

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології**  
**Кафедра біотехнології та хімії**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**На здобуття ступеня вищої освіти**

**бакалавр**

**на тему: «БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ВОДНИХ РОСЛИННИХ  
ЕКСТРАКТІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ  
ВОДИ»**

**Виконав: здобувач вищої освіти**

**за освітньою програмою**

**Біотехнології та біоінженерія  
спеціальності**

**162 Біотехнології та біоінженерія**

**ступеня вищої освіти бакалавр**

**групи 162ББбд\_2020**

**Горбач Д. А.**

**Керівник: Ромашко Т. П.**

**Рецензент: Мамон О.**

**Полтава – 2024 року**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології**  
**Кафедра біотехнології та хімії**

Освітньо-професійна програма Біотехнології та біоінженерія

Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія

Рівень вищої освіти бакалаврський

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри Таміла Ромашко**

---

«11» «вересня» 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**  
**Горбач Дмитро Анатолійович**

1. Тема роботи: **«Біологічна активність водних рослинних екстрактів в залежності від мінерального складу води»**, керівник роботи к.х.н., доцент, завідувач кафедри біотехнології та хімії Ромашко Т.П.

Затверджено засіданням кафедри протокол № 3 від «11» вересня 2023 р.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «10» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: зразки вод різного мінерального складу та походження; екстракти *Salvia officinalis* різних концентрацій.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

Вступ.

Розділ 1. Огляд літератури.

1.1 Характеристика та напрямки використання рослинних екстрактів.

1.2 Методи приготування екстрактів.

1.3 Явище аллопатії у рослин.

1.4 Використання екстрактів у косметології.

- 1.5 Використання екстрактів у харчовій промисловості.
- 1.6 Обладнання для промислового отримання екстрактів.
- 1.7 Виробництво препаратів біологічного походження.
- 1.8 Біохімічний склад рослинної сировини *Salvia officinalis*.

Розділ 2. Об'єкт та методика проведення досліджень

- 2.1 Значення мінерального складу води для приготування екстрактів.
- 2.2 Методики приготування екстрактів.
- 2.3 Проведення тестів на схожість.
- 2.4 Технологічна схема виробництва рідких екстрактів.

Розділ 3. Результати досліджень.

- 3.1 Залежність біологічної активності екстрактів від вибору води.
- 3.2 Статистична обробка даних.
- 3.3 Технологічна схема процесу.

Висновки.

Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу: рисунки – 4, графіки – 6, за темою та об'єктом дослідження.

6. Дата видачі завдання «11» вересня 2023р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1. Вибір і затвердження теми роботи.	04.09.-11.09.23	<b>виконано</b>
2. Складання та погодження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	11.09-18.09.23	<b>виконано</b>
3. Опрацювання літературних джерел	18.09-20.10.23	<b>виконано</b>
4. Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	23.10-20.11.23	<b>виконано</b>
5. Виконання теоретичного розділу роботи	20.11.23-12.01.24	<b>виконано</b>
6. Виконання аналітичних розділів роботи	15.01.-29.03.24	<b>виконано</b>

7. Виконання спеціальних розділів	01.04.-30.04.24	<b>виконано</b>
8. Оформлення тексту роботи	01.05.-31.05.24	<b>виконано</b>
9. Попередній захист роботи на кафедрі	10.06.24	<b>виконано</b>
10. Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	10.06.-20.06.24	<b>виконано</b>
11. Нормоконтроль	20.06.24	<b>виконано</b>
12. Захист кваліфікаційної роботи	21.06.24	<b>виконано</b>

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

Дмитро ГОРБАЧ

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

Таміла РОМАШКО

## Анотація

Водні екстракти з рослин широко використовуються в фармацевтиці, сільському господарстві тощо та мають ще більший потенціал їх застосування в майбутньому. Для досліджень екстракти готують на дистильованій воді, й при цьому не вивчаються можливі зміни біологічних властивостей таких препаратів за умови їх приготування на природних водах. В цій роботі було поставлено завдання дослідити те, як походження води впливає на її екстракційні властивості щодо біологічно активних речовин, що містяться в рослинах.

В роботі було проведено *in vitro* тест на пророщування насіння редису в водних екстрактах з листя шавлії, приготованих на дистильованій воді та трьох питних водах різного походження. Отримані результати засвідчують залежність біологічної активності рослинних екстрактів від типу взятої для їх приготування води. Відмінності, які оцінювалися за часом затримки проростання насіння, є більш значними для менш насичених екстрактів.

Встановлено, що для водних екстрактів рослин походження взятої для їх приготування води має вплив на кількість екстрагованої речовини та біологічну активність екстракту.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень .....	7
ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1 Характеристика та напрямки використання рослинних екстрактів .....	11
1.2 Методи приготування екстрактів .....	12
1.3 Явище алелопатії у рослин.....	15
1.4 Використання екстрактів у косметології.....	18
1.5 Використання екстрактів у харчовій промисловості .....	20
1.6 Обладнання для промислового отримання екстрактів.....	22
1.7 Виробництво препаратів біологічного походження.....	26
1.8 Біохімічний склад рослинної сировини <i>Salvia officinalis</i> .....	28
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	31
2.1 Значення мінерального складу води для приготування екстрактів.....	31
2.2 Методика приготування екстрактів .....	32
2.3 Проведення тестів на схожість .....	33
2.4 Технологічна схема виробництва рідких екстрактів.....	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	36
3.1 Залежність біологічної активності екстрактів від вибору води.....	36
3.2 Статистична обробка даних .....	43
3.3 Технологічна схема процесу .....	51
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	555

## Перелік умовних позначень

des – дистильована вода

БАР – біологічно активні речовини

БВ – бутильована вода

ВВ – водопровідна вода

Дж – джерельна вода

ЛРС – лікарська рослинна сировина

НІР – найменша істотна різниця

ТП – технологічний процес

ШП – швидкість проростання

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Рослинні екстракти мають великий потенціал для застосування у різних сферах. Вони виступають як сировинна база для фармацевтичної, використовуються в сільському господарстві.

Здавна відомо, що до складу рослин входить велика кількість різноманітних сполук, які мають потенціал для практичного застосування. Відомо багато методів для добування БАР, але не всі вони є ефективними і на виході не завжди маємо якісний продукт. Розробка нових методів добування цих речовин може значною мірою допомогти подоланню глобальних проблем людства. Так, в сільському господарстві з кожним роком зростає попит на біологічні пестициди як альтернативу хімічним, оскільки останні є більш агресивними для рослин і викликають значне забруднення навколишнього середовища. Біопрепарати на основі рослинних екстрактів є одними із небагатьох перспективних вирішень екологічної проблеми.

Слід відзначити, що зі зростанням попиту на рослинні екстракти збільшується і необхідність вдосконалення та розширення їх промислового виробництва. У зв'язку з цим зростає потреба у дослідженні біологічного складу маловідомих рослин, розробці нових методик екстракції, створення нового та вдосконалення старого обладнання для екстрагування.

**Мета роботи:** вивчення екстракційної здатності природних вод стосовно біологічно активних речовин в рослинній сировині.

Для досягнення мети було поставлено наступні **завдання дослідження:**

1. Проаналізувати алелопатичний вплив водних екстрактів шавлії на проростання насіння рослин шляхом біотестування.

2. Провести *in vitro* тест на пророщування насіння редису в водних екстрактах з листя шавлії, приготованих на дистильованій воді та трьох питних водах різного походження.

3. Дослідити, як походження води впливає на її екстракційні властивості щодо біологічно активних речовин, які містяться в рослинах.

4. Зробити статистичну обробку отриманих даних та сформулювати висновки щодо впливу вибору води на її екстракційні властивості.

5. Рационалізувати технологічну схему промислового виробництва водних рослинних екстрактів.

**Об'єкт дослідження:** екстрагування рослинного матеріалу шавлії лікарської з використанням води як розчинника.

**Предмет дослідження:** біологічна активність водних екстрактів із *Salvia officinalis* залежно від мінерального складу води.

**Методи дослідження.** В основі дослідження лежить комплексний підхід, в рамках якого було використано різні методи дослідження, зокрема: системно-аналітичний, що виражається у пошуку та теоретичному дослідженні експериментів з даної тематики; фізичний – приготування екстрактів під дією високої температури; фізико-хімічні, що включають: гравіметричний метод – визначення маси сухого залишку екстрактів, потенціометричний – визначення рН води та екстрактів; біологічний – проведення ростового тесту, розрахунковий – здійснення статистичного аналізу отриманих в ході експерименту даних.

**Наукова новизна результатів роботи.** В даній роботі звернуто увагу на залежність біологічної активності водних рослинних екстрактів від мінерального складу використаної для екстрагування води. Вперше біологічними тестами на прикладі застосування водних екстрактів *Salvia officinalis* показано, що біологічна ефективність екстрактів залежить від походження води, тобто від її мінерального складу.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати даної кваліфікаційної роботи можуть бути використані в органічному землеробстві з метою більш ефективного використання сировини при приготуванні органічних гербіцидів.

**Апробація результатів роботи.** Деякі положення даної роботи були представлені на засіданні кафедри біотехнології та хімії ПДАУ. Також були опубліковані тези доповідей на наукових конференціях:

1. Ромашко. Т. П., **Горбач Д. А.** Чинник типу води щодо біологічної активності водних екстрактів рослинної сировини. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА (м. Полтава, 16-17 травня 2022 року). С. 72-75.

2. Ромашко Т. П., **Горбач Д. А.** Використання ферментів для інтенсифікації екстрагування БАР з рослинної сировини. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА (м. Полтава, 17-18 травня 2023 року). С. 100-101.

3. Ромашко. Т. П., **Горбач Д. А.** Актуальність досліджень водних екстрактів рослин. Матеріали студентської наукової конференції. (м. Полтава, 15-16 травня 2023 року). С. 29-31.

4. Ромашко. Т. П., **Горбач Д. А.** Біологічно активні властивості флавоноїдів в рослинних екстрактах. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА (м. Полтава, 15-16 травня 2024 року). С. 57-58.

**Структура та обсяг роботи.** Загальний обсяг сторінок кваліфікаційної роботи 54. Робота містить 8 таблиць, 4 рисунка, 6 графіків та список використаних джерел, що налічує 62 позиції.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Характеристика та напрямки використання рослинних екстрактів

Рослинні екстракти мають тривалу історію вивчення. В літературі широко представлені дослідження екстрактів лікарських рослин, що використовуються як сировинна база фармакологічної індустрії. Порівняно недавно виникли й активізувалися дослідження рослинних екстрактів у напрямках, які безпосередньо не пов'язані з фармакологією. Всі вони мають за мету замінити синтетичні хімічні речовини їх природними аналогами. Є повідомлення про розробки екстрактів для лікувальних та поживних напоїв з біологічно активними речовинами [54]. Досліджуються косметичні засоби на рослинній основі [16], зокрема сонцезахисні креми з фотоактивними компонентами рослинного походження [27]. Відомі роботи [56, 34, 45], в яких рослинні екстракти використовуються для одержання інгібіторів корозії різних металів та їх сплавів. Ще один напрямок досліджень рослинних екстрактів пов'язаний з «зеленим» синтезом наночастинок металів та їх оксидів [28, 50]. Існують й інші галузі застосування рослинних екстрактів, серед яких виокремимо методи біологічного захисту рослин від бур'янів, що ґрунтуються на алелопатії. Алелопатія – це явище біологічної взаємодії між рослинами та мікроорганізмами. Вивчення закономірностей цієї взаємодії дозволило винайти природні гербіциди і інсектициди [41, 34, 43].

На якість екстракту впливають такі основні фактори: частини рослин, що використовуються в якості вихідного матеріалу, їх вологість і ступінь подрібнення; розчинник, який використовується для екстрагування; спосіб екстрагування; співвідношення рослинних матеріалів до розчинника. Однією з найпоширеніших форм отримання екстрактів з лікарських рослин є використання в якості екстрагента води [6]. До переваг водних екстрактів відносяться простота і доступність приготування, комплексна дія і висока біодоступність біологічно

активних речовин. Але використовуються і такі розчинники, як етиловий спирт або водно-спиртові суміші, олії, ефіри. Ці продукти містять складну суміш багатьох метаболітів лікарських рослин, таких як алкалоїди, глікозиди, терпеноїди, флаваноїди та ін [58].

Рослинні екстракти є досить цікавим матеріалом для дослідження, бо містять в своєму складі значну кількість біологічно активних речовин. Проте, біодоступність окремих компонентів залежить від джерела та способу їх вилучення та якості екстрагенту. На вихід екстрактивних речовин із фітосировини впливають такі показники, як температура, ступінь подрібненості сировини та вид екстрагента, а також тривалість екстракції. Питання підбору води для екстрагування є досить актуальним, оскільки при значних об'ємах приготування екстрактів, походження води може значно вплинути на якість вихідної продукції.

## **1.2 Методи приготування екстрактів**

З давніх часів людство користувалося поживними та лікувальними властивостями злаків, бобових, псевдозлаків, стебел, коренів, листя, фруктів, овочів та їх побічних продуктів. Такі властивості приписуються фітохімічним речовинам, які містяться в рослинних тканинах. Фітохімічні речовини - це сполуки, біологічна та фармакологічна активність яких була визнана протягом багатьох років. Серед найбільш репрезентативних фітохімічних речовин є флаваноїди. Флаваноїди широко вивчаються завдяки їхній великій кількості та біоактивним властивостям, таким як протипухлинні, протизапальні, антиоксидантні, антимуtagenні, антитромботичні, протівірусні, антибактеріальні та судинорозширювальні [25]. Флаваноїди є вторинними метаболітами, синтезованими рослинами, які забезпечують їх колір, захист від ультрафіолетового світла, а також вважаються найпоширенішими пігментами разом з хлорофілом і каротиноїдами. Вони також допомагають запобігти

окисленню жирів і захистити вітаміни та ферменти в рослинах. Основними джерелами флавоноїдів є фрукти, овочі, насіння та квіти.

Флавоноїди вважаються потенційними природними антиоксидантами, завдяки своїй здатності усувати вільні радикали та пригнічувати їх утворення. Крім того, хелатування іонів металів для інгібування перекисного окислення ліпідів є ще однією характеристикою флавоноїдів. Таким чином, флавоноїди можуть бути використані для лікування деяких патофізіологічних станів, таких як серцево-судинні та нейродегенеративні захворювання [44]. Антиоксидантна активність флавоноїдів в основному зумовлена наявністю в їх хімічній структурі фенольних кілець і вільних гідроксильних груп. Ці вільні гідроксильні групи можуть віддавати водень і таким чином уникати процесу окислення.

Деякі синтетичні антиоксиданти доставляються в організм людини з ліками, що мають певну токсичну дію. Із за цього збільшився інтерес до пошуку природних антиоксидантів рослинного походження, адже їх використання є відносно безпечним, дешевшим та не викликає серйозних побічних ефектів. Через популяризацію природних антиоксидантів, вони були включені до різних галузей промисловості, зокрема харчової, косметичної та фармакологічної, у зв'язку з чим збільшився інтерес до вивчення процесів екстракції і отримання екстрактів високої чистоти та якості [13].

Екстрагування біологічно активних речовин є основним процесом, що застосовується при приготуванні екстрактів з рослинної сировини. Цей процес має свої особливості, пов'язані перш за все з попередньою підготовкою сировини (подрібнення, сушіння, зберігання та ін.) і стабільністю біологічно активних речовин. При виборі екстрагента і способу екстракції враховуються їх вибіркова властивість, що вимагає проведення обов'язкових комплексних аналітичних і експериментальних досліджень.

На сьогоднішній день відомо два типи методів екстракції: звичайний, який використовує просте та недороге обладнання, велику кількість розчинника та

вимагає тривалого часу екстрагування за нормального тиску та підвищеної температури, і нетрадиційні, які є сучасними, екологічними та використовують більш дороге та складне обладнання, яке зменшує час екстракції та, як правило, відбувається при більш високих значеннях тиску та температури.

Найбільш поширеними традиційними методами екстрагування є кип'ятіння, відпарювання, мацерація, настоювання та перколяція. Ці процеси відбуваються із випаровуванням розчинника, за температури, зазвичай, не вище 100 °С, за різного часу: від однієї хвилини до 15 днів, як у методі мацерації. Ці незручності роблять традиційні методи не вигідними порівняно із нетрадиційними [17].

Одним із перспективних методів екстракції для інтенсифікації тепло- і масо-переносу є метод нагрівання у мікрохвильовому електромагнітному полі. Під час поглинання електромагнітна енергія мікрохвиль перетворюється на теплову енергію. Найчастіше використовують частоту коливання 2,45 ГГц, потужністю 600- 700 Вт [47]. Дана методика є простою, екологічно чистою і економічно вигідною для вилучення БАР із рослинних матеріалів. На відміну від класичних методів нагрівання, у мікрохвильовій печі відбувається нагрів всього зразка одночасно. Перевагою мікрохвильового нагріву (у випадку екстракції) є розрив слабких водневих зв'язків, що сприяє дипольному обертанню молекул [3].

Під час ультразвукового екстрагування використовують дію інтенсивних високочастотних звукових хвиль. Під дією ультразвуку відбувається вібрація твердих і рідких частинок і їх прискорення. Завдяки цьому БАР з рослинних клітин швидко виділяються з твердої фази в екстрагент. При зростанні інтенсивності ультразвукової дії на рідину, молекулярна структура руйнується і відбувається утворення бульбашок. Цей процес називається кавітацією. Схлопування бульбашок може спричинити руйнування біологічних мембран і дозволяє безперешкодно проникати екстрагенту в клітину. Перевагами використання ультразвуку є зменшення тривалості екстрагування, його

ефективність та мінімальні витрати розчинника. Недолік – можливий згубний вплив енергії ультразвуку ( $> 20$  кГц) на активні компоненти ЛРС через утворення вільних радикалів [33].

Інтенсифікувати екстракцію можна і за допомогою розчинників у надкритичному стані. Даний метод може бути використаний для екстракції БАР при близькій до навколишнього середовища температурі, що запобігає термічній денатурації. Рідини у критичному стані краще проникають у тверду рослинну структуру та ефективніше розчиняють необхідні речовини, ніж звичайними органічними розчинниками. Така екстракція може бути, як періодичною так і безперервною, під високим тиском у спеціальному обладнанні. У цих технологіях найчастіше використовують вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) в якості екстракційного розчинника. Перевагами цього методу екстракції є використання низьких температур, що запобігає пошкодженню від нагрівання, екологічна чистота процесу, доволі висока швидкість дифузії речовин [24].

Виходячи з вище сказаного можна сказати, що на сьогоднішній день існує багато методів екстрагування, серед яких є прості і, одночасно, довготривалі та більш сучасні. Вибір конкретного методу залежить від різних факторів: наявність необхідного обладнання, бажана якість та концентрація отриманого екстракту, мета та спосіб його застосування тощо. Розробка нових способів екстрагування та технологічного обладнання залишається актуальною і на теперішній час.

### **1.3 Явище алелопатії у рослин**

Усі рослини, що живуть в одній екосистемі, тісно пов'язані та взаємодіють між собою. Алелопатія, яка відіграє важливу роль в екологічних відносинах рослин, полягає в прямому чи опосередкованому впливі як культурних рослин, так і бур'янів на проростання, ріст або розвиток сусідньої рослини шляхом виділення певних хімічних речовин. Через її багатогранний вплив на екологію недостатньо оцінити вплив хімічних речовин, що виділяються рослиною, на

сусідні рослини, необхідно дослідити стійкі алелохімічні речовини, що виділяються в навколишнє середовище і впливають на умови навколишнього середовища та цільову рослину. З іншого боку, алелохімікати є більш біологічно розкладними, ніж звичайні гербіциди, але існує побоювання, що вони можуть мати небажаний вплив на нецільові види. У цьому контексті перед використанням алелохімікатів слід провести детальні екологічні дослідження [10].

Дослідження рослин з алелопатичним потенціалом здебільшого проводяться на рівні агроecosистеми або обмежуються лабораторними дослідженнями. У той час як вивчення механізму дії алелохімічних речовин на рівні екосистеми в широкому сенсі недостатньо для глибокого розуміння теми. З цієї причини необхідно проводити більш комплексні дослідження біорізноманіття рослин, мікроекології ґрунту, рослинних угруповань та їх сукцесії [1].

Термін «алелопатія» походить від двох грецьких слів, тобто *allelon*, що означає «один від одного», і *pathos* означає «страждати». Термін «алелопатія» вперше був визначений Молішем у 1937 році для позначення ефектів, спричинених перенесенням біохімічних речовин від рослини до рослини. Алелопатія – це як позитивна, так і негативна форма взаємодії між організмами, яка зумовлена дією хімічних речовин, які називаються алелохімікатами [48]. Алелопатія визначається як хімічна взаємодія між рослиною та рослиною або рослинами та мікроорганізмами, що чинить вплив на продуктивність сусідів. Фітохімічні речовини, що виділяються рослинами у навколишнє середовище, зменшують шанс появи та здатність до розмноження оточуючих рослин, змінюючи їхню метаболічну активність, таку як дихання, синтез ферментів, фотосинтез, поглинання мінеральних іонів, синтез білка та нуклеїнових кислот.

У польових умовах явище алелопатії також можна легко зрозуміти з просторового розподілу видів, беручи до уваги також архітектуру кореневої

системи. Крім того, протягом багатьох років алелопатія вважалася аспектом явища конкуренції рослин, але сьогодні відмінність між цими двома явищами є дуже чіткою. Алелохімічні речовини є вторинними метаболітами з різних класів, таких як фенольні, терпеноїдні та алкалоїдні сполуки. Як основні алелохімічні речовини в рослинах, з точки зору пропорції, фенольні сполуки були широко вивчені для виявлення їх алелопатичного механізму дії на модельних видах, таких як *Arabidopsis thaliana* та *Lactuca sativa*, хоча жодних польових застосувань не проводилося [32].

В агроекосистемах алелопатичні ефекти набувають значного значення в боротьбі з бур'янами. Дійсно, серед шкідників сільськогосподарських культур сільськогосподарські бур'яни є основним обмеженням для агропромислового виробництва, а хімічна боротьба з бур'янами в даний час є найбільш популярною стратегією, що має негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Стратегією подолання цих проблем може бути використання алелохімікатів, які мають високий потенціал як біогербіциди, що використовують нові механізми дії, таким чином долаючи специфічну резистентність.

Алелопатія є екологічним фактором адаптації у рослинних угрупованнях і має значний вплив на екосистему. Алелохімічні речовини - це сполуки, що виробляються рослинами, тваринами або мікроорганізмами, які не відіграють фундаментальної ролі в метаболізмі та часто відомі як вторинні метаболіти. Однак, оскільки алелохімічні речовини впливають на навколишнє середовище, то навколишнє середовище також впливає на вивільнення алелохімічних речовин. У цьому сенсі явище алелопатії є складним явищем, яке потребує глибокого вивчення з точки зору його екологічних наслідків. Враховуючи як види рослин, так і їх різноманітність, а також їхні спільноти та зміни, які вони спричиняють у інших рослин, відомо, що ця ситуація впливає на такі події, як пряме пригнічення алелопатії та опосередковану доступність поживних речовин у ґрунті.

Алелопатичні рослини можуть змінювати розподіл і розвиток рослин у природній рослинності, мікробну активність у ґрунті та в рослинній сукцесії, що призводить до явних довгострокових змін в екосистемі, що було підтверджено багатьма дослідженнями.

Вплив рослин з алелопатичним потенціалом на інші бур'яни, рослини чи мікроорганізми зазвичай вивчають у лабораторних умовах. Експерименти в лабораторії здебільшого проводяться шляхом моніторингу впливу алелопатичних рослин на розвиток проростання та ріст насіння інших рослин. Звичайно, це також може бути корисним з точки зору виділення більшої кількості алелохімічних речовин на попередній стадії досліджень для отримання природного пестициду [59]. Однак стреси, такі як умови навколишнього середовища та кліматичні зміни, які впливають на секрецію алелохімічних речовин, не можна ігнорувати. Необхідно досліджувати існування алелопатичних рослин у польових умовах або їхній прямий та опосередкований вплив на навколишнє середовище як на мікробну діяльність ґрунту, так і на різноманітність видів рослин.

Отже, алелопатія є важливим явищем серед рослинних угруповань. Детальне дослідження цього явища є досить актуальним та відкриває нові можливості, головним чином, у сільському господарстві, а саме заміну хімічних засобів захисту на біологічні, в основі яких лежить алелопатія.

#### **1.4 Використання екстрактів у косметології**

Надзвичайна різноманітність різних груп сполук у рослинних екстрактах дозволяє потенційно використовувати їх у косметичній промисловості. Великою перевагою використання рослинних екстрактів у косметичних рецептах є те, що вони мають менше побічних ефектів порівняно з синтетичними інгредієнтами. Отже, розробка косметичних препаратів, що містять екстракти з біоактивних фітохімічних речовини залишається досить актуальною. [12]. Якщо говорити про

рослинні екстракти в косметології, то слід згадати про чай (*Camellia sinensis*). Загалом косметичні продукти, що містять екстракти чаю, багаті поліфенолами, позитивно впливають на зовнішній вигляд шкіри, зменшують пошкодження та перекисне окислення ліпідів після ультрафіолетового опромінення [5]. Екстракт чаю *Camellia sinensis* має антиоксидантні, фотопротекторні властивості, низьку токсичність окремих метаболітів та не викликає алергенних чи подразнювальних ефектів після місцевого застосування.

Екстракти плодів лимону (*Citrus limon*), а також активні сполуки, виділені з цієї сировини, стали об'єктом численних наукових досліджень, спрямованих на доведення можливості їх використання в косметології. Наукові дослідження показали значний антиоксидантний ефект екстрактів плодів *Citrus limon*, тому їх рекомендують використовувати в косметиці проти старіння [38]. Його зовнішнє застосування збільшує вироблення колагену і діє як синергічний антиоксидант у поєднанні з вітаміном Е. Крім того, екстракт *Citrus limon* також виявляють науково доведену дію, яка допомагає прискорити регенерацію діабетичних ран [4].

У 2008 році компанія «Mibelle Biochemistry» започаткувала впровадження екстрактів культури стовбурових клітин рослин у косметичну промисловість. Компанія випустила перший комерційно доступний екстракт рослинної клітинної культури, вплив якого вивчали на клітинах шкіри людини і який, як стверджується, отриманий з стовбурових клітин рослин. Цей екстракт створено з ядра швейцарського сорту яблук, який зберігається протягом тривалого часу, не зморщуючись і не втрачаючи смаку. Компанія запатентувала виробництво та використання екстрактів культури клітин яблук, які захищають клітини шкіри. Виробництво включає створення клітинних культур, їх культивування з шейк-колб до виробничого біореактора, виготовлення ліпосомального екстракту (той, що краще засвоюється) шляхом гомогенізації (надання однорідної структури) під високим тиском. Кінцеві продукти включають сироватки для обличчя, креми для

обличчя та маски для обличчя, креми для очей, засоби для макіяжу, олії для волосся, сироватки для волосся та кондиціонери для волосся [20].

В останні роки гідрогелеві матеріали набули великої популярності як носії активних речовин у косметології та дерматології. Ці матриці можуть значно підвищити ефективність доставки широкого спектру фітохімічних речовин і, таким чином, позитивно впливати на лікування різних захворювань, включаючи захворювання шкіри. Гідрогелі - це тривимірні полімерні мережі, в структуру яких можуть бути включені багато терапевтичних сполук, як гідрофільних, так і гідрофобних, тому вони можуть бути використані при лікуванні багатьох захворювань, що потребують використання лікувальних сполук з різною структурою та фізико-хімічними властивостями [35]. Гідрогелі все частіше використовуються як багатофункціональні біоматеріали в тканинній інженерії та клітинній терапії, як біосенсори та як корисні інструменти в регенеративній медицині. Існують труднощі з використанням біоактивних сполук рослинного походження як терапевтичних агентів через їх обмежену біодоступність і часто низьку розчинність у воді, але їх включення в гідрогелеві структури може вирішити цю проблему і позитивно вплинути на ефекти при лікуванні уражень шкіри [53]. Крім того, можливість контрольованого цими біополімерами вивільнення ліків, а також можливість включення в їх структуру природних рослинних сполук і синтетичних препаратів може сприяти значному прогресу в їх використанні.

Отже, розробка біоматеріалів, здатних поступово вивільняти зі своїх структур різноманітні природні фітохімічні речовини з антиоксидантними, протизапальними, зволожуючими властивостями є досить актуальною і дотепер.

### **1.5 Використання екстрактів у харчовій промисловості**

Відомо, що харчові продукти є досить сприйнятливими до окислення, що є найпоширенішою причиною псування їжі (окислювальне згіркнення, ріст мікробів, тощо). Тому екстракти багаті біологічно активними сполуками, також

можна використовувати для покращення характеристик упаковки харчових продуктів. Слід зазначити, що процес активного антиоксидантного пакування м'яса можливо замінити добавками з природними біоактивними сполуками. Найбільш типовими природними антиоксидантами, що використовуються в цих інноваційних технологіях упаковки, є токофероли, ефірні олії та рослинні екстракти, такі як розмарин, орегано, чай тощо. В роботі [11] вказано, що поєднання екстракту зеленого чаю в плівці картопляного крохмалю значно покращує механічні властивості м'яса та зменшує окислення упакованої свіжої яловичини. В іншому дослідженні автори вивчили вплив екстракту зеленого чаю на термін зберігання вареної шинки (21 день при 2 °C) та встановили, що пакування, яке містить екстракт зеленого чаю (1%), ефективно зберігає колір м'яса [39]. Авторами [23] було зазначено, що використання екстракту орегано, без необхідності фенолотерпенових сполук, запобігло окисленню біопротеїнової частини шинки порівняно з контрольними зразками протягом 120 днів зберігання при 18 °C. Також в своєму дослідженні [49] автори вказують, що поєднання есенції орегано та екстракту зеленого чаю (1%) стабілізує сенсорні властивості вареної шинки після 21 дня зберігання при 2 °C та призводить до кращої зміни кольору поверхні та показників тривалого зберігання.

Пакувальні плівки, що містять різні ефірні олії, також показують гарну антиоксидантну здатність [26]. Наприклад, їстівна пектинова плівка з ефірними оліями кориці збільшила антиоксидантну здатність і зменшила ріст бактерій свіжозрізаних персиків [9]. Термін зберігання свіжої середземноморської риби збільшився до 13 днів при обробці ефірними оліями чебреця з поліетиленом низької щільності [57]. Подібним чином хітозан, змішаний з ефірними оліями розмарину, подовжує термін зберігання м'яса птиці на 15 днів [51].

Одним із поширених способів запобігти псуванню продуктів протягом усього терміну придатності є використання штучних/синтетичних консервантів. Проте зростаюче негативне ставлення споживачів до синтетичних консервантів

спонукало харчову промисловість розглянути їхні природні альтернативи. Рослинні екстракти, які все частіше визнаються зручними для споживачів, є цінним джерелом активних сполук, переважно поліфенолів, з потужною антимікробною та антибіоплівковою діяльністю [33].

Однією з нових тенденцій є застосування антимікробної харчової упаковки насиченої фенолом натуральних екстрактів. Антимікробні агенти, включені в полімер, взаємодіють з поверхнею харчових продуктів, щоб запобігти росту харчових мікробів [36].

Таким чином, антимікробна харчова упаковка має незначний негативний вплив на їжу (погіршення смаку, запаху їжі), але забезпечує антимікробні властивості, які можуть зберігати їжу протягом тривалого часу.

## **1.6 Обладнання для промислового отримання екстрактів**

На сьогоднішній день технології екстракції цільових речовин займають важливе техніко-економічне значення для виробництва продукції фармацевтичної, харчової, хімічної галузей промисловості й агропромислового комплексу. До традиційних технологій відносять циркуляційне екстрагування, перколяцію, мацерацію, екстракція безперервної дії з перемішуванням екстрагента й сировини. З одного боку ці методи та роота з обладнанням для них є простими. Але традиційні методи не відповідають вимогам сучасного виробництва. Дані методи не можуть забезпечити повне виснаження сировини, є непродуктивними в енергетичному аспекті та довготривалими. В результаті відбувається зниження ефективності використання таких технологій.

Дану проблему може вирішити розробка нових методів для інтенсифікації процесу екстракції. Серед новітніх сучасних розробок слід виділити субкритичну екстракцію, в якій відбувається використання специфічних властивостей води, так як за високих температури й тиску вона проявляє властивості сильного розчинника органічних речовин. При підвищенні температури й тиску водневі

зв'язки між молекулами води розриваються, в результаті чого відбувається зміна теплофізичних властивостей води. Ще одним перспективним методом є надкритична флюїдна екстракція, що відбувається з застосуванням води або діоксиду вуглецю в якості екстрагента. Проте дані методи вимагають комплексного дослідження залежно від параметрів обробки та типу сировини, а обладнання є високовартісним.

На сьогодні найбільш дієвим методом вважається екстракція у сильно нагрітій рідині під високим тиском. Цей метод полягає у інтенсифікації процесу екстрагування шляхом підвищення температури екстрагента до 200 °С під тиском до 15 МПа. При цьому методі спостерігається швидке вивільнення цільових компонентів і прискорється їх перенос через капілярно-пористу структуру сировини [8].

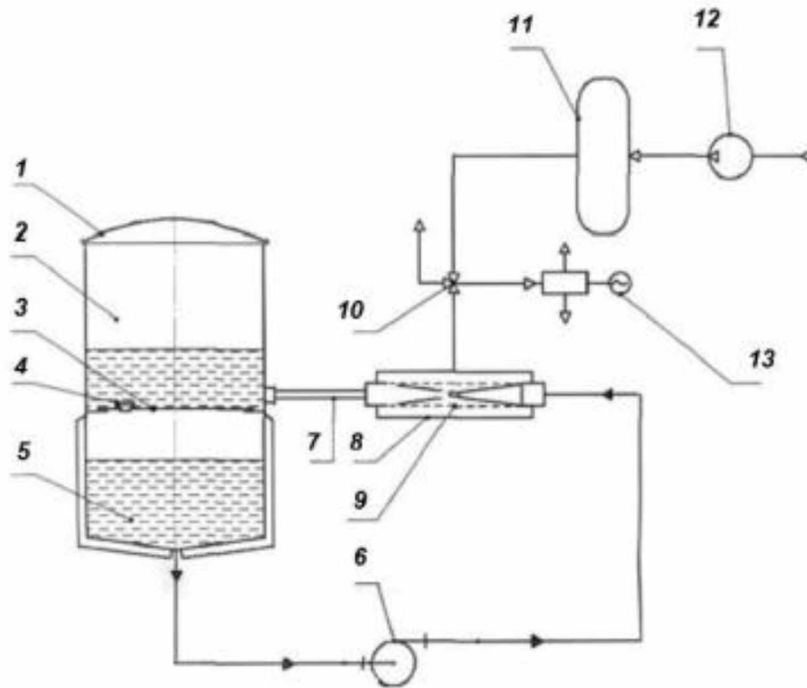
Використання кавітаційних механізмів для інтенсифікації екстракції вважається одним із найдієвіших способів. Використання різних видів кавітації, зокрема парової, акустичної, гідродинамічної, електророзрядної, дозволяє швидко та ефективно вилучати цільові продукти. Так, якщо говорити про електророзрядну кавітацію, то вона базується на динамічній дії парогазових бульбашок, які вкінці лопаються з утворення ударних імпульсів тиску [37]. Ударні хвилі сприяють прискоренню проникнення екстрагента у клітини. Через певний проміжок часу всередині частинок сировини утворюється велика кількість енергії після чого стається мікробибух, який руйнує клітини і сприяє вимиванню цільових продуктів, в результаті чого збільшується вихід біологічно активних речовин. Але в промислових масштабах даний метод обмежується невисокою продуктивністю, вибухонебезпечністю та великими енерговитратами.

Перспективним методом інтенсифікації екстрагування є гідродинамічна кавітація, яка здатна забезпечити всі умови ультразвукової кавітації, але в більших масштабах і з більшою енергоефективністю. Для цього застосовують різні види механізмів: роторно-пульсаційні апарати, відцентрові насоси, сопла

Вентурі та інші типи кавітаційних реакторів. В промисловості той чи інший реактор застосовують залежно від поставленої технологічної задачі.

Ефективність роторно-пульсаційних апаратів базується на створенні високочастотних пульсацій тиску в потоці рідинної суміші в щілинних каналах апарата і на дії сильних зсувних напружень у вузьких зазорах між ротором та статором [9]. Апарат забезпечує пульсацію та турбулізацію оброблюваної речовини, що сприяє кращому перемішуванню, і одночасно, відбувається подрібнення частинок сировини.

До гідродинамічних апаратів відносяться також пульсаційні апарати з активною мембраною. Вони застосовуються у виробництві як ефективні змішувачі, екстрактори, гомогенізатори [60]. Особливістю цих апаратів є висока зносостійкість, що пов'язано із відсутністю вузлів, які труться. Це дозволяє ефективно переробляти суміші з твердими частинками, незалежно від їх розміру та форми. На рис. 1.1 можна побачити конструкцію кавітаційного апарату.



*Рисунок 1.1. Конструкція кавітаційного апарату*

*1 – резервуар, 2 – верхня частина ємності, 3 – клапан скидання, 4 – перегородка, 5 – циркуляційний насос, 6 – мембранний клапан, 7 – труба-пульсатор, 8 – робоча камера, 9 – мембрана, 10 – керуючий клапан, 11 – ресивер, 12 – компресор, 13 – автоматична система керування.*

У верхню частину ємності (2) резервуара (1) завантажується сировина з розчинником. Це відбувається при відкритому клапані скидання (3), який розташовується в перегородці (4). Після завантаження, клапан закривається і запускається циркуляційний насос (5). Насос подає сировину через мембранний клапан (6) до труби-пульсатора (7), а далі до верхньої частини робочої камери (8). За командою автоматичної системи керування (13) через керуючий клапан (10) стиснене повітря надходить до робочої камери від ресивера (11), а туди – від компресора (12). В результаті мембрана (9) виштовхує сировину, що обробляється із клапана в трубу-пульсатор (7), з наступним миттєвим закриттям вихідного отвору. Після пульсаційно-кавітаційної обробки в трубі-пульсаторі, сировина подається далі – у верхню частину робочої ємності (2), після чого відкривається клапан скидання (3) і вся оброблювана сировина перетікає в нижню ємність (5). Це так званий перший етап обробки сировини. Такі цикли

обробки повторюються до отримання сировини заданої якості. Обробка сировини з розчинником здійснюється в трубі-пульсаторі (7), де і створюються кавітаційно-гідродинамічні умови інтенсифікації екстрагування.

Розробка нової конструкції кавітаційного екстрактора дозволяє одночасне проходження процесів змішування, екстракції, гомогенізації, скоротити час екстракції, збільшити ступінь вилучення цільових продуктів. Ця конструкція може застосовуватись у різних галузях для екстракції, зокрема у фармацевтиці, хімічній промисловості, агропромисловому комплексі.

### **1.7 Виробництво препаратів біологічного походження**

На межі ХХ-ХХІ ст. у світі збільшився інтерес до біопрепаратів. Галуззю, де використання різних біопрепаратів має раціональний зміст та великі перспективи, є сільське господарство. Застосування біологічних та біотехнологічних досягнень визнано одним із ефективних шляхів розвитку аграрних технологій та вирішення проблем, що виникають у процесі сучасного сільськогосподарського виробництва.

Виробництво біопродуктів – один із головних напрямів біотехнологічної галузі наукової та комерційної діяльності, націленої на господарське використання живих організмів та продуктів їх життєдіяльності. За функціональним призначенням їх основні категорії близькі до синтетичних аналогів – мінеральних добрив та пестицидів. З 1990-х років спостерігається напрям заміщення традиційних засобів хімізації рослинництва (добрива, пестициди) аналогічними засобами на біологічній основі [55].

Незважаючи на високу ефективність у придушенні чисельності шкідливих організмів, хімічні пестициди одночасно впливають на корисні нецільові об'єкти, спричиняють розвиток резистентності у фітофагів та фітопатогенів, що призводить до небажаного збільшення норм витрати пестицидів. Поступове накопичення синтетичних хімічних засобів захисту рослин у ґрунті, водоймищах,

рослинній продукції негативно впливає на здоров'я людини та тварин. Екологічно безпечною альтернативою хімічним пестицидам є біологічні препарати, створені на основі природних мікробних агентів регуляції чисельності фітофагів та фітопатогенів [18].

Окрім того, основною причиною розвитку ринку біопестицидів у світі є бурхливе зростання органічного виробництва, де використання хімічних препаратів заборонено.

Традиційно біопрепарати для рослинництва за своїм призначенням поділяються на біопестициди (біогербіциди, біоінсектициди, біофунгіциди, біонематициди), що використовуються для контролю та боротьби зі шкідливими організмами, та біодобрива, а також біостимулятори для протидії стресам та стимуляції процесів проростання насіння. Два останні типи біопрепаратів ще називають загальним терміном "інокулянти" [15]. Останнім часом до біопестицидів також додалися речовини, що виробляються рослинами за рахунок впроваджених генетичних матеріалів.

Біопестициди в якості діючої речовини можуть містити живі мікроорганізми, які, як правило, пригнічують діяльність патогенної мікрофлори або складаються з органічних екстрактів, які найчастіше забезпечують інсектицидний ефект. Популярною сировиною для виробництва останніх є продукти дерева Нім, що росте у Південній Азії, а також продукти переробки водоростей [7]. Норми внесення біопестицидів мінімальні. Крім рослинництва, біопестициди нерідко застосовуються для контролю прісноводної флори та фауни. Ключову роль у їх застосуванні відіграє екологічне землеробство, зокрема органічне агровиробництво, у якого застосування синтетичних аналогів – традиційних пестицидів – заборонено [14].

Найбільш поширений метод захисту рослинництва – застосування спеціальних хімічних засобів захисту рослин (пестицидів). Однак їх інтенсивне використання призводить до забруднення продукції рослинництва, ґрунтів,

навколишнього середовища, розвитку резистентності рослин. Через це в останні кілька років активно розвивається новий метод захисту сільськогосподарських культур, заснований на застосуванні біологічних засобів захисту рослин, або біопестицидів, – мікробіологічних препаратів на основі мікроорганізмів (бактерії, гриби, віруси та найпростіші) та продуктів їх життєдіяльності [21].

До переваг використання біопестицидів можна віднести наступне:

-можливість відмовитися від застосування хімічних засобів захисту, зниження загального пестицидного навантаження і, як наслідок, поліпшення родючості ґрунтів;

-можливість переорієнтування низки господарств на виробництво екопродукції;

-малий період очікування – збирати врожай можна через кілька днів після обробки [30].

Отже, введення в практику біологічних засобів зменшує ризики надзвичайних ситуацій щодо виникнення епізоотій шкідників сільськогосподарських рослин, відкриває можливість посилення механізмів саморегуляції, скорочує строки дозрівання зернових та, в результаті, забезпечує збереження врожаю з меншими витратами.

### **1.8 Біохімічний склад рослинної сировини *Salvia officinalis***

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis*) – багаторічний напівчагарник, що належить до родини Lamiaceae. Вона відома як лікарська, ефіроолійна, пряно-ароматична й медоносна культура [46].

Основними БАР надземної частини шавлії є терпеноїди, флавоноїди, дубильні речовини, пектини, органічні кислоти. Також у шавлії в незначній кількості синтезуються вітаміни, алкалоїди, смолисті речовини.

Ефірна олія *Salvia officinalis* є складною багатокomпонентною сполукою. Її основні компоненти – туйон, цинеол, камфора, сальвін, лінен, борнеол, цедрен,

проте біохімічний склад шавлії лікарської може дещо відрізнятися Рослинні екстракти шавлії є досить цікавим матеріалом для дослідження, бо містять в своєму складі значну кількість біологічно активних речовин однак, біодоступність окремих компонентів залежить від джерела та способу їх вилучення та якості екстрагенту. На вихід екстрактивних речовин із фітосировини впливають такі показники, як температура, ступінь подрібненості сировини та вид екстрагента, а також тривалість екстракції. Питання підбору води для екстрагування є досить актуальним, оскільки при значних об'ємах приготування екстрактів, походження води може значно вплинути на якість вихідної продукції [29].

В роботі [61] проведено хроматографічний аналіз компонентного складу ефірної олії та було визначено, що на абсолютно суху масу шавлії лікарської найбільша частка припадає на суху речовину та клітковину (по 23%). Відзначається високий вміст протеїнів (14%), решта компонентів це зола (7%), загальний цукор (4%) та жири (2%). Також, у складі ефірної олії *Salvia officinalis* виявлено такі вітаміни як аскорбінова кислота та каротини. Окрім цього встановлено, що основними макроелементами досліджуваної рослинної сировини є Кальцій, Фосфор і Калій. Загалом, у ефірній олії *Salvia officinalis* виявлено 13 компонентів, серед яких у найбільшій кількості містяться ліналоол,  $\alpha$ -терпінеол, гераніол, тимол. Перші три це спирти, які відносяться до терпеноїдів. Тимол – це фенол, який має антисептичні властивості та використовується у фармакологічній промисловості. Також слід згадати вірідифлорол,  $\beta$ -каріофілен,  $\alpha$ -туйон і камфору.

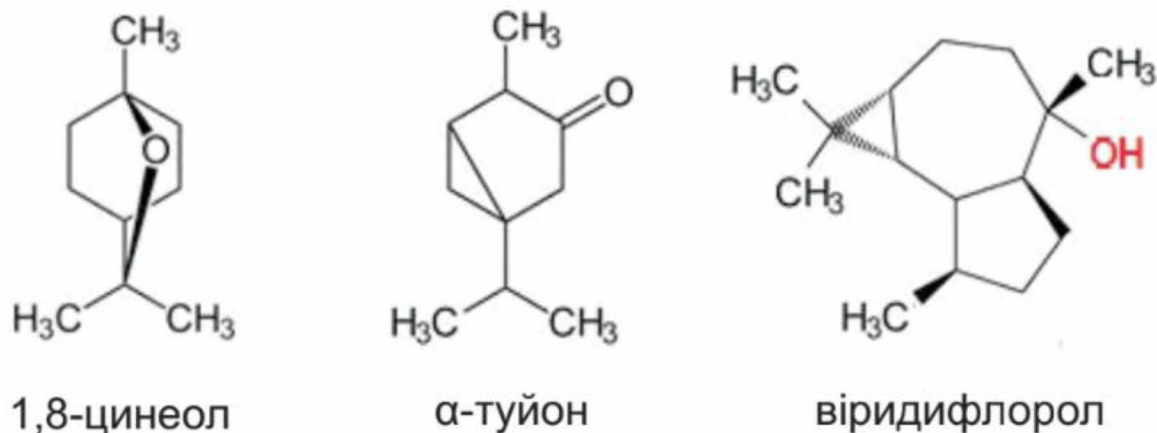


Рисунок 1.2. Основні компоненти ефірної олії *Salvia officinalis*

Фітонциди шавлії мають антимікробні властивості, чим згубно діють на патогенні організми. У листках наявні такі вітаміни як рутин (P) і нікотинава кислота (PP). З насіння шавлії можна виділяти олію, що має сильну антибактеріальну дію [2].

Таким чином, рослинна сировина із *Salvia officinalis* може бути джерелом біологічно активних речовин для використання у різних галузях таких як: фармакологія, харчова промисловість, косметична галузь, сільське господарство.

На основі проаналізованої літератури, можна сказати, що дослідження водних рослинних екстрактів є актуальною темою. З кожним роком кількість досліджень рослинних екстрактів збільшується, що пов'язано зі збільшенням попиту на біологічно чисту продукцію.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Значення мінерального складу води для приготування екстрактів

У багатьох галузях застосування рослинних екстрактів використовуються водні екстракти рослин. Проте мінеральний склад навіть питної води залежить від джерела її походження. Зрозуміло, що якість питної води регламентується, але і в межах норми її фізико-хімічні показники мають відмінності [40]. Що стосується водних екстрактів рослин, то, як правило, експерименти проводяться з дистильованою водою. Але використовувати дистилат у виробничих масштабах є витратним процесом. Тим часом дослідження щодо з'ясування впливу властивостей природної води на її екстрагуючу здатність не проводяться. З іншого боку, багато лікарських трав застосовуються для приготування екстрактів на питній воді в домашніх умовах безпосередньо перед їх вживанням. Найчастіше для приготування таких екстрактів береться місцева вода, так як при цьому спеціальні вимоги до якості води не висуваються, хоча в керівних документах МОЗ України [62] зазначається, що заявник фітопрепарату «має довести, що можливі зміни в якості води, зокрема, стосовно мінерального складу, не впливатимуть на склад екстракту». Очевидно, що під складом екстракту тут розуміється біологічна активність його компонентів, що може бути реферована шляхом біотестування на рослинах.

Біотестування рослин – це звичайна практика для випробування дії різних біоцидів на рослини, що регламентована на рівні міждержавних організацій. Залежно від мети і вирішуваних у дослідженні завдань, схема та умови дослідів можуть варіюватися. У цій роботі було протестоване насіння на схожість з метою з'ясувати, як походження води впливає на її екстракційні властивості щодо біологічно активних речовин, що містяться в рослинах.

## 2.2 Методика приготування екстрактів

Дослідження проводили зі зразками дистильованої води і з питною водою із трьох традиційних для населення джерел її надходження. Це бутильована вода, що поставляється торговими мережами, водопровідна вода із Полтавського міського водогону, що має, за даними КП «Полтававодоканал», артезіанське походження, і джерельна вода.

Для екстрагування було взято листя шавлії лікарської (*Salvia officinalis*). Шавлія – це відома лікарська рослина, що добре вивчена як в плані технологій отримання з неї екстрактів, так і в плані складу ефірної олії та її біологічної активності. Основними компонентами екстракту шавлії встановлені камфора, цинеол, туйон та ін. Втім, відсотковий склад олії відрізняється для рослин, зібраних у різних місцях або вирощених у різних режимах удобрення та поливу [19].

Приготування екстрактів листя шавлії здійснювалося у спосіб, рекомендований постачальником препарату. Всі води кип'ятили, після чого поміщені в 250 мл конічні колби наважки шавлії (1,65; 3,3 і 4,95 г) заливали 100 мл окропу з подальшим упарюванням на водяній бані протягом 15 хв. Найменша вага наважки трави відповідає інструкції з застосування лікарського засобу. Згідно з даними роботи [22], найбільш ефективною технологією екстрагування для шавлії є екстрагування саме гарячою водою. Після охолодження екстракти фільтрували через фільтрувальний папір і одразу ж використовували. На цьому етапі для екстрактів визначали сухий залишок та значення рН, а для чистих вод до та після їх кип'ятіння – значення рН. Визначення рН проводили на іонометрі И-160МИ з використанням електродів ЕС-10603 та ЕСр-10103. Похибка вимірів рН – 0,03. Для визначення сухого залишку відбирали по 50 мл екстракту, поміщали у зважену 100 мл колбу, випарювали на водяній бані і сушили 3 год при 105°C, потім охолоджували і зважували.

### **2.3 Проведення тестів на схожість**

Тести на схожість були проведені з насінням редису (*Raphanus sativus var. radicola*) торгової марки SeedEra. Для пророщування редису в чашки Петрі клали стерилізовані диски з фільтрувального паперу та розміщували туди по 50 шт. насіння. Перед цим насіння стерилізували. Марлевий мішечок з насінням занурювали в 5% водний розчин гіпохлориту натрію і витримували під УФ-лампю ламінар-боксу протягом 10 хв. Потім насіння кілька разів промивали дистильованою водою. В кожену чашку вносили по 3 мл екстракту відповідної концентрації. Чашки поміщали в термостат для пророщування насіння при 22°C в темряві. Контролем були чашки з насінням, змоченим чистими кип'яченими водами. Контроль та кожену концентрацію повторювали тричі. При вимірюваннях схожості насіння вважалось пророслим при появі корінця довжиною понад 5 мм. Таке насіння підраховували та видаляли з чашок. Вимірювання було припинене через 111 годин (~4,5 діб), після чого було пораховане загибле насіння.

### **2.4 Технологічна схема виробництва рідких екстрактів**

Для отримання рідких екстрактів можуть використовуватись водний, спиртовий або водно-спиртовий розчин. Особливості технології виробництва рідких екстрактів обумовлені співвідношенням рослинної сировини до об'єму, одержаного екстракту. Рідкі екстракти отримують методами екстракції, зокрема перколяцією, реперколяцією та методом протиточної екстракції.

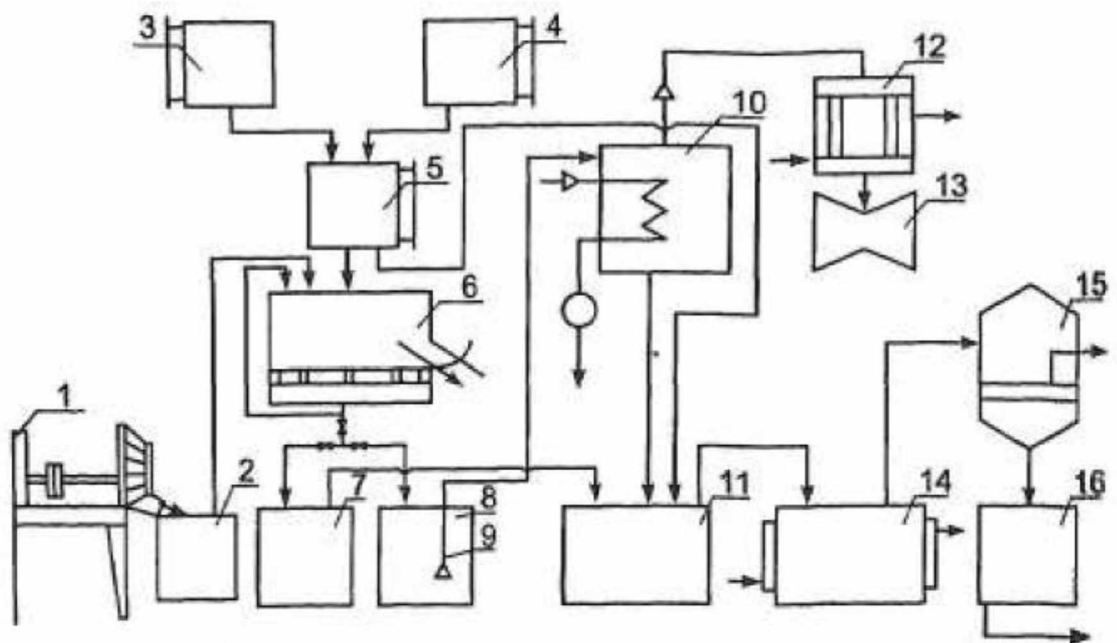
Метод перколяції полягає в безперервному проціджуванні екстрагента через шар ЛРС. Перколяція здійснюється у спеціальних баках – перколяторах. Процес перколяції складається з наступних стадій: перша стадія - намочування сировини; друга стадія – процес настойки сировини, що залежить від анатомічної характеристики, стадія триває 24-48 годин; третя стадія – власне перколяція – це безпосереднє проціджування екстрагента через шар сировини. Процес перколяції на виробництві відповідає 1/24 або 1/48 частини робочого об'єму за годину. За

такої швидкості екстрагент встигає екстрагувати з ЛРС потрібну кількість БАР, а різниця концентрацій підтримується на певному рівні.

Реперколяція відрізняється від процесу перколяції тим, що ЛРС ділять на кілька рівних або нерівних частин (частіше три).

Принцип протиточної екстракції полягає в тому, що ЛРС і екстрагент рухаються назустріч один одному. Це забезпечує контакт ЛРС з чистим екстрагентом і збільшує різницю концентрацій БАР у ЛРС і витяжці. Перевагами способу є великий вихід БАР, скорочення витратних норм екстрагента. Недоліки – відносно низька продуктивність

Переваги рідких екстрактів полягають у тому, що в рідких екстрактах, отриманих методами перколяції, реперколяції та протиточної екстракції, зберігається вміст ефірних олій, фітоциндів та інших летких речовин.



*Рисунок 2.1. Апаратурна схема одержання рідких екстрактів.  
1 – подрібнювач, 2 – приймач подрібненої сировини, 3, 4 – ємність з розчинниками, 5 – ємність-змішувач, 6 – перколятор, 7 – приймач концентрованої витяжки, 8 – приймач розведеної витяжки, 9 – фільтр, 10 – апарат для вакуум-випарювання, 11 – приймач для згущеної рідини, 12 – конденсатор, 13 – збірка для відгону, 14 – збірник-відстійник для рідкого екстракту, 15 – друк-фільтр, 16 – збір готового продукту.*

Технологія отримання рідкого екстракту включає в себе наступні технологічні процеси (ТП):

ТП.1 – подрібнення сировини до розміру частинок 0,5-1 мм;

ТП.2 – проведення скринінгу доступних джерел постачання води (поверхнева вода, річкова чи озерна вода, артезіанська вода, підземні води, тощо) в якості екстрагента.

ТП.3 – приготування екстрагента;

ТП.4 – екстрагування сировини;

ТП.5 – відгонка екстрагента з використання вакууму;

ТП.6 – змішання та стандартизація витяжки;

ТП.7 – відстоювання отриманого рідкого екстракту при температурі не вище 8 °С протягом 3 діб у збірнику відстійника;

ТП.8 – фільтрування рідкого екстракту, що відстоявся під тиском інертного газу через друк-фільтр; відфільтрований рідкий екстракт надходить на розфасовку.

За результатами проведених досліджень запропоновано доповнити технологічну схему одержання водних рослинних екстрактів інноваційним технологічним процесом (ТП.2 – визначення ефективності екстрагування біологічно активних речовин існуючим економічно доцільним асортиментом природніх вод). Запропонований технологічний процес може бути впроваджений в промисловому виробництві водних рослинних екстрактів з метою економії рослинної сировини, а отже, підвищити ефективність виробництва екстрактів.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Залежність біологічної активності екстрактів від вибору води

Динаміку схожості насіння редису у всіх тестованих випадках показують залежності, зображені на рис. 3.1.

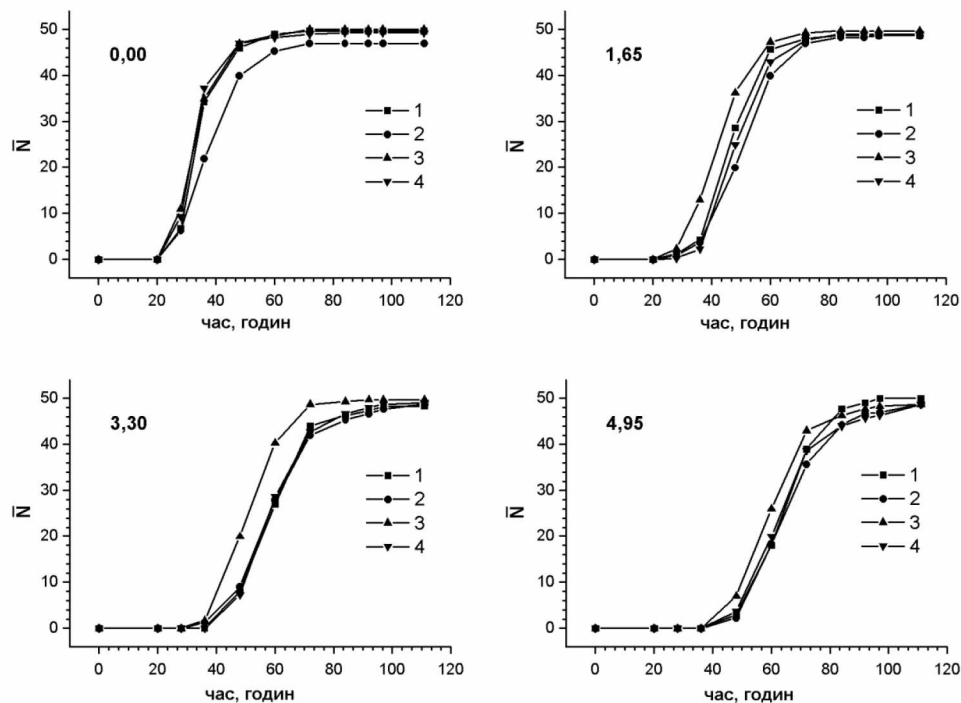
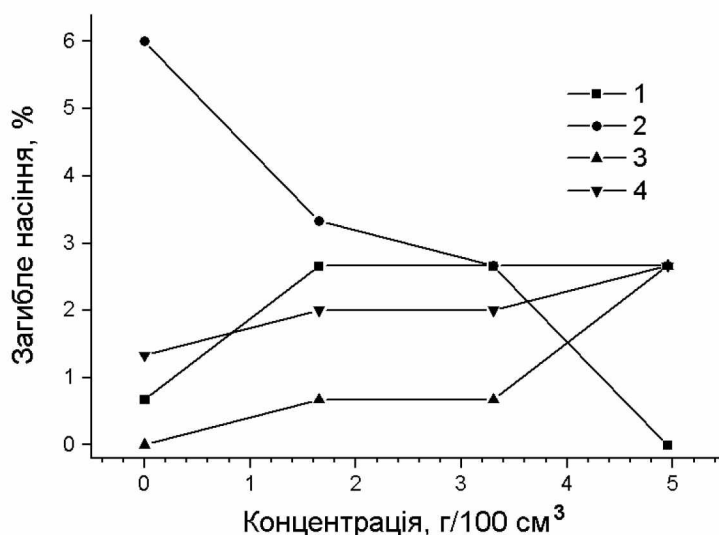


Рисунок 3.1: Середня кількість пророслого насіння редису ( $\bar{N}$ ) як функція часу: 0,00 – в чистих водах (контроль) та в водних екстрактах листя шавлії, приготованих з наважок 1,65; 3,30 та 4,95 г на 100 мл води. 1 – дистильована вода, 2 – вода з міського водогону, 3 – бутильована вода, 4 – вода з природнього джерела

По суті, це результат експерименту з виявлення алелопатичного впливу екстракту шавлії на тест-рослину – редис, з тією відмінністю, що у фокусі уваги тут знаходиться екстракційна здатність води. За задумом досліду, відмінності в екстракції з шавлії біологічно активних речовин різними водами має відобразитися на схожості тест-рослини, оскільки алелопатичний потенціал рослин з роду шавлії відомий вже давно. Більш насичені екстракти будуть сильніше інгібувати розвиток насіння.

В загальному випадку, алелопатична дія може результуватися в загибель тест-рослини, затримку її схожості та пригнічення росту. Причому, вплив має індивідуальний характер, що залежить від рослини-донора та рослини-реципієнта. Алелопатичні механізми реалізуються різноманітними шляхами, що призводять до порушення фізіологічних та біохімічних процесів в рослинах, порушення функціонування клітин. Наприклад, у роботі [42] показано, що ментон, що міститься в рослинах роду м'яти, викликає в тест-рослинах руйнування клітинних мембран, що є причиною їх загибелі. У роботі [31] повідомляється, що інгібуючий ефект полину на проростання та ріст бур'янів зумовлений інгібуванням у останніх синтезу хлорофілу.

Залежності з рис. 3.1 описують ефект впливу на схожість та розвиток насіння біологічних властивостей середовища, але, крім того, й властивостей самого насіння. Як вже було зазначено, біологічна дія середовища може полягати в загибелі і затримці схожості насіння, проте, у цьому випадку екстракти відповідальні лише за затримку їх схожості. Про це свідчать дані щодо загибелі насіння, які представлені на рис. 3.2.



*Рисунок 3.2: Відсоток загиблого насіння редису, що пророщувалося на чистій воді та водних екстрактах шавлії відповідних концентрацій. 1 – дистильована вода, 2 – вода з міського водогону, 3 – бутильована вода, 4 – вода з природнього джерела*

Як видно, найбільший відсоток загибелі (6%) показує варіант з чистою водою з водогону, тоді як решта, як чисті води, так і екстракти, мають відсоток загибелі менше 3% і цей відсоток, певно, характеризує якість насінневого матеріалу. Підвищений рівень загибелі насіння у водопровідній воді підтверджується статистично. Причина підвищеного відсотка загибелі насіння у водопровідній воді може бути пов'язана з присутністю в ній токсичних для рослин іонів, найімовірніше, іонів Cl<sup>-</sup>. Але рослинні компоненти в екстракті шавлії вже найменшої з досліджених в роботі концентрації запобігають їх токсичному впливу.

Алелопатичний ефект, що призводить до загибелі насіння, в принципі, повністю описується відсотком загиблих (або пророслих) насінин. Описи алелопатичного інгібуючого впливу рослини-донора на схожість тест-рослини більш різноманітні. Деякими авторами [52] використовується наочний, але не формалізований, підхід, коли часові криві, що характеризують схожість у тестових варіантах та в контролі порівнюються між собою. Таке порівняння можна зробити, аналізуючи залежності на рис. 3.1. Інший використовуваний підхід полягає у підрахунку числа пророслого насіння у тестових варіантах та в контролі через певну кількість днів після початку пророщування. Такі кількісні дані дозволяють побудувати певну оціночну шкалу алелопатичного впливу.

На рис. 3.3 приведені дані щодо тестів, де показано величини  $\bar{N}/\bar{N}_\Sigma$  як функції від часу проростання.  $\bar{N}$  – це середня по трьом повторюванням кількість пророслого насіння, а  $\bar{N}_\Sigma$  – середня кількість всього пророслого насіння в варіанті (тобто,  $\sum_{i=1}^k \bar{N}_i$ ).

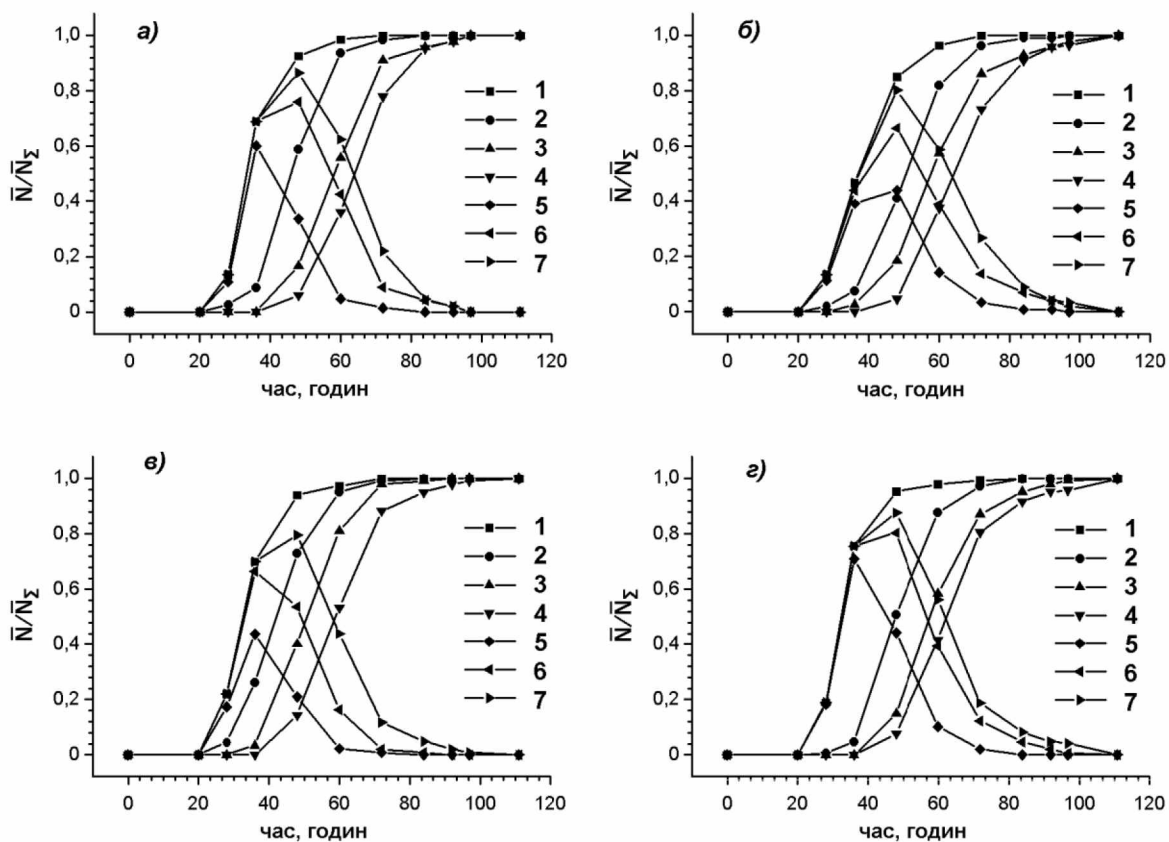
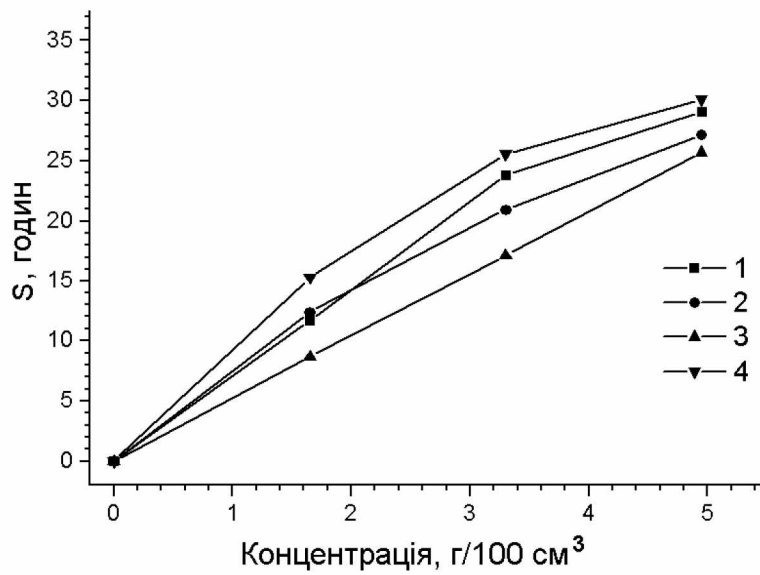


Рисунок 3.3: Дані для дистильованої води (а), води з міського водогону (б), бутильованої води (в), води з природнього джерела (г).

Залежності 1 на рис. 3.3 репрезентують дані для чистих вод, а залежності 2-4 – тести з екстрактами, отриманими з наважок листя шавлії 1,65; 3,30 та 4,95 г, відповідно. З цих даних є можливим оцінити вплив екстрактів відносно контролю. Оцінки даються залежностями 5-7 на рис. 3.3, які є різницею кривих 1 і 2, 1 і 3, 1 і 4, відповідно. Залежності 5-7 є смугами з максимумом, що закономірно зміщується по часовій координаті зі збільшенням концентрації екстрактів. Прозорий зміст має площа (S) під кривими 5-7. Інтегрування залежностей 5-7 дає час затримки проростання насіння в тестах порівняно з контролем.

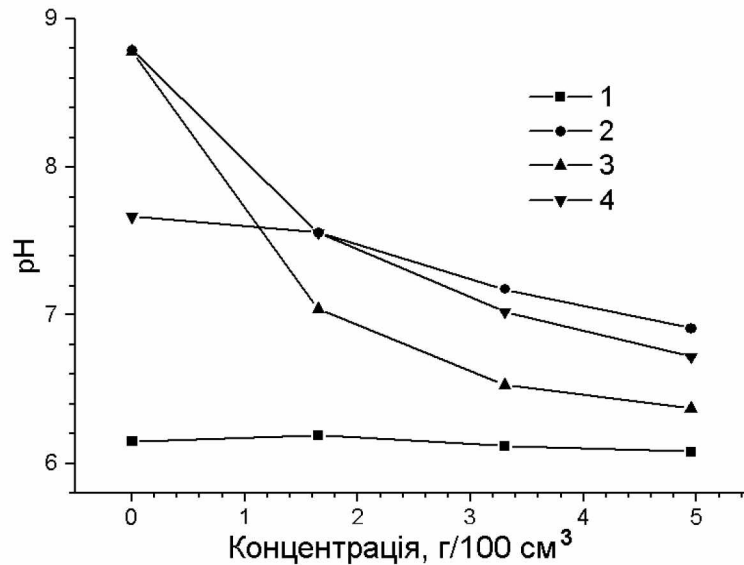
Виміряні площі під кривими 5-7 з рис. 3.3 для екстрактів, отриманих різними водами, відкладені на рис. 3.4.



*Рисунок 3.4: Залежність параметру S від концентрації водних екстрактів шавлії в різних водах. 1 – дистильована вода, 2 – вода з міського водогону, 3 – бутильована вода, 4 – вода з природнього джерела*

Ще раз варто зазначити, що S має розмірність часу і це є час затримки проростання насінини в тесті по відношенню до контролю. Ці результати свідчать, що екстракційна здатність води залежить від її походження. Алелопатичні властивості екстрактів також залежать від їх концентрації, причому для різних вод відмінності більш значні при низьких концентраціях. Як видно з рис. 3.4, для екстрактів з концентрацією 1,65 г/100 мл, значення величини S різняться аж в 1,8 рази, для екстрактів 3,30 г/100 мл ці відмінності складають вже півтора рази, а для найбільш концентрованих екстрактів (4,95 г/100 мл) – лише 1,17 рази. Затримка в часі проростання редису зі збільшенням концентрації екстракту демонструє також тенденцію до насичення з межею цього часу десь коло півтори доби. Тобто, біологічно активні речовини в екстрактах, які впливають на затримку проростання рослин, навіть при великих концентраціях не здатні інгібувати сходи довше певного терміну. Перевищення цього терміну, мабуть, спричинить загибель насіння.

Грунтуючись на даних рис. 3.4 можна дійти висновку, що для водних екстрактів шавлії при незначних концентраціях розбіжності пов'язані з властивостями води, але для більш насичених екстрактів ці розбіжності нівелюються екстрагованими з рослини компонентами. Про це свідчать і дані щодо рН екстрактів, які приведені на рис. 3.5.



*Рисунок 3.5: рН води та водних екстрактів листя шавлії різної концентрації. 1 – дистильована вода, 2 – вода з міського водогону, 3 – бутильована вода, 4 – вода з природнього джерела*

Значення рН чистих вод досить різні. Варто зауважити, що це є значення рН для перекип'ячених вод в яких за рахунок видалення CO<sub>2</sub> вони збільшилися проти сирих вод на 0,5-1,5 рН-величини. З порівняння даних на рис. 3.4 і 3.5 видно, що алелопатичні властивості екстрактів не пов'язані зі значеннями їх рН. Та зі збільшенням концентрації як величини рН, так і величини S для екстрактів на різних водах прагнуть до спільного значення.

Біотестування дає змогу дослідити біологічну активність екстрактів, що може бути пов'язаною власне як з гармонічним поєднанням біологічно активних речовин у складі їх комплексів, так і просто з кількістю в них екстрагованої речовини. На рис. 3.6 приведені дані (залежність 1) щодо вмісту сухої речовини

в екстрактах, приготованих з концентрацією листя шавлії в досліджених водах у 3,30 г/100 мл.

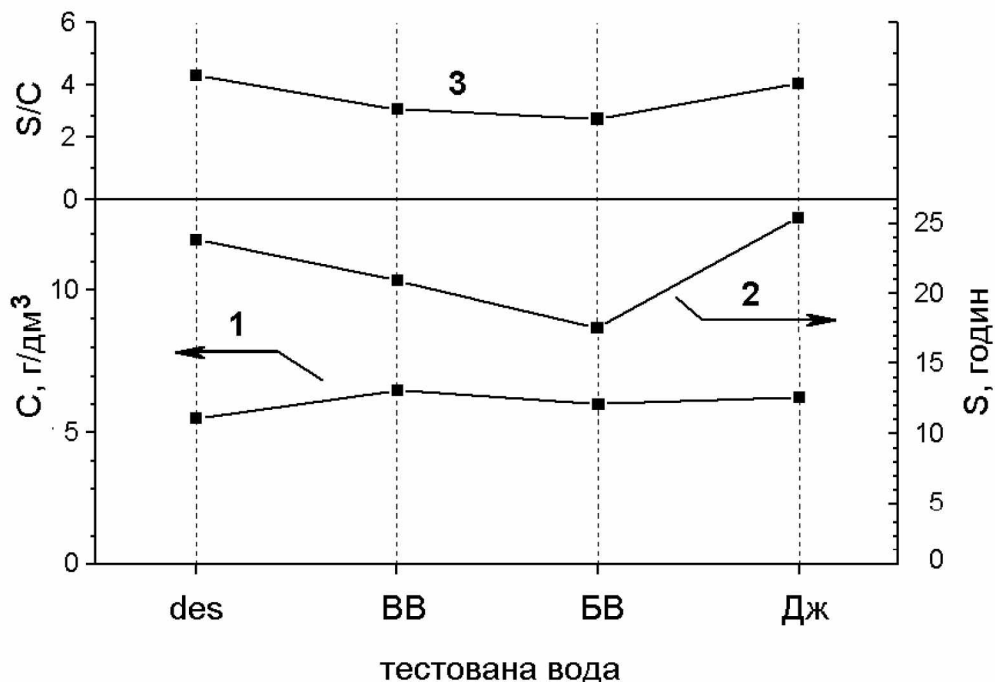


Рисунок 3.6: Дані для екстрактів з листя шавлії (3,30 г листя/100 мл води), приготованих на тестованих водах: 1 – вміст сухого залишку, 2 – показник S, 3 – частка залежностей 2 і 1

Тут найменшою концентрацією сухої речовини (С) відзначається екстракт на дистильованій воді (5,52 г/л), а найбільшою (6,50 г/л) – на воді з міського водогону, що дає розкид значень у близько 1,18 рази. В той же час, як уже згадувалось, розкид значень в величині S для цих екстрактів (залежність 2 на рис. 3.6) сягає 1,5 рази. В верхній частині рис. 3.6 (залежність 3) показана частка S/C, що має розмірність часу в годинах, поділеного на концентрацію в грамах на літр. Сенс цієї величини можна витлумачити як кількість годин затримки проростання насіння, яку забезпечує один грам сухої речовини в літрі екстракту. І розкид значень за цим показником для екстрактів сягає також майже 1,5 рази. В сенсі екстрагуювальної спроможності води, за показником S/C перше місце посіла дистильована вода, що, втім, була аутсайдером за показником сухого залишку. А

найбільш близькою до дистильованої води як за показником S, так і за показником S/C виявилася природня джерельна вода.

### 3.2 Статистична обробка даних

Аналіз та статистична обробка даних здійснювалась у системі Statistica.

У табл. 3.1 зібрані данні вимірювань в трьох повтореннях та результати їх статистичної обробки. Середнє вибірки обчислювали за формулою:

$\bar{N} = (N_1 + N_2 + N_3)/3$ , де  $N_i$  – одиничний результат з серії вимірювань; 3 – число вимірювань в серії.

Таблиця 3.1

C, грам лист./100 мл ВОДИ	Вода	Час від початку	N <sub>1</sub> ,	N <sub>2</sub> ,	N <sub>3</sub> ,	N,	
			шт	шт	шт	шт	
0,00	des	28	5	7	8	6,7	
		36	38	32	33	34,3	
		48	47	45	46	46,0	
		60	49	49	49	49,0	
		72	50	50	49	49,7	
		84	50	50	49	49,7	
		92	50	50	49	49,7	
		97	50	50	49	49,7	
		111	50	50	49	49,7	
		ВВ	28	2	5	7	4,7
			36	20	25	21	22,0
	48		38	40	42	40,0	
	60		44	45	47	45,3	
	72		46	47	48	47,0	
	84		46	47	48	47,0	
	92		46	47	48	47,0	
	97		46	47	48	47,0	
	111		46	47	48	47,0	
	БВ	28	10	10	13	11,0	
		36	33	38	34	35,0	
		Дж	48	47	46	48	47,0
			60	49	48	49	48,7
			72	50	50	50	50,0
84			50	50	50	50,0	
92			50	50	50	50,0	
97			50	50	50	50,0	
111			50	50	50	50,0	
28			10	9	9	9,3	
36			36	35	41	37,3	
48			47	47	47	47,0	
60			48	48	49	48,3	
72			49	49	50	49,3	
84		49	49	50	49,3		
92		49	49	50	49,3		
97		49	49	50	49,3		
111		49	49	50	49,3		
1,65		des	28	2	2	0	1,33
			36	4	5	4	4,3
			48	27	32	27	28,7
			60	46	48	43	45,7
			72	48	49	47	48,0
			84	48	50	48	48,7
			92	48	50	48	48,7
			97	48	50	48	48,7
	111		48	50	48	48,7	

	БВ	28	2	0	1	1,0	
		36	3	2	3	2,7	
		48	22	21	17	20,0	
		60	43	38	39	40,0	
		72	48	47	46	47,0	
		84	49	48	48	48,3	
		92	49	48	48	48,3	
		97	49	48	48	48,3	
		111	49	48	48	48,3	
	БВ	28	2	3	2	2,3	
		36	15	12	12	13,0	
		48	37	39	33	36,3	
		60	48	48	46	47,3	
		72	49	50	49	49,3	
		84	49	50	50	49,7	
		92	49	50	50	49,7	
		97	49	50	50	49,7	
		111	49	50	50	49,7	
	Дж	28	0	1	0	0,3	
		36	2	3	2	2,3	
		48	22	28	25	25,0	
		60	40	45	44	43,0	
		72	47	48	48	47,7	
		84	48	50	49	49,0	
		92	48	50	49	49,0	
		97	48	50	49	49,0	
		111	48	50	49	49,0	
	3,30	des	28	0	0	0	0
			36	0	0	0	0
			48	3	3	2	2,67
60			28	29	24	27,0	
72			45	45	42	44,0	
84			47	47	45	46,3	
92			48	48	46	47,3	
97			48	49	48	48,3	
111			48	49	48	48,3	
БВ		28	0	0	0	0	
		36	2	0	2	1,3	
		48	8	8	11	9,0	

		60	27	26	31	28,0	
		72	39	43	44	42,0	
		84	44	45	47	45,3	
		92	46	46	48	46,7	
		97	47	47	49	47,7	
		111	48	49	49	48,7	
		БВ	28	0	0	0	0
			36	1	2	1	1,3
			48	17	22	21	20,0
	60		38	40	43	40,3	
	72		49	49	48	48,7	
	84		50	50	49	49,7	
	92		50	50	49	49,7	
	97		50	50	49	49,7	
	111		50	50	49	49,7	
	Дж	28	0	0	0	0	
		36	0	0	0	0	
		48	7	6	9	7,33	
		60	27	30	29	28,7	
		72	44	45	39	42,7	
		84	47	48	45	46,7	
		92	48	49	47	48,0	
		97	49	49	48	48,7	
		111	49	50	48	49,0	
	4,95	des	28	0	0	0	0
			36	0	0	0	0
			48	4	3	3	3,3
			60	20	21	15	18,7
			72	41	42	35	39,3
			84	48	48	47	47,7
92			50	49	49	49,3	
97			50	50	50	50,0	
111			50	50	50	50,0	
БВ		28	0	0	0	0	
		36	0	0	0	0	
		48	2	2	3	2,3	
		60	17	17	21	18,3	
		72	34	38	35	35,7	
		84	42	44	47	44,3	

		92	46	46	48	46,7
		97	47	47	48	47,3
		111	49	49	48	48,7
	БВ	28	0	0	0	0
		36	0	0	0	0
		48	5	8	8	7,0
		60	27	28	27	27,3
		72	41	44	44	43,0
		84	46	46	47	46,3
		92	48	47	48	47,7
		97	49	47	49	48,3

		111	49	48	49	48,7
	Дж	28	0	0	0	0
		36	0	0	0	0
		48	4	3	5	4,0
		60	17	21	22	20,0
		72	41	37	38	38,7
		84	46	42	44	44,0
		92	47	45	45	45,7
		97	47	46	46	46,3
		111	50	48	48	48,7

У таблиці 3.2 наведені дані для обчислення показника середньої схожості насіння.

Таблиця 3.2

Схожість N, шт	Частота спостереження f	N×f	Відхилення від середнього арифметичного (N <sub>i</sub> - $\bar{N}$ )	Квадрат відхилення (N <sub>i</sub> - $\bar{N}$ ) <sup>2</sup>	f×(N <sub>i</sub> - $\bar{N}$ ) <sup>2</sup>
46	1	46	-2,96	8,76	8,76
47	1	47	-1,96	3,84	5,84
48	14	672	-0,96	0,92	12,90
49	15	735	0,04	0,002	0,02
50	17	850	1,04	1,08	18,36
		Σ=2350			Σ=45,88

Звідси, середня схожість насіння  $\bar{N}=48,96$ ;

Дисперсія  $S^2 = (\Sigma f \times (N_i - \bar{N})^2) / (n-1) = 0,98$ ;

Стандартне відхилення  $S = 0,99$ ;

Коефіцієнт варіації  $V = (S / \bar{N}) \times 100 = 2,02\%$ ;

Похибка вибірки  $S_N = 0,14$ ;

Відносна похибка вибірки  $S_{N\%} = (S_N / \bar{N}) \times 100 = 0,28\%$

Таким чином, схожість насіння в тестах склало в середньому  $48,96 \pm 0,14$  шт. в одній чашці Петрі, що характеризує його якість. Варіювання цього параметру слабе, оскільки коефіцієнт варіації складає всього 2,02%. Про точність досліду свідчить незначна величина відносної похибки (0,28%).

У таблиці 3.3 наведено дані щодо впливу походження води та насиченості екстракту на схожість насіння.

Таблиця 3.3

Концентрація екстракту, грам листя/100мл ВОДИ	Вода	$\bar{N}$ , шт	Концентрація екстракту, грам листя/100мл ВОДИ	Вода	$\bar{N}$ ,шт
0,00	des	49,7	3,30	des	48,7
	ВВ	47,0		ВВ	48,7
	БВ	50,0		БВ	49,7
	Дж	49,3		Дж	49,0
1,65	des	48,7	4,95	des	50,0
	ВВ	48,3		ВВ	48,7
	БВ	49,7		БВ	48,7
	Дж	49,0		Дж	48,7
НІР <sub>05</sub>		1,21			

Для всіх варіантів різниця у порівнянні з чистою водопровідною водою (тобто, варіант 0,00 - ВВ) перевищує значення НІР, що вказує на відмінність ВВ.

Для розрахунку НІР в однофакторному дисперсійному аналізі було використано дані із таблиць 3.4-3.6. Зокрема, у таблиці 3.4 наведені дані дослідів щодо пророслого насіння в трьох повтореннях.

Таблиця 3.4

Концентрація екстракту, грам листя/100мл ВОДИ	Вода	N, шт			$\Sigma N_i$ , шт	$\bar{N}$ , шт
		1	2	3		
0,00	des	50	50	49	149	49,7
	ВВ	46	47	48	141	47,0
	БВ	50	50	50	150	50,0
	Дж	49	49	50	148	49,3
1,65	des	48	50	48	146	48,7
	ВВ	49	48	48	145	48,3
	БВ	49	50	50	149	49,7
	Дж	48	50	49	147	49,0
3,30	des	48	49	49	146	48,7
	ВВ	48	49	49	146	48,7
	БВ	50	50	49	149	49,7
	Дж	49	50	48	147	49,0
4,95	des	50	50	50	150	50,0
	ВВ	49	49	48	146	48,7
	БВ	49	48	49	146	48,7
	Дж	50	48	48	146	48,7
$\Sigma\Pi$		782	787	782	2351	48,96

Нижче наведено таблицю перетворення значень.

Таблиця 3.5

Концентрація екстракту, грам листя/100мл ВОДИ	Вода	N <sub>i</sub> -48,5, шт			$\Sigma_i$ , шт
		1	2	3	
0,00	des	1,5	1,5	0,5	3,5
	ВВ	-2,5	-1,5	-0,5	-4,5
	БВ	1,5	1,5	1,5	4,5
	Дж	0,5	0,5	1,5	2,5
1,65	des	-0,5	1,5	-0,5	0,5
	ВВ	0,5	-0,5	-0,5	-0,5

	БВ	0,5	1,5	1,5	3,5
	Дж	-0,5	1,5	0,5	1,5
3,30	des	-0,5	0,5	0,5	0,5
	БВ	-0,5	0,5	-0,5	-0,5
	БВ	1,5	1,5	0,5	3,5
	Дж	0,5	1,5	-0,5	1,5
4,95	des	1,5	1,5	1,5	4,5
	БВ	0,5	0,5	-0,5	0,5
	БВ	0,5	-0,5	0,5	0,5
	Дж	1,5	-0,5	-0,5	0,5
ΣП		6	11	5	22

Загальне число спостережень:  $z=16 \times 3=48$

Корегуючий фактор:  $C=(\Sigma_i)^2:48=22^2:48=10,08$

Дисперсія:

$$C_y=[(1,5)^2+(-2,5)^2+\dots+(0,5)^2+(-0,5)^2]-10,08=54-10,08=43,92$$

$$C_{\text{п}}=(6^2+11^2+5^2):16-10,08=1,29$$

$$C_{\text{п}}=[(3,5)^2+(-4,5)^2+\dots+((0,5)^2)]/3-10,08=26,59$$

$$C_z=K_y-K_{\text{п}}-K_{\text{п}}=16,04$$

У таблиці 3.6 відображені дані дисперсійного аналізу.

Таблиця 3.6

Дисперсія	Сума квадратів відхилень	Ступені свободи	Середній квадрат (дисперсія)	$F_{\text{факт}}$	$F_{05}$
Загальна	43,92	47	—	—	—
Повторювань	1,29	2	—	—	—
Варіантів	26,59	15	$26,59:15=1,77$	$1,77:0,53=3,34$	2,92
Залишок	16,04	30	$16,04:30=0,53$	—	—

Так як  $F_{\text{факт}} > F_{05}$  ( $3,34 > 2,92$ ), то це означає, що в тестах є варіанти з істотною різницею. Для визначення цих варіантів визначаємо НІР<sub>05</sub>:

$$\text{Похибка дослідів } S_N = \sqrt{0,53/3} = 0,42$$

$$\text{Похибка різниці середнього } S_d = \sqrt{2 * 0,53/3} = 0,59$$

Звідси,  $HP_{05} = S_d * t_{05,30} = 0,59 * 2,04 = 1,21$ ,

де  $t_{05,30} = 2,04$  – табличне значення.

Є й більш спеціалізовані методики оцінки інгібування схожості насіння, коли користуються такими показниками як швидкість проростання, час досягнення 50%-го проростання, індекс сили розсади, індекс проростання, індекс швидкості проростання.

Швидкість проростання (ШП) визначається виразом:

$$\text{ШП} = \frac{n_1 N_1 + n_2 N_2 + \dots + n_k N_k}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i N_i}{\sum_{i=1}^k N_i},$$

де  $n_1, n_2, \dots, n_k$  позначають кількість днів від початку тесту на проростання;  $N_1, N_2, \dots, N_k$  позначають кількість пророслих насінин в день  $k$ . У цьому виразі швидкість проростання є часом, вираженим в днях.

Також результати статистичної обробки приведених даних наведені в таблицях 3.7 і 3.8. Зокрема, у таблиці 3.7 наведені дані щодо затримки проростання насіння під дією рослинних екстрактів.

Таблиця 3.7

Вода	Концентрація екстракту, грам листя/100мл	S, годин			$\bar{S}$ , годин	V, годин <sup>2</sup>	s, годин	$\delta$ , годин
		S1	S2	S3				
des	1,65	12,0	9,8	13,2	11,68	3,016	1,74	7,482
ВВ	1,65	9,5	12,9	13,5	11,97	4,769	2,18	9,374
БВ	1,65	7,0	8	10,7	8,58	3,650	1,91	8,213
Дж	1,65	16,6	14,1	15,6	15,42	1,591	1,26	5,418
des	3,30	24,6	23,8	27,2	25,20	3,187	1,78	7,654
ВВ	3,30	20,5	22,6	18,9	20,65	3,547	1,88	8,084
БВ	3,30	18,1	16,7	16,5	17,11	0,716	0,84	3,612
Дж	3,30	25,7	25,2	26,2	25,68	0,267	0,52	2,236

des	4,95	27,9	29,1	29,8	28,93	0,923	0,96	4,128
ВВ	4,95	26,8	26,9	27,6	27,10	0,190	0,43	1,849
БВ	4,95	25,3	24,8	26,8	25,63	1,08	1,04	4,472
Дж	4,95	31,0	29,9	31,1	30,67	0,443	0,66	2,838

При статистичній обробці даних визначали: середнє вибірки, дисперсію вибірки, стандартне відхилення, довірчий інтервал. Середнє вибірки обчислювали за формулою:  $\bar{S} = (S_1 + S_2 + N_3)/3$ , де  $S_i$  – одиничний результат з серії вимірювань; 3 – число вимірювань в серії. Дисперсію вибірки  $V$  розраховували як:  $V = \frac{\sum_{i=1}^3 (N_i - \bar{N})^2}{2}$ . Стандартне відхилення  $s$  розраховувалось як  $s = \sqrt{V}$ . Довірчий інтервал  $\delta$ , в який із заданою ймовірністю потрапляє результат тесту, розраховувався за виразом:  $\delta = \frac{s t_{P,f}}{\sqrt{3}}$ , де  $t_{P,f}$  – коефіцієнт Ст'юдента. При вибраній довірчій ймовірності  $P=0,95$  та числу ступенів свободи  $f$  рівному 2, як це мало місце для приведених нижче даних, за її значення було взяте число 4,3.

Таблиця 3.8 містить дані щодо результату впливу походження води та рецептури екстракту на затримку проростання насіння. Дані з таблиці говорять про те, що походження води істотно впливає на біологічні властивості екстракту, що найбільше стосується порівняння бутильованої та джерельної вод.

Таблиця 3.8

Вода	1,65, грам листя/100 мл води	3,3, грам листя/100 мл води	4,95, грам листя/100 мл води
	S, годин	S, годин	S, годин
Des	11,68	25,20	28,93
ВВ	11,98	20,65	27,10
БВ	8,58	17,11	25,63
Дж	15,42	25,68	30,67
НІР <sub>05</sub>	5,05	5,13	1,16

### 3.3 Технологічна схема процесу

Біотехнологічне застосування біологічно активних речовин є актуальним у зв'язку з проблемою оздоровлення навколишнього середовища, одержання чистої харчової та кормової продукції. Базуючись на одержаних результатах роботи пропонуємо технологічну схему виділення рідиннофазного екстракту біологічно активних речовин із *Salvia officinalis* з використанням води з природного джерела в якості екстрагента:

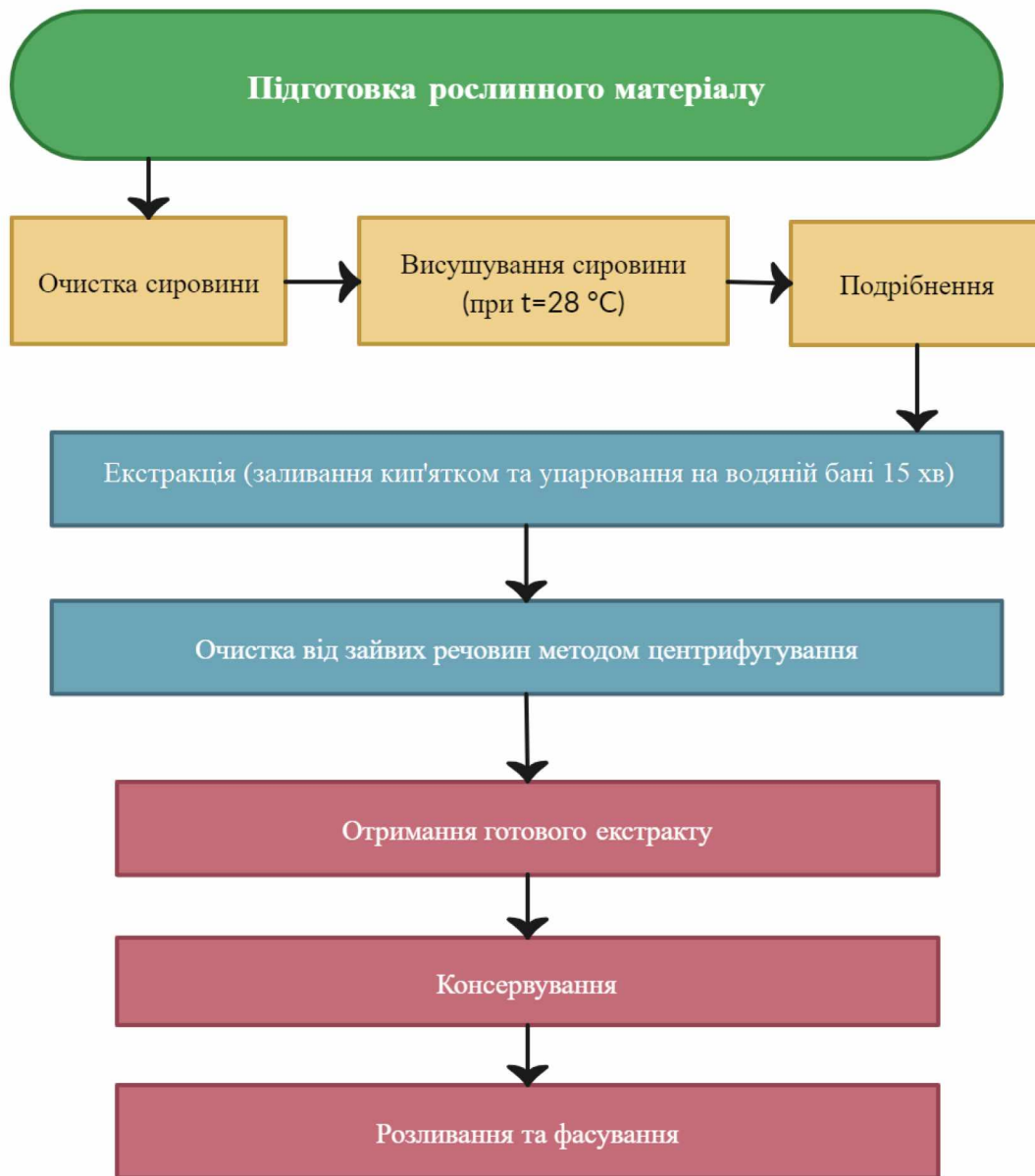


Рисунок 3.7. Технологічна схема виділення рідиннофазного екстракту біологічно активних речовин із *Salvia officinalis*

Згідно результатів дослідження найкращу біологічну активністю демонструють екстракти, приготовані на дистильованій воді. Але, як говорилося вище, використання дистильованої води у виробничих масштабах є затратним. Екстракти, приготовані саме на воді з природного джерела є близькими до тих, що готувалися на дистилаті за такими показниками як концентрація сухої речовини, рН, кількість годин затримки проростання насіння. Таким чином, можна виключити процес дистиляції води зі схеми промислового виробництва.

## ВИСНОВКИ

1. Визначено, що водні екстракти із листя шавлії чинять інгібуючу дію на проростання насіння рослин. А саме, інгібуючий ефект проявляється у затримці проростання насіння в часі, а також його загибелі.

2. В результаті проведення *in vitro* тесту на пророщування насіння редису в водних екстрактах з листя шавлії, приготованих на дистильованій воді та трьох питних водах різного походження було з'ясовано, що екстракти з листя шавлії чинять інгібуючу дію на розвиток насіння редису, яка виражається в затримці розвитку насіння рослин в часі і цей вплив залежить від походження води. Зі збільшенням концентрації екстракту, спостерігається більша затримка проростання.

3. Показано, що найвищу екстрагувальну спроможність щодо *Salvia officinalis* має дистильована вода, що проявляється у найбільшій кількості годин затримки проростання насіння, яку забезпечує один грам сухої речовини в літрі екстракту, після дистильованої води слідує джерельна вода.

4. Вибір води для екстрагування впливає на концентрацію сухої речовини в екстракті, на рН екстракту і відповідно на час затримки проростання насіння. Згідно критерію, який являє собою кількість годин затримки проростання насіння, що забезпечує один грам сухої речовини в літрі екстракту найбільш ефективною є дистильована вода ( $4,56 \frac{\text{год}}{\text{г/дм}^3}$ ), близький до цього результат має вода з природного джерела ( $4,22 \frac{\text{год}}{\text{г/дм}^3}$ ), далі за цим показником йде водопровідна вода ( $3,17 \frac{\text{год}}{\text{г/дм}^3}$ ), а після неї – бутильована ( $2,88 \frac{\text{год}}{\text{г/дм}^3}$ ).

5. Запропоновано доповнити технологічну схему одержання водних рослинних екстрактів додатковим ТП, а саме – проведення скринінгу доступних джерел постачання води в якості екстрагента. Даний ТП може бути впроваджений в промисловому виробництві водних рослинних екстрактів з

метою економії рослинної сировини і, відповідно, підвищення ефективності виробництва екстрактів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ain Q., Mushtaq W., Shadab M., Siddiqui M. Allelopathy: an alternative tool for sustainable agriculture. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2023. Vol. 29. P. 495–511.
2. Akram M., Riaz M., Munir N., Rasul A. Progress and prospects in the management of bacterial infections and developments in Phytotherapeutic modalities. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2020. № 7. Vol. 47. P. 1107-1119.
3. Almeida-Couto J., Ressutte J., Cardozo-Filho L., Cabral V. Current extraction methods and potential use of essential oils for quality and safety assurance of foods. *Chemical Sciences*. 2022. № 2. Vol. 94.
4. Amorim J., Simas D., Pinheiro M., Moreno D., Alviano C., Da Silva A., Fernandes P. Anti-inflammatory properties and chemical characterization of the essential oils of four Citrus species. *Plos One*. 2016.
5. Arct J., Pytkowska K. Flavonoids as components of biologically active cosmeceuticals. *Clinics in Dermatology*. 2019. № 4. Vol. 26. P. 347–357.
6. Armendariz-Barragan B., Zafar N., Badri W., Galindo-Rodriguez S., Kabbaj D., Fessi H., Elaissari A. Plant extracts: from encapsulation to application. *Expert Opinion on Drug Delivery*. 2019. № 8. Vol. 13. P. 1165–1175.
7. Asimakis E., Shehata A., Eisenreich W., Acheuk F., Lasram S. Algae and Their Metabolites as Potential Bio-Pesticides. *Microorganisms*. 2022. № 2. Vol. 10.
8. Avdieieva L., Makarenko A., Turchyna T., Dekusha V. Cavitation technology for intensification of plant raw materials extraction. *Food Science and Technology*. 2023. № 1. Vol. 17.
9. Ayala-Zavala F., Silva-Espinoza B., Cruz-Valenzuela M., Leyva J. Pectin–cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh-cut peach. *Flavour and Fragrance Journal*. 2013. № 1. Vol. 28. P. 39–45.
10. Basaran F. Ecological aspects of allelopathy. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*. 2021. № 1. Vol. 5. P. 80–86.

11. Bora A., Ma S., Li X., Liu L. Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *Food Research International*. 2018. Vol. 105. P. 241–249.
12. Bouzroud S., Maaiden E., Sobeh M., Merghoub N., Boukcim H., Kouisni L., Kharrassi Y. Biotechnological Approaches to Producing Natural Antioxidants: Anti-Ageing and Skin Longevity Prospects. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. № 2. Vol. 24.
13. Briones-Labarca V., Giovagnoli-Vicuna C., Canas-Sarazua R. Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 278. P. 751–759.
14. Canwat V., Onakuse S. Organic agriculture: A fountain of alternative innovations for social, economic, and environmental challenges of conventional agriculture in a developing country context. *Cleaner and Circular Bioeconomy*. 2022. Vol. 3.
15. Chakraborty N., Mitra R., Pal S., Ganguly R. Biopesticide Consumption in India: Insights into the Current Trends. *Agriculture*. 2023. № 13. Vol. 557.
16. Cherubim D., Martins C., Farina L., Lucca R. Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2020. № 1. Vol. 19. P. 33–37.
17. Chuong C., Nasir N., Mohd-Setapar S., Fikri M., Akil A., Wani W., Muddassir M., Alarif A. A Glimpse into the Extraction Methods of Active Compounds from Plants. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2020. № 4. Vol. 52. P. 667–696.
18. Drasar P., Khripach V. Growing Importance of Natural Products Research. *Molecules*. 2020. № 1. Vol. 25.
19. Duletic-Lausevic S., Aradski A., Zivkovic J., Gligorijevic N., Savikin K., Radulovic S., Cocic D. Evaluation of bioactivities and phenolic composition of extracts of *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) collected in Montenegro. *Botanica Serbica*. 2019. № 1. Vol. 43. P. 47–58.

20. Eibl R., Meier P., Stutz I., Schildberger D., Eibl T. Plant cell culture technology in the cosmetics and food industries: current state and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018. № 1. Vol. 102. P. 8661–8675.
21. Elnahal A., El-Saadony M., Saad A., Desoky E. The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. *European Journal of Plant Pathology*. 2022. Vol. 162. P. 759-792.
22. Farahpoura R., Pirkhezrb E., Ashrafianc A., Sonbolid A. Accelerated healing by topical administration of *Salvia officinalis* essential oil on *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* infected wound model. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2020. Vol. 128.
23. Fernandes R., Trindade M., Tonin F., Pugine S., Lima C., Lorenzo J., De Melo M. Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 233. P. 101–109.
24. Fierascu C., Fierascu I., Baroi A., Ortan A. Selected Aspects Related to Medicinal and Aromatic Plants as Alternative Sources of Bioactive Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. № 4. Vol. 22.
25. Ghulam H., Longbin Z., Azhar R., Haseeb A. Role of plant-derived flavonoids and their mechanism in attenuation of Alzheimer's and Parkinson's diseases: an update of recent data. *Molecules*. 2018. № 4. vol. 23. P. 1–26.
26. Gumienna M., Gorna B. Antimicrobial Food Packaging with Biodegradable Polymers and Bacteriocins. *Molecules*. 2022. № 12. Vol. 26.
27. Jacome A., Freire T., Oliveira A., Almeida T., Rosado C., Velasco M., Baby A. In vivo SPF from multifunctional sunscreen systems developed with natural compounds - a review. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2020. № 3. Vol. 20. P. 729–737.
28. Jadoun S., Arif R., Jangid N., Meena R. Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2021. Vol. 19. P. 355–374.

29. Kammoun S., Hassine D., Cazaux S. *Salvia officinalis* essential oil: Chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities. *South African Journal of Botany*. 2019. Vol. 120. P. 253-260.
30. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N., Kenfaoui J., Esmael Q. Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*. 2022. № 3. Vol. 10.
31. Li J., Chen L., Chen Q., Miao Y., Peng Z., Huang B., Guo L., Liu D., Du H. Allelopathic effect of *Artemisia argyi* on the germination and growth of various weeds. *Scientific Reports*. 2021. № 1. Vol. 11.
32. Macias F., Mejias F., Molinillo J. Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. *Natural Products in Pest Management*. 2019. № 9. Vol. 75. P. 2413–2436.
33. Mehta N., Jeyapriya S., Kumar P., Kumar A., Umaraw P., Kumar K, Anju B., Pathak D., Kaka U., Qurni A. Ultrasound-Assisted Extraction and the Encapsulation of Bioactive Components for Food Applications. *Foods*. 2022. № 19. Vol. 11.
34. Miralrio A., Vazquez A. Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: a review. *Processes*. 2020. №8. Vol. 8. P. 942.
35. Mitura S., Sionkowska A., Jaiswal A. Biopolymers for hydrogels in cosmetics: review. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2020. № 6. Vol. 31.
36. Olszewska M., Gedas A., Simoes M. Antimicrobial polyphenol-rich extracts: Applications and limitations in the food industry. *Food Research International*. 2020. Vol. 134.
37. Parag R., Gogate P. Hydrodynamic Cavitation for Food and Water Processing. *Food and Bioprocess Technology*. 2011. № 6. Vol. 4. P. 996–1011.
38. Parhiz H., Roohbakhsh A., Soltani F., Rezaee R., Iranshahi M. Antioxidant and anti-inflammatory properties of the citrus flavonoids hesperidin and hesperetin: An updated review of their molecular mechanisms and experimental models. *Phytotherapy Research*. 2019. № 3. Vol. 29. P. 323–331.

39. Pateiro M., Dominguez R., Bermudez R., Munekat P., Zhang W., Gagaoua M., Lorenzo J. Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. *Current Research in Food Science*. 2019. №1. Vol. 1. P. 24–30.
40. Petrusha Y., Rylsky A., Gvozdyak P. Some of the Important Physical and Chemical Properties of a Number of Mineral Waters Widely used in Everyday Life. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2018. № 2. Vol. 2. P. 135–140.
41. Polyak Y., Sukharevich V. Allelopathic relationships between plants and microorganisms in soil ecosystems. *Biology Bulletin Reviews*. 2019. Vol. 9. P. 562–574.
42. Sarheed M., Rajabi F., Kunert M., Boland W., Wetters S., Miadowitz K., Kazmierczak A., Sahil V., Nick P. Cellular base of mint allelopathy: menthone affects plant microtubules. *Frontiers in Plant Sciences*. 2020. Vol. 11.
43. Scavo A., Mauromicale G. Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: knowing the present with a view to the future. *Agronomy*. 2021. № 11. Vol. 11.
44. Sembiring E., Elya B., Sauriasari R. Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. *Pharmacognosy Journal*. 2018. № 1. Vol. 10. P. 123–127.
45. Shang Z., Zhu J. Overview on plant extracts as green corrosion inhibitors in the oil and gas fields. *Journal of Materials Research and Technology*. 2021. № 31. Vol. 15. P. 5078–5094.
46. Sharma Y., Fagan J., Schaefer J. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. № 3. Vol. 8.
47. Shashikant B., Mayur P. Recent Advances in Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Complex Herbal Samples: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2019. № 2. Vol. 51. P. 138–149.

48. Shirgapure K., Ghosh P. Allelopathy a Tool for Sustainable Weed Management. *Archives of Current Research International*. 2020. № 3. Vol. 20. P. 17–25.
49. Sojic B., Pavlic B., Zekovic Z., Tomovic V., Ikonc P., Kocic-Tanackov S., Dzinic N. The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. *LWT*. 2018. Vol. 89. P. 749–755.
50. Soni V., Raizada P., Singh P., Cuong H., Saini A., Saini R., Le Q., Nadda A., Le T., Nguyen V. Sustainable and green trends in using plant extracts for the synthesis of biogenic metal nanoparticles toward environmental and pharmaceutical advances: a review. *Environmental Research*. 2021. Vol. 202.
51. Souza V., Pires J., Vieira E., Coelho I., Duarte M., Fernando A. Activity of chitosan-montmorillonite bionanocomposites incorporated with rosemary essential oil: From in vitro assays to application in fresh poultry meat. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 89. P. 241–252.
52. Synowiec A., Nowicka-Polec A. Effect of aqueous extracts of selected medicinal plants on germination of windgrass [*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.] and lambsquarters (*Chenopodium album* L.) seeds. *Acta Agrobotanica*. 2016. № 3. Vol. 69.
53. Taghipour Y., Hokmabad V., Del Bakhshayesh A., Asadi N., Salehi R., Nasrabadi H. The Application of Hydrogels Based on Natural Polymers for Tissue Engineering. *Current Medicinal Chemistry*. 2020. № 16. Vol. 27. P. 2658–2680.
54. Valduga A., Gonçalves I., Magri E., Finzer J. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*. 2019. Vol. 120. P. 478–503.
55. Veerabadhran M., Natesan S., MubarakAli D., Xu S., Yang F. Using different cultivation strategies and methods for the production of microalgal biomass as a raw material for the generation of bioproducts. *Chemosphere*. 2021. Vol. 285.

56. Verma C., Ebenso E., Bahadur I., Quraishi M. An overview on plant extracts as environmental sustainable and green corrosion inhibitors for metals and alloys in aggressive corrosive media. *Journal of Molecular Liquids*. 2019. Vol. 266. P. 577–590.
57. Wang L., Liu T., Liu L., Liu Y., Wu X. Impacts of chitosan nanoemulsions with thymol or thyme essential oil on volatile compounds and microbial diversity of refrigerated pork meat. *Meat Science*. 2022. Vol. 185.
58. Yan C., Fumin X., Shuai Y., Shichao D., Yang Y. Subcritical Water Extraction of Natural Products. *Molecules*. 2021. № 13. Vol. 26.
59. Zambounis A., Sytar O., Valasiadis D., Hilioti Z. Effect of photosensitisers on growth and morphology of *Phytophthora citrophthora* coupled with leaf bioassays in pear seedlings. *Plant Protection Science*. 2020. № 2. Vol. 56. P. 74–82.
60. Іваницький Г.К., Чайка О.І., Гоженко Л.П. Застосування кавітаційного реактора пульсаційного типу для екстрагування з рослинної сировини. *Наукові праці ОНАХТ*. 2015. № 2. С. 138–142.
61. Котюк, Л. А., Рахметов, Д. Б. Біологічно активні речовини *Salvia officinalis* L. та *Salvia sclarea* L. при зростанні в умовах ботанічного саду ЖНАЕУ. *Матеріали конференцій*. 2013.
62. Лікарські засоби. Якість води для застосування у фармації: настанова Міністерства охорони здоров'я України. *СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013*. 2013. С. 6.