

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Фармацевтичний факультет
Кафедра фармацевтичної хімії**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «АНАЛІЗ САПОНІНІВ У *SIRAITIA GROSVENORII*»

Виконала: здобувач вищої освіти 5 курсу, групи
Фм21(4.10д)-01

Спеціальності 226 Фармація, промислова
фармація

освітньо-професійної програми Фармація

Валерія ЯВОРСЬКА

Керівник Доктор фармацевтичних наук,
завідувач кафедри фармацевтичної хімії НфаУ
професор Вікторія ГЕОРГІЯНЦ

Доктор фармацевтичних наук, професор
Університету Бургундії (Франція)

Anne-Claire MITAINE-OFFER

Рецензент Кандидат фармацевтичних наук,
доцен кафедри фармакогнозії та нутриціології
НФаУ Олена НОВОСЕЛ

Харків-2026 рік

АНОТАЦІЯ

Сапоніни, зокрема тритерпенові глікозиди з рослинної сировини *Siraitia grosvenorii* C. Jeffrey, мають значний потенціал у харчовій та фармацевтичній промисловості, проте їхня складна структура ускладнює процеси екстракції та очищення. Головною метою нашого дослідження було виділення та очищення сапонінів із солодких плодів *Siraitia grosvenorii* з використанням загальних протоколів та експериментальних підходів. Завдяки застосуванню різних хроматографічних методів було отримано зразок суміші ізольованих сапонів, що дозволить провести подальший структурний та біологічний аналіз у майбутніх дослідженнях.

Ключові слова: цукор, *Siraitia grosvenorii*, сапоніни, могозиди, екстракція, очищення.

Загальна структура даної роботи складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Робота охоплює обсяг в 47 сторінок, без урахування списку використаних джерел. Робота містить 32 рисунки, 5 таблиць, 35 літературних джерел та 5 додатків.

ABSTRACT

Saponins, including triterpene glycosides from plant materials *Siraitia grosvenorii* C. Jeffrey hold great potential in the food and pharmaceutical industries, yet their complex structures complicate extraction and purification. The main objective of our study was to isolate and purify saponins from the sweet fruits of *Siraitia grosvenorii* using general protocols and experimental approaches. Through the application of various chromatographic methods, a mixture of purified saponins was obtained, enabling further structural and biological analysis in future research.

Keywords: sugar, *Siraitia grosvenorii*, saponins, mogrosides, extraction, purification.

The general structure of this thesis consists of an introduction, three chapters, conclusion, and a list of references. The thesis includes 47 pages, not counting the list of references. It contains 32 figures, 5 tables, 35 references and 5 appendices.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
1. РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ САПОНІНІВ ЯК ГРУПИ ПРИРОДНИХ ХІМІЧНИХ СПОЛУК. ХАРАКТЕРИСТИКА <i>SIRAITIA GROSVENORII</i> ЯК ДЖЕРЕЛА ТРИТЕРПЕНОВИХ САПОНІНІВ.....	5
1.1. Хімічна структура, біологічна активність та загальні характеристики сапонінів.....	5
1.2. Особливості екстракції, виділення та очищення сапонінів.....	7
1.3. Загальна характеристика <i>Siraitia grosvenorii</i> – ботанічні особливості та хімічний склад сировини.....	8
1.4. Хімічна будова та властивості могозидів як ключової групи сполук у сировині <i>Siraitia grosvenorii</i>	11
1.5. Загальна характеристика смакових властивостей могозидів, поширеність застосування, переваги та недоліки над іншими цукрозамінниками.....	13
1.6. Біологічна активність могозидів <i>Siraitia grosvenorii</i> – напрямки та потенціал використання в медицині.....	14
1.7. Висновки за розділом 1.....	17
2. РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ЗАЛУЧЕНИХ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАКЦІЇ ТА ОЧИЩЕННЯ САПОНІНІВ ІЗ ПЛОДІВ <i>SIRAITIA GROSVENORII</i>	20
2.1. Матеріали залучені в процесі дослідження.....	20
2.2. Методи залучені в процесі дослідження.....	21
2.3. Висновки за розділом 2.....	27
3. РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ТА ТРАДИЦІЙНІ НАПРЯМКИ ЕКСТРАКЦІЇ, ВИДІЛЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ТРИТЕРПЕНОВИХ САПОНІНІВ З ПЛОДІВ <i>SIRAITIA GROSVENORII</i>	29

3.1.	Екстракція сполук із плодів <i>Siraitia grosvenorii</i> – отримання первинного екстракту. Процес попереднього очищення первинного екстракту.....	29
3.2.	Процеси виділення індивідуальних речовин зі зразків отриманих в результаті попереднього очищення екстракту плодів <i>Siraitia grosvenorii</i>	33
3.3.	Результати комплексу процесів виділення - завершальні етапи підготовки чистої суміші сапонінів та узагальнення експериментального процесу.....	41
3.4.	Висновки за розділом 3.....	43
ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....		45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		48

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

SGF - *Siraitia grosvenorii* fructus

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія

ВЕТШХ – високоефективна тонкошарова хроматографія

ВРХ – вакуумна рідинна хроматографія

КХ – колонкова хроматографія

МЕ – мікрохвильова екстракція

РХСТ – рідинна хроматографія середнього тиску

ТШХ - тонкошарова хроматографія

ВСТУП

Цукор є одним із основних продуктів як у харчовій промисловості, так і в щоденному раціоні людей у всьому світі. У промисловості він виступає важливим інгредієнтом, який впливає та визначає смак, консистенцію, колір та термін придатності продуктів. Для індивідуального споживача цукор є основним джерелом швидкої енергії та підсилювачем смакових характеристик страв, та залучається у найрізноманітніших кулінарних процесах [1, 2]. Проте сучасні тенденції вказують на постійне та стійке зростання споживання вільних цукрів [3], до яких належать усі моносахариди та дисахариди, додані до харчових продуктів виробниками або споживачами.

Надмірне споживання цих цукрів встановлене як одна із головних причин неінфекційних захворювань. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я харчування, що включає надмірну кількість вільного цукру (більше 10% від загальної кількості спожитих калорій за день) напряду пов'язане із глобальною епідемією ожиріння та цукрового діабету II типу. Станом на початок 2026 року понад 1,1 мільярда дорослих страждають на ожиріння, а приблизно 590 мільйонів – на діабет [4, 5]. Супутніми наслідками є значна кількість системних патологій, таких як інсулінорезистентність, хронічні системні запальні процеси, підвищений ризик серцево-судинних захворювань і певних видів раку.

У цьому контексті використання природних заміників цукру стало перспективним рішенням для зменшення споживаних калорій та поступового регулювання прихильності споживачів до вільного цукру без втрати смакових якостей їжі. Серед них вагомим представником є екстракт із плодів тропічної ліани – *Siraitia grosvenorii* C. Jeffrey. Характерна солодкість екстракту пояснюється могозидами – групою тритерпенових сапонінів, які можуть бути до 425 разів солодшими за сахарозу, будучи при цьому некалорійними та неглікемічними [6, 7].

Зважаючи на вище описані дані робота в напрямку отримання нових якісних цукрозамінників є дуже актуальною та нагальною, а залучення відомої рослинної сировини надає стійку основу для такого роду досліджень.

Дане дослідження має на меті отримати ізольовані сапоніни із плодів *Siraitia grosvenorii* та забезпечити просування в розумінні активації рецепторів солодкого смаку TAS1R2/TAS1R3 могозидами відмінними від могозиду V.

Завданнями даного дослідження є:

1) провести аналіз властивостей і особливостей сапонінів як групи природних хімічних сполук та визначити напрямки їх екстрагування та очищення;

2) здійснити виконання процесів екстрагування та очищення сапонінів із плодів *Siraitia grosvenorii*, залучивши комплекс традиційних та сучасних технологічних методів;

3) отримати зразок чистих сапонінів та підготувати його до наступних етапів дослідження – мас-спектрометрії, ядерного магнітного резонансу та оцінки біологічно активності в особливості активації рецепторів солодкого смаку TAS1R2/TAS1R3;

4) проаналізувати роль могозидів *Siraitia grosvenorii* як цукрозамінників та встановити їх потенційні напрямки залучення за межами нутрицевтики, а саме в медицині.

Об'єктом цього дослідження є рослинна сировина плодів *Siraitia grosvenorii*.

Предметом даного дослідження є роль могозидів як цукрозамінників і перспективних біологічно активних речовин та напрямки їх екстракції і очищення із плодів *Siraitia grosvenorii*.

У цьому дослідженні було залучено комплекс практичних та теоретичних методів. Теоретичний метод включав у себе систематичний огляд літературних джерел та наукових баз даних таких як PubMed та Scopus. Практичні лабораторні методи залежали від етапу дослідження та включали в себе: мікрохвильову екстракцію (МЕ), тонкошарову хроматографію (ТШХ),

високоєфективну тонкошарову хроматографію (ВЕТШХ), вакуумну рідинну хроматографію (ВРХ), колонкову хроматографію (КХ), рідинну хроматографію середнього тиску (РХСТ) та високоєфективну рідинну хроматографію (ВЕРХ).

Апробація результатів дослідження і публікації була здійснена за частиною результатів, отриманих в процесі дослідження які були представлені у вигляді усних доповідей на: VII Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «YOUTH PHARMACY SCIENCE» (10 грудня 2025 р.); на XXXII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ НОВИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ» (16 квітня 2026 р.). Також було опубліковано постерну роботу у рамках Міжнародної інтернет-конференції «MODERN CHEMISTRY OF MEDICINES» (7 листопада 2025 р.) та тези в матеріалах конференцій:

Яворська В. С., Михайленко О. О., Георгіянц В. А., Mitaine-Offer A.-C. Сапоніни плодів *Siraitia grosvenorii* – застосування в нутрицевтиці та потенціал в медицині / Матеріали VI Науково-практичної конференції з міжнародною участю «PLANTA+. НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА» (м. Київ, 23 січня 2026 р.). – К. – Т. 1. – С. 195-197.

Yavorska V., Mitaine-Offer A.-C., Georgiyants V., Mykhailenko O. Analysis of the quantitative and qualitative content of saponins in *Siraitia grosvenorii* / Матеріали Міжн. internet-конф. «Modern chemistry of medicines» (м. Харків, 7 листопада 2025 р.). – Х.: НФаУ. – С. 69.

Структура даної наукової роботи складається зі вступу та трьох розділів, в яких проведено аналіз літературних джерел щодо об'єкта дослідження, надано інформацію щодо матеріалів і методів дослідження та проведено опис експериментальної частини. Заключна частина роботи включає в себе загальний висновок. Загальний обсяг роботи – 47 сторінок; вона містить 32 рисунки, 5 таблиць, 35 літературних джерел та 5 додатки.

Виконання експериментальної частини дослідження здійснювалося на базі лабораторії фармакогнозії кафедри фармації, факультету медичних наук Університету Бургундії в місті Діжон, Франція, під професійним керівництвом доктора фармацевтичних наук, професорки Anne-Claire Mitaine-Offer. Дана співпраця була можливою завдяки програмі академічної мобільності Erasmus+ між Національним фармацевтичним університетом та Університетом Бургундії.

РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ САПОНІНІВ ЯК ГРУПИ ПРИРОДНИХ ХІМІЧНИХ СПОЛУК. ХАРАКТЕРИСТИКА *SIRAITIA GROSVENORII* ЯК ДЖЕРЕЛА ТРИТЕРПЕНОВИХ САПОНІНІВ

1.1. Хімічна структура, біологічна активність та загальні характеристики сапонінів

Сапоніни – це різноманітна група природних глікозидних сполук, широко поширених у рослинному світі. Термін «сапоніни» походить від поверхнево-активних властивостей цих речовин, які імітують властивості мила. Їх молекулярна структура визначається вираженим аліфатичним характером, що виникає в результаті ковалентного зв'язку високополярних гідрофільних цукрових фрагментів з неполярним ліпофільним тритерпеноїдним або стероїдним агліконом [8]. Ця структурна подвійність дозволяє сполукам значно знижувати поверхневий натяг води, що призводить до утворення стійкої, стабільної піни, що є характерною ознакою водних екстрактів, отриманих з рослин, багатих на сапоніни. Історично ця властивість визначила загальні назви декількох видів, зокрема *Saponaria officinalis* L. (мильнянка лікарська), яка слугувала традиційним джерелом природного детергенту [8].

Сапоніни є важливим компонентом хімічного захисту різних видів рослин проти біологічних загроз. Вони забезпечують широкий спектр інгібуючої дії проти патогенів і травоїдних тварин за рахунок антимікробної, протигрибкової, протипаразитарної та молюскоцидної активності [9].

Розглядаючи хімічну структуру сапонінів, варто зауважити, що основний ланцюг аглікону зазвичай містить від 27 до 30 атомів Карбону. Він розділяє сапоніни на дві основні групи: тритерпеноїдні сапоніни, що складаються з 30 атомів Карбону та містять 6 циклів та стероїдні сапоніни, що складаються з 27 атомів Карбону та містять 5 циклів. Цукрова частина зазвичай утворена моносахаридами або олігосахаридами та приєднується до аглікону в положенні С-3 за допомогою ковалентного зв'язку [10].

До поширених цукрів належать D-глюкоза, D-галактоза, L-рамноза, L-арабіноза та D-глюкуронова кислота. Залежно від кількості цукрових ланцюгів, сапоніни класифікуються як монодесмозидні – один ланцюг, бідесмозидні – два ланцюги, часто в положенні C-3 і C-28 або тридесмозидні – три ланцюги (рис. 1.1.) [10].

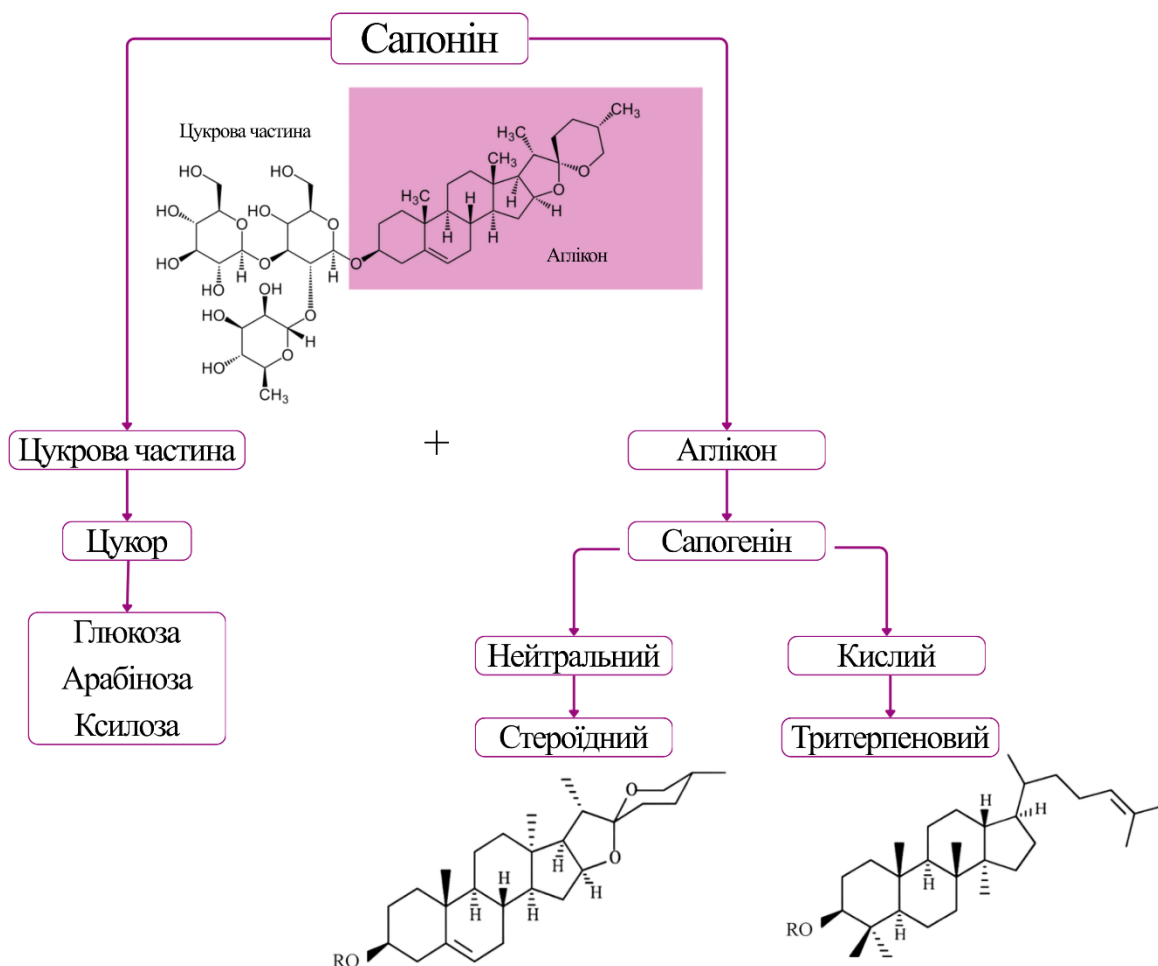


Рисунок 1.1. Загальна класифікація та хімічна структура сапонінів.

Сапоніни зазвичай асоціюються з гірким смаком, проте структурні та молекулярні хімічні фактори, що визначають активацію гіркового смаку, залишаються невідомими. Через свою складну молекулярну структуру сапоніни можуть взаємодіяти з іншими смаковими сполуками, потенційно змінюючи сприйняття смаку кінцевого продукту. На даному етапі

дослідження в цій галузі не є такими ж широкими, як в інших областях біологічної активності сапонінів [10].

Сапоніни мають широкий спектр фармакологічних властивостей, включаючи протизапальну, антибактеріальну, протигрибкову, противірусну, протиракову та цитотоксичну дію. Крім того, вони пов'язані зі зниженням рівня холестерину як у тварин, так і у людей, що ще більше підкреслює їх потенціал застосування в терапевтичних та нутрицевтичних цілях [10].

1.2. Особливості екстракції, виділення та очищення сапонінів

Якісна екстракція та виділення сапонінів може бути проблематичним, насамперед через їх структурну різноманітність. Варіації в агліконовій частині, такі як наявність гідроксильних (-OH), метильних (-CH₃) або карбоксильних (-COOH) груп, відмінності в кількості, типі, розташуванні та орієнтації приєднаних цукрових одиниць здатні ускладнювати процес. Сапоніни, як правило, є високополярними, хімічно та термічно нестабільними, нелетючими і часто присутні в низьких концентраціях у рослинних матеріалах, що вимагає обережного поводження під час екстракції та переробки. Крім того, вони можуть зустрічатися у вигляді складних сумішей структурно споріднених сполук з подібною полярністю, що робить їх розділення особливо складним [11].

У минулому робота з сапонінами полягала в гарячій екстракції рослинного матеріалу за допомогою водних спиртових розчинів з подальшим випарюванням спирту та переведенням сапонінів в бутанолову фазу при проведенні рідинно-рідинної екстракції. Проблема гарячої екстракції полягає в тому, що нестабільні структури (наприклад, ацильовані форми сапонінів) можуть розпадатися, утворюючи похідні, а не справжні сапоніни. Також варто зауважити, що використання метанолу для екстракції, особливо стероїдних сапонінів, може вплинути на їх структуру шляхом метилювання сполук. Таким

чином, для отримання реального складу сапонінів краще використовувати холодне екстрагування розчинами етанолу та води [11].

Останні дослідження напрямку екстракції зосереджуються на технологіях, що підвищують її ефективність за рахунок скорочення часу екстракції та зниження відходів розчинника без погіршення якості зразка. До прикладу встановлено, що мікрохвильова та ультразвукова екстракції є відносно недорогими, простими та ефективними методами і можуть бути застосовані в даному напрямку [11].

Зважаючи на комплексність сполук, для виділення чистих сапонінів доцільно застосовувати кілька послідовних методів виділення та очищення. Ці методи можуть включати в себе тонкошарову хроматографію (ТШХ), колонкову хроматографію (КХ), рідинну хроматографію середнього тиску (РХСТ) та високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ), кожна з яких за належних умов сприяє ефективному розділенню окремих сапонінів [11].

1.3. Загальна характеристика *Siraitia grosvenorii* – ботанічні особливості та хімічний склад сировини

Siraitia grosvenorii C. Jeffrey, широко відома як монк фрук – це багаторічна ліана з родини *Cucurbitaceae*. Історія її вирощування та використання налічує сотні років та походить із провінції Гуйлінь в Китаї, на яку припадає понад 90% світового виробництва сировини. Ця рослина має специфічні вимоги до навколишнього середовища, зазвичай процвітає біля підніжжя схилів пагорбів і в прибережних водно-болотних угіддях. Росте як чагарник на висоті від 400 до 1400 м над рівнем моря [6]. Містить різноманітні біологічно активні сполуки, які мають потенційну користь для здоров'я. Історично плоди використовують як натуральний підсолоджувач їжі, а також як традиційний засіб для оздоровлення легенів, лікування сонячного удару, полегшення сильної спраги, запорів, болю в горлі, кашлю та застуди [12].

Визначено присутність щонайменше 131 тритерпеноїда, 31 флавоноїда, 27 амінокислот, 19 ефірних олій, 6 полісахаридів, 19 мінералів та 4 вітамінів у сировині *Siraitia grosvenorii* (рис. 1.2.) [13].

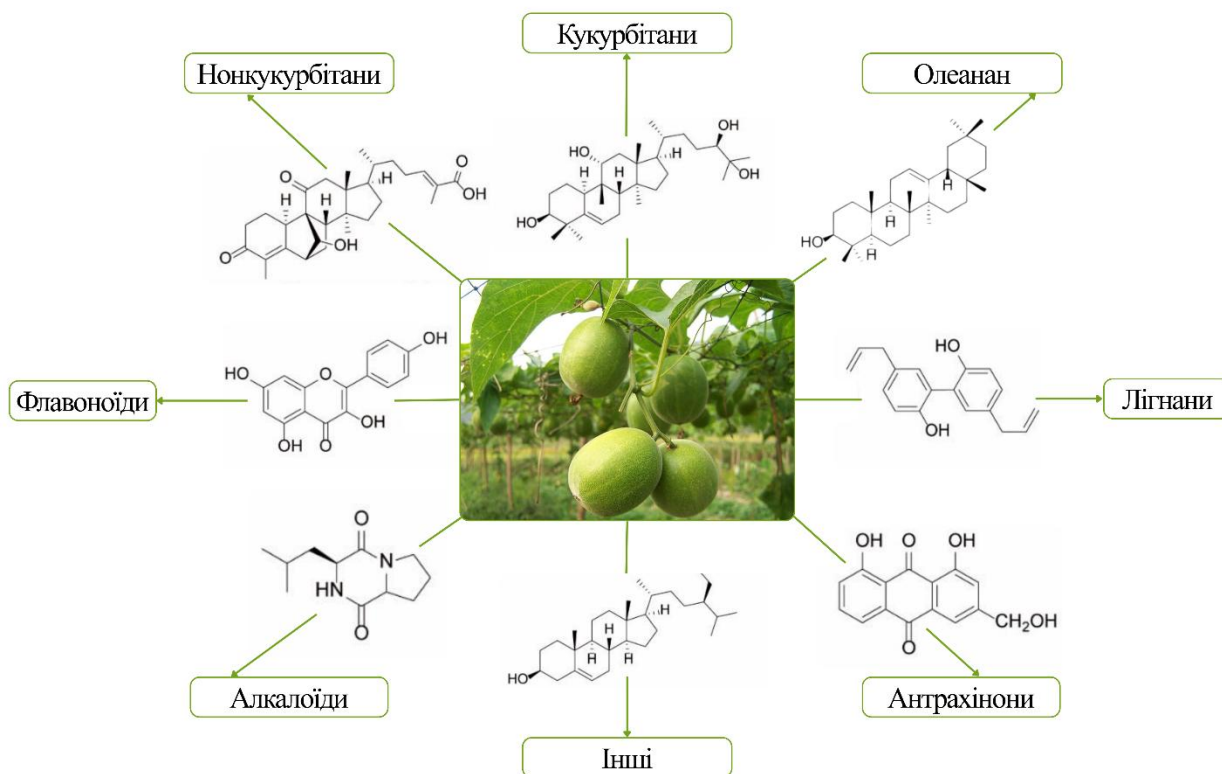


Рисунок 1.2. Зображення рослинної сировини *Siraitia grosvenorii*. Перелік характерних груп біологічно активних сполук, що входять до складу сировини *Siraitia grosvenorii* та їх структурні формули [14].

Виділення дослідниками тритерпенових глікозидів з *Siraitia grosvenorii* вперше відбулося в 1975 році [15], наступні роки слугували детальному вивченню хімічного складу сировини, що призвело до виділення та ідентифікації різноманітних тритерпенових сапонінів *S. grosvenorii*, які є основними активними інгредієнтами і забезпечують солодкий смак. Їх можна розділити на загальні кукурбітани та некукурбітани. Основні структурні відмінності між цими сполуками полягають у кількості та положенні цукрових ланцюгів, приєднаних до одного і того ж скелету кукурбітанового типу,

включаючи моносахариди, дисахариди та трисахариди, цукрові ланцюги зазвичай приєднані до С-2, С-4 або С-6 положень скелету [14].

Кукурбітадієнол є основним попередником кукурбітанових тетрациклічних тритерпеноїдів, виділених з різноманітних рослин родини *Cucurbitaceae*. Вторинні метаболіти, що утворюються з рослини *S. grosvenorii*, відомі як могозиди, є основними активними компонентами плодів. Більшість з них є солодкими та складають близько 1,19% у свіжих плодах і 3,82% у порошок сушених плодів [14].

Флавоноїди – це клас поліфенольних сполук з флавоноїдною структурою, які широко поширені в рослинах. Зазвичай їх поділяють на флавоноїди, ізофлавоноїди, флаванони та флавоноїдні глікозиди. Флавоноїди в *S. grosvenorii* – це переважно кверцетин і кемпферол, а також різні похідні глікозидів з цими двома флавоноїдами в якості материнського ядра. Було встановлено, що загальний вміст флавоноїдів перебуває в кількостях від 5 до 10 мг в одному свіжому плоді *S. grosvenorii* [6].

Вільні амінокислоти, ключові учасники синтезу білка, беруть участь в метаболізмі та підтримують належне функціонування організму. Щоб зрозуміти розподіл амінокислот у *S. grosvenorii*, дослідники вивчали вміст білка як у свіжих, так і в сушених плодах, виявивши діапазони 8,67%-13,35% та 7,1%-7,8% відповідно. Було виділено 23 амінокислоти, серед них гістидин, триптофан, серин, гліцин, лізин, тирозин, аспарагінова кислота, фенілаланін, валін, глютамінова кислота і пролін [13].

Полісахариди представляють собою полімерні вуглеводні макромолекули, що складаються з довгих ланцюгів моносахаридних одиниць, з'єднаних глікозидними зв'язками. Вміст полісахаридів був найвищим у м'якоті *S. grosvenorii* (7,55%), тоді як вміст полісахаридів у насінні був найнижчим (3,12%). Загальний вміст цукру в плодах *S. grosvenorii* коливався від 25,17% до 38,31%, включаючи відновлювані сахариди, що становили від 16,11% до 32,74% та в основному складається з манози, арабінози та ксилози, з високим вмістом глюкози [6, 14].

У плодах *S. grosvenorii* також містяться деякі вітаміни, такі як тіамін (вітамін В1), рибофлавін (вітамін В2) та аскорбінова кислота (вітамін С). Серед них вміст вітаміну В1 у 100 г свіжих плодів становить 338 мг, а вітаміну В2 – 123 мг. Кількість вітаміну С, виявлена в *S. grosvenorii*, сильно варіюється залежно від сорту, джерела, стадії росту, зрілості, відмінностей в обладнанні для сушіння, проте за певних умов може перевищувати концентрацію характерну для популярних і широко асоційованих з вітаміном С плодів, таких як цитрусові, яблука, груші, виноград та хурма [13].

Siraitia grosvenorii також містить олії, що в основному зосереджені в насінні, в кількостях від 27% до 33%. Загальний склад олії насіння *S. grosvenorii* є різноманітним та складається з летких і жирних компонентів, включаючи альдегіди, такі як гексаналь, нонаналь і деканаль, пальмітинову кислоту, а серед основних складових визначають сесквітерпен фарнезол, що становить 52,4% від загального складу олії [6].

1.4. Хімічна будова та властивості могозидів як ключової групи сполук у сировині *Siraitia grosvenorii*

Могозиди класифікуються як тетрациклічні тритерпенові глікозиди, що належать до групи кукурбітанового типу. Агліконова основа цих сполук, відома як могорол, має скелет типу стерану С30 з характерним переміщенням метильної групи з позиції С-10 до позиції С-9 та подвійним зв'язком у позиції С-5. Присутність сполук подібної структурної будови є характерною рисою родини *Cucurbitaceae*. Молекула могозиду утворюється шляхом приєднання різної кількості глюкозних одиниць (глюкопіранозидів) до цього агліконового ядра через бета-глікозидні зв'язки, що зазвичай відбуваються в гідроксильних групах С-3 і С-24 [14].

Структурна різноманітність могозидів визначається в першу чергу ступенем глікозилювання та конкретним розташуванням цукрових фрагментів. Вони класифікуються за кількістю залишків глюкози в молекулі,

від могозиду I до могозиду VI. Наприклад, могозид V, найпоширеніший і комерційно значущий компонент плодів, містить п'ять одиниць глюкози – дві приєднані в положенні C-3 і три в положенні C-24 [14] (рис. 1.3.).

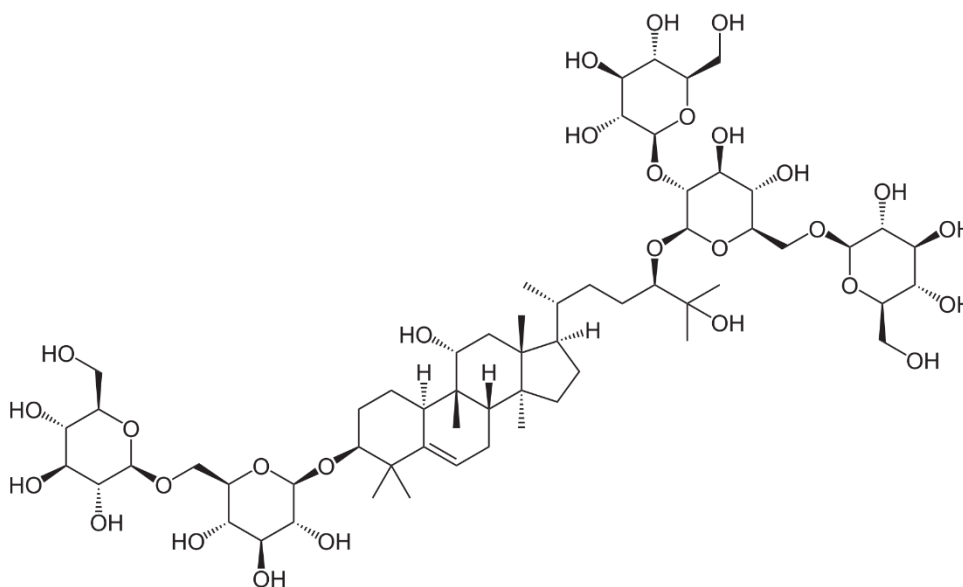


Рисунок 1.3. Структурна формула могозиду V

Складність цих глікозидних ланцюгів безпосередньо впливає на фізико-хімічні властивості сполук, включаючи їх високу розчинність у воді та стабільність за різних температур та умов рН [14].

Поза стандартною класифікацією існує кілька другорядних могозидів та похідних, які часто є результатом відмінностей в окисному стані аглікону або структурі розгалуження цукрових ланцюгів. Ізомери, такі як ізо-могозид V, відрізняються від стандартного могозиду V специфічними типами зв'язків між одиницями глюкози. Крім того, 11-оксо-могозиди, в яких гідроксильна група в положенні C-11 окислюється до кетону, також представляють окремий підклас [14].

Характерною особливістю могозидів є їх інтенсивна солодкість, яка може бути в 300 разів солодшою за сахарозу. Дослідження взаємозв'язку між структурою та активністю показує, що інтенсивність солодкого смаку залежить від кількості та розташування залишків глюкози. Як правило,

солодкість збільшується з додаванням одиниць глюкози до певної межі. Могрозид V визнаний найсолодшим компонентом, тоді як могрозиди з менш ніж трьома одиницями глюкози, такі як могрозид II, часто мають гіркий або нейтральний смак. Орієнтація гідроксильної групи в положенні C-11 також є критичним фактором, що визначає смаковий профіль. Наявність beta-орієнтованої гідроксильної групи в положенні C-11 пов'язана з чистим, солодким смаком могрозиду V, тоді як модифікації цього положення або втрата певних залишків цукру можуть зумовлювати гіркий присмак, який часто асоціюється з іншими кукурбітацінами [14].

1.5. Загальна характеристика смакових властивостей могрозидів, поширеність застосування, переваги та недоліки над іншими цукрозамінниками

Популярність могрозидів у світовому продовольчому ринку зростає, оскільки виробники шукають натуральні підсолоджувачі з високою інтенсивністю солодкого смаку, що відповідають тенденції чистої етикетки. Станом на початок 2026 року світовий ринок підсолоджувачів з плодів монк оцінюється приблизно в 448,57 млн доларів, причому прогнозується зростання до 818,71 млн доларів до 2034 року, що відповідає середньорічному темпу зростання (CAGR) на рівні 7,81% [16].

Смаковий профіль екстракту *Siraitia grosvenorii* визначається його вмістом могрозидів, які є до 425 разів солодшими за сахарозу [6]. Могрозид V є вагомим підсолоджувачем, що використовується в промисловості та надає чисту солодкість без гіркого металевого присмаку, який часто асоціюється з іншими натуральними підсолоджувачами. Однак сенсорні відчуття від могрозидів можуть значно відрізнятись залежно від чистоти та конкретної групи присутніх глікозидів. Наприклад, сіаменозид I визнаний найпотужнішим природним підсолоджувачем у цій рослині, досягаючи інтенсивності, що в 563 рази перевищує інтенсивність сахарози, тоді як могрозиди II та III загалом характеризуються відсутністю солодкого смаку і

можуть надавати нейтральних або злегка гірких нот у менш чистих екстрактах [14].

Перевага могозидів у харчовій промисловості зумовлена їх термічною та хімічною стабільністю. На відміну від синтетичних підсолоджувачів, таких як аспартам, який розкладається під дією тепла, могозиди зберігають свою структурну цілісність та підсолоджувальну здатність при високих температурах. Ця характеристика робить їх підходящим інгредієнтом для хлібопекарської промисловості, де їх використовують у тортах, зернових батончиках та хлібі. Крім того, могозиди демонструють високу стабільність у широкому діапазоні значень рН (від 2,0 до 10,0), що є важливим для їх застосування у газованих напоях, фруктових соках та підкислених молочних продуктах, таких як питні йогурти [17].

Однак головним недоліком залишається вартість виробництва. Вирощування та екстракція з плодів *Siraitia grosvenorii* є трудомісткими та географічно обмеженими, що призводить до вищої ціни порівняно із синтетичними підсолоджувачами та іншими природними альтернативами [16]. Також несприятливим фактором є неповноцінна врегульованість та впровадження даних цукрозамінників. Наприклад, висококонцентровані препарати могозидів широко схвалені в США та багатьох частинах Азії проте вони все ще проходять процедуру затвердження для нових харчових продуктів в Європейському Союзі, що наразі обмежує їх використання в певних європейських промислових секторах, в тому числі для певних категорій напоїв [18]. Незважаючи на ці обмеження, їх якісний смаковий профіль та стабільність надають їм значного потенціалу в харчовій промисловості.

1.6. Біологічна активність могозидів *Siraitia grosvenorii* – напрямки та потенціал використання в медицині

Окрім своєї вагової ролі як підсолоджувачів могозиди можуть проявляти біологічну активність, що характеризується складним комплексом властивостей, які впливають на функціонування різних органів та систем,

серед яких відзначають імунну, респіраторну та нервову системи. Також відомою є активність щодо метаболічних процесів, а саме гіпоглікемічна активність. Крім того могозиди здатні проявляти протимікробний та протираковий ефект. Усі ці складові визначають напрямки та встановлюють потенціал застосування екстрактів плодів *Siraitia grosvenorii* в медицині [6].

В напрямку метаболічної регуляції могозиди проявляють антидіабетичну активність, модулюючи гомеостаз глюкози через кілька різних фізіологічних процесів. Один з основних механізмів передбачає активацію сигнального шляху AMP-активованої протеїнкінази у печінці та скелетних м'язах, що посилює поглинання глюкози та пригнічує глюконеогенез, ефективно знижуючи системний рівень глюкози в крові [19]. Крім того, було показано, що могозиди захищають beta-клітини підшлункової залози від окисного пошкодження та сприяють секреції інсуліну, також потенційно пригнічуючи активність alpha-амілази та alpha-глюкозидази, тим самим знижуючи швидкість всмоктування вуглеводів у травному тракті [20, 21]. Могозиди проявляють ліпідорегулюючі та жирознижувальні функції за рахунок зниження рівня загального холестерину, тригліцеридів та ліпопротеїдів низької щільності в сироватці крові, одночасно підвищуючи рівень ліпопротеїдів високої щільності [6].

Протизапальні та антиоксидантні ефекти могозидів забезпечують додатковий рівень терапевтичної користі, особливо при лікуванні метаболічного синдрому та респіраторних захворювань. Могозиди діють як ефективні поглиначі активних форм кисню та підвищують експресію ендогенних антиоксидантних ферментів, таких як супероксиддисмутаза та глутатіонпероксидаза, що захищає клітини від апоптозу, спричиненого окислювальним стресом [20]. Ці властивості особливо актуальні при лікуванні хронічних запальних захворювань, в тому числі пов'язаних з надмірним споживанням цукру, таких як діабетична нефропатія та неалкогольна жирова хвороба печінки, де вони допомагають запобігати фіброзу тканин та дисфункції органів [22].

Протимікробна протівірусна та протимікробна активність могозидів також є перспективним напрямком застосування. Наприклад, останні дослідження дозволили ідентифікувати могозид V як потужний інгібітор вірусної реплікації, особливо проти вірусів з оболонкою. Механізм, що лежить в основі цього ефекту, передбачає пряме пригнічення експресії вірусної мРНК та інгібування вірусних титрів [23]. Також було доведено, що екстракти багаті на могозиди, виявляють інгібуючий ефект проти поширених патогенів ротової порожнини та дихальних шляхів, таких як збудники фарингіту та карієсу. Цей механізм прояснюється порушенням сигнальних шляхів бактерій та інгібуванням утворення біоплівки, що запобігає колонізації слизових оболонок [13]. Крім того, їхня взаємодія з корисною мікробіотою кишечника сприяє росту корисних бактерій при одночасному пригніченні патогенних штамів, що вказує на пребіотикоподібний антимікробний ефект [24].

Нейропротекторні властивості могозидів є одним із найперспективніших напрямків їх застосування, особливо в контексті вікових нейродегенеративних захворювань. Могозид V продемонстрував здатність зворотного розвитку рухових порушень та захисту дофамінергічних нейронів шляхом підвищення експресії Sirtuin 3 (SIRT3). Цей білок є необхідним для підтримання цілісності мітохондрій. Посилюючи активність SIRT3, могозиди зменшують надмірне утворення активних форм кисню та відновлюють потенціал мітохондріальної мембрани, тим самим запобігаючи апоптозу нейронів [25].

У галузі онкології могозиди виявляють значну протипухлинну активність, селективно впливаючи на механізми проліферації та виживання ракових клітин. Останні дослідження вказують на те що могозиди можуть індукувати затримку клітинного циклу в фазі G1 та сприяти апоптозу в різних лініях ракових клітин, зокрема колоректальних, ларингеальних та легеневих, переважно шляхом пригнічення сигнальних шляхів PI3K/Akt/mTOR та STAT3 [26]. Крім того, їхня здатність захищати нормальні клітини від окисного пошкодження під час хіміотерапії вказує на їхню потенційну роль як

допоміжної терапії для зменшення токсичності традиційних методів лікування та підвищення їхньої загальної ефективності [20].

Медичне застосування *Siraitia grosvenorii*, що має коріння в традиційній китайській медицині, продовжує активно просуватися у сучасній фармацевтичній галузі. Екстракти плодів монк фрукта історично використовувалися для лікування хронічного кашлю, бронхіту та ангіни та на даний час поступово інтегруються в стандартизовані фітофармацевтичні препарати. Наприклад, поточні дослідження 2026 року висвітлюють розробку порошків-електролітів з вмістом могозидів, які використовують гіпоглікемічні та антиоксидантні властивості рослини (рис. 1.4.) [27].

HYDRAZERO™
ZERO CALORIE
ELECTROLYTE & HYDRATION MIX

Hydrate. Revive. Perform.
Zero Sugar • Zero Calories • Maximum Hydration
Just Mix • Shake • Go!

SMART HYDRATION FOR EVERY LIFESTYLE

Ingredients (per 1 serving /2g sachet):	
Ingredient	Quantity (ing)
Sodium Chloride (NaCl)	700 mg
Potassium Chloride (KCl)	400 mg
Trisodium Citrate Dihydrate	750 mg
Citric Acid	70 mg
Monk Fruit Extract	30 mg
Total	2000 mg (2 g)

Nutrient	Amount	Amount
Energy	0kcal	0g
Total Carbohydrates	0g	0g
Sugars	0g	0g
Protein	0g	0g

Rehydrate. Refresh. Rebalance.

- ✓ Diabetic-Friendly
- ✓ Keto-Friendly
- ✓ Zero Sugar & Zero Calories
- ✓ Instant Electrolyte Replenishment

Serving Size: 1 Sachhet (for 250 mL water)
Net Weight: 10 g

DIRECTIONS FOR USE
Mix one serving (2 g) in 250 mL of water, stir well and consume during or after exercise, travel, or heat exposure.

STORAGE CONDITIONS
Store in a cool, dry place, away from direct sunlight and moisture. Keep the container tightly closed after use.

DISCLAIMER
Not for medicinal use. This product is a nutritional supplement, not intended to diagnose, treat, cure,

Рисунок 1.4. Етикетка для порошку для відновлення електролітів (HydraZero), що містить екстракт монк фрукта [27].

1.7. Висновки за розділом 1

Сапоніни представляють унікальний і структурно різноманітний клас природних глікозидів, що складаються з неполярного аглікону та полярних цукрових залишків. Їхня класифікація на тритерпеноїдні (C30) та стероїдні (C27) групи є не лише структурною, а й функціональною відмінністю, що визначає їхню роль у механізмах захисту рослин та широкий спектр фармакологічної активності, включаючи протизапальні, протиракові та гіпохолестеринемічні ефекти.

Складність і різноманітність це ті ознаки, які роблять сапоніни фармакологічно цінними, проте також становлять значні виклики для їх виділення. Традиційні методи гарячої екстракції часто є недостатніми та потенційно руйнівними для нестабільних ацильованих структур, тому сучасні фармацевтичні стандарти вимагають використання холодної етанольно-водної екстракції у поєднанні з передовими техніками, такими як ультразвукова екстракція та послідовне хроматографічне очищення (колонкова хроматографія, рідинна хроматографія середнього тиску тощо), щоб забезпечити отримання незміненої групи сапонінів.

Siraitia grosvenorii з родини *Cucurbitaceae* містить понад 130 тритерпеноїдів, значні концентрації флавоноїдів, амінокислот та вітамінів. Її основна фармацевтична та промислова цінність забезпечена вмістом тритерпенових сапонінів кукурбітанового типу, головним чином могозидів. Ці вторинні метаболіти є визначальними активними компонентами плодів. Солодкість та стабільність цих сполук залежать від ступеня їх глікозилювання та специфічних beta-глікозидних зв'язків з основним ланцюгом могоролу.

Серед різних груп могозидів могозид V є найпоширенішим і найперспективнішим компонентом завдяки високій підсолоджувальній здатності та термічній стабільності. Це дозволяє використовувати могозид V у харчовій промисловості, особливо в напрямках де необхідна хімічна стабільність під впливом тепла. Незважаючи на поточні виклики, пов'язані з вищими виробничими витратами та географічними обмеженнями вирощування, переваги могозидів, такі як нульовий глікемічний індекс та висока розчинність визначають їх як кращу альтернативу синтетичним підсолоджувачам, таким як аспартам або сахарин.

Окрім смакових властивостей, біологічна активність могозидів є перспективним і важливим елементом, що пропонує різні напрямки застосування в медицині. Їхня здатність модулювати шлях AMP-активованої протеїнкінази та захищати beta-клітини підшлункової залози створює терапевтичну основу для лікування цукрового діабету II типу. Водночас їхні

системні протизапальні та антиоксидантні ефекти забезпечують захист неврологічних та інших метаболічних порушень.

Могрозиди як нетоксичні, інтенсивні замінники цукру та біологічно активні речовини мають вагомий потенціал, тому раціональним є перехід від традиційного використання екстрактів до залучення ізольованих очищених могрозидів як складових стандартизованих фітопрепаратів.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ЗАЛУЧЕНИХ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАКЦІЇ ТА ОЧИЩЕННЯ САПОНІВ ІЗ ПЛОДІВ *SIRAITIA GROSVENORII*

2.1. Матеріали залучені в процесі дослідження

Рослинний матеріал: плоди *Siraitia grosvenorii* С. Jeffrey, або монк фрукт, висушені та подрібнені, були надані Університетом Чіангмая (Таїланд) у травні 2022 року (рис. 2.1.).



Рисунок 2.1. Зображення рослинної сировини *Siraitia grosvenorii* – плодів у подрібненому вигляді.

Розчинники: вода, етанол (рис. 2.2.), метанол (рис. 2.3.), хлороформ (рис. 2.4.); проявник для ТРХ – ванілін-сірчана кислота (рис. 2.5.).



Рисунки 2.2.-2.5. Основні розчинники та реагенти, що використовувалися в процесі дослідження.

Розчинники використовувалися для хроматографії при очищенні та аналізі вмісту сапонінів, у співвідношенні 70/30/5, 60/32/7, 64/40/8 – хлороформ/метанол/вода, відповідно. Різні співвідношення спрямовані на забезпечення оптимального очищення зразка шляхом впливу на полярність розчину, що визначає подальшу взаємодію розчинених сполук із нерухомою фазою. Хлороформ є неполярним, метанол – полярним, а вода – високополярною. Зі збільшенням частки води полярність також зростає: 70/30/5 є найменш полярним розчинником і підходить для розділення менш полярних сполук; 60/32/7 має середню полярність і підходить для помірно полярних сапонінів; 64/40/8 є найбільш полярним розчинником і підходить для розділення високополярних сполук.

2.2. Методи залучені в процесі дослідження

Метод мікрохвильової екстракції (МЕ). Використання мікрохвильової енергії дозволяє швидко розчиняти, проводити кислотне розщеплення та екстрагувати органічні сполуки зі складних матриць. Мікрохвилі безпосередньо нагрівають суміш розчинників, а пряма взаємодія мікрохвиль із молекулами вільної води, що містяться в залозах і судинній системі рослини, призводить до руйнування рослинної тканини та вивільнення компонентів у органічний розчинник. Основними перевагами цього методу є зменшення обсягу розчинника та скорочення часу екстракції, а також підвищення пропускної здатності зразків [11]. На рис. 2.6. та рис. 2.7. зображено схематичний і дійсний вигляд мікрохвильового екстрактора відповідно.

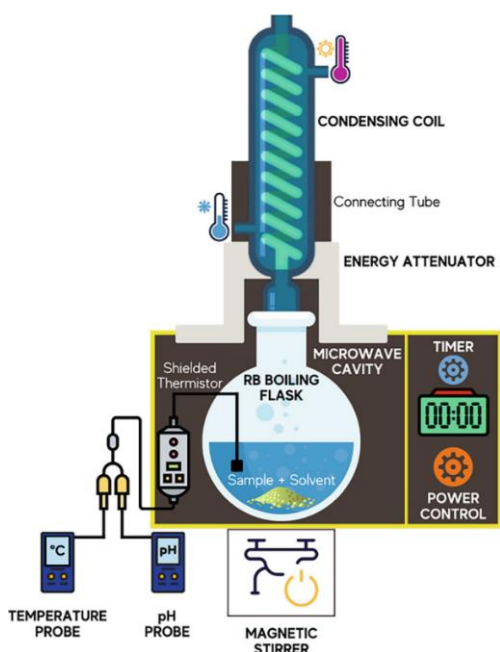


Рисунок 2.6. [28]

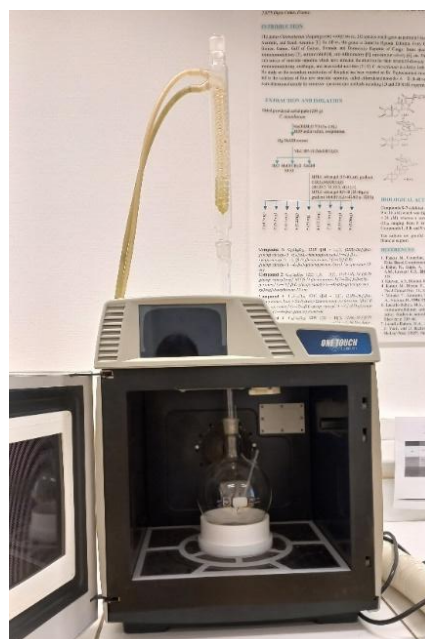


Рисунок 2.7.

Методи тонкошарової хроматографії (ТШХ) та вискоелективної тонкошарової хроматографії (ВЕТШХ). Застосування методу ТШХ передбачає використання нерухомої фази – скляної або алюмієвої пластинки, покритої діоксидом кремнію, та рухомої фази у нашому випадку суміші розчинників відповідної концентрації. Метод ВЕТШХ, у даному дослідженні відрізнявся від ТШХ використанням пластин з нерухомою фазою, що мають менший розмір частинок діоксиду кремнію та більш дрібні пори, тим самим забезпечують більш якісне розділення та використовувалися для підтвердження імовірної чистоти зразка після проведення ТШХ. Першим етапом є нанесення крапель досліджуваної фракції на пластинку за допомогою скляної піпетки. Вони повинні розташовуватися на відстані 1 см від краю пластинки. Далі пластинку поміщають у міграційний резервуар, що містить оптимальний розчинник. Завдяки капілярному ефекту розчинник рухатиметься вгору разом із молекулами сполуки, яку було нанесено раніше. Залежно від розчинності сполук у рухомій фазі та їхньої полярності, вони будуть розташовуватися в різних частинах ТШХ – неполярні та менш полярні молекули підніматимуться вгору, тоді як полярні будуть утримуватися

полярним силікагелем і розташовуватимуться в нижній частині ТШХ [29] (рис. 2.8.).

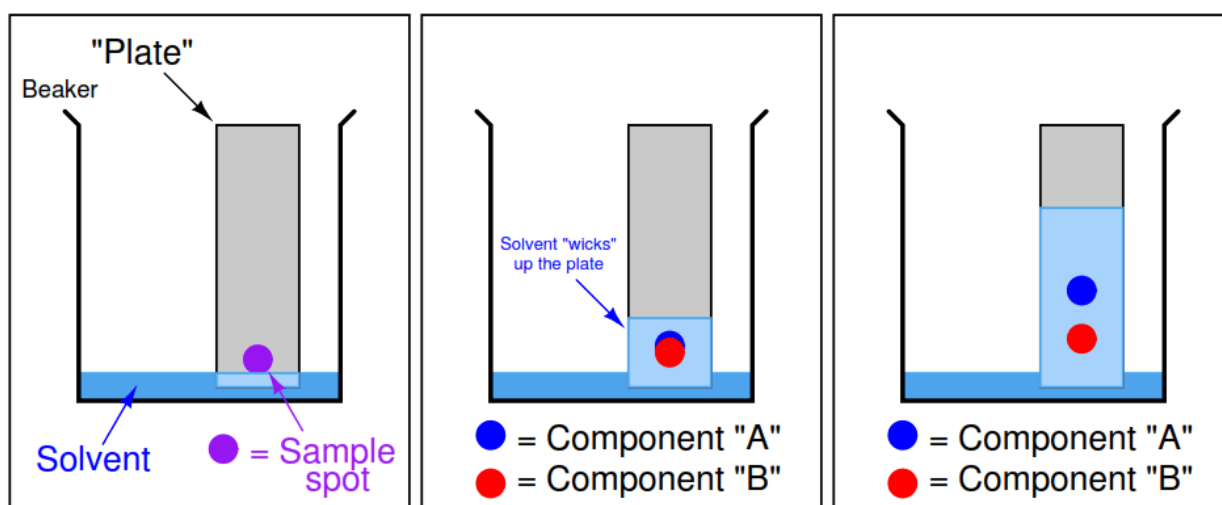


Рисунок 2.8. Схематичне зображення процесу тонкошарової хроматографії [30].

Для проявлення ТШХ пластинку занурюють у розчин ваніліну-сірчаної кислоти, а потім сушать за допомогою промислового фена. Ванілін-сірчана кислота є популярним реагентом для визначення сапонінів та інших хімічних сполук [31]. В результаті на пластинці спостерігатимуться плями різних кольорів, які відповідатимуть певним сполукам. Плями, що представляють сапоніни, розташовуються переважно в центрі або в нижній половині ТШХ і мають синій або світло-синій колір (рис. 2.9.).

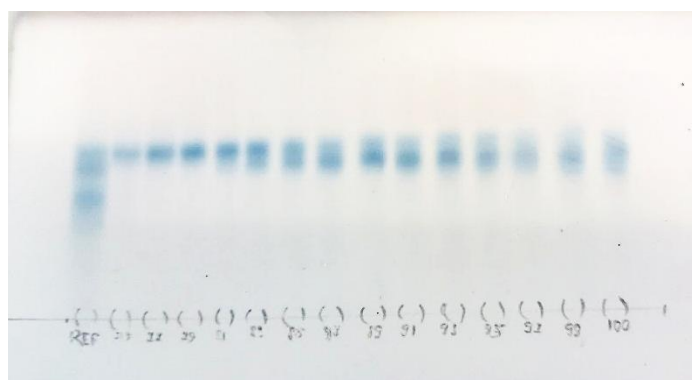


Рисунок 2.9. Приклад готової ТШХ, виконаної при аналізі фракцій отриманих із екстракту плодів *Siraitia grosvenorii*.

Вакуумна рідинна хроматографія. У цьому дослідженні ВРХ є наступним етапом після екстракції та першим кроком у процесі очищення. На відміну від ТШХ, де переміщення розчинника через силікагель забезпечується капілярними силами, у ВРХ використовується вакуум для пропускання неочищеного розчину екстракту через ємність із силікагелем (RP18, 300Å, 75-200µm, аполярна силіка). Ці заходи спрямовані на попереднє очищення екстракту від танінів, цукрів (дуже полярних молекул) на першому етапі з використанням полярного розчинника – води, з наступним використанням менш полярних розчинників (суміші води з етанолом) для виділення хлорофілу та інших аполярних сполук з подальшим визначенням оптимального розчинника середньої полярності для вилучення амфіфільних сполук, таких як сапоніни. На рис. 2.10. та рис. 2.11. зображено схематичний і дійсний вигляд обладнання для вакуумної рідинної хроматографії.

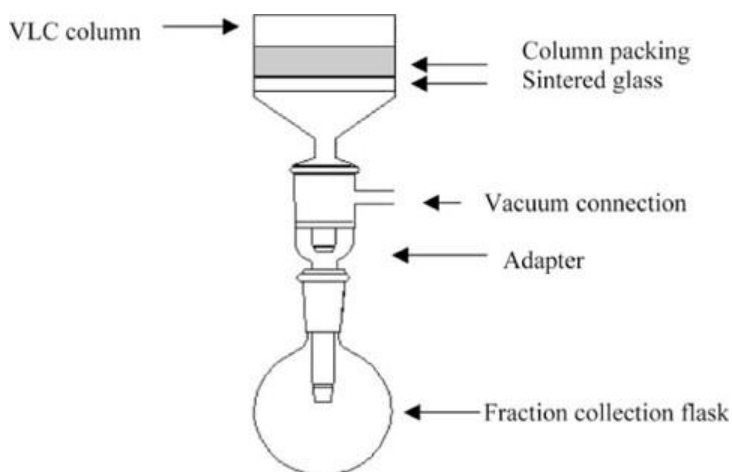


Рисунок 2.10. [32]



Рисунок 2.11.

Колонкова хроматографія. КХ є найпоширенішим методом розділення та очищення природніх сполук. Колонкова хроматографія базується на використанні нерухомої твердої фази, яка адсорбує та розділяє сполуки, що проходять через неї, за допомогою рідкої рухомої фази [33]. Незважаючи на схожість КХ з ВРХ, порівняно з ВРХ, КХ забезпечує більш тонке фракціонування завдяки меншому розміру частинок силікагелю (60 Å, 63-200µm). У цьому випадку довжина колони становила 18 см, діаметр – 4 см. На рис. 2.12. та рис. 2.13. зображено схематичний і дійсний вигляд процесу проведення методу колонкової хроматографії.

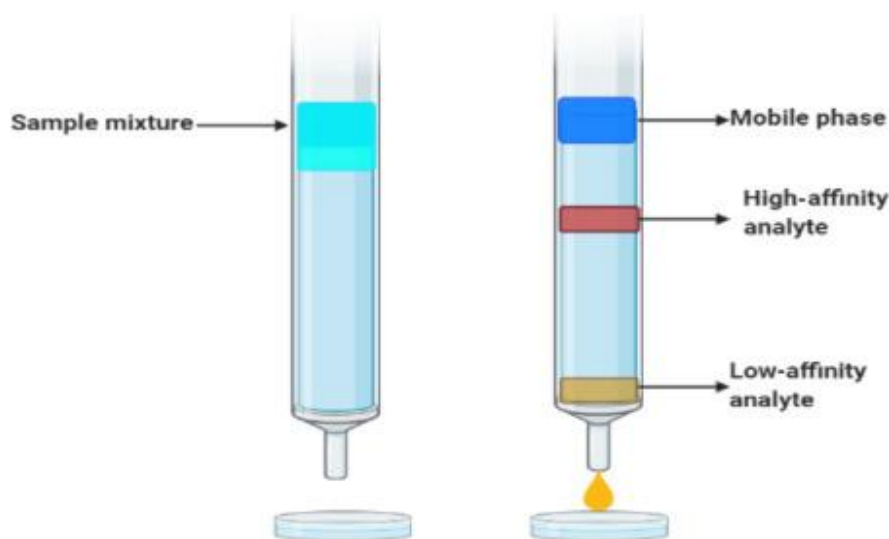


Рисунок 2.12. [34]



Рисунок 2.13.

Рідинна хроматографія середнього тиску. РХСТ працює під тиском і дозволяє використовувати стаціонарну фазу з меншим розміром частинок (силікагель 60 Å, 15–40 мкм, колонка 1,5*46 см), що покращує якість розділення. Різниця між рідинною хроматографією високого середнього чи низького тиску полягає насамперед у діапазонах тиску, які вони використовують, хоча ці діапазони часто перекриваються. РХСТ підходить для очищення великих обсягів сполук і забезпечує швидше та ефективніше

розділення порівняно з КХ та ВРХ [35]. На рис. 2.14. зображено обладнання для здійснення методу рідинної хроматографії середьго тиску.



Рисунок 2.14.

Високоєфективна рідинна хроматографія. У цьому дослідженні для точного визначення чистоти зразків теоретично чистих сапонінів після завершення всіх попередніх процесів очищення було використано ВЕРХ. На виході з колонки встановлено УФ-детектор, що дозволяє побудувати хроматограму, на якій відображаються піки поглинання хімічних сполук, присутніх у зразку, отримані в певний момент часу, зокрема піки чистих сапонінів. На рис. 2.15. зображено обладнання для здійснення методу високоєфективної рідинної хроматографії.



Рисунок 2.15.

2.3. Висновки за розділом 2

У ході експериментального дослідження використовували висушені та подрібнені плоди *Siraitia grosvenorii*, надані Університетом Чіангмая у 2022 році. У процесі очищення використовували воду, етанол, метанол та хлороформ у певних співвідношеннях 70/30/5, 60/32/7 та 64/40/8 для регулювання полярності та виділення сполук на основі їхніх хімічних властивостей. Первинну екстракцію здійснювали за допомогою мікрохвильової енергії, яка швидко нагріває рослинну тканину для вивільнення компонентів, одночасно зменшуючи використання розчинника та час обробки.

Для моніторингу присутності сапонінів у зразках та визначення їх приблизної чистоти використовували тонкошарову хроматографію та високоефективну тонкошарову хроматографію з ванілін-сірчаною кислотою як проявником, що забезпечувало ідентифікацію сапонінів за рахунок появи на пластинці синіх або світло-синіх плям. Початкове очищення проводили за допомогою вакуумної рідинної хроматографії для видалення високополярних речовин, таких як цукри, та неполярних пігментів, таких як хлорофіл. Наступним етапом була колонкова хроматографія, в якій залучається силіка з дрібнішим розміром частинок. Як метод індивідуального очищення зразків застосовували рідинну хроматографію середнього тиску, що додатково

супроводжується подачею мобільної фази в колонці під тиском, для поліпшення якості та швидкості розділення. Кінцеву чистоту виділених сапонінів перевіряли за допомогою високоефективної рідинної хроматографії.

Варто зауважити, що даний комплексний протокол включав елементи експериментального підходу з постійним аналізом поточних результатів з подальшим індивідуальним підбором мобільних фаз та фізичних умов проведення хроматографій, а саме: часу, швидкості потоку, показників тиску та об'ємів отриманих фракцій, для пошуку найоптимальнішого шляху вилучення та очищення сапонінів.

РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ТА ТРАДИЦІЙНІ НАПРЯМКИ ЕКСТРАКЦІЇ, ВИДІЛЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ ТРИТЕРПЕНОВИХ САПОНІНІВ З ПЛОДІВ *SIRAITIA GROSVENORII*

3.1. Екстракція сполук із плодів *Siraitia grosvenorii* – отримання первинного екстракту. Процес попереднього очищення первинного екстракту

Процес екстракції залучав протокол, який було розроблено в лабораторії з метою отримання максимального виходу сапонінів: для подрібненої сухої сировини плодів масою 50 г провели мікрохвильову екстракцію при температурі 60 °С протягом 30 хвилин на потужності 250 Вт у розчиннику у співвідношенні 75/35 у кількості шести частин – 450 мл етанолу та 210 мл води відповідно. Загальний об'єм розчинника становив 660 мл. Отриманий екстракт фільтрували через бавовну, процес екстракції з даної частки сировини повторювали ще три рази для виділення оптимальної кількості рослинних сполук. Загальний процес здійснили повторно для решти 50 г сировини за ідентичних умов. Після отримання первинного екстракту провели ТШХ для підтвердження наявності сапонінів у його складі (рис. 3.1.). Отримані екстракти випарювали до отримання 8 г сухого залишку.

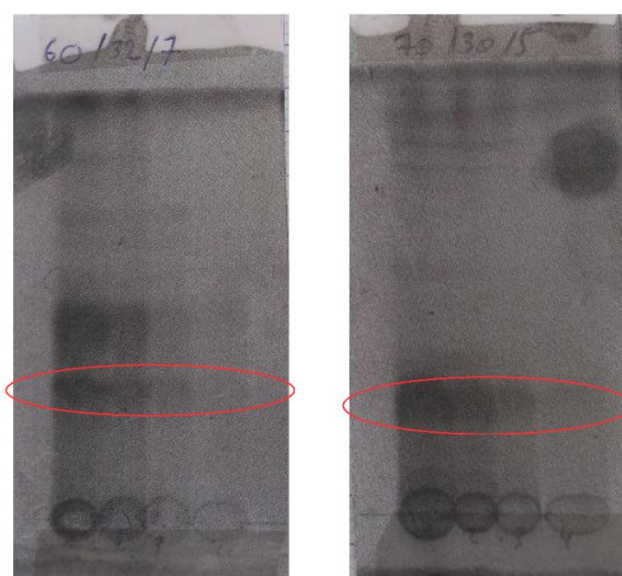


Рисунок 3.1. Зображення результатів ТШХ аналізу чотирьох порцій первинного екстракту плодів *Siraitia grosvenorii* отриманого в процесі

мікрохвильової екстракції. В процесі було використано дві різні мобільні фази, а саме суміш хлороформ/метанол/вода у співвідношеннях 60/32/7 та 70/30/5. Червоним виділено чіткі плями, що розташовуються в стаціонарній фазі на відстані характерній для амфифільних сапонінів.

Методи попереднього очищення є ключовим етапом для видалення супутніх сполук з метою отримання неочищеної суміші сапонінів та в даному протоколі залучають ВРХ та КХ. При проведенні ВРХ у колонку з нерухомою фазою вводили 1 г первинного екстракту, розчиненого у воді (приблизно в 5 мл). Використання води як розчинника обумовлено тим, що під час проведення ВРХ для розчинення використовується розчинник, який утворює первинну рухому фазу, в даному випадку – вода. ВРХ проводили у три етапи з використанням трьох різних розчинників у ролі рухомої фази: на першому етапі 300 мл води, на другому – 300 мл 25 % етанолу, на третьому етапі – 300 мл 100 % етанолу. Після проведення ТШХ встановили, що саме на третьому етапі було отримано суміш, що містить сапоніни. Ця частина утворила зразок SGF1 (*Siraitia grosvenorii* fructus 1) (рис. 3.2.).

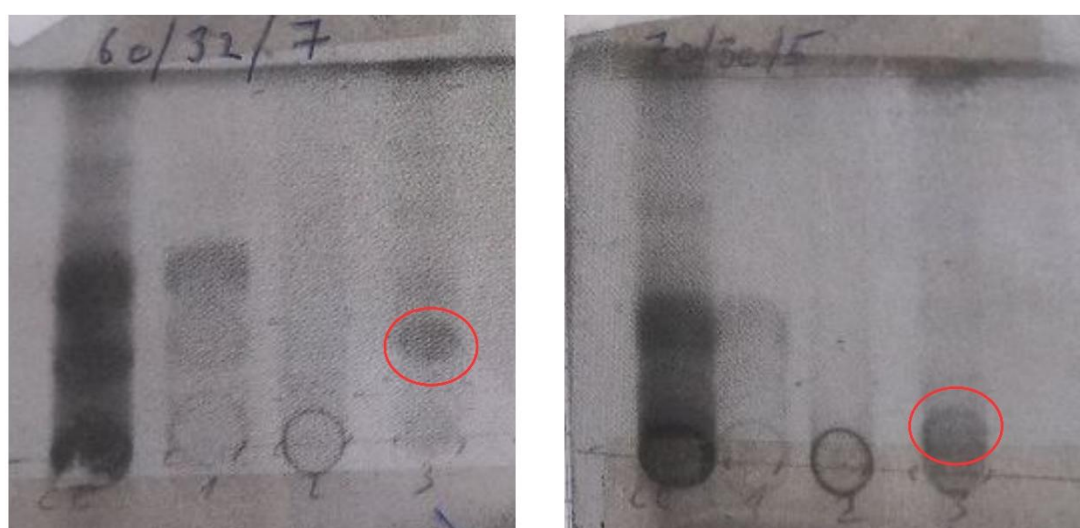


Рисунок 3.2. Зображення результатів ТШХ аналізу зразків отриманих в результаті ВРХ. . В процесі було використано дві різні мобільні фази, а саме

суміш хлороформ/метанол/вода у співвідношеннях 60/32/7 та 70/30/5. Червоним позначені плями, розташування яких є характерним для сапонінів.

ВРХ було повторено з використанням іншої порції первинного екстракту масою 4,5 г в чотири етапи: 1) з використанням 300 мл води як розчинника, 2) 300 мл 25% етанолу, 3) 300 мл 50% етанолу, 4) 300 мл 100% етанолу. Поєднання третьої та четвертої фракцій утворило зразок SGF(A) (*Siraitia grosvenorii* fructus (A)).

Подальше попереднє очищення включало перший етап фракціонування. Для розділення зразка SGF1 (маса = 0,832 г) використали метод КХ. В якості розчинника використовували суміш хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 60/32/7 відповідно. В результаті отримали 36 фракцій, які проаналізували на вміст сапонінів методом ТШХ. За результатами ТШХ було визначено оптимальні комбінації фракцій для розділення. Було отримано 9 комбінацій, та проведено промивання колонки, що є десятим зразком. За результатами ТШХ, встановили, що зразок SGF1.8 на даному етапі дослідження має найбільший потенціал для якісного індивідуального очищення (рис. 3.3.).



Рисунок 3.3. Підсумкова ТШХ зразків SGF1.1.-SGF1.10. Розташування чіткої плями SGF1.8 після проявлення вказує на вміст сапонінів у відповідному зразку. Зразок SGF1.7 також може мати потенціал, але в ньому немає відповідної чіткості та помітні супутні зв'язки.

Усі отримані комбінації піддали випаровуванню, сухий залишок розчиняли у воді за допомогою ультразвукового розчинення. Заморожені зразки висушили сублімаційним методом (ліофілізували) та зважили (табл. 3.1.).

	<i>SGF1.</i>									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>Fraction range</i>	1-3	4-5	6-7	8-11	12-14	15-16	17-19	20-29	30-36	Wash
<i>Weight of dry sample</i>	0.0179g	0.0283g	0.0393g	0.0413g	0.0439g	0.0220g	0.0300g	0.1323g	0.0334g	0.0279g

Таблиця 3.1. Маса ліофілізованих комбінованих фракцій із зразка SGF1. З огляду на масу зразків можна зробити висновок, що зразок SGF1.8. є найоптимальнішим для проведення подальших експериментів, оскільки він має найбільшу масу, а отже, дозволяє провести кілька повторних етапів очищення та отримати достатню кількість залишку чистих сапонінів для наступних досліджень.

Фракціонування зразка SGF(A) ($m = 1,2$ г) проводили аналогічним чином. В якості розчинників використовували суміш хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 60/32/7, за допомогою якої, після аналізу за допомогою ТШХ, сформувавши перші чотири зразки об'єднаних фракцій; для подальшого фракціонування використовували суміш у співвідношенні 64/40/8, після об'єднання фракцій отримали наступні вісім зразків. Результати ТШХ отриманих зразків вказали на можливість виділення чистих сапонінів із індивідуальних комбінацій від SGF(A)4 до SGF(A)8 (рис. 3.4.).

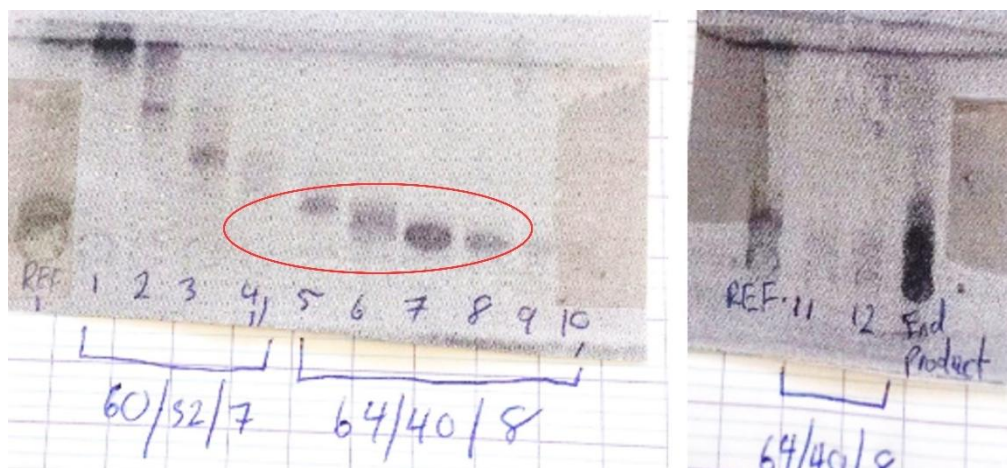


Рисунок 3.4. Підсумкова ТШХ зразків SGF(A)1.-SGF(A)12.

Було проведено випарювання з подальшим розчиненням у воді, замороженням, ліофілізацією та зважуванням (табл. 3.2.).

	SGF(A)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Weight of dry sample	0.0420g	0.01061g	0.0568g	0.0357g	0.0464g	0.0617g	0.0788g	0.0402g	0.0176g	0.0120g	0.0172g	0.0096g

Таблиця 3.2. Маса ліофілізованих комбінованих фракцій із зразка SGF(A) та їхні назви. З огляду на масу отриманих зразків можна припустити, що доцільно продовжити очищення зразків від SGF(A)3 до SGF(A)8. Однак, зважаючи на результати ТШХ (рис. 3.4.), зразок SGF(A)3 не містить сапонінів, тоді як решта зразків мають потенціал для отримання чистих сполук.

3.2. Процеси виділення індивідуальних речовин зі зразків отриманих в результаті попереднього очищення екстракту плодів *Siraitia grosvenorii*

Після завершення етапів попереднього очищення за протоколом відбувалося виділення чистих сапонінів із найоптимальніших індивідуальних зразків, за допомогою більш точних хроматографічних методів, таких як РХСТ.

Відзначений раніше зразок SGF1.8 масою 0.1323 г було очищено методом РХСТ. Фракціонування проводили у кількості 100 пробірок. Для отримання перших 60 фракцій використовували суміш хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 60/32/7 відповідно. Для наступних 40 пробірок використовували співвідношення 64/40/8. Швидкість фракціонування: 2,5 мл/хв і 2 хв/пробірку (або 5 мл/пробірку). Отримані фракції перевіряли на наявність чистих сапонінів методом ТШХ. Перша перевірка розпочалася з п'ятнадцятої до шістдесятої фракції, аналізуючи кожну п'яту фракцію. В результаті ТШХ повторили для фракцій з 40 по 60, використовуючи кожну другу фракцію. Далі аналізували зразки з 60 по 80, використовуючи кожну другу фракцію. Після аналізу всіх отриманих ТШХ було визначено оптимальні комбінації фракцій для забезпечення високоякісного розділення та отримання чистіших зразків сапонінів (рис. 3.5.).

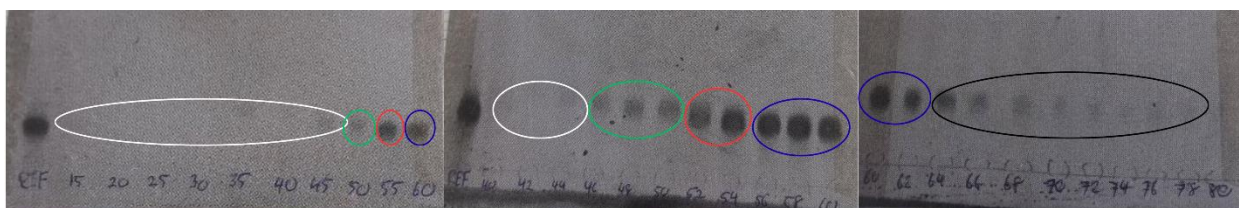


Рисунок 3.5. Зображення результатів ТШХ аналізу фракцій отриманих після проведення РХСТ та їх об'єднання. Як наслідок було сформовано 6 окремих комбінацій.

Промивку колонки здійснювали з використанням метанолу, швидкість потоку розчинника становила 2 мл/хв. Було проведено підсумкову ТШХ для всіх об'єднаних фракцій, в результаті чого виявили очікуваний чистий зразок SGF(A)1.8.4. Для підтвердження провели ВЕТШХ, яка підтвердила це припущення (рис. 3.6.).

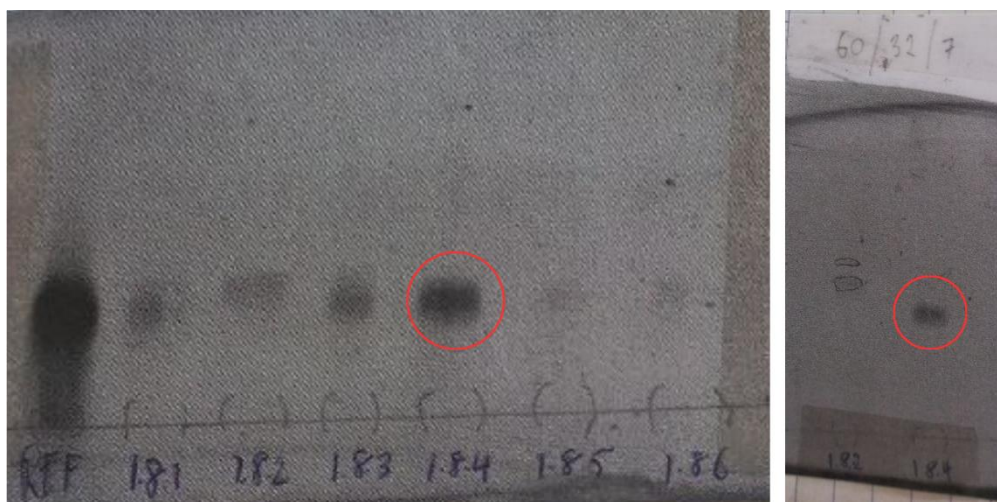


Рисунок 3.6. Підсумкова ТШХ зразків SGF1.8.1–SGF1.8.6. Зразок SGF1.8.4 проявився чіткою та насиченою плямою, що підтвердило його імовірну чистоту. На ВЕТШХ зразків SGF1.8.4 та SGF1.8.2 (зліва) також спостерігається чітка пляма, тому можна стверджувати, що цей зразок є відносно чистим, але після висушування він мав злегка коричневий колір, що свідчить про наявність супутніх речовин, оскільки чисті сапоніни характеризуються білим кольором та легкою структурою.

Отримані 6 комбінацій фракцій були випарувані, а сухий залишок розчинено у воді, заморожено, ліофілізовано та зважено (табл. 3.3.).

	<i>SGF1.8.</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Fraction range</i>	1-45	46-50	51-54	55-63	64-80	81-100 + Wash
<i>Weight of dry sample</i>	0.0128g	0.0064g	0.0116g	0.0481g	0.0126g	0.0051g

Таблиця 3.3. Маса ліофілізованих комбінованих фракцій із зразка SGF1.8. З огляду на масу, найоптимальнішим варіантом є подальше очищення зразка SGF1.8.4, оскільки його кількість є найбільшою.

Очищення отриманого зразка SGF(A)1.8.4. масою 0,0481 г продовжили шляхом проведення РХСТ у оберненій (аполярній) фазі. Цей експеримент

проводився у три етапи: на першому етапі фракціонування здійснювалося протягом однієї години з поступовою зміною концентрації розчинника від 20% метанолу до 60% метанолу. Таким чином отримали 60 фракцій. Наступним етапом було проведення подальшого фракціонування зі зміною концентрації розчинника від 60 % метанолу до 80 % метанолу протягом 20 хвилин, що дало ще 20 фракцій. Останній етап полягав у продовженні фракціонування протягом наступних 20 хвилин з використанням розчинника з постійною концентрацією 80% метанолу. Отримали останні 20 фракцій. Усі фракції було проаналізовано методом ТШХ, аналізуючи кожну п'яту фракцію. Було визначено оптимальну комбінацію фракцій для якісного розділення зразка з метою отримання чистих сапонінів. В результаті визначили один перспективний зразок, який складався з суміші фракцій від 71 до 84 (рис. 3.7.).

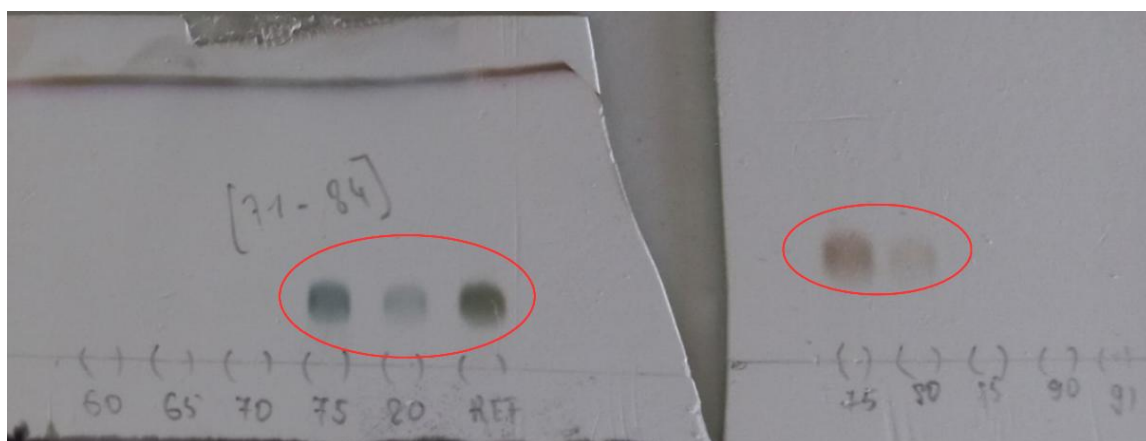


Рисунок 3.7. Зображення результатів ТШХ аналізу фракцій із зразка SGF1.8.4. Світло-блакитні плями у фракціях 75 і 80 є чітким свідченням наявності у зразках виключно сапонінів, а для вилучення більшої кількості сапонінів доцільно об'єднати дещо ширший діапазон фракцій. Отримана комбінація фракцій утворила зразок SGF1.8.4.1.

Наступним було проведено дослідження над перспективним зразком SGF(A)4 масою 0,0357 г. Було проведено фракціонування зразка за допомогою РХСТ. Вона відбулася у два етапи: спочатку було отримано 100 фракцій із

використанням суміші розчинників хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 70/30/5. Швидкість фракціонування становила 1мл/хв/пробірку. Наступним кроком було продовження фракціонування зі зміною співвідношення розчинників на 60/32/7, при цьому швидкість залишилася незмінною. Спершу, було проведено ТШХ для зразків з 50 по 110, аналізуючи кожну 5-ту фракцію. Згідно з результатами було вирішено провести більш детальну ТШХ у діапазоні фракцій від 75 до 100, використовуючи кожну другу фракцію. Далі були досліджені решта фракцій від 100 до 200 шляхом аналізу кожної п'ятої фракції та подальшого проведення більш детальної ТШХ для діапазону від 125 до 145 з використанням кожної другої фракції. Після аналізу всіх ТШХ визначили оптимальні діапазони комбінацій фракцій; відповідно до цих комбінацій було сформовано 8 зразків; за результатами підсумкової ТШХ, що включала перевірку всіх комбінованих сумішей, було встановлено, що потенціал для отримання сапонінів є у зразках SGF(A)4.3 та SGF(A)4.6 (рис. 3.8.).

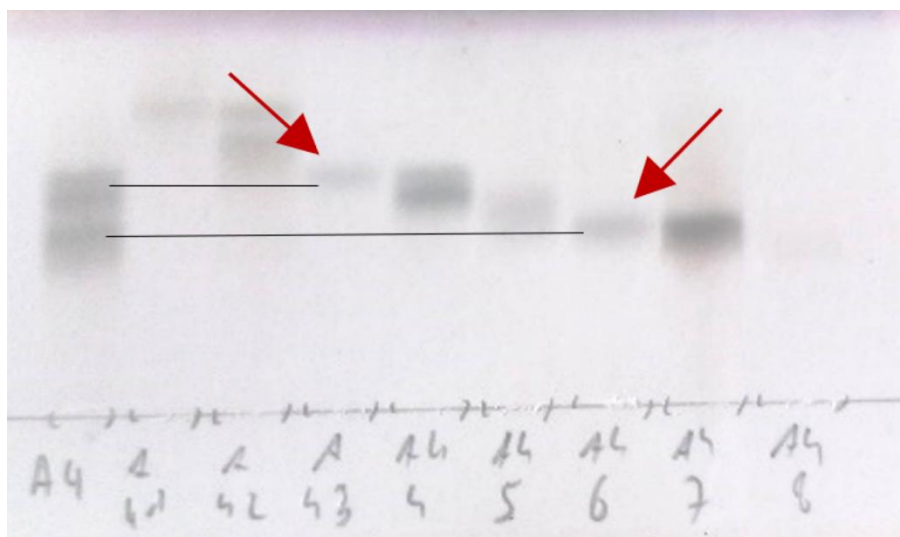


Рисунок 3.8. Підсумкова ТШХ зразків SGF(A)4.1–SGF(A)4.8. Порівнюючи з еталоном, можна помітити, що плями зразків SGF(A)4.3 та SGF(A)4.6 відповідають зонам, характерним для сапонінів, і мали звичний світло-блакитний колір.

Після цього зразки випарювали, отриманий сухий залишок розчиняли у воді, висушували методом сублімації та зважили (табл. 3.4.).

	<i>SGF(A)4.</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Fraction range</i>	41-49	50-70	71-81	82-100	101-121	122-133	134-150	150-200
<i>Weight of dry sample</i>	0.0010g	0.0046g	0.0060g	0.0160g	0.0080g	0.0050g	0.0130g	0.0180g

Таблиця 3.4. Маса ліофілізованих комбінованих фракцій із зразка SGF(A)4. Хоча маса зразків є досить невеликою, варто врахувати можливість отримання чистих сполук з огляду на ТШХ.

Ще один опрацьований зразок SGF1.5 масою 0,0903 г був утворений комбінацією зразка SGF1.5 ($m = 0,0439$ г) та зразка SGF(A)5 ($m = 0,0464$ г), отриманих під час попереднього очищення первинних екстрактів. Було здійснено розділення за допомогою РХСТ. Використовували суміш розчинників хлороформу, метанолу та води у співвідношенні 60/32/7. Швидкість фракціонування становила 2 мл/хв/пробірку. Було отримано 60 фракцій. Фракції аналізували за допомогою ТШХ, починаючи з перших 40 фракцій, аналізуючи кожну п'яту фракцію. Далі провели більш детальну ТШХ у діапазоні від 35 до 40, аналізуючи кожну з фракцій. Решту фракцій також проаналізували з урахуванням кожної п'ятої фракції в діапазоні від сорокової до шістдесятої пробірки. Після аналізу результатів ТШХ визначили чотири оптимальні комбінації фракцій. Також провели заключну ТШХ, за результатами якої визначили потенціал зразків SGF1.5.2 та SGF1.5.3. Додатково було проведено ВЕТШХ за якою встановили, що ці зразки потребують подальшого індивідуального очищення. (рис. 3.9.).

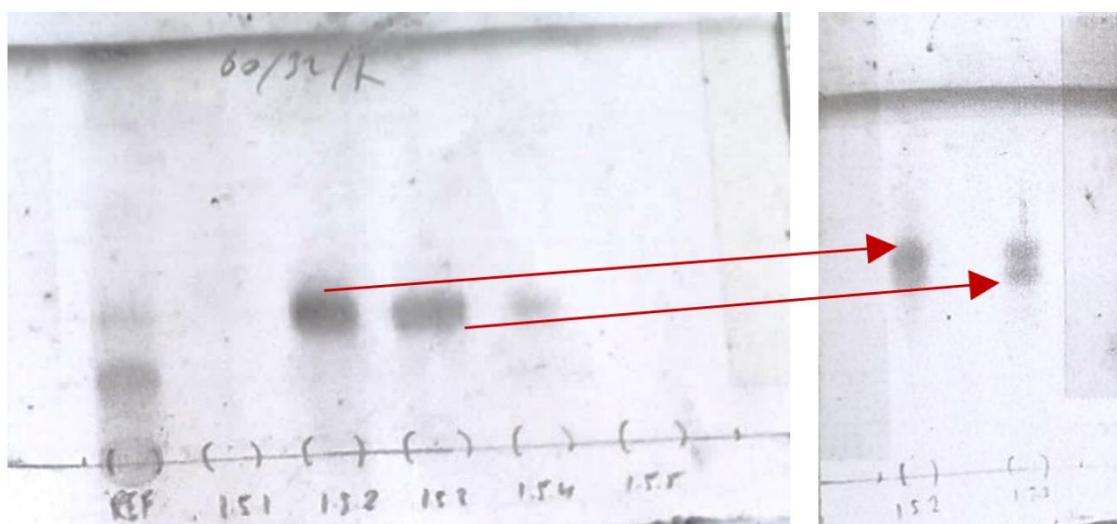


Рисунок 3.9. Підсумкова ТШХ зразків SGF1.5.1 – SGF1.5.4; ВЕТШХ зразків SGF1.5.2 та SGF1.5.3 (зліва).

Отримані зразки було випарено, осад розчинено у воді, висушено методом сублимації та зважено (табл. 3.5.).

	<i>SGF1.5.</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Fraction range</i>	1-33	34-37	38-40	41-55
<i>Weight of dry sample</i>	0.0133g	0.0186g	0.0129g	0.0122g

Таблиця 3.5. Маса ліофілізованих комбінованих фракцій із зразка SGF1.5. Усі отримані зразки мають невелику масу, тому подальше очищення може виявитися неможливим.

Останнім на час даного дослідження був опрацьований зразок SGF(A)6 масою 0,0617 г. Для його очищення також була залучена РХСТ. Розчинник готували у співвідношенні 60/32/7 хлороформ, метанол і вода відповідно. За допомогою цього розчинника зразок фракціонували у 200 пробірок зі швидкістю фракціонування 1 мл/хв/пробірка. Отримані фракції перевіряли на вміст чистих сапонінів методом ТШХ. Перевірку розпочали з 60-ї пробірки до 120-ї, аналізуючи кожен п'яту фракцію. Результати вказали на можливу

наявність сапонінів у зразках з 90-ї по 120-ту, тому ТШХ повторили в цьому діапазоні, використовуючи кожен другу фракцію. Було визначено оптимальну комбінацію фракцій для забезпечення якісного розділення. Пробірки з 120-ї по 160-ту також досліджували методом ТШХ, після чого було визначено подальше об'єднання фракцій. Наступні пробірки з 160 по 200 перевіряли методом ТШХ, беручи до уваги кожен п'яту фракцію. Фракція № 200 на ТШХ мала досить концентрований колір, що вказувало на необхідність продовжити фракціонування ще на 40 пробірок. Було запропоновано використовувати більш полярний розчинник у співвідношенні 64/40/8. Отримані фракції досліджували методом ТШХ і об'єднали в одну пробу. Було проведено підсумкову ТШХ дев'яти отриманих зразків та промиву колонки. Згідно з результатами, зразки SGF(A)6.1 та SGF(A)6.10 не містили достатньої кількості сапонінів, зразок SGF(A)6.2 мав потенціал для отримання чистих сапонінів. (рис. 3.10.).

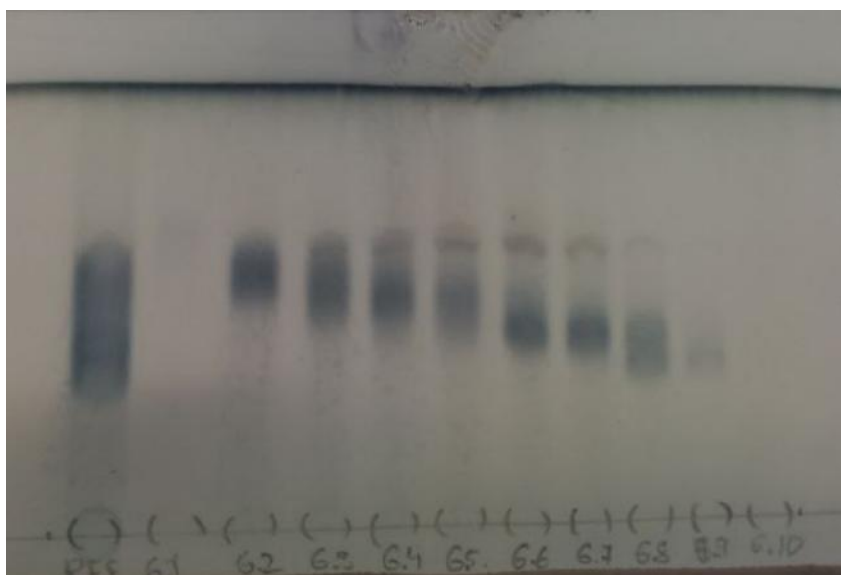


Рисунок 3.10. Підсумковий ТШХ зразків SGF(A)6.1.–SGF(A)6.10. Зразки SGF1.6.1 та SGF1.6.10 не містять сапонінів. Зразок SGF1.6.2. може мати потенціал для отримання чистих сапонінів, однак, з огляду на наявність зв'язків у решті зразків, можна припустити, що SGF1.6.2 також може потребувати додаткового індивідуального очищення.

3.3. Результати комплексу процесів виділення - завершальні етапи підготовки чистої суміші сапонінів та узагальнення експериментального процесу

Завершальний етап роботи зі зразком SGF1.8.4.1. включав у себе випарювання суміші фракцій, отриманих в результаті РХСТ (аполярна фаза), розчинення сухого залишку у воді з подальшою ліофілізацією зразка. Як наслідок було отримано об'ємну чисту білу масу (рис. 3.11.).

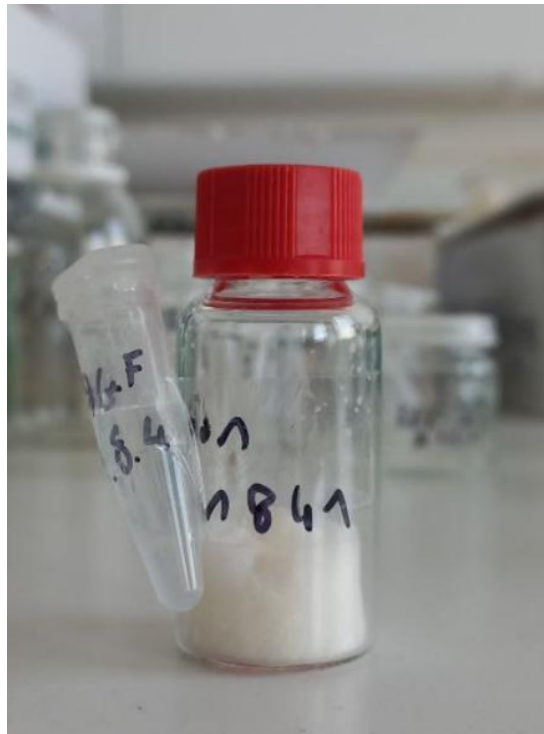


Рисунок. 3.11. Загальний вигляд зразка SGF1.8.4.1 після ліофілізації. Спостерігаються типові ознаки чистого зразка сапоніну – біла, легка маса. За цими характеристиками ми визначили, що цей зразок є чистим, і провели остаточний аналіз за допомогою ВЕРХ (рис. 3.12.).

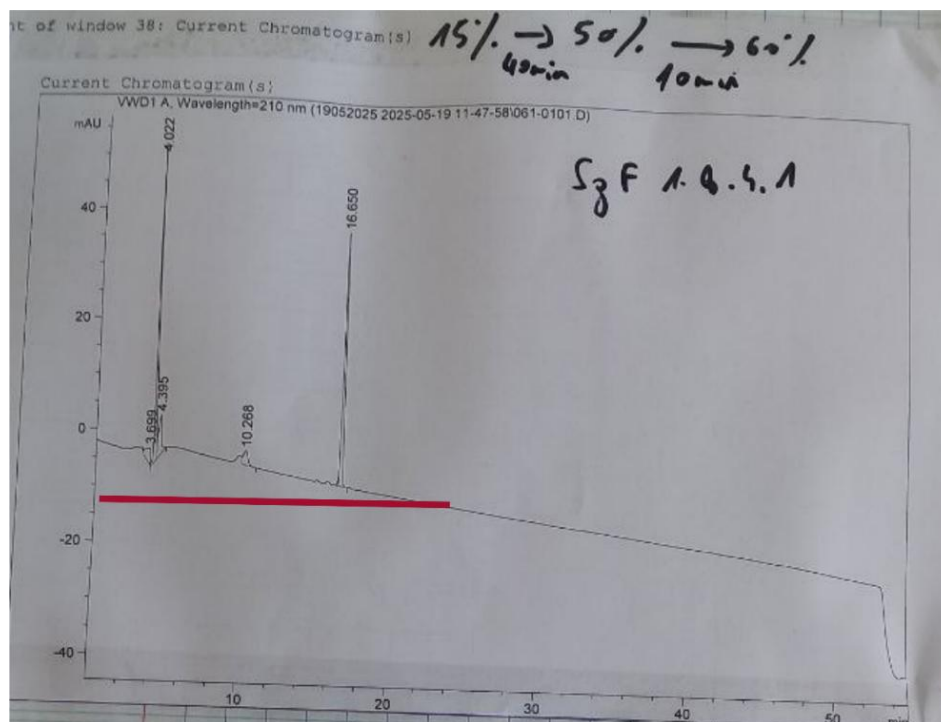


Рисунок 3.12. ВЕРХ зразка SGF1.8.4.1. На заключному етапі перевірки чистоти зразка спостерігаються два інтенсивні піки: перший є характерним для розчинника і завжди присутній, другий вказує на вміст саме сапонінів.

Згідно з опрацьованими даними, решта оприманих в результаті процесів індивідуального очищення комбінацій та фракцій, а саме: SGF(A)4.3., SGF(A)4.6. та SGF1.6.2. також мають потенціал для ізоляції чистих зразків сапонінів, проте потребують комплекснішого підходу та забезпечують напрямок для подальших досліджень та залучення нових методів очищення. Узагальнена схема експериментального процесу та його результатів представлена на рис. 3.13.

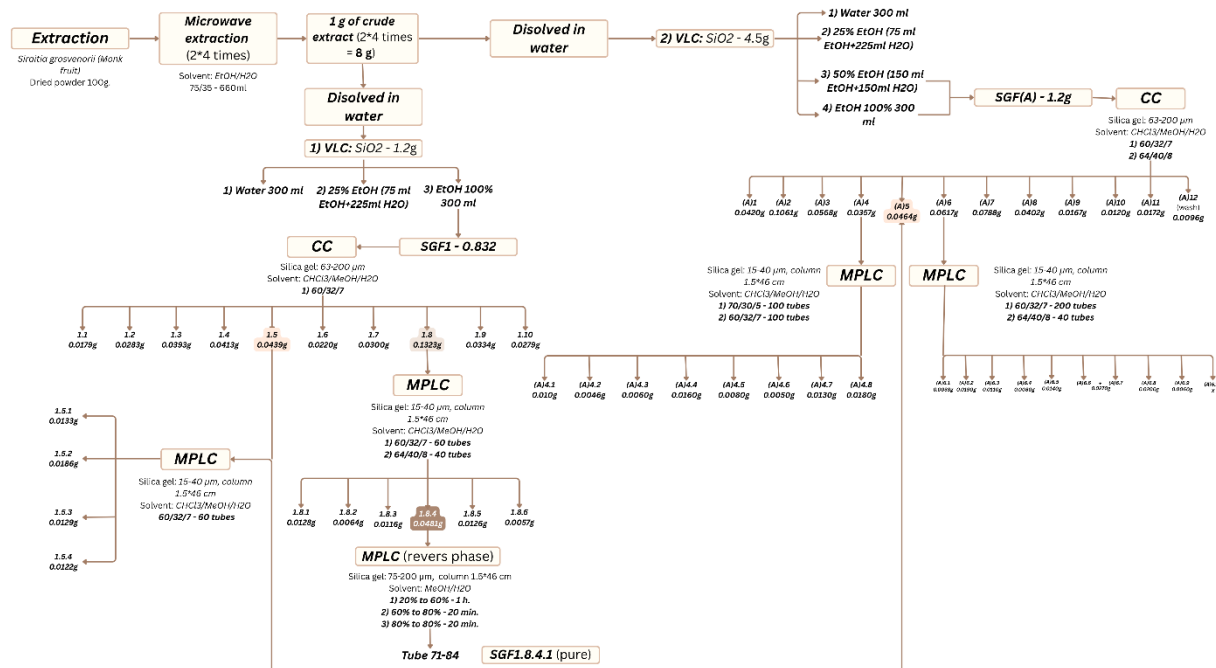


Рисунок 3.13. Загальний план дослідження для окреслення комплексності підходу.

3.4. Висновки за розділом 3

Зважаючи на результати даного дослідження ми визначили, що комплексний підхід, який опирається на хроматографію із урахуванням особливостей полярності досліджуваних речовин є ефективним для виділення чистих сапонінів, а саме могозидів із рослинної сировини. Використання мікрохвильової екстракції забезпечило ефективне початкове вилучення сполук та отримання оптимального виходу первинного екстракту. Над первинним екстрактом було здійснено попереднє очищення з використанням вакуумної рідинної хроматографії та колонкової хроматографії, що сприяло видаленню високополярних цукрів та неполярних сполук, таких як хлорофіл. ВРХ утворила дві неочищені фракції: SGF1 та SGF(A), тоді як КХ забезпечила розділення на десять фракцій зі зразка SGF1 та на дванадцять фракцій зі зразка SGF(A).

Головним елементом процесу очищення було належне регулювання полярності розчинника. Використовуючи хлороформ, метанол і воду у певних

співвідношеннях (70/30/5, 60/32/7 та 64/40/8), вдалося виділити сапоніни, зважаючи на їх амфифільність. Тонкошарова хроматографія (ТШХ), що здійснювалася з використанням ванілін-сірчаного реактиву, використовувалася на всіх етапах дослідження як засіб для контролю процесу фракціонування та дозволяла визначити присутність сапонінів у відповідних зразках за їх характерним синім або світло-синім забарвленням та положенням у стаціонарній фазі.

Наступні етапи дослідження були зосереджені на виділенні чистих сапонінів, особливо з огляду на масу фракцій та характеристики їх ТШХ під час експериментів. Індивідуальне очищення було проведене за допомогою РХСТ для чотирьох вибраних фракцій: SGF1.8, SGF1.5, SGF(A)4 та SGF(A)6. Завдяки комплексним заходам з очищення нам вдалося виділити чисті сапоніни з фракції SGF1.8, отримавши зразок SGF1.8.4.1. Остаточний етап перевірки за допомогою ВЕРХ підтвердив чистоту цього зразка.

Подальшими кроками є реалізація можливості провести детальний аналіз виділеної сполуки, включаючи визначення молекулярної структури методом ядерного магнітного резонансу (ЯМР), визначення молекулярної маси за допомогою мас-спектрометрії, оцінку біологічної активності, а саме активації рецептора солодкого смаку. Перехід до даних етапів досліджень був би неможливим без належних процесів екстракції та очищення, що базуються не лише на встановлених протоколах, а й вимагають комплексного експериментального підходу.

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі даного дослідження було проведено детальний огляд комплексу складових, пов'язаних із отриманням та застосуванням екстрактів плодів *Siraitia grosvenorii* C. Jeffrey як джерела біологічно активних сполук – сапонінів, а саме могозидів. Проаналізувавши зв'язок між глобальною статистикою, ризиками хронічного надмірного вживання цукру та напрямками боротьби з даною проблемою, було встановлено, що залучення цукрозамінників природного походження, до яких належать могозиди, є одним із елементів комплексного підходу, що здатен позитивно вплинути на дану згубну тенденцію.

У процесі дослідження було проаналізовано структурні та функціональні властивості сапонінів, встановлено їх роль як поширених метаболітів рослинної сировини. Також було опрацьовано дані щодо плодів *Siraitia grosvenorii* як джерела сапонінів – могозидів. Вагомим є те, що певні могозиди характеризуються амфіфільними властивостями та мають характерну хімічну будову, яка дозволяє їм специфічно взаємодіяти із рецепторами солодкого смаку. Проте є і негативний аспект: складна хімічна структура молекул здавна ускладнювати процеси екстракції та очищення могозидів із рослинної сировини. Зважаючи на це, у даному дослідженні було надано пріоритет в залученні методів екстракції та очищення, які зберігають цілісність та активність чутливих могозидів, щоб запобігти деградації, часто спричиненої традиційною високотемпературною обробкою.

Експериментальна основа цієї роботи полягала у екстракції та очищенні могозидів шляхом адаптації та оптимізації встановлених лабораторних протоколів. Дослідження зосереджувалося на ретельному аналізі існуючих екстракційних та хроматографічних методів відповідно до специфічних характеристик хімічного складу плодів *Siraitia grosvenorii*. Завдяки залученню сучасного та екологічного методу мікрохвильової екстракції, чіткому регулюванню полярності розчинників при проведенні вакуумної рідинної

хроматографії та колонкової хроматографії, було досягнуто високого рівня розділення речовин. Оптимальне використання системи розчинників хлороформу, метанолу та води в належних співвідношеннях дозволило попередньо вилучити нецільові сполуки, такі як хлорофіл та прості цукри, та забезпечило подальшу більш якісну ізоляцію саме могозидів методом рідинної хроматографії середнього тиску. На всіх цих етапах тонкошарова хроматографія використовувалася як засіб для аналізу якісного складу екстрактів та їх фракцій з метою підтвердження вмісту в них сапонінів та визначення стану їх чистоти.

Завдяки цьому експериментальному підходу вдалося отримати зразок чистого сапоніну під назвою SGF1.8.4.1. Цей результат є початковим та дуже важливим етапом складного комплексу досліджень, адже завдяки підготовці даного зразка стає можливим перехід до досліджень за допомогою ядерного магнітного резонансу та мас-спектрометрії, які дозволять визначити точну молекулярну структуру та масу ізольованої сполуки. Крім того, цей зразок надає необхідний матеріал для досліджень активації рецепторів солодкого смаку TAS1R2/TAS1R3. Особливий потенціал дані етапи мають у разі ізоляції могозидів відмінних від могозиду V, що дозволять проглибити розуміння про активність менш вивчених представників із даної групи сполук.

Також в процесі даного дослідження було визначено значний потенціал могозидів як групи біологічно активних речовин, властивості яких не обмежуються інтенсивним солодким смаком, а й включають низку фармакологічних властивостей, а саме: гіпоглікемічну, протизапальну, антимікробну та антиоксидантну. Це визначає їх не просто як звичайні харчові добавки, а як вагомі перспективні сполуки, що здатні забезпечити більшу метаболічну стабільність та захистити серцево-судинну, нервову системи від негативного впливу хронічного надмірно інсулінорезистентності та гіперглікемії, що ідеально поєднується з їх функцією як цукрозамінників.

В результаті, усі завдання, що висувалися до даної роботи були виконані. Також, завдяки успішному виділенню чистого зразка могозиду була створена

основа для стійкого просування подальших досліджень, в тому числі для дослідження біологічної активності менш вивчених могозидів. *Siraitia grosvenorii* та її плоди є вагомим джерелом біологічно активних речовин а подальше її залучення в нутрицевтиці та медицині відкриває можливість до поступового позитивного зрушення у глобальній проблемі надмірного споживання вільних цукрів та в регулюванні негативних наслідків які з цим пов'язані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Guideline: Sugar intake for adults and children / World Health Organization. Geneva : WHO, 2015. 59 p. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028> (Date of access: 15.03.2026).
2. Tamanna N., Mahmood N. Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science*. 2015. Vol. 2015. P. 526762. DOI: 10.1155/2015/526762.
3. Current perspectives on global sugars consumption: Definitions, recommendations, population intakes, challenges and future direction / J. Walton et al. *Nutrition Research Reviews*. 2021. Vol. 36, № 1. P. 1–22.
4. Obesity and overweight / World Health Organization. 2025. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Date of access: 06.04.2026).
5. Diabetes Facts and Figures / International Diabetes Federation. 2026. URL: <https://idf.org/about-diabetes/diabetes-facts-figures/> (Date of access: 06.04.2026).
6. Recent Advances in the Distribution, Chemical Composition, Health Benefits, and Application of the Fruit of *Siraitia grosvenorii* / Q. Guo et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, № 14. P. 2278. DOI: 10.3390/foods13142278.
7. Introduction, adaptation and characterization of monk fruit (*Siraitia grosvenorii*): a non-caloric new natural sweetener / Shivani et al. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11, № 1. P. 6205.
8. Mugford S. T., Osbourn A. Saponin Synthesis and Function. *Isoprenoid Synthesis in Plants and Microorganisms: New Concepts and Experimental Approaches*. 2012. P. 405–424. DOI: 10.1007/978-1-4614-4063-5_28.
9. Said Ashour A., Mahfud A., Abed El Aziz M. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *Journal of Nanomedicine Research*. 2019. Vol. 8, № 1. P. 6–12. DOI: 10.15406/jnmr.2019.07.00199.

10. Perspectives on Saponins: Food Functionality and Applications / Y. P. Timilsena et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, № 17. P. 13538. DOI: 10.3390/ijms241713538.
11. Majinda R. Extraction and Isolation of Saponins. *Methods in molecular biology*. 2012. Vol. 864. P. 415–426. DOI: 10.1007/978-1-61779-624-1.16.
12. Pandey A. K., Chauhan O. P. Monk fruit (*Siraitia grosvenorii*) – health aspects and food applications. *Pantnagar Journal of Research*. 2019. Vol. 17, Iss. 3. P. 191–198. URL: <https://www.gbpuat.res.in/uploads/archive/17.3.1.pdf> (Date of access: 15.03.2026).
13. A comprehensive review of *Siraitia grosvenorii* (Swingle) C. Jeffrey: chemical composition, pharmacology, toxicology, status of resources development, and applications / H. Huang et al. *Front. Pharmacol.* 2024. Vol. 15. P. 1388747. DOI: 10.3389/fphar.2024.1388747.
14. A Review of the Phytochemistry and Pharmacology of the Fruit of *Siraitia grosvenorii* (Swingle): A Traditional Chinese Medicinal Food / J. Wu et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27, № 19. P. 6618. DOI: 10.3390/molecules27196618.
15. Lee C.-H. Intense sweetener from Lo Han Kuo (*Momordica grosvenori*). *Experientia*. 1975. Vol. 31, № 5. P. 533–534.
16. Monk Fruit Sweetener Market Size, Share, and Industry Analysis by Form, Nature, Application and Regional Forecast, 2026-2034. *Fortune Business Insights*. 2026. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/monk-fruit-sweetener-market-114670> (Date of access: 06.04.2026).
17. GRAS exemption claim for Luo Han Guo fruit extracts manufactured by Hunan Nutramax, Inc. (GRAS Notice No. 000629) / U.S. Food and Drug Administration. 2016. URL: <https://www.fda.gov/media/96515/download> (Date of access: 06.04.2026).
18. Kaim U., Gawlik U. Is Monk Fruit the Next Approved Natural Sweetener in the EU? Examining the Regulatory Process. *Research Square*. 2025. DOI: 10.21203/rs.3.rs-6218498/v1.

19. Pharmacological Activities of Mogrosides / C. Liu et al. *Future Medicinal Chemistry*. 2018. Vol. 10, № 8. P. 845–850. DOI: 10.4155/fmc-2017-0255.
20. Antioxidant effect of mogrosides against oxidative stress induced by palmitic acid in mouse insulinoma NIT-1 cells / Q. Xu et al. *Brazilian journal of medical and biological research*. 2013. Vol. 46, № 11. P. 949–955.
21. In vitro inhibitory effect of five natural sweeteners on α -glucosidase and α -amylase / J. Jiang et al. *Food function*. 2024. Vol. 15, № 4. P. 2234–2248. DOI: 10.1039/d3fo05234f.
22. Metabolic dysfunction associated fatty liver disease and type 2 diabetes: pathophysiological links, epidemiological trends, and clinical implications / M. S. Mohiuddin et al. *Front. Endocrinol.* 2025. Vol. 16. P. 1669478. DOI: 10.3389/fendo.2025.1669478.
23. Antiviral effects of mogroside V against porcine reproductive and respiratory syndrome virus in vitro / L. Liang et al. *Front. Microbiol.* 2025. Vol. 16. P. 1611600. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1611600.
24. Prebiotic Potential of a New Sweetener Based on Galactooligosaccharides and Modified Mogrosides / A. Muñoz-Labrador et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2022. Vol. 70, № 29. P. 9048–9056.
25. The Protective Effects of Mogroside V Against Neuronal Damages by Attenuating Mitochondrial Dysfunction via Upregulating Sirtuin3 / H. Luo et al. *Molecular Neurobiology*. 2022. Vol. 59. P. 1–17. DOI: 10.1007/s12035-021-02689-z.
26. Anticancer and Antioxidant Effects of Bioactive Extracts from Monk Fruit with Potential Clinical Implications / S. Konno et al. *Cancer Science Research*. 2022. Vol. 5, № 1. DOI: 10.33425/2639-8478.1085.
27. Formulation and Evaluation of Monk Fruit Extract-Based Zero-Calorie Electrolyte Replenisher Powder: A Novel Functional Formulation / U. S. Patil et al. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 2026. Vol. 16, № 2. P. 156–163. DOI: 10.22270/jddt.v16i2.7549.

28. Microwave-Assisted Extraction of Phytochemicals / S. Nithya et al. *Drug Discovery and Design Using Natural Products*. Cham : Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-35205-8_8.
29. ISS Khandagale J. K. An Overview On Thin Layer Chromatography. *International Journal of Creative Research Thoughts*. 2023. Vol. 11, Iss. 3. P. f510–f517. URL: <http://www.ijcrt.org/papers/IJCRT2303633.pdf> (Date of access: 15.04.2026).
30. Thin-Layer Chromatography: Manual Method. *Instrumentation Tools*. 2018. URL: <https://instrumentationtools.com/thin-layer-chromatography-manual-method/> (Date of access: 15.04.2026).
31. Improving the Vanillin-Sulphuric Acid Method for Quantifying Total Saponins / V. A. Le et al. *Technologies*. 2018. Vol. 6, № 3. P. 84. DOI: 10.3390/technologies6030084 (Date of access: 15.04.2026).
32. Reid R. G., Sarker S. D. Isolation of Natural Products by Low-Pressure Column Chromatography. *Natural Products Isolation* / ed. by S. D. Sarker, Z. Latif, A. I. Gray. 2nd ed. Totowa : Humana Press, 2006. P. 117. (Methods in Molecular Biology ; Vol. 20). DOI: 10.1385/1-59259-955-9:117.
33. Advances in extraction technologies: isolation and purification of bioactive compounds from biological materials / N. Srivastava et al. *Natural Bioactive Compounds*. 2021. P. 409–433. DOI: 10.1016/b978-0-12-820655-3.00021-5.
34. Chromatographic techniques: types, principles, and applications / V. B. Chandana Kumari et al. *Analytical Techniques in Biosciences: From Basics to Applications* / ed. by Chukwuebuka Egbuna et al. New York : Academic Press, 2022. P. 73–101.
35. Hostettmann K., Terreaux C. Medium Pressure Liquid Chromatography. *Encyclopedia of Separation Science* / ed. by I. D. Wilson. Saint Louis : Elsevier, 2000. P. 3296–3303. DOI: 10.1016/b0-12-226770-2/01891-3

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДИПЛОМ І СТУПЕНЯ

нагороджується

Валерія ЯВОРСЬКА

у секційному засіданні студентського наукового
товариства кафедри
фармацевтичної хімії

VI Всеукраїнська науково-практична конференція з
міжнародною участю

«YOUTH PHARMACY SCIENCE»

Ректор закладу
вищої освіти



(Signature)
Олександр КУХТЕНКО

10-11 грудня 2025 р. м. Харків



ДОДАТОК Б



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДИПЛОМ ІІ СТУПЕНЯ

нагороджується

ЯВОРСЬКА Валерія

за участь у секційному засіданні студентського наукового
товариства кафедри
фармацевтичної хімії
XXXII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ НОВИХ
ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ»

Ректор закладу
вищої освіти



Олександр КУХТЕНКО

15 квітня 2026 р. м. Ужгород



ДОДАТОК В

Ministry of Health of Ukraine
 Ministry of Education and Science of Ukraine
 National University of Pharmacy
 Pharmaceutical Chemistry Department
 General Chemistry Department
 Ukrainian Society of Medicinal Chemistry



CERTIFICATE

This is to certify that
Valeriia Yavorska, Anne-Claire Mitaine-Offer,
Victoriya Georgiyants, Olha Mykhailenko
 with a poster presentation

**ANALYSIS OF THE QUANTITATIVE
 AND QUALITATIVE CONTENT OF SAPONINS
 IN SIRAITIA GROSVENORII**

participated in the International Internet Conference
'Modern chemistry of medicines'
 November 7, 2025, Kharkiv, Ukraine

Certificate of the State Scientific
 Institution 'Ukrainian Institute of
 Scientific and Technical Expertise and
 Information' No. 850 dated 26.12.2024

Acting rector of the NUPh, prof.



Oleksandr KUKHTENKO

Head of the Department
 of Pharmaceutical Chemistry, prof.

Victoriya GEORGIYANTS



Analysis of the quantitative and qualitative content of saponins in *Siraitia grosvenorii*

Valeriia Yavorska^{1*}, Anne-Claire Mitaine-Offer², Victoriya Georgiyants¹, Olha Mykhailenko^{1,3}

¹Department of Pharmaceutical Chemistry, National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

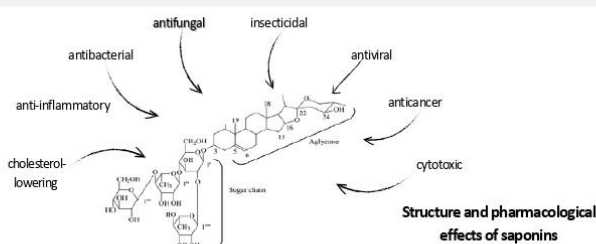
²Université de Bourgogne-Europe, Institut Agro, CNRS, INRAE, UMR CSGA, Dijon, France

³Department of Pharmaceutical Biology, Kiel University, Kiel, Germany

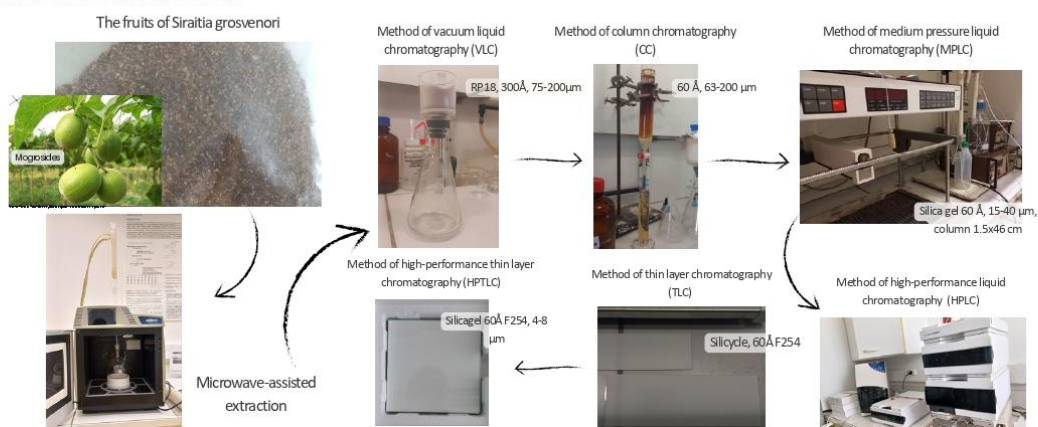
*Corresponding author e-mail: yavorskavaleria@gmail.com

Introduction

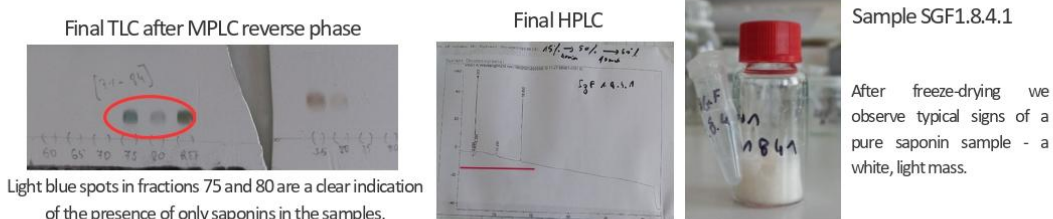
Saponins are bioactive plant-derived glycosides with significant pharmacological and industrial potential, but their isolation is complicated by structural complexity.



Materials and methods



Results and discussion



Conclusions

The multi-stage purification process, combining VLC, CC, MPLC, TLC, HPTLC, and HPLC, enabled the successful isolation of a pure saponin sample: SGF1.8.4.1. These findings provide a foundation for advanced analysis of the isolated compound, including molecular structure elucidation by nuclear magnetic resonance (NMR), molecular mass determination via mass spectrometry, and evaluation of biological activity, such as activation of the sweet-taste receptor TAS1R2/TAS1R3.

Agnolegements

This research was conducted with the support of the Erasmus+ international program at the Department of Pharmacy, Université Bourgogne Europe, Dijon, France.

This research was funded by the by the European Commission.

ДОДАТОК Г

Ministry of Health of Ukraine
 Ministry of Education and Science of Ukraine
 National University of Pharmacy
 Pharmaceutical Chemistry Department
 General Chemistry Department
 Ukrainian Society of Medicinal Chemistry



CERTIFICATE №126

This is to certify that

Valeriia Yavorska

participated in the International Internet Conference
'Modern chemistry of medicines'
 November 7, 2025, Kharkiv, Ukraine

Certificate of the State Scientific
 Institution 'Ukrainian Institute of
 Scientific and Technical Expertise and
 Information' No. 850 dated 26.12.2024

Acting rector of the NUPh, prof.

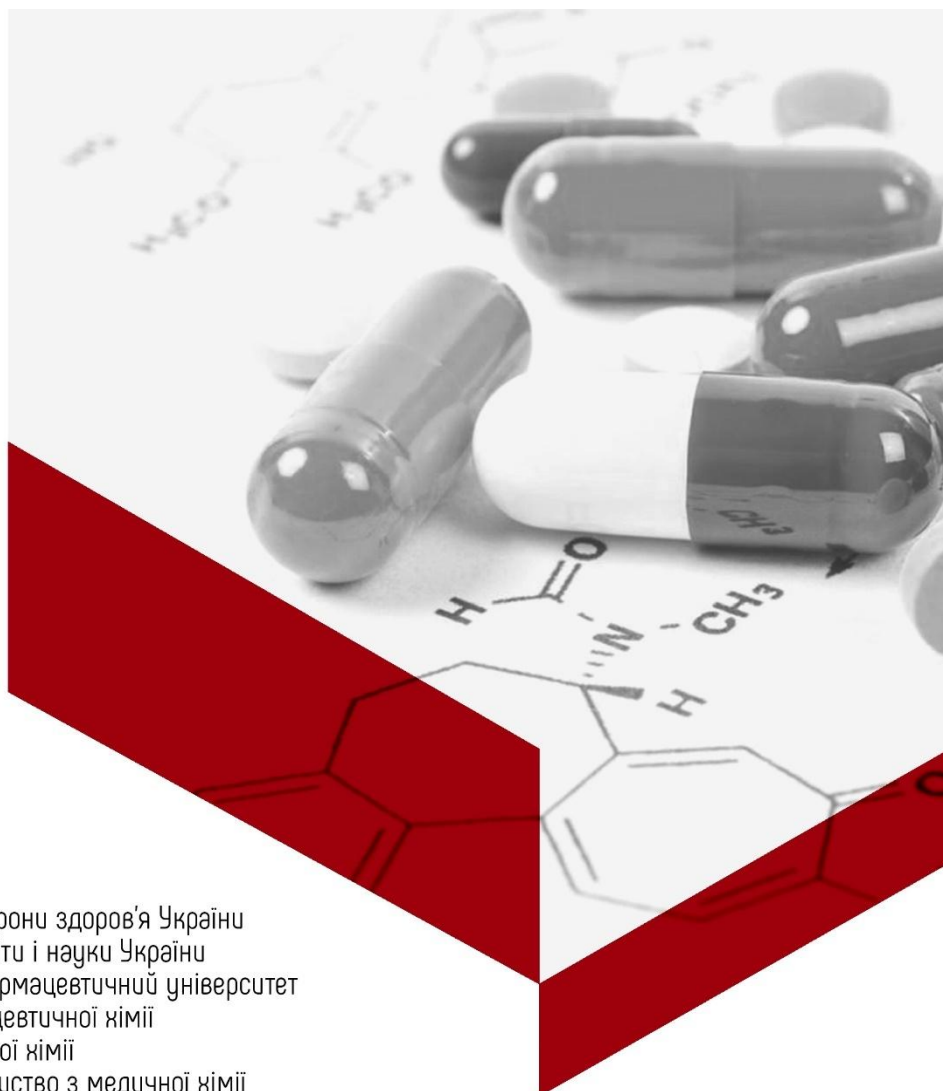


Oleksandr KUKHTENKO

Head of the Department
 of Pharmaceutical Chemistry, prof.

Victoriya GEORGIYANTS

Продовж. дод. Г



Міністерство охорони здоров'я України
Міністерство освіти і науки України
Національний фармацевтичний університет
Кафедра фармацевтичної хімії
Кафедра загальної хімії
Українське товариство з медичної хімії

Міжнародна internet-конференція

Modern chemistry of medicines

7 листопада 2025 р.
м. Харків, Україна

Посвідчення Державної наукової
установи «Український інститут
науково-технічної експертизи та
інформації» № 850 від 26.12.2024 р.

Продовж. дод. Г

Міністерство охорони здоров'я України
Міністерство освіти і науки України
Національний фармацевтичний університет
Кафедра фармацевтичної хімії
Кафедра загальної хімії
Українське товариство медичної хімії

Ministry of health of Ukraine
Ministry of education and science of Ukraine
National university of pharmacy
Pharmaceutical chemistry department
General chemistry department
Ukrainian Society of Medicinal Chemistry

MODERN CHEMISTRY OF MEDICINES

Матеріали
Міжнародної Internet-конференції «Modern chemistry of medicines»,
7 листопада 2025 року

Materials
of the International Internet Conference 'Modern chemistry of medicines',
November 7, 2025

ХАРКІВ
KHARKIV
2025

International internet conference
 «MODERN CHEMISTRY OF MEDICINES»
 November 7, 2025, Kharkiv, Ukraine



Analysis of the quantitative and qualitative content of saponins in *Siraitia grosvenorii*

Valeriia Yavorska^{1*}, Anne-Claire Mitaine-Offer², Victoriya Georgiyants¹, Olha Mykhailenko^{1,3}

¹Department of Pharmaceutical Chemistry, National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

²Université de Bourgogne-Europe, Institut Agro, CNRS, INRAE, UMR CSGA, Dijon, France

³Department of Pharmaceutical Biology, Kiel University, Kiel, Germany

*Corresponding author e-mail: yavorskavaleria@gmail.com

Introduction. Saponins are bioactive plant-derived glycosides with significant pharmacological and industrial potential, but their isolation is complicated by structural complexity [1]. *Siraitia grosvenorii* (monk fruit, Luo Han Guo) is widely recognised for its antidiabetic, antioxidant, and anti-inflammatory properties, [2], and as a natural sweetener due to triterpene glycosides known as mogrosides, which are 200–300 times sweeter than sucrose and similar in taste to aspartame [3].

Materials and methods. Microwave-assisted extraction was used to obtain crude extracts, followed by step-by-step purification with vacuum liquid chromatography (VLC), column chromatography (CC), and medium-pressure liquid chromatography (MPLC). Thin layer chromatography (TLC), high-performance thin layer chromatography (HPTLC) and high-performance liquid chromatography (HPLC) were used throughout the process to monitor and confirm compound purity.

Results and discussion. As a result of applying a complex approach to extraction and purification, four groups of samples were obtained: SGF1.8, SGF(A)4, SGF1.5, and SGF(A)6, among them sample SGF1.8.4.1 contained pure *S. grosvenorii* saponins, which was confirmed by HPLC analysis. Additional fractions with promising profiles were obtained but require further purification.

Conclusions. These findings provide a foundation for advanced analysis of the isolated compound, including molecular structure elucidation by nuclear magnetic resonance (NMR), molecular mass determination via mass spectrometry, and evaluation of biological activity, such as activation of the sweet-taste receptor TAS1R2/TAS1R3. Such progress depends on precise extraction and purification, which combine established protocols with experimental approach.

Acknowledgement. This research was conducted with the support of the Erasmus+ international program at the Department of Pharmacy, Université Bourgogne Europe, Dijon, France. This research was funded by the by the European Commission.

References

1. Majinda R.R. Extraction and isolation of saponins. *Methods Mol Biol.* 2012; 864:415-426.
2. D. Tu et al. Developmental, chemical and transcriptional characteristics of artificially pollinated and hormone-induced parthenocarpic fruits of *Siraitia grosvenorii* / *RSC Advances*. 2017. Vol. 7, no. 20. P. 12419–12428.
3. Lü K, Song X, Zhang P, et al. Effects of *Siraitia grosvenorii* extracts on high fat diet-induced obese mice: a comparison with artificial sweetener aspartame. *Food Science and Human Wellness*, 2022, 11(4): 865-873.

ДОДАТОК Д



СЕРТИФІКАТ №323/2026

Цим засвідчується, що

Яворська В. С.

брав(-ла) участь у VI Науково-практичній конференції з міжнародною участю
«PLANTA+. НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА»

Тривалістю 6 годин (0,2 кредита ЄКТС)

23 січня 2026 р.,
 м. Київ, Україна



PLANTA+
 НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА

Конференція зареєстрована у ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Посвідчення УкрІНТЕІ № 741 від 29 жовтня 2025 р.)

Ректор Національного медичного університету
 імені О. О. Богомольця, д. м. н., професор

В. о. завідувача кафедри фармакогнозії та ботаніки,
 д. фарм. н., професор



Юрій КУЧИН

Уляна КАРПЮК

Продовж. дод. Д

PLANTA+

НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА

SCIENCE, PRACTICE AND EDUCATION

**23 січня 2026 р.
м. Київ, Україна**

**January 23, 2026
Kyiv, Ukraine**

**Том 1
Volume 1**

**20
26**



Продовж. дод. Д

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ
ІНСТИТУТ БОТАНІКИ ІМ. М.Г. ХОЛОДНОГО НАН УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОПОЛЬСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«PLANTA+. НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА»

Матеріали

VI Науково-практичної конференції з міжнародною участю

Том 1

**23 січня 2026 року
м. Київ**

Продовж. дод. Д

**Фармакогностичні дослідження
рослинної сировини для створення
лікарських засобів та дієтичних добавок**

**Pharmacognostic study of medicinal plant
material for the creation of
medicines and dietary supplements**

Продовж. дод. Д

**САПОННИ ПЛОДІВ SIRAITIA GROSVENORII – ЗАСТОСУВАННЯ В
НУТРИЦЕВТИЦІ ТА ПОТЕНЦІАЛ В МЕДИЦИНІ**

Яворська В. С., Михайленко О. О., Георгіяну В. А., Mitaine-Offer A.-C.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

Université de Bourgogne-Europe, Dijon, France

yavorskavaleria@gmail.com

Ключові слова: цукрозамінник, *Siraitia grosvenorii*, могрозиди.

Вступ. Діабет – це хронічний патологічний стан, який виникає у випадку, коли рівень глюкози в крові людини підвищується, за умови якщо організм не може виробляти достатню кількість інсуліну – діабет 1 типу, або не здатен ефективно використовувати інсулін, який він виробляє – діабет 2 типу. В останньому Атласі діабету Міжнародної діабетичної федерації повідомляється, що 11,1%, або 1 з 9 представників дорослого населення (20-79 років) живе з діабетом, проте понад 4 з 10 не знають про наявність у них цього захворювання [1].

Діабет 2 типу є найпоширенішим типом діабету, на який припадає понад 90% усіх випадків діабету у світі. Наразі він є восьмою основною причиною загального тягаря хвороб у світі і, за оцінками, стане другою основною причиною до 2050 року [1]. Однією з основних причин розвитку діабету 2 типу є ожиріння, яке пов'язується з надмірним споживання цукру.

Вагомим елементом комплексного підходу до врегулювання проблеми надмірного споживання цукру є належне використання цукрозамінників. Статистичні дані, вказують на те, що у 2024 році обсяг світового ринку замінників цукру оцінювався в 7,97 млрд доларів США, а до 2033 року, за прогнозами, досягне 15,48 млрд доларів США, зростаючи на 7,6% в середньорічному обчисленні [2], що підтверджує популярність та перспективність їх використання.

Матеріали та методи. Було здійснено огляд літературних джерел, проведено аналіз статей в основних наукометричних базах даних, таких як Web of Science, Scopus та ScienceDirect.

Результати та їх обговорення. Загальна класифікація цукрозамінників включає: штучні підсолоджувачі, які є хімічними сполуками промислового виробництва (ацесульфам калію, аспартам, неотам, сахарин, сукралоза); цукрові спирти, що можуть міститися в рослинних продуктах та буди промислово синтезованими (еритрит, ізомальт, лактит, мальтит, сорбіт, ксиліт) та рослинні цукрозамінники, яким все частіше надають перевагу, оскільки вони пропонують належну солодкість, нульову калорійність та можуть мати додаткові перевагами для здоров'я, такі як антиоксидантні властивості. Найпопулярнішими представниками рослинних цукрозамінників є стевія та монк фрукт [4].

Siraitia grosvenorii або монк фрукт – це трав'яниста багаторічна ліана, яка росте на півдні Китаю і найбільш відома завдяки своїм плодам, ло хань куо (luo han guo). Екстракт плодів майже в 300 разів солодший за сахарозу і завдяки своєму смаку використовується в Китаї як натуральний підсолоджувач протягом майже тисячоліття. Крім того, *S. grosvenorii* використовується як традиційний

Продовж. дод. Д

засіб для лікування астми, тонзиліту та болю в горлі. Традиційна лікувальна цінність *S. grosvenorii* забезпечила підґрунтя для подальших широких фармакологічних досліджень. В останні роки було виявлено, що *S. grosvenorii* має мультифармакологічну активність, включаючи протикашльову, відхаркувальну, антиоксидантну, імунологічну, гепатопротекторну та антимікробну активність. Такий широкий комплекс ефектів зумовлений вмістом представників різних груп біологічно активних сполук, до яких належать тритерпеноїди, флавоноїди, лігнани, вітаміни, білки, сахариди та ефірні олії. Основними сполуками, що зумовлюють солодкість та мають високий потенціал застосування в окремих напрямках медицини є глікозиди похідні кукурбітану – могозиди, серед яких могозид V є переважаючим із середнім вмістом понад 0,5% та має найбільш солодкий смак [5].

Могозиди не лише діють як природний підсолоджувач, але й відповідають за антидіабетичну активність екстракту, підвищуючи швидкість засвоєння глюкози в крові, і мають потенційну користь для пацієнтів з діабетом. Останні дослідження показали, що могозид V та деякі інші елементи екстракту плодів монк фрукту можуть значно пригнічувати підвищення рівня глюкози в крові, викликане мальтозою, шляхом інгібування кишкової мальтази. Окислювальний стрес також вважається однією з основних причин, відповідальних за патогенез діабету. Могозид V має високі антиоксидантні властивості, які потенційно здатні пригнічувати розвиток діабету, опосередкованого окислювальним стресом. Серед інших характерних ефектів фармакологічного впливу могозидів є зниження темпів ожиріння, яке виникає за рахунок їх здатності вагомо інгібувати активність панкреатичної ліпази. Пероральне застосування могозидів забезпечувало зниження темпів зростання ваги, рівня тригліцеридів та загального холестерину у мишей під час дослідження *in-vivo*. Також відомі дослідження підтверджують здатність могозидів зменшувати загальне фізичне виснаження. *In-vitro* експерименти доводять, що їх застосування сприяє підвищенню вмісту глікогену в печінці та м'язах в період навантаження, без підвищення рівнів молочної кислоти та азоту сечовини крові, що вказує на підтримку оптимального використання енергетичних ресурсів організму [3].

Одним із найважливіших напрямків фармакологічного застосування могозидів є їх використання як елемента протиракової терапії. Було доведено, що пероральне застосування могозиду V супроводжувалося суттєвим протипухлинним ефектом при хімічно індукованому раку шкіри *in-vivo*. Даний ефект був більш потужним у порівнянні з впливом гліциризину – відомого протипухлинного агента у випадках хімічного канцерогенезу. Крім того встановлено, що могозид V проявляє значну протипухлинну активність проти раку підшлункової залози за рахунок декількох напрямів впливу, а саме: стимуляція апоптозу, пригнічення ангиогенезу та зменшення судинної щільності як у моделях *in-vivo*, так і в моделях *in-vitro* [3].

Загальні смакові характеристики солодких могозидів є однією з головних переваг цукрозамінників отриманих з плодів *S. grosvenorii*. Екстракт плодів монк фрукту має легкий фруктовий карамелізований смак і не залишає сильного

Продовж. дод. Д

післясмаку. На відміну від стевіозиду, який є одним з головних компонентів, що надає солодкий смак стевії, після вживання якого часто відчувається легкий гіркуватий або металевий присмак. Цукрозамінники стевії та монк фруту є термостабільними та можуть використовуватися в приготуванні їжі, проте використання стевії може негативно вплинути на загальні смакові характеристики продукту через відповідний післясмак [4].

Висновки. Використання рослинних цукрозамінників для особистого вжитку може переважати над штучними, адже вони стають дедалі популярнішими через стійку довіру споживачів до речовин природного походження. Аналізуючи переваги екстракту плодів *S. grosvenorii* визначили, що загальна сукупність позитивних фармакологічних властивостей, однорідний, насичений солодкий смак, без присмаку та термостабільність, без зміни смакових характеристик страв, дозволяють вирізнити його в порівнянні з іншим найпопулярнішим рослинним цукрозамінником – стевією.

Важливо додати, що на даному етапі встановлення точних фармакологічних властивостей могозидів *S. grosvenorii*, проводилися лише доклінічні дослідження, отже існує потреба в подальшому просуванні та переході до клінічних досліджень для проведення конструктивного аналізу конкретних фармакологічних ефектів, які проявляються саме в людському організмі.

Зважаючи на стрімкий та стабільний ріст в популярності застосування цукрозамінників, існує потреба в постійному аналізі результатів їх тривалого вживання та огляді інноваційних напрямків їх застосування.

Перелік посилань:

1. Basu S., Yoffe P., Hills N., Lustig R.H. (2013). The Relationship of Sugar to Population-Level Diabetes Prevalence: An Econometric Analysis of Repeated Cross-Sectional Data. PLoS ONE, 8(2), e57873. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057873>
2. Grand View Research. (2025). Sugar Substitutes Market Size, Share. Industry Report (2025 - 2033). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sugar-substitutes-market>
3. Pandey, A. K. and Chauhan, O. P., (2019). Journal article, India, 2582-2780 0972-8813, 17, (3), Pantnagar, Pantnagar Journal of Research, (191–198), G.B. Pant University of Agriculture; Technology, Monk fruit (*Siraitia grosvenorii*) - health aspects and food applications. <http://www.gbpuat.res.in/downloadcount.php?id=1129>
4. Wazir, M., Verma, H., Singh, J., Singh, P., & Passey, S. (2025). The Battle of Natural Sweeteners: A Comprehensive Guide to Monk Fruit and Stevia. Current Research in Nutrition and Food Science Journal, 13(1), 24–45. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.13.1.2>
5. Wu, J., Jian, Y., Wang, H., Huang, H., Gong, L., Liu, G., Yang, Y., & Wang, W. (2022). A Review of the Phytochemistry and Pharmacology of the Fruit of *Siraitia grosvenorii* (Swingle): A Traditional Chinese Medicinal Food. Molecules, 27(19), 6618. <https://doi.org/10.3390/molecules27196618>