикал-поглинальний ефект етилацетатної фракції, ймовірно, зумовлений підвищеним вмістом фенольних сполук, які відіграють ключову роль у захисті клітин від оксидативного стресу. Здатність усіх досліджених фракцій знешкодувати пероксид водню свідчить про комплексний антиоксидантний характер дії рослини та її потенційну роль

у профілактиці ушкоджень клітин і тканин, зумовлених оксидативними процесами.

З наявністю у складі *Gazania rigens* таких флавоноїдів, як кверцетин, рутин і гіперозид, пов'язані антиоксидантні та протизапальні властивості рослинної сировини [24]. Зазначені сполуки належать до біологічно активних поліфенолів, здатних ефективно нейтралізувати активні форми кисню, знижувати інтенсивність ліпідної пероксидації та захищати клітинні мембрани від оксидативного ушкодження.

Сукупність морфологічних ознак, зокрема особливості будови суцвіть і листків, яскраве забарвлення квіток, тривалий період цвітіння та висока екологічна пластичність, зумовлює широке використання газанії як декоративної культури у садово-парковому та міському озелененні [25, 26]. Рослину активно застосовують для оформлення квітників, бордюрів, особливо в регіонах із теплим або помірно посушливим кліматом, де вона добре витримує дефіцит вологи, інтенсивну інсоляцію та бідні ґрунтові умови [14, 27].

Здатність *Gazania rigens* зберігати декоративність упродовж тривалого вегетаційного періоду поєднується з низькими вимогами до догляду, що робить її цінною культурою для міського середовища, зокрема для озеленення територій із підвищеним антропогенним навантаженням [26]. Крім того, фоточутливість квіток, які відкриваються за достатнього сонячного освітлення, та наявність морфологічних адаптацій до посушливих умов свідчать про сформовані механізми пристосування до стресових факторів довкілля [27].

У науковому аспекті зазначені морфологічні та екологічні особливості зумовлюють інтерес до *Gazania rigens* як перспективного об'єкта ботанічних, екологічних та інтродукційних досліджень. Рослину використовують для вивчення процесів адаптації до дефіциту вологи, інтенсивного сонячного випромінювання та трансформованих умов середовища, а також для оцінки потенціалу натуралізації інтродукованих декоративних видів у різних кліматичних зонах [14, 18]. Дані міжнародних ботанічних баз свідчать про успішне культивування *Gazania rigens* у багатьох країнах світу та

підтверджують її екологічну пластичність і здатність до широкого поширення в умовах культури [14, 18].

### Висновки до розділу 1

1. *Gazania rigens* (L.) Gaertn. сорту ‘Tiger Stripes’ є перспективним об’єктом ботанічних, фітохімічних і фармакологічних досліджень, що поєднує високу декоративну цінність із науковою значущістю. Сорт зберігає основні морфолого-біологічні та екологічні ознаки виду *Gazania rigens*, водночас вирізняючись характерним контрастним забарвленням крайових язичкових квіток із темними «тигровими» смугами. Висока екологічна пластичність, світлолюбність, посухостійкість і тривалий період декоративності зумовлюють його широке використання в садово-парковому та міському озелененні.

2. Фітохімічні дослідження *Gazania rigens*, що є видовою основою сорту ‘Tiger Stripes’, показали наявність різних класів вторинних метаболітів, зокрема фенольних сполук, флавоноїдів, кумаринів, похідних кавової кислоти, тритерпеноїдів, стероїдних глікозидів і ліпофільних компонентів. Ідентифікація таких сполук, як гіспідулін, хлорогенова та дикафеоїлхінічні кислоти, лупеол, лупенон, кверцетин, рутин і гіперозид, свідчить про багатокomпонентний хімічний склад рослинної сировини та її потенційну фармакологічну цінність.

3. Фармакологічна активність екстрактів *Gazania rigens* проявляється у вигляді антиоксидантної, гепатопротекторної, нефропротекторної, антимікробної та цитотоксичної дії. Особливу увагу привертає цитотоксичний потенціал *n*-гексанового екстракту, пов’язаний із наявністю терпенів і жирних кислот, зокрема лупеолу. Антимікробна й антиоксидантна активність фракцій середньої та високої полярності узгоджується з високим вмістом фенольних сполук і флавоноїдів.

4. *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ є не лише цінною декоративною культурою, а й перспективним джерелом БАР із широким спектром фармакологічної дії. Літературні та експериментальні дані обґрунтовують доцільність подальших цілеспрямованих досліджень цього сорту з метою

поглибленого вивчення його хімічного складу, біологічної активності та можливостей практичного використання у фармації, медицині та суміжних галузях.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Об'єкт дослідження

Об'єктом досліджень була трава *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' трава

Траву *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' заготовляли у період масового цвітіння рослини у червні 2025 року на території Чернівецької області. Траву сушили у тепло-конвекційній сушарці за температури 40 °С.

## 2.2 Методики встановлення якісного складу й визначення кількісного вмісту БАР

### 2.2.1 Визначення гідроксикоричних кислот

З метою ідентифікації гідроксикоричних кислот із трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' одержували водно-спиртову витяжку, після чого наявність даних сполук підтверджували за реакцією з 10 % розчином ферум (III) хлориду.

Спектрофотометричним методом визначали кількісний вміст суми гідроксикоричних кислот у траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' за загальноприйнятою методикою, що наведена у монографії «Кропиви листя» у Державній фармакопеї України (ДФУ) видання 2 том 3 [28].

### 2.2.2 Визначення флавоноїдів

Для підтвердження наявності флавоноїдів досліджували водно-спиртові екстракти трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes'. З цією метою 3 г подрібненої рослинної сировини поміщали у колбу місткістю 100 мл, додавали 35 мл 70 % етанолу та нагрівали протягом 20 хв на водяній бані зі зворотним холодильником за періодичного перемішування. Після охолодження витяжку фільтрували та очищали від супутніх фенольних сполук. Очищення здійснювали шляхом пропускання фільтрату через колонку діаметром 1 см, заповнену 1 г поліамідного сорбенту. Колонку промивали 50 мл очищеної води, після чого флавоноїди елюювали 70 % етанолом. Для подальшого аналізу відбирали фракцію з жовтим забарвленням.

Одержаний елюат упарювали до половини початкового об'єму та використовували для проведення якісних реакцій з метою виявлення флавоноїдів.

Ідентифікацію флавоноїдів здійснювали із застосуванням комплексу якісних реакцій, а саме:

- ціанідинової реакції – до 1 мл елюату додавали 2–3 краплі

хлористоводневої кислоти та невелику кількість порошку металічного магнію;

- реакції з ферум (III) хлоридом – до 1 мл елюату вносили 1–2 краплі 10 % розчину ферум (III) хлориду;
- реакції з лугом – до 1 мл елюату додавали 2 краплі 10 % водно-спиртового розчину калію гідроксиду;
- реакції з плюмбум ацетатом – до 1 мл елюату додавали 4 краплі 10 % розчину плюмбум ацетату [29].

Кількісний вміст суми флавоноїдів визначали спектрофотометричним методом.

*Вихідний розчин.* 1,0 г подрібненої сировини *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ (точна наважка) поміщали у колбу зі шліфом місткістю 100 мл, додавали 30 мл 70 % етанолу та зважували. Екстракцію проводили на водяній бані зі зворотним холодильником протягом 2 год, періодично струшуючи колбу для змивання частинок сировини зі стінок. Після охолодження до кімнатної температури колбу повторно зважували та, за потреби, доводили масу до початкової шляхом додавання 70 % етанолу. Одержану витяжку фільтрували через паперовий фільтр, відкидаючи перші 20 мл фільтрату.

*Випробовуваний розчин.* мл вихідного розчину переносили у мірну колбу місткістю 25 мл, додавали 2 мл розчину алюмінію хлориду концентрацією 30 г/л в 96 % етанолі, доводили об’єм до мітки 96 % етанолом і ретельно перемішували.

*Компенсаційний розчин.* 1 мл вихідного розчину поміщали у мірну колбу на 25 мл та доводили 96 % етанолом до мітки, після чого перемішували.

Оптичну густину випробовуваного розчину визначали через 40 хв при довжині хвилі 408 нм у кюветі з товщиною шару 10 мм. Паралельно вимірювали оптичну густину розчину фармакопейного стандартного зразка (ФСЗ) рутину, який готували аналогічно випробовуваному розчину.

Вміст суми флавоноїдів, у перерахунку на рутин і абсолютно суху сировину, виражений у відсотках, розраховували за формулою 2.1:

$$X = \frac{A \times m_0 \times 30 \times 100}{A_0 \times m \times 1 \times (100 - W)}, \quad (2.1)$$

де:  $A$  – оптична густина випробуваного розчину;

$A_0$  – оптична густина ФСЗ рутину;

$m$  – маса наважки сировини, г;

$m_0$  – маса наважки ФСЗ рутину, г;

$W$  – втрати в масі при висушуванні сировини, % [30].

Приготування стандартного розчину рутину. 0,05 г фармакопейного стандартного зразка (ФСЗ) рутину (точна наважка) розчиняли у 70 % етанолі в мірній колбі місткістю 100 мл, після чого об'єм розчину доводили до мітки тим самим розчинником.

#### Визначення індивідуальних сполук флавоноїдів

Якісний склад та кількісний вміст індивідуальних флавоноїдних сполук у траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' визначали методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на хроматографі Agilent 1200 (Agilent Technologies, USA) [30].

#### 2.2.3 Визначення поліфенолів

Кількісний вміст суми поліфенолів визначали спектрофотометричним методом відповідно до загальноприйнятої методики, регламентованої ДФУ 2.8.14 [31].

#### 2.2.4 Одержання ліпофільної фракції

Ліпофільну фракцію одержували шляхом повного екстрагування рослинної сировини із застосуванням апарата Сокслета. Для цього 3,0 г подрібненої до порошкоподібного стану трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' (точна наважка) зважували та поміщали у патрон із фільтрувального паперу, який встановлювали в екстрактор. Колбу-приймач попередньо

висушували при температурі 110 °С до сталої маси та зважували на аналітичних вагах.

Через верхній отвір зворотного холодильника в екстрактор заливали хлороформ у кількості, що у 1,5 раза перевищувала його об'єм, після чого проводили екстрагування на водяній бані. Інтенсивність процесу становила 6–7 циклів за 1 годину.

Після завершення екстракції розчинник, що залишився в екстракторі, зливали через сифонну трубку в колбу-приймач, патрон із відпрацьованою сировиною вилучали, а частини апарата знову з'єднували для повного видалення розчинника з витяжки. Розчинник із екстракту збирали в екстракторі та переливали у штанглас. Колбу-приймач із залишком після повного випаровування розчинника сушили при температурі 95 °С до сталої маси, охолоджували та зважували на аналітичних вагах.

Вміст ліпофільних речовин у відсотках, у перерахунку на абсолютно суху рослинну сировину, визначали за відповідною формулою:

$$X = \frac{(a - b) \times 100 \times 100}{m \times (100 - W)}, \quad (2.2)$$

де:  $a$  – маса колби з сухою ліпофільною фракцією, г;

$b$  – маса порожньої колби, г;

$m$  – маса наважки сировини, г;

$W$  – втрата в масі при висушуванні сировини, % [29].

### 2.2.5 Визначення хлорофілів та каротиноїдів

Кількісне визначення пігментів проводили із застосуванням спектрофотометричного методу, який дозволяє оцінити вміст хлорофілів  $a$  і  $b$ , а також каротиноїдів.

Екстрагування пігментів із трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ здійснювали у максимально короткий термін та за умов мінімального освітлення з метою запобігання їх ізомеризації. Як екстрагент використовували етанол [32].

### 2.2.6 Визначення кислот жирних

Якісний склад та вміст кількісний кислот жирних трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ визначали методом газової хроматографії з мас-спектрометрією (ГХ/МС) на газовій хромато-мас-спектрометричній системі Agilent 6890N/5973inert [33].

### 2.3 Визначення показника якості сировини за вимогами ДФУ 2.0

*Визначення втрати в масі при висушуванні.* Дане визначення проводили за методикою ДФУ 2.2.32 [31].

### Висновки до розділу 2

1. Представлено характеристику об’єкту дослідження.
2. Викладено методики зі встановлення якісного складу та визначення кількісного вмісту БАР.
3. Вказано методику визначення показника якості сировини за вимогами ДФУ.

### РОЗДІЛ 3

## ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ТРАВІ

### *GAZANIA RIGENS* СОРТУ ‘TIGER STRIPES’

Визначення БАР у траві *Gazania rigens* сорту ‘Tiger stripes’ проведено за методиками, що є наведені у другому розділі даної роботи.

#### 3.1 Визначення суми кислот гідроксикоричних

Наявність кислот гідроксикоричних підтверджували якісною реакцією із 10 % ферум (III) хлориду розчином: поява зелено-сірого забарвлення вказувала на присутність у траві *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ фенольних сполук, зокрема гідроксикоричних кислот.

Кількісний вміст суми гідроксикоричних кислот визначали методом спектрофотометричним у перерахунку на хлорогенову кислоту за довжини хвилі 525 нм (рис. 3.1).

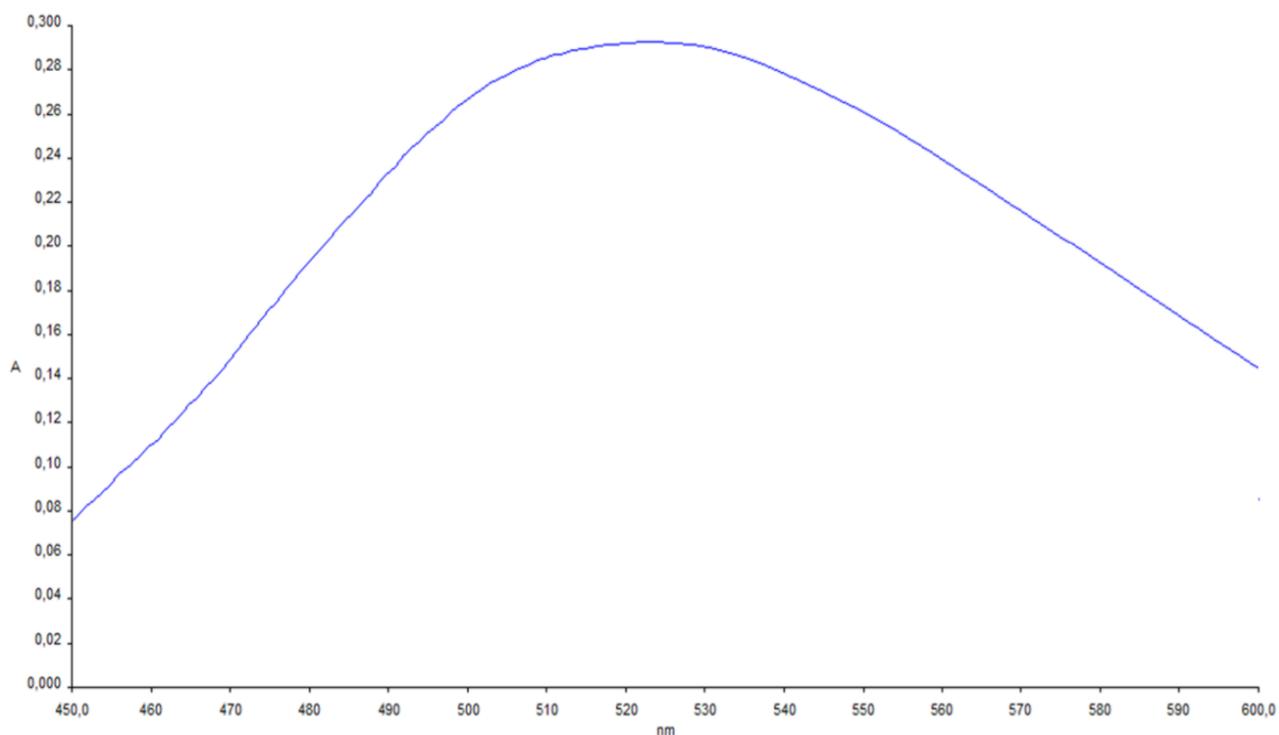


Рисунок 3.1 – Спектр поглинання суми кислот гідроксикоричних

Результати визначення досліджуваної групи БАР у траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Визначення кількісного вмісту суми гідроксикоричних кислот у сировині *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes'**

Сировина	Кількісний вміст суми гідроксикоричних кислот у перерахунку на хлорогенову кислоту, % (n=5)
Трава	1,05±0,01

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

Гідроксикоричні кислоти належать до групи фітонутрієнтів і класу фенольних сполук. Вони не є незамінними поживними компонентами але мають позитивний вплив на організм людини. Вони є вторинними метаболітами рослин і виявляються практично у всіх представників рослинного світу у вигляді вільних кислот, їх димерів та естерів. У рослинному організмі гідроксикоричні кислоти виконують низку важливих функцій, зокрема беруть участь у захисті від ультрафіолетового випромінювання, підвищують стійкість до дії патогенних мікроорганізмів, залучені до процесів росту й розвитку рослин, а також входять до складу клітинних стінок у вільному або зв'язаному стані. Значний науковий інтерес до цієї групи сполук зумовлений їх вираженими біологічними властивостями, передусім антиоксидантною активністю, що пов'язана зі здатністю ефективно нейтралізувати активні форми кисню, захищати клітинні структури від оксидативних ушкоджень, зменшувати інтенсивність запальних процесів і уповільнювати розвиток нейродегенеративних змін [33]. В науковій літературі є дані про їх жовчогінну, антимікробну, туберкулостатичну, антиоксидантну та гепатопротекторну дію [34]. Найбільш поширеними в природі є кавава кислота та її похідні, зокрема

хлорогенова кислота й її ізомери, які характеризуються протизапальними та жовчогінними властивостями [33, 34]. Ферулова кислота широко представлена у клітинах рослин. У сукупності хлорогенова, ферулова, кавова та кумарова кислоти виявляють гіпоазотемічну дію, сприяють покращенню функціонального стану нирок і стимулюють антитоксичну функцію печінки [34]. Важливою характеристикою гідроксикоричних кислот є їх низька токсичність, що підтверджується експериментальними даними та обґрунтовує перспективність використання цих сполук у харчовій промисловості, фармації й медицині. Зокрема, ферулова кислота застосовується як природний антиоксидант і консервант, а різні представники цієї групи входять до складу засобів традиційної медицини [33].

### 3.2 Визначення суми та індивідуальних сполук флавоноїдів

Наявність флавоноїдів у траві *Guzmania rigens* сорту 'Tiger Stripes' підтверджено за допомогою реакції ціанідинової, що належить до класичних якісних методів ідентифікації флавоноїдів. При проведенні дослідження спостерігали появу червоного забарвлення, яке є характерним для сполук з флавоноловою структурою, зокрема кверцетину та його глікозидів – рутину й ізокверцитрину, а також фізетину та рамнетину. Дане забарвлення зумовлене утворенням ціанідинових хромофорних структур унаслідок відновлення флавонолів металевим магнієм у кислому середовищі, що є характерною ознакою ціанідинової реакції.

У процесі подальшого якісного аналізу одержаного елюату при додаванні 10 % розчину ферум (III) хлориду спостерігали появу зеленувато-сірого забарвлення, що є характерною ознакою наявності фенольних гідроксильних груп.

Взаємодія елюату з розчином лугу супроводжувалася появою жовтого забарвлення, що свідчить про присутність флавоноїдів, здатних до іонізації у лужному середовищі.

У результаті взаємодії з плюмбум (II) ацетатом відбувалося випадання жовтого осаду, що підтверджує наявність флавоноїдних сполук, які утворюють малорозчинні комплексні сполуки.

Кількісний вміст суми флавоноїдів у траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' визначали спектрофотометричним методом, заснованому на утворенні забарвленого комплексу флавоноїдів з алюмінію хлоридом та подальшому вимірюванні оптичної густини розчину. Як стандартну речовину використовували рутин, у перерахунку на який виражали результати дослідження.

На рисунку 3.2 і у таблиці 3.2 представлено результати визначення суми флавоноїдів.

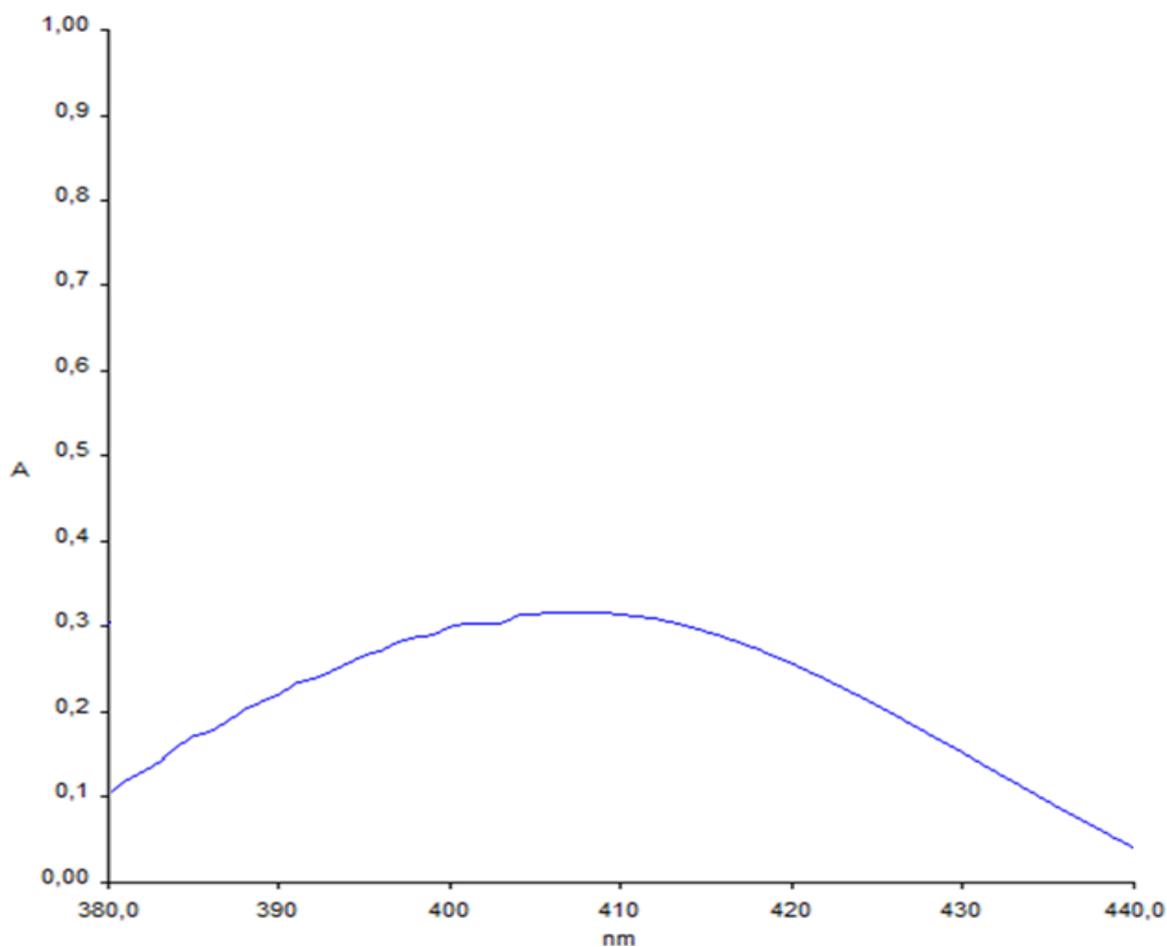


Рисунок 3.2 – Спектр поглинання комплексу суми флавоноїдів з алюмінію хлоридом

Таблиця 3.2

**Визначення кількісного вмісту суми флавоноїдів у сировині *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’**

Сировина	Кількісний вміст суми флавоноїдів у перерахунку на рутин, % (n=5)
Трава	1,96±0,01

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

Методом ВЕРХ було визначено індивідуальні сполуки флавоноїдів у *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ трави. Результати дослідження представлено на рисунку 3.3.

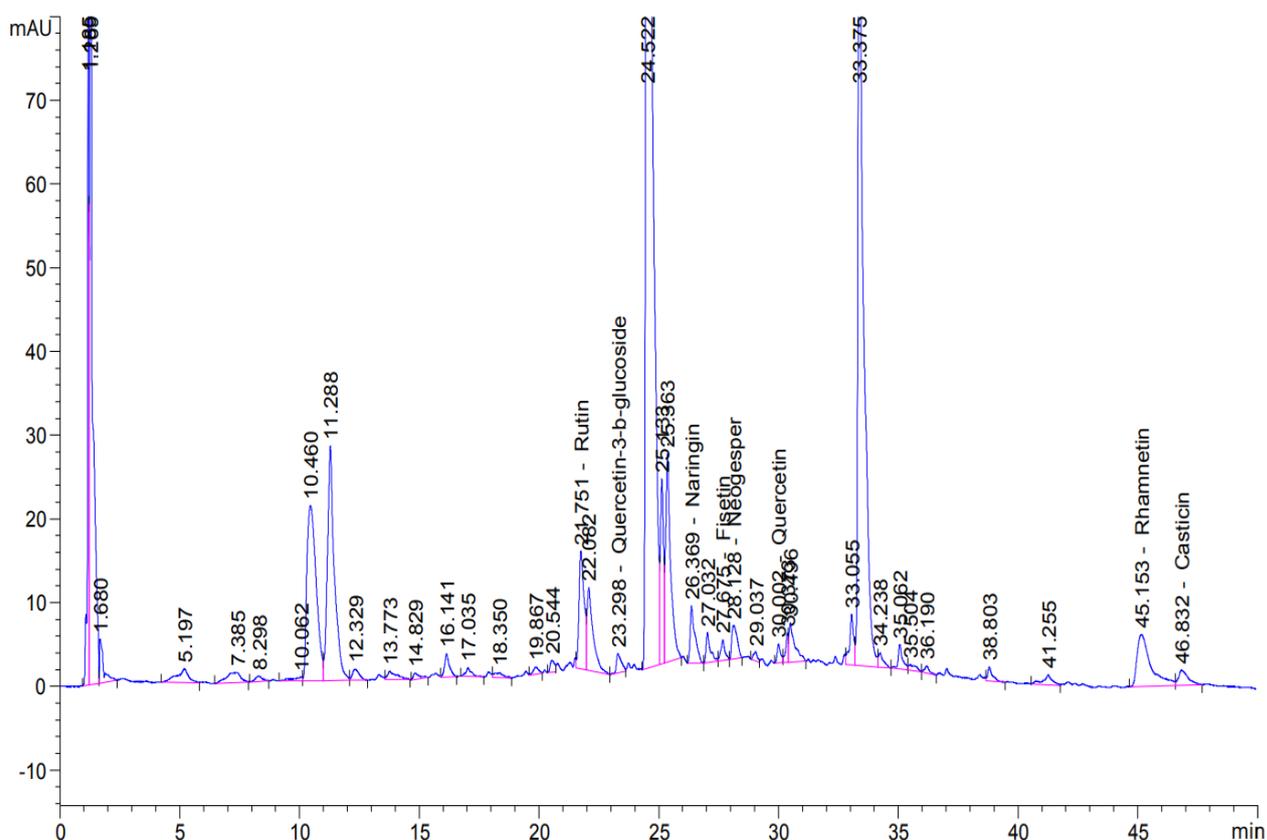


Рисунок 3.3 – ВЕРХ-хроматограма індивідуальних сполук флавоноїдів *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ трави при  $\lambda = 280$  нм

Проаналізувавши рисунок 3.3, можна зробити висновок, що у траві *Gazania rigens* ‘Tiger Stripes’ ідентифіковано вісім індивідуальних сполук флавоноїдів: рутин, ізокверцитрин, нарингін, фізетин, неогесперидин, кверцетин, рамнетин та кастицин [35]. Виявлені сполуки належать до різних підкласів флавоноїдів.

Рутин, ізокверцитрин, кверцетин, фізетин та рамнетин належать до класу флавонолів, але, при цьому, рутин та ізокверцитрин є глікозидами флавонолів, а кверцетин і рамнетин представлені у формі агліконів.

Нарингін і неогесперидин є представниками класу флаванонів у глікозидній формі, що притаманне багатьом рослинам родини *Asteraceae*.

Кастицин належить до *O*-метоксильованих флавононів.

Таким чином, флавоноїдний комплекс трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ представлений переважно флавонолами, флаванонами та їх глікозидами, а також метоксильованими флавононами, що зумовлює широкий спектр потенційної фармакологічної дії рослинної сировини.

Результати визначення кількісного вмісту індивідуальних флавоноїдних сполук у надземній частині *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

**Якісний склад та кількісний вміст індивідуальних сполук флавоноїдів у *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ трави**

Час утримання, хв	Назва сполуки	Кількісний вміст	
		мкг/г	%*
1	2	3	4
21.75	Рутин	536,86	17,53
23.30	Ізокверцитрин	74,94	2,45
26.37	Нарингін	384,73	12,56
27.68	Фізетин	177,75	5,80

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
28.13	Неогесперидин	227,06	7,41
30.00	Кверцетин	114,08	3,72
45.15	Рамнетин	1530,50	49,97
46.83	Кастичин	17,21	0,56
	Всього	3063,13	100

Примітка. %\* - від загальної кількості ідентифікованих індивідуальних сполук флавоноїдів.

Проаналізувавши дані, наведені в таблиці 3.2, встановлено, що серед ідентифікованих флавоноїдних сполук у надземній частині *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' домінує рамнетин (рис. 3.4), вміст якого становить 1530,50 мкг/г, що відповідає 49,97 % від загальної кількості визначених індивідуальних флавоноїдів [35].

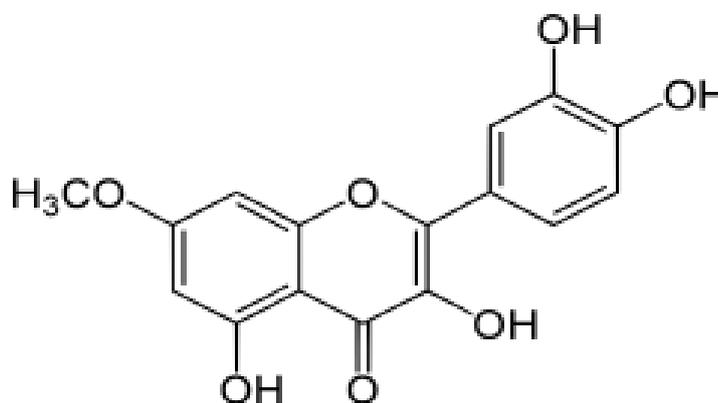


Рисунок 3.3 – Структурна формула рамнетину [36]

Загальна кількість ідентифікованих флавоноїдів індивідуальних становить 3063,13 мкг/г.

Рамнетин – метильований похідний кверцетину. Як біофлавоноїд, він проявляє широкий спектр терапевтичної активності, включаючи

нейропротекторну, протизапальну, антиоксидантну, антиішемічну, антибактеріальну та протипухлинну дію [37, 38].

Антиоксидантні властивості рамнетину зумовлені наявністю гідроксильних груп у положеннях 3, 3' та 4', які забезпечують ефективно зв'язування та нейтралізацію активних форм кисню, а також здатність до хелатування іонів металів, що беруть участь у процесах вільнорадикального окиснення. Метоксильна група в положенні 7 підвищує ліпофільність молекули та її метаболічну стабільність, що сприяє кращій проникності через клітинні мембрани порівняно з неметоксильованими флавонолами, зокрема кверцетином.

Протипухлинна активність рамнетину є однією з найбільш досліджених. У досліджах *in vitro* на клітинних лініях раку молочної залози встановлено, що рамнетин індукує апоптоз шляхом активації каспаз, порушення балансу між про- та антиапоптотичними білками.

Крім того, рамнетин проявляє виражену протизапальну дію, що реалізується через інгібування транслокації NF-κB та зниження синтезу прозапальних цитокінів.

Також, рамнетин підвищує чутливість ракових клітин до традиційних хіміотерапевтичних засобів, зокрема доксорубіцину та паклітакселу.

Таким чином, рамнетин є багатофункціональною біологічно активною сполукою з комплексним механізмом дії [39].

### 3.3 Визначення суми поліфенолів

Кількісний вміст суми поліфенолів у надземній частині *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' визначали за допомогою спектрофотометричного методу, що ґрунтується на здатності фенольних сполук вступати в окисно-відновну взаємодію з реактивом Фоліна–Чокальтеу з утворенням інтенсивно забарвлених комплексів. Оптичну густину отриманих розчинів вимірювали при 760 нм, що забезпечує максимальну чутливість методу до поліфенольних компонентів

рослинної сировини. Для уніфікації результатів та забезпечення коректності порівняльного аналізу отримані значення перераховували на пірогалол, який використовували як стандартну речовину.

Результати дослідження суми поліфенолів у надземній частині *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ представлено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

**Визначення кількісного вмісту суми поліфенолів у надземній частині  
*Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’**

Сировина	Кількісний вміст суми поліфенолів у перерахунку на пірогалол, % (n=5)
Трава	4,15±0,02

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

Поліфеноли – велика та різноманітна група БАР, що є вторинними метаболітами рослин і широко поширені у листках, квітках, плодах, насінні та коренях рослин. За хімічною будовою поліфеноли поділяють на кілька основних груп, серед яких найважливішими є флавоноїди (флавоноли, флаволи, флаванони, антоціани, ізофлаволи тощо), фенольні кислоти (гідроксибензойні та гідроксикоричні), таніни та лігнани.

У рослинах поліфеноли виконують захисні та регуляторні функції: беруть участь у формуванні забарвлення квіток і плодів, захищають рослини від ультрафіолетового випромінювання, оксидативного стресу, фітопатогенів і шкідників, а також залучені до процесів росту, розвитку та адаптації до несприятливих умов середовища.

Однією з ключових властивостей поліфенольних сполук є виражена антиоксидантна дія, яка полягає у здатності нейтралізувати вільні радикали, пригнічувати процеси перекисного окиснення ліпідів і захищати клітинні структури від ушкодження активними формами кисню. Завдяки цьому

поліфеноли відіграють важливу роль у профілактиці серцево-судинних захворювань, нейродегенеративних процесів і передчасного старіння.

Поліфеноли також проявляють протизапальну активність, впливаючи на синтез і секрецію прозапальних цитокінів, інгібуючи активність ферментів (циклооксигенази, ліпооксигенази) та зменшуючи ушкодження тканин при хронічних запальних процесах. Антимікробні властивості поліфенолів реалізуються через порушення цілісності клітинних мембран мікроорганізмів, інгібування ферментативних систем бактерій і грибів, а також через синергію з антибіотиками.

Протипухлинна активність поліфенольних сполук пов'язана зі здатністю пригнічувати проліферацію пухлинних клітин, індукувати апоптоз, блокувати ангіогенез і модулювати сигнальні шляхи, пов'язані з ростом і виживанням клітин. Окрім цього, поліфеноли виявляють кардіопротекторні, гепатопротекторні, нефропротекторні, антидіабетичні та нейропротекторні властивості, що підтверджено численними експериментальними та клінічними дослідженнями [40].

### 3.4 Одержання ліпофільної фракції

Ліпофільні фракції трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' одержували вичерпним екстрагуванням досліджуваної сировини хлороформом в апараті Сокслета (рис. 3.4).

Ліпофільна фракція трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' – являє собою густу, маслянисту, однорідну масу коричнево-зеленого кольору з характерним запахом, яка практично нерозчинна в етанолі 96 % та очищеній воді, але легко розчинна у хлороформі.

Результати визначення виходу ліпофільних фракцій трави *Gazania rigens* 'Tiger Stripes' представлено у таблиці 3.5.



Рисунок 3.4 – Одержання ліпофільної фракції трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’

Таблиця 3.5

**Вихід ліпофільної фракції трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’**

Назва сировини	Вихід ліпофільної фракції, %, у перерахунку на абсолютно суху сировину, (n=5)
Трава	10,63 ± 0,34

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

### 3.5 Визначення пігментного складу

У траві *Gazania rigens* ‘Tiger Stripes’ також визначали вміст хлорофілів та каротиноїдів.

Вміст хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів у траві *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ визначали спектрофотометричним методом. Результати дослідження наведено на рисунку 3.5.

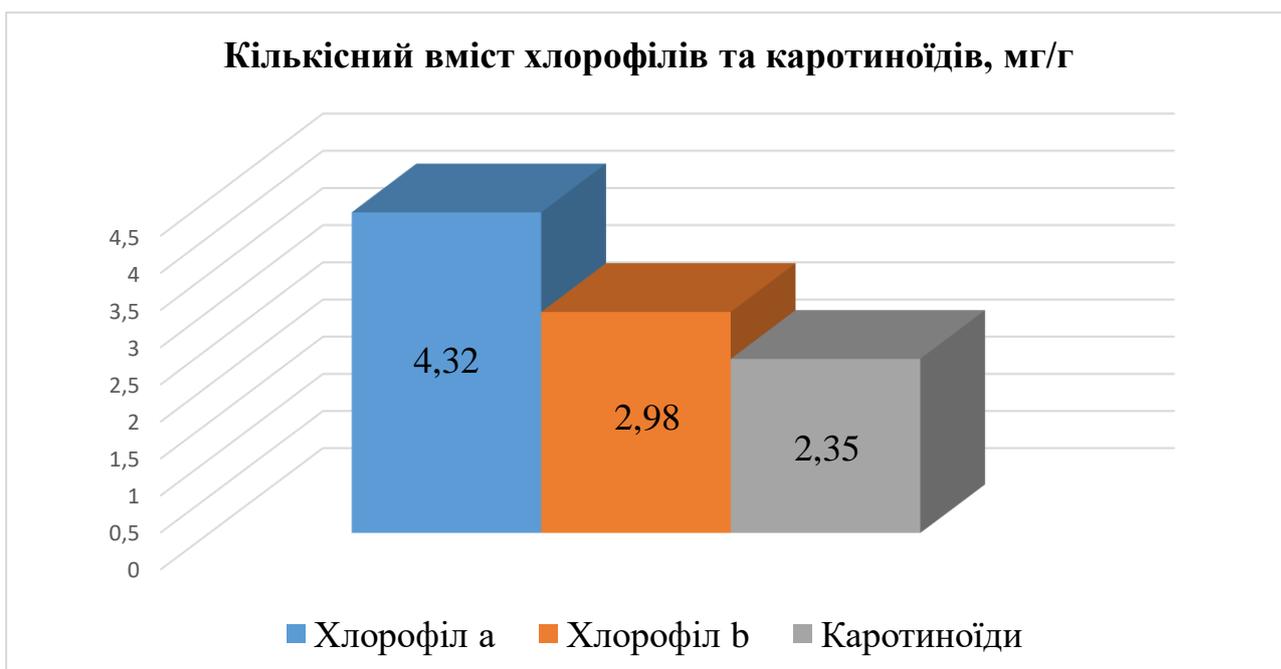


Рисунок 3.5 – Вміст хлорофілів та каротиноїдів у траві *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’

Згідно з даними, наведеними на рисунку 3.5, у ліпофільній фракції трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ спостерігається чітке домінування хлорофільних пігментів над каротиноїдами. Зокрема, вміст хлорофілу *a* становить 4,32 мг/г, хлорофілу *b* – 2,98 мг/г, тоді як кількісний вміст каротиноїдів дорівнює 2,35 мг/г. Сумарний вміст хлорофілів ( $a + b$ ) у 3,1 раза перевищує вміст каротиноїдів, що свідчить про їх переважне накопичення у ліпофільній фракції досліджуваної рослинної сировини.

Така закономірність є типовою для надземних органів рослин, оскільки

хлорофіли виконують ключову роль у фотосинтетичних процесах і характеризуються високою спорідненістю до неполярних органічних розчинників. Каротиноїди, хоча й містяться у меншій кількості, відіграють важливу допоміжну функцію – беруть участь у фотозахисті фотосинтетичного апарату та реалізують антиоксидантні властивості, запобігаючи окиснювальній деградації хлорофілів.

Хлорофіли та каротиноїди належать до природних рослинних пігментів, які є складовою частиною харчування людини та відіграють важливу роль у формуванні раціону, особливо в умовах зростаючого інтересу до здорового способу життя й споживання продуктів природного походження.

Хлорофіли представлені групою зелених пігментів, локалізованих у хлоропластах рослинних клітин, де вони забезпечують перебіг фотосинтетичних процесів. Окрім основної фізіологічної функції, хлорофіли характеризуються низкою біологічних ефектів, зокрема антиоксидантною, протизапальною та гепатопротекторною дією, а також здатністю активувати процеси регенерації тканин. У наукових дослідженнях також відзначається антимікробна активність хлорофілів і потенційна антиканцерогенна дія їх похідних.

Каротиноїди — це пігменти жовтого, помаранчевого та червоного кольору, які виконують важливі біологічні функції в організмі людини і тварин. Основне їх значення полягає в тому, що окремі представники цієї групи є попередниками вітаміну А, необхідного для нормального функціонування органів зору, росту, клітинної диференціації та перебігу багатьох метаболічних процесів.

До сполук із провітамінною А-активністю належать лише ті каротиноїди, структура яких містить щонайменше одне незаміщене  $\beta$ -іононове кільце та полієновий ланцюг відповідної довжини. Найбільш вагомими джерелами такої активності в харчуванні є  $\beta$ -каротин, його стереоізомери та споріднені сполуки.

Здатність каротиноїдів забезпечувати організм провітаміном А має особливе значення для осіб, раціон яких ґрунтується переважно на споживанні

фруктів і овочів, що є актуальним як для країн із високим рівнем розвитку, так і для регіонів, що розвиваються [41].

### 3.6 Визначення жирних кислот

Якісний склад та кількісний вміст жирних кислот визначали методом ГХ/МС.

Результати дослідження представлено на рисунку 3.6, і в таблиці 3.6.

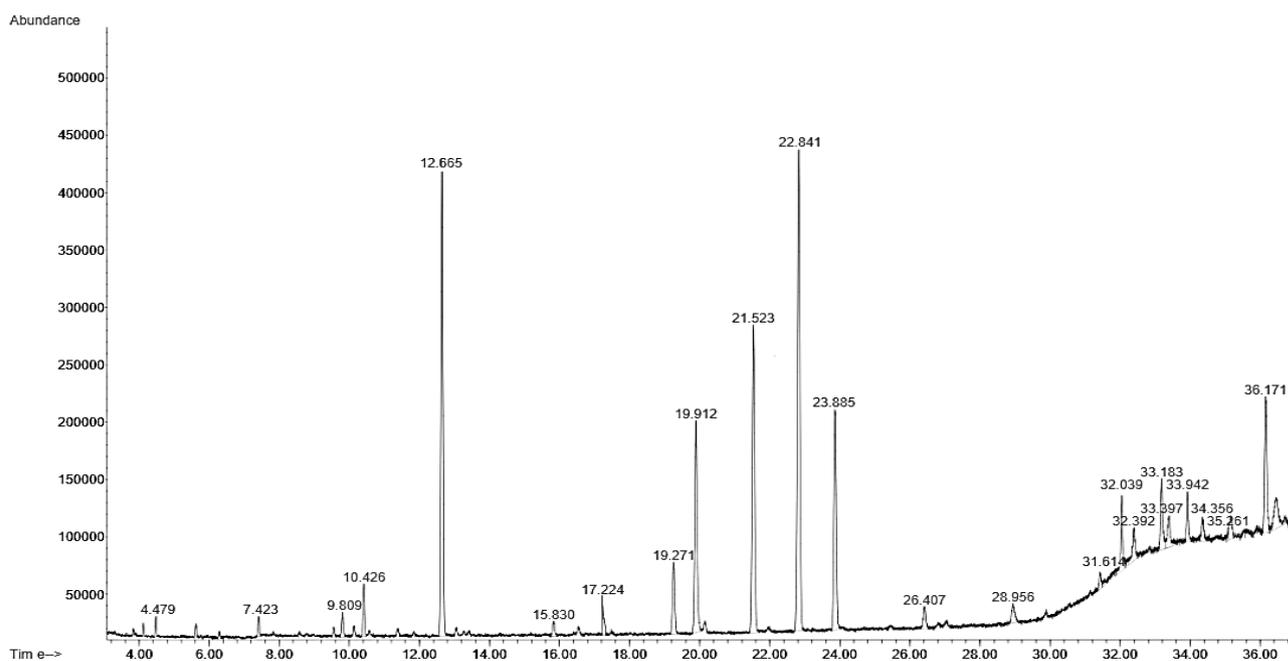


Рис. 3.6 – Хроматограма кислот жирних трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’

Таблиця 3.6

#### Якісний склад і кількісний вміст кислот жирних трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’

№ з/п	Час утримання, хв	Назва кислоти, тривіальна (IUPAC)	Вміст, мг/кг	Вміст, %
1	2	3	4	5
1.	12.67	пальмітинова (гексадеканова)	297,65	31,95

## Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5
2.	19.27	стеаринова (октадеканова)	45,68	4,90
3.	19.91	елаїдинова (транс-9-октадеценова)*	139,11	14,93
4.	21.52	лінолева (цис, цис-9,12-октадекадієнова)*	218,47	23,46
5.	23.89	α-ліноленова (цис, цис, цис-9,12,15-октадекатрієнова)*	142,91	15,35
6.	36.17	лігноцеринова (тетракозанова)	87,62	9,41
Всього			931,44	100
Сума ненасичених жирних кислот			500,49	53,74
Сума насичених жирних кислот			430,95	46,26

Примітки: 1. %\* – від загальної кількості ідентифікованих жирних кислот.

2. \* – ненасичені кислоти жирні.

За даними, наведеними в таблиці 3.6, у складі трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ ідентифіковано насичені, мононенасичені та поліненасичені жирні кислоти, представлені у вигляді метилових естерів. Загальний вміст жирних кислот становить 931,44 мг/кг, що свідчить про істотне накопичення ліпідних компонентів у досліджуваній рослинній сировині та підтверджує її біохімічну цінність як джерела жирних кислот різного ступеня ненасиченості.

У загальній структурі жирнокислотного складу переважають ненасичені жирні кислоти, сумарний вміст яких становить 500,49 мг/кг, що відповідає 53,7 % від загальної кількості ідентифікованих сполук. Вміст насичених жирних кислот складає 430,95 мг/кг (46,3 %). Отримане співвідношення свідчить про переважання біологічно активних ненасичених ліпідів у траві *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’.

Серед насичених жирних кислот домінуючою є пальмітинова кислота (гексадеканова, C16:0), вміст якої становить 297,65 мг/кг, що складає 31,9 % від загального вмісту жирних кислот. У менших кількостях виявлено стеаринову (октадеканову, C18:0) та лігноцеринову (тетракозанову, C24:0) кислоти, що є типовими компонентами ліпідного профілю рослин родини *Asteraceae*.

Особливу увагу привертають поліненасичені жирні кислоти, зокрема лінолева ( $\omega$ -6) та  $\alpha$ -ліноленова ( $\omega$ -3) кислоти. Їхній вміст становить 218,47 мг/кг та 142,91 мг/кг відповідно, що свідчить про істотну присутність есенціальних жирних кислот у досліджуваній сировині. Лінолева та ліноленова кислоти є життєво необхідними для організму людини й відомі під загальною назвою вітамін F [42].

$\alpha$ -ліноленова кислота належить до  $\omega$ -3 жирних кислот і є попередником простагландину E1, що зумовлює її здатність знижувати рівень холестерину в крові та підвищувати імунний захист організму [42-46]. Лінолева кислота, як представник  $\omega$ -6 жирних кислот, бере участь у синтезі жовчних кислот у печінці, впливає на гормональний баланс та регулює утворення простагландинів [47]. Поєднання лінолевої та ліноленової кислот широко застосовується у складі дієтичних добавок завдяки їхній біологічній синергії [48].

Таким чином, жирнокислотний склад трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' характеризується високим вмістом ненасичених, зокрема есенціальних  $\omega$ -3 та  $\omega$ -6 жирних кислот, що зумовлює потенційну фармакологічну танутрицевтичну цінність досліджуваної рослинної сировини.

### 3.7 Визначення числового показника – втрати в масі при висушуванні

Вміст гігроскопічної вологи та летких компонентів у повітряно-сухій рослинній сировині залежить від її морфологічних особливостей і може досягати 14 %. Перевищення допустимого рівня вологості негативно впливає на якість сировини, що проявляється змінами забарвлення, появою стороннього

запаху, розвитком пліснявих мікроорганізмів і деградацією БАР [29]. Також підвищена вологість створює сприятливі умови для інтенсивного росту мікрофлори, насамперед цвілевих грибів, що становить ризик накопичення мікотоксинів у готовій продукції.

Тому було проведено визначення втрати маси при висушуванні трави *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' з метою перевірки її відповідності встановленим нормативним показникам та оцінки придатності сировини до тривалого зберігання. Результати проведеного дослідження наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

**Визначення втрати в масі при висушуванні *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' трави**

Сировина	Втрата в масі при висушуванні, % (n=5)
Трава	10,32±0,29

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

Висновки до розділу 3

1. У траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' підтверджено наявність фенольних сполук (зокрема гідроксикоричних кислот) та флавоноїдів за результатами якісних реакцій.

2. Спектрофотометрично визначено вміст основних фенольних комплексів: сума гідроксикоричних кислот (у перерахунку на хлорогенову кислоту) – 1,05 %, сума флавоноїдів (у перерахунку на рутин) – 1,96 %, сума поліфенолів (у перерахунку на пірогалол) – 4,15 %.

3. Методом ВЕРХ ідентифіковано 8 індивідуальних флавоноїдів (рутин, ізокверцитрин, нарингін, фізетин, неогесперидин, кверцетин, рамнетин,

кастицин); сумарний вміст індивідуальних сполук – 3063,13 мкг/г, домінує рамнетин – 1530,50 мкг/г.

4. Одержано ліпофільну фракцію трави *Gazania rigens* ‘Tiger Stripes’, вихід якої становить 10,63 %; фракція є маслянистою коричнево-зеленою масою, добре розчиняється у хлороформі та практично не розчиняється у воді й 96 % етанолі.

5. Визначено пігментний склад: хлорофіл *a* – 4,32 мг/г, хлорофіл *b* – 2,98 мг/г, каротиноїди – 2,35 мг/г; сумарний вміст хлорофілів переважає каротиноїди приблизно у 3,1 рази.

6. Методом ГХ/МС встановлено жирнокислотний профіль: загальний вміст жирних кислот – 931,44 мг/кг; переважають ненасичені, серед яких основними є ліолева – 218,47 мг/кг і  $\alpha$ -ліноленова – 142,91 мг/кг; серед насичених домінує пальмітинова – 297,65 мг/кг.

7. Втрата в масі при висушуванні трави *Gazania rigens* сорту ‘Tiger Stripes’ становить 10,62 %, що є важливим показником якості та придатності сировини до зберігання.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз джерел літератури щодо поширення, ботанічної характеристики, хімічного складу, фармакологічної активності та біологічних властивостей *Gazania rigens* (L.) Gaertn.

2. У траві *Gazania rigens* сорту 'Tiger Stripes' за результатами якісних реакцій підтверджено наявність фенольних сполук, зокрема гідроксикоричних кислот і флавоноїдів.

3. Спектрофотометричним методом у досліджуваній сировині визначено кількісний вміст основних груп фенольних сполук, серед яких сума гідроксикоричних кислот становить 1,05 %; сума флавоноїдів – 1,96 %; сума поліфенолів – 4,15 %. Визначено пігментний склад: вміст хлорофілу а – 4,32 мг/г, хлорофілу b – 2,98 мг/г, каротиноїдів – 2,35 мг/г.

4. Методом ВЕРХ у траві *Gazania rigens* 'Tiger Stripes' ідентифіковано 8 індивідуальних сполук флавоноїдів: рутин, ізокверцитрин, нарингін, фізетин, неогесперидин, кверцетин, рамнетин та кастицин. Сумарний вміст ідентифікованих флавоноїдів становить 3063,13 мкг/г, при цьому домінує рамнетин – 1530,50 мкг/г (49,97 % від загальної кількості ідентифікованих флавоноїдів).

5. Методом ГХ/МС у досліджуваній сировині встановлено наявність пальмітинової, стеаринової, елаїдинової, лінолевої,  $\alpha$ -ліноленової та лігноцеринової кислот, загальний вміст яких становить 931,44 мг/кг. Переважають ненасичені жирні кислоти – 500,49 мг/кг (53,74 %), тоді як сума насичених становить 430,95 мг/кг (46,26 %). Основними компонентами є пальмітинова (297,65 мг/кг), лінолева (218,47 мг/кг),  $\alpha$ -ліноленова (142,91 мг/кг) та елаїдинова (139,11 мг/кг) кислоти.

6. Одержано ліпофільну фракцію трави *Gazania rigens* 'Tiger Stripes', вихід якої становить 10,63 %. Визначено числовий показник якості сировини – втрату в масі при висушуванні, що становить 10,32 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *WHO Traditional Medicine Strategy: 2014–2023*. Geneva : World Health Organization, 2013. 76 p.
2. Rolnik A., Olas B. The plants of the Asteraceae family as agents in the protection of human health. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22063009>.
3. Revisiting the ancient concept of botanical therapeutics / B. Schmidt, D.M. Ribnicky, P.E. Lipsky et al. *Nature Chemical Biology*. 2008. Vol. 7, No. 3. P. 360–366.
4. Koehn F.E., Carter G.T. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*. 2005. Vol. 4, No. 3. P. 206–220.
5. Natural products in drug discovery: advances and opportunities / A.G. Atanasov, S.B. Zotchev, V.M. Dirsch et al. *Nature Reviews Drug Discovery*. 2021. Vol. 20, No. 3. P. 200–216.
6. 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. Vol. 83, No. 3. P. 770–803.
7. Medicinal Plants of the Asteraceae Family / ред.: Н. Р. Devkota, Т. Aftab. Singapore : Springer Nature Singapore, 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/978-981-19-6080-2> (дата звернення: 15.11.2025).
8. Ethnobotanical overview of selected Asteraceae species / S. Majeed та ін. *Transactions of the Institute of Molecular Biology & Biotechnologies*. 2025. Т. 9, № 2. С. 55–58. URL: <https://doi.org/10.62088/timbb/9.2.7>
9. Kazeminia M., Mehrabi A., Mahmoudi R. Chemical composition, biological activities, and nutritional application of Asteraceae family herbs: A systematic review. *Trends in Phytochemical Research*. 2022. Т. 6, № 3. С. 187–213.
10. *Gazania rigens* (Madeira Plants Asterales) · iNaturalist. *iNaturalist*. URL: [https://www.inaturalist.org/guide\\_taxa/1902275?utm\\_source=google\\_cp](https://www.inaturalist.org/guide_taxa/1902275?utm_source=google_cp)



19. *Gazania rigens*. *CABI Compendium*. 2022. CABI Compendium. URL: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.24998> (дата звернення: 22.01.2026).
20. Hammoda H. M. Biologically-guided phytochemical investigation of *Gazania rigens* L. *Alexandria Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2009. Vol. 23, № 2. С. 96.
21. Isolation and chemical characterization of secondary metabolites from *Gazania rigens* and their antimicrobial and cytotoxic activities / M. N. Samy та ін. *Natural Product Research*. 2025. Vol. 39, № 19. С. 5722-5726. URL: <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2389555>
22. Jawad H. A., Kadhim E. J. Assessment of the cytotoxic effect of aerial parts of *Gazania rigens* hexane extract on HRT-18 and MCF-7 cell line and chemical composition analysis using GC/MS and LC/MS. *Plant Science Today*. 2024. URL: <https://doi.org/10.14719/pst.4164>
23. Antioxidant, hepatoprotective and nephroprotective activities of *Gazania rigens* against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity in rats / A. Abdel-Rhman та ін. *Traditional Medicine Research*. 2022. Т. 7, № 5. С. 44. URL: <https://doi.org/10.53388/tmr20220409001>
24. Дослідження флавоноїдів сировини *Dracoscephalum moldavica* L., *Malva neglecta* Wallr., *Gazania rigens* L. / А. І. Попик та ін. *Фундаментальні та прикладні дослідження у галузі фармацевтичної технології* : матеріали IV міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 25 жовт. 2024 р. Харків, 2024. С. 217.
25. Brickell C. *The Royal Horticultural Society A–Z Encyclopedia of Garden Plants* / C. Brickell. London : Dorling Kindersley, 2016.
26. *The European Garden Flora* / J. Cullen, S. G. Knees, H. S. Cubey (eds.). Cambridge : Cambridge University Press, 2011.
27. *The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening* / A. Huxley, M. Griffiths, M. Levy. London : Macmillan Press, 1992.

28. Державна Фармакопея України : у 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків : «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. 732 с.
29. Солодовниченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. Н. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: Посібник з фармакогнозії з основами біохімії лікарських рослин. Харків: Вид-во НФАУ. Золоті сторінки, 2001. 408 с.
30. Сініченко А. В. Фармакогностичне дослідження культивованих видів роду *Primula* L. : дис. ... канд. фармацевт. наук : 15.00.02. Х., 2020. 231 с.
31. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид., Т. 1. Х.: Держп-во «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. 1128 с.
32. Вивчення хлорофілів та каротиноїдів у листках сансевієрії гіацинтоподібної / В. Велма та ін. *Український біофармацевтичний журнал*. 2021. № 1(66). С. 62–65.  
URL: <https://doi.org/10.24959/ubphj.21.302>
33. Вивчення жирних кислот трави анісу звичайного / У. А. Умаров та ін. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*. 2020. Т. 18, № 4(72). С. 56–58. URL: <https://doi.org/10.24959/ophcj.20.208401>
34. Hydroxycinnamic Acids: Natural Sources, Biosynthesis, Possible Biological Activities, and Roles in Islamic Medicine / H. R. El-Seedi та ін. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2018. С. 269–292.  
URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64068-0.00008-5>
35. Hydroxycinnamic acids in the raw material of hybrid bearded iris / A. V. Krechun та ін. *Zaporozhye Medical Journal*. 2020. № 2.  
URL: <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2020.2.200632>
36. Basaraba R., Boiko V. Determination of flavonoids in the herb of *Gazania rigens* ‘tiger stripes’ by HPLC. «Запорізький фармацевтичний форум –

- 2025: *Фармація майбутнього – від сучасного стану до глобальних викликів*»: матеріали Всеукр. науково-практ. конф. з міжнар. участю, м. Запоріжжя, 20-21 листоп. 2025 р. Запоріжжя, 2025. С. 152–153.
37. Rhamnetin. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rhamnetin> (дата звернення: 04.11.2025).
38. Phospholipase A2, Oxidative Stress, and Neurodegeneration in Binge Ethanol-Treated Organotypic Slice Cultures of Developing Rat Brain / К.-Н. Moon та ін. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. 2013. Т. 38, № 1. С. 161–169. URL: <https://doi.org/10.1111/acer.12221>
39. Rhamnetin induces sensitization of hepatocellular carcinoma cells to a small molecular kinase inhibitor or chemotherapeutic agents / H. Jia та ін. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*. 2016. Т. 1860, № 7. С. 1417–1430. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2016.04.007>
40. Rhamnetin is a multifaceted flavonoid with potential in cancer therapy: current insights and future directions / M. A. Abdel-Rasol та ін. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2025. Т. 11, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s43094-025-00887-3>
41. Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application / Z. Zhang та ін. *Foods*. 2022. Т. 11, № 15. С. 2189. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11152189>
42. Pérez-Gálvez A., Viera I., Roca M. Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants*. 2020. Т. 9, № 6. С. 505. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9060505>
43. Quantitative analysis of fatty acids and monosaccharides composition in *Chamerion angustifolium* L. by GC/MS method / L. Slobodianiuk та ін. *Pharmacia*. 2022. Т. 69, № 1. С. 167–174. URL: <https://doi.org/10.3897/pharmacia.69.e76687>
44. Karpe F., Dickmann J. R., Frayn K. N. Fatty Acids, Obesity, and Insulin Resistance: Time for a Reevaluation. *Diabetes*. 2011. Т. 60, № 10. С. 2441–2449. URL: <https://doi.org/10.2337/db11-0425>

45. Kaur N., Chugh V., Gupta A. K. Essential fatty acids as functional components of foods- a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2012. T. 51, № 10. C. 2289–2303. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0677-0>
46. Alpha-Linolenic Acid: An Omega-3 Fatty Acid with Neuroprotective Properties—Ready for Use in the Stroke Clinic? / N. Blondeau та ін. *BioMed Research International*. 2015. T. 2015. C. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/519830>
47. Sears B., Perry M. The role of fatty acids in insulin resistance. *Lipids in Health and Disease*. 2015. T. 14, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0123-1>
48. Omega-3, omega-6, and total dietary polyunsaturated fat for prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials / T. J. Brown та ін. *BMJ*. 2019. C. 14697. URL: <https://doi.org/10.1136/bmj.14697>
49. Effect of unsaturated C<sub>18</sub> fatty acids (oleic, linoleic and  $\alpha$ -linolenic acids) on ruminal fermentation and production of fatty acids isomers in artificial rumen / D. Jalc та ін. *Veterinárni Medicína*. 2008. T. 52, No. 3. C. 87–94. URL: <https://doi.org/10.17221/2012-vetmed>