

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

Біологічний факультет  
Кафедра молекулярної біології та біотехнології

**Розробка системи пророщування насіння пшениці, що відповідає  
вимогам до функціональних харчових продукті**

Допущений до захисту

Кваліфікаційна робота

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 р.

бакалавра кафедри

Протопопа Михайла Миколайовича

Завідувач кафедри

Оцінка «\_\_\_\_\_»

Голова ЕК \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 р.

д. б. н. професор Божков А. І.

Харків 2024

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці ефективної системи пророщення насіння пшениці, що відповідає вимогам функціональних харчових продуктів. Актуальність дослідження зумовлена зростаючим інтересом до здорового харчування та потребою у високоякісних функціональних продуктах, що сприяють покращенню здоров'я та профілактиці захворювань.

Основною метою роботи є розробка інноваційної системи для пророщення насіння пшениці, що дозволяє отримувати продукт з підвищеним вмістом біологічно активних речовин. Для досягнення мети було проведено літературний аналіз щодо продуктів функціонального харчування та частих проблем, які виникають в процесі виробництва. Особлива увага приділена методам боротьби з контамінацією пшениці.

В рамках дослідження проведено аналіз існуючих методів пророщення, їх переваг та недоліків. Особлива увага приділена оптимізації умов пророщення, таких як температура, вологість та тривалість процесу, для забезпечення максимальної біологічної цінності продукту.

Практична частина роботи включає розробку та тестування експериментальної системи пророщення, яка забезпечує автоматизацію процесу та контроль параметрів середовища. Для оцінки якості отриманого продукту проведено біохімічний аналіз, зокрема визначено вміст вітамінів, мінералів та інших важливих поживних речовин.

Результати дослідження підтвердили ефективність розробленої системи та її відповідність вимогам до функціональних харчових продуктів. Запропонована система пророщення насіння пшениці може бути використана в промислових масштабах для виробництва здорових продуктів харчування, що сприятимуть підвищенню якості життя населення.

*Ключові слова:* пророщення насіння, пшениця, функціональні харчові продукти, біологічно активні речовини, автоматизація, контамінація.

## ANOTATION

The work is devoted to the development of an effective wheat seed germination system that meets the requirements of functional food products. The relevance of the study is due to the growing interest in healthy nutrition and the need for high-quality functional products that contribute to improving health and preventing diseases.

The aim of the work is the development of an innovative system for the germination of wheat seeds, which allows obtaining a product with an increased content of biologically active substances. To achieve the goal, a literature analysis was conducted regarding functional food products and frequent problems that arise in the production process. Special attention is paid to methods of combating wheat contamination.

In the context of the study, an analysis of existing methods of germination, their advantages and disadvantages were carried out. Special attention is paid to the optimization of germination conditions, such as temperature, humidity and duration of the process, to ensure the maximum biological value of the product.

The practical part of the work includes the development and testing of an experimental germination system that provides automation of the process and control of environmental parameters. To assess the quality of the obtained product, a biochemical analysis was carried out, in particular, the content of vitamins, minerals and other important nutrients was determined.

The results of the study confirmed the effectiveness of the developed system and its compliance with the requirements for functional food products. The proposed wheat seed germination system can be used on an industrial scale for the production of healthy food products, which will contribute to improving the quality of life of the population.

Key words: seed germination, wheat, functional food products, biologically active substances, automation, contamination.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	6
1.1 Функціональне харчування.....	6
1.2 Вибір об'єкта.....	9
1.3 Актуальні проблеми під час пророщування .....	16
1.4 Обробка та вирощування.....	18
1.5 Вплив на організм та застосування.....	20
1.6 Можливі варіанти обробки, їх вплив на зерно та контамінацію .....	22
1.7 Рентабельність та інші переваги.....	26
1.8 Перспективи розвитку функціонального харчування.....	28
Розділ 2 МЕТОДИКИ ТА ОБ'ЄКТИ .....	32
2.1 Лабораторне обладнання. ....	32
2.2 Кількість зерна.....	32
2.3 Методики посадки та вирощування.....	32
2.4 Вимірювання.....	34
2.5 Миття лабораторного посуду .....	35
2.6 Отримання змивів екзометаболітів.....	35
2.7 Об'єкт дослідження.....	35
Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ.....	36
3.1 Експеримент 1.1.....	36
3.2 Експеримент 1.2.....	39
3.3 Експеримент 1.3.....	40
3.4 Експеримент 2.1.....	42
3.5 Експеримент 2.2.....	43
3.6 Експеримент 3.1.....	43
ВИСНОВКИ .....	44
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	45

## ВСТУП

Сучасні тенденції у сфері харчування акцентують увагу на функціональних продуктах, що мають підвищену біологічну цінність і сприяють покращенню здоров'я та профілактиці захворювань. Одним із таких продуктів є пророщене насіння пшениці, яке завдяки високому вмісту вітамінів, мінералів та інших біологічно активних речовин набуває все більшої популярності серед споживачів, які дбають про своє здоров'я.

Пророщування насіння пшениці є процесом, що потребує дотримання певних умов для забезпечення високої якості кінцевого продукту. Однією з основних проблем, які виникають при пророщуванні, є ризик контамінації насіння патогенними мікроорганізмами. Тому розробка ефективної системи пророщування, яка мінімізує ці ризики та забезпечує стабільно високу якість продукту, є актуальним завданням для харчової промисловості.

Мета цієї роботи полягає в розробці інноваційної системи пророщування насіння пшениці, що відповідає вимогам функціональних харчових продуктів. Для досягнення цієї мети було проведено комплексне дослідження, яке включає аналіз літературних джерел щодо продуктів функціонального харчування та частих проблем, які виникають у процесі їх виробництва. Особлива увага приділена методам боротьби з контамінацією насіння пшениці.

В рамках дослідження були визначені оптимальні умови пророщування, зокрема температура, вологість та тривалість процесу. Особлива увага приділена автоматизації процесу пророщування для забезпечення стабільних параметрів середовища та мінімізації людського втручання.

Розробка системи пророщування насіння пшениці, що відповідає вимогам функціональних харчових продуктів, має потенціал для впровадження у промислових масштабах, що дозволить виробляти продукти високої якості для широкого кола споживачів. Використання такої системи

сприятиме покращенню харчового статусу населення та підвищенню загального рівня здоров'я.

## Розділ 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Функціональне харчування

Функціональне харчування – це цілісний підхід до їжі та здоров'я, який наголошує на терапевтичному потенціалі поживних речовин і цільних продуктів для підтримки оптимального самопочуття та запобігання захворюванням. Він зосереджений на взаємодії між поживними речовинами та іншими біологічно активними сполуками в їжі та їхньому впливі на експресію генів, функцію клітин і загальний стан здоров'я. Одним із основних принципів функціонального харчування є усунення першопричини проблем зі здоров'ям, а не просто лікування симптомів, сприяння довгостроковому здоров'ю та бадьорості. Включаючи принципи функціонального харчування в схеми харчування, люди можуть використовувати цілющу силу їжі для підтримки свого фізичного та психічного здоров'я.

#### Історія виникнення функціонального харчування

Концепція функціонального харчування бере свій початок з Японії у 1980-х роках, коли уряд почав фінансувати дослідження щодо розробки продуктів, які не тільки задовольняють потреби в харчуванні, а й мають додаткові переваги для здоров'я. Це було часом, коли Японія шукала нові шляхи управління зростаючими медичними витратами, і функціональні продукти розглядалися як потенційний засіб профілактики захворювань. У 1991 році було введено термін FOSHU (Foods for Specified Health Uses), що позначає продукти з доведеними корисними властивостями. З часом ідея функціонального харчування поширилася по всьому світу, надихаючи нові дослідження і розробки у сфері здорового харчування та відкриваючи нові можливості для споживачів.

#### Основні принципи та концепції функціонального харчування

Функціональне харчування базується на ідеї, що їжа повинна не тільки втамовувати голод і забезпечувати енергією, але й активно сприяти

покращенню здоров'я та профілактиці захворювань. Це досягається шляхом включення у раціон продуктів з підвищеним вмістом корисних речовин, таких як вітаміни, мінерали, антиоксиданти, пробіотики та інші біологічно активні компоненти. Додатково, важливі елементи функціонального харчування включають інноваційні підходи до вирощування та обробки продуктів, що зберігають або підвищують їх корисні властивості. Також варто звернути увагу на індивідуальні потреби кожної людини, такі як вік, стать, рівень фізичної активності та наявність хронічних захворювань, що дозволяє створювати персоналізовані плани харчування для максимального ефекту.

Функціональні продукти характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин, які мають позитивний вплив на організм. Це можуть бути натуральні або збагачені продукти, які підтримують здоров'я серцево-судинної системи, покращують травлення, зміцнюють імунітет та сприяють зниженню ризику розвитку хронічних захворювань. Активні компоненти таких продуктів, як вітаміни, мінерали, антиоксиданти, пробіотики та інші, працюють у синергії для покращення загального стану здоров'я. Окрім цього, деякі функціональні продукти мають специфічні властивості, наприклад, здатність зменшувати запалення, покращувати когнітивні функції або підвищувати рівень енергії.

#### Переваги функціонального харчування для здоров'я

Переваги функціонального харчування для здоров'я численні й різноманітні. Вони включають профілактику серцево-судинних захворювань через споживання жирних кислот омега-3, покращення роботи травної системи завдяки пробіотикам, зміцнення імунної системи за рахунок антиоксидантів, а також зниження ризику розвитку діабету та інших метаболічних порушень через контроль глікемічного індексу продуктів. Додатково, функціональне харчування може сприяти покращенню настрою та емоційного стану шляхом забезпечення організму необхідними нутрієнтами, такими як магній та вітамін B6, що відіграють важливу роль у синтезі

нейротрансмітерів. Також, регулярне вживання функціональних продуктів може допомогти контролювати вагу та покращити обмін речовин.

#### Приклади функціональних продуктів

До функціональних продуктів належать різноманітні їжі та напої, такі як йогурти з пробіотиками, збагачені вітамінами соки, цільнозернові продукти з високим вмістом клітковини, горіхи та насіння, риба та морепродукти з високим вмістом омега-3 жирних кислот, а також спеціальні добавки й суплементи, розроблені для підтримки конкретних аспектів здоров'я. Наприклад, фітокісткові добавки можуть допомогти підтримати здоров'я суглобів та кісток, тоді як зелений чай, багатий на антиоксиданти, може сприяти детоксикації організму та покращенню обміну речовин. Інші приклади включають суперфуди, такі як спіруліна та чіа насіння, які відомі своїми винятковими поживними властивостями та здатністю покращувати загальний стан здоров'я.

#### Вплив на суспільство

У сучасному суспільстві функціональне харчування відіграє важливу роль у збереженні здоров'я населення. Зростання чисельності людей з хронічними захворюваннями, погіршення екологічної ситуації, швидкий ритм життя, а також постійний стрес викликають підвищений інтерес до продуктів, які можуть забезпечити додатковий захист та підтримку організму. Ці продукти не тільки надають необхідні поживні речовини, а й містять компоненти, що позитивно впливають на окремі аспекти фізичного та емоційного благополуччя, як-от поліпшення роботи імунної системи, зменшення запальних процесів та зниження ризику розвитку захворювань серця.

Крім того, інформованість споживачів про здоровий спосіб життя сприяє популяризації та постійному розвитку сфери функціонального харчування. Журнали, телепередачі й соціальні мережі активно просувають ідеї здорового харчування, мотивуючи людей робити вибір на користь натуральних продуктів, які не тільки задовольняють апетит, а й сприяють зміцненню

організму. Сьогодні споживачі все частіше обирають продукти, які обіцяють позитивні зміни у їхньому здоров'ї, розуміючи, що інвестиції у правильне харчування окупаються кращим самопочуттям та позитивним настроєм.

Пророщена пшениця є яскравим прикладом функціонального харчового продукту, який втілює принципи функціонального харчування. Під час процесу проростання ферменти в зерні активуються, що призводить до розщеплення складних поживних речовин до більш засвоюваних форм. Пророслі зерна пшениці багаті незамінними амінокислотами, легкозасвоюваними цукрами та іншими біологічно активними сполуками, які сприяють їх поживній щільності та корисним властивостям. Дослідження показали, що пророслі зерна, включаючи паростки пшениці, люцерни та редьки, відомі своїм високим вмістом поживних речовин завдяки підвищеній біодоступності поживних речовин під час процесу проростання. Крім того, пророщування покращує засвоюваність крохмалю та білка в пшениці, що робить її цінним інгредієнтом для функціональних харчових продуктів .

## **1.2 Вибір об'єкта**

Об'єктом дослідження було обрано пшеницю, цьому існує багато причин. Основні причини це те що дана агрокультура є найпоширенішою в світі і має найбільшу частку вирощування в Україні якщо її порівнювати з іншими зерновими: приблизно 42% врожаю зернових припадають на пшеницю, що становить 22% від усіх посівних площ. Також пшениця в Україні має досить високі показники врожайності в середньому це більш ніж 4,5 тон з одного га. Також більш ніж половина вирощеної пшениці відправляється на експорт до інших країн, що говорить про її достатню кількість та попит на неї. До прикладу минулорічний врожай пшениці оцінюється в 20,6 млн тон, 12,5 з яких було експортовано до інших країн.

Ще однією з причин вибору пшениці є те що пророщена пшениця уже активно використовується як продукт функціонального харчування. Її використовують у різних формах наприклад споживають у свіжому вигляді, у вигляді напоїв, або у сушеному вигляді. Цінність пророщеної пшениці як

продукту функціонального харчування у порівнянні зі звичайною пшеницею. Причиною є те, що під час пророщування у пшениці запускаються процеси метаболізму, в наслідок яких змінюється її поживна цінність, якщо коротка, то пшениця починає синтез різного роду екзометаболітів, що в свою чергу збільшує вміст амінокислот та запускає деякі інші процеси такі як розщеплення полісахаридів (у випадку з пшеницею крохмалю) до моносахаридів (глюкози). З точки зору харчової цінності продукту ми отримуємо продукт який у порівнянні з початковою формою буде легше та швидше засвоюватись організмом, тобто також буде корисним як джерело для “швидкого” поповнення енергії з комерційної точки зору такий продукт може зацікавити спортсменів або людей з діабетом.

#### Пророщена пшениця як продукт функціонального харчування

Пророщена пшениця пропонує безліч переваг для здоров'я, що робить її цінним доповненням до дієти функціонального харчування. Процес пророщування покращує поживний профіль пшениці за рахунок підвищення біодоступності основних поживних речовин. Крім того, відомо, що пророщена пшениця має кращий смак порівняно з непророслими зернами, що робить її більш смачною та поживною для людей, які прагнуть оптимізувати своє здоров'я. Дослідження підкреслюють вражаючий поживний вміст пророщених цільних зерен, таких як пшениця, підкреслюючи їхній потенціал у сприянні загальному добробуту. Покращена поживна якість пророщеної пшениці може мати позитивний вплив на різні аспекти здоров'я, зокрема: - здоров'я травлення - імунну функцію - рівень енергії

Однією з ключових поживних переваг пророщеної пшениці перед звичайною пшеницею є підвищена доступність незамінних жирних кислот і антиоксидантів. Під час процесу проростання рівні вільних і загальних ліпідів у пшениці зростають, сприяючи більш насиченому поживними речовинами кінцевому продукту. Крім того, пророщена цільна пшениця містить більш високий рівень фолієвої кислоти та виявляє підвищену антиоксидантну активність порівняно з непророщеною пшеницею. Ці харчові покращення не

тільки забезпечують цінні поживні речовини для підтримки загального здоров'я, але й забезпечують підвищену біодоступність вітамінів і мінералів для кращого засвоєння. Включаючи пророщену пшеницю в дієту функціонального харчування, люди можуть забезпечити отримання необхідних поживних речовин для підтримки свого благополуччя.

Далі трохи докладніше поговоримо про метаболізм. Пророщення починається з активації дихального апарату насіння, що ініціює низку біохімічних реакцій, спрямованих на забезпечення нової життєдіяльності. Вода, що абсорбується насінням, стимулює активність ферментів, зокрема амілаз, протеаз та ліпаз. Ці ферменти розщеплюють складні молекули крохмалю до глюкози, білків до амінокислот, а жирів до жирних кислот і гліцеролу. продукуються фітогормони та інші регуляторні молекули, що координують ріст та розвиток нових тканин. Така активація метаболічних шляхів не тільки забезпечує енергію для нового росту, але й утворює нові біологічно активні речовини, що можуть позитивно вплинути на здоров'я тварин, які споживають пророщену пшеницю, зокрема на їхню імунну реакцію, травлення та обмін речовин

Зміни в Хімічному Складі Пророщеної та Непророщеної Пшениці

Внаслідок процесу пророщення, у складі пшениці відбуваються значні зміни, які істотно змінюють її харчову цінність і корисні властивості. Пророщена пшениця має вищий вміст біологічно активних речовин, що позитивно впливають на метаболізм та загальне здоров'я організму. Зокрема, спостерігається зростання концентрації ключових амінокислот, вітамінів, мінералів та інших корисних компонентів, які суттєво збагачують її харчову цінність. Пророщена пшениця містить підвищену кількість білків, зокрема таких як гліцинін і глобулін, які є амінокислотами, що сприяють покращенню травлення і метаболізму у тварин, а також мають антиоксидантні властивості, що допомагають у боротьбі проти клітинного стресу.

Порівняльний аналіз амінокислотного складу

Дослідження показують, що пророщена пшениця не тільки має вищий вміст есенціальних амінокислот у порівнянні з непорощеною, але і змінює пропорційний склад цих амінокислот. Зокрема, вміст таких критично важливих для організму амінокислот як лізин, треонін і метіонін значно зростає. Ці амінокислоти є незамінними, оскільки вони не синтезуються в організмі і повинні надходити з їжею. Лізин, наприклад, важливий для утворення колагену і підтримки імунної функції, тоді як метіонін грає ключову роль у детоксикації та засвоєнні селену і цинку. Такі зміни роблять пророщену пшеницю надзвичайно корисною для синтезу білків та росту тканин, що має вирішальне значення для харчування тварин, особливо молодняку, який активно росте .

#### Вплив Пророщування на Вміст Вітамінів і Мінералів

Пророщена пшениця збагачена більшою кількістю вітамінів, особливо групи В, таких як фолієва кислота (вітамін В9), рибофлавін вітамін В2) та ніацин (вітамін В3). Ці вітаміни відіграють ключову роль у регулюванні метаболічних процесів, підтримці здоров'я (нервової і імунної систем, а також у синтезі ДНК). Також значно зростає вміст вітаміну С, відомого своїми антиоксидантними властивостями і здатністю підвищувати імунітет, а також сприяти засвоєнню заліза на рівні клітин. Що стосується мінералів, то під час пророщення збільшується концентрація таких життєво важливих мікроелементів як залізо, кальцій та магній, що сприяють підтримці кісткової системи, покращують роботу серцево-судинної системи і загальний обмін речовин.

#### Окислювально-відновні реакції під час пророщення

Процес пророщення активує багато антиоксидантних ферментів, таких як каталаз, супероксиддисмутаза та глутатіонпероксидаза. Ці клітини. Активізація таких ферментів під час пророщення є критично важливою для збереження біохімічної рівноваги та захисту клітин ферменти відіграють невід'ємну роль у нейтралізації вільних радикалів, які є причиною окислювального стресу і можуть пошкоджувати від негативного впливу

окислювача. Крім того, збільшення антиоксидантної активності допомагає покращити фізіологічний стан пророщеної пшениці, завдяки чому вона стає не тільки поживнішою, але й кориснішою для здоров'я тварин і людей.

Включення пророщеної пшениці в дієту функціонального харчування можна досягти різними методами, такими як: - Використання пророщеного пшеничного борошна в рецептах випічки - Додавання пророщених ягід пшениці в салати або супи - Насолода пророщеним пшеничним хлібом або макаронними виробами - Змішування пророщеної пшениці в смузі або шейки

Замінивши традиційні пшеничні продукти альтернативами пророщеної пшениці, люди можуть підвищити поживну цінність своїх страв, а також покращити засвоюваність і смак. Універсальність пророщеної пшениці робить її зручним і корисним вибором для людей, які прагнуть оптимізувати своє харчування та загальний стан здоров'я.

Чому пророщену пшеницю споживають саме на 4-ту добу

Так, саме на 3-4 добу активується робота таких важливих ферментів, як амілази і протеази, що сприяють розщепленню крохмалю на легко засвоювані прості вуглеводи. Цей процес перетворює поживні речовини зерна в більш доступну для організму форму, що забезпечує максимальне засвоєння корисних компонентів їжі. Крім цього, саме на даному етапі пророщування досягається піковий рівень вмісту вітамінів та антиоксидантів, що значно підвищує цінність продукції. Вживання пророщеної пшениці на 3-4 добу забезпечує організм не лише енергією, але й сприяє зменшенню стресу та втоми завдяки високому вмісту вітамінів групи В. Вітамін Е, у свою чергу, допомагає у захисті клітин від окислювального стресу, що є важливим чинником у профілактиці багатьох захворювань. Магній поліпшує функціонування серцево-судинної системи, а цинк є незамінним для підтримки здоров'я волосся, шкіри та нігтів.

Харчова цінність пророщеної пшениці.

Пророщена пшениця містить багатий комплекс вітамінів, мінералів та ферментів, що робить її незамінною в раціоні. Зокрема, вона є джерелом

вітамінів групи В, вітаміну Е, магнію, фосфору та цинку. Завдяки цьому, вживання пророщеної пшениці допомагає зміцнити імунітет, поліпшити обмін речовин та підвищити енергетичний рівень організму.

#### Біохімічні зміни під час пророщування на 3-4 добу

Під час пророщування насіння пшениці проходить через ряд біохімічних змін, які відбуваються найбільш інтенсивно на 3-4 добу. У цей період активується робота ферментів, які розкладають крохмаль на прості вуглеводи, що легко засвоюються організмом. Ферментація також сприяє розщепленню протеїнів на амінокислоти, збільшуючи їхню доступність для організму. Також підвищується рівень антиоксидантів, таких як вітамін С та токоферолі, що захищають клітини від окислювального стресу. Крім того, посилюється синтез важливих фітостеролів, які можуть допомагати в регуляції рівня холестерину. У сукупності ці біохімічні зміни значно покращують поживну цінність та біологічну активність пророщеної пшениці, сприяючи покращенню загального здоров'я.

#### Функціональні властивості пшениці на третю-четверту добу

На третю-четверту добу пророщена пшениця набуває максимальної функціональної активності. Вона підвищує рівень енергії, поліпшує травлення і зміцнює імунітет. Зростає кількість розчинних харчових волокон, які нормалізують роботу кишково-шлункового тракту та сприяють зростанню корисної мікрофлори. Покращується засвоєння макро- та мікроелементів, що позитивно впливає на загальний баланс нутрієнтів в організмі. Крім того, пророщена пшениця містить активні фітохімічні речовини, що сприяють детоксикації організму та запобігають розвитку хронічних захворювань. Екстракти з пророщеної пшениці можуть також допомагати у зниженні запальних процесів та поліпшенні функції серцево-судинної системи. Оптимальний час споживання пророщеної пшениці.

Пророщену пшеницю рекомендується вживати саме на 3-4 добу, оскільки в цей період вона містить найвищу кількість корисних речовин. Після чотирьох діб пророщування її харчова цінність починає знижуватись, оскільки

розпочинаються інші біохімічні реакції, які можуть зменшити біологічну активність продукту. Споживання пророщеної пшениці на піку її поживної цінності допомагає забезпечити організм важливими вітамінами, мінералами та ензимами, стимулюючи обмін речовин та підтримуючи енергетичний баланс. Кулінарно пророщена пшениця є універсальною та може додаватися до салатів, смузі, йогуртів або використовуватися як окремий суперфуд, збагачуючи ваш раціон корисними компонентами.

Нормальні показники пророщування на третю-четверту добу

Для того, щоб пророщена пшениця була максимально корисною на 3-4 добу, слід дотримуватися кількох важливих умов. Пророщування повинно здійснюватися при температурі 20-25 градусів Цельсія, оскільки саме в цьому діапазоні температур активізуються ферменти, які сприяють розщепленню зерна та вивільненню поживних речовин. Крім того, важливо забезпечити добрий доступ повітря і достатню кількість вологи. Періодичне промивання проростків допомагає уникнути розвитку плісняви та інших патогенних мікроорганізмів, що могли б знизити якість кінцевого продукту.

Середній розмір проростків повинен становити 1-2 см саме в цей період вони мають найбільшу харчову цінність, оскільки містять оптимальну кількість вітамінів, мінералів та інших біоактивних компонентів. Важливо зазначити, що в цей час концентруються такі корисні речовини, як вітамін Е, групи В та антиоксиданти, які сприяють загальному зміцненню організму та підвищенню імунітету. Збалансований склад проростків робить їх незамінним елементом раціону для людей різного віку, особливо для тих, хто прагне вести здоровий спосіб життя.

На завершення, оптимальне пророщування пшениці на 3-4 добу дає змогу отримати продукт з високим вмістом поживних речовин і функціональних компонентів. Природні біохімічні процеси, що відбуваються у цей період, роблять її особливо корисною та легко засвоюваною. У цей час ферментативна активність досягає свого піку, що сприяє не тільки покращенню смакових якостей пророщеної пшениці, але й підвищенню її

користі для організму. Дотримання рекомендацій щодо умов пророщування гарантує досягнення максимального ефекту від вживання цього цінного харчового продукту, який може стати невід'ємною частиною здорового харчування.

### 1.3 Актуальні проблеми під час пророщування

Однією з проблем яка виникає при пророщенні пшениці є її контамінація, це мало важливо при звичайному вирощуванні, але при отриманні проростків це стає великою проблемою, тому важливим етапом вирощення пшениці є її попередня обробка.

Мікроорганізми та їх спори можуть знаходитись як на поверхні, так і всередині пшениці, тому спочатку пропонуємо ознайомитись з конкретними прикладами контамінації, а далі і з популярними способами вирішення цього питання.

#### Мікроорганізми на Поверхні Пшениці: Бактеріальна Контамінація

Поверхня пшениці є сприятливим середовищем для розвитку різних бактеріальних мікроорганізмів завдяки її контакту з ґрунтом, водою та іншими елементами навколишнього середовища під час росту та обробки. До основних видів бактерій, що можуть бути виявлені на поверхні зерен, належать *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* та *Pseudomonas spp.* *Bacillus cereus* відомі своїми споровими формами, що дозволяє їм пристосовуватися до несприятливих умов та виживати під час зберігання зерна. *Escherichia coli*, особливо патогенні штами, можуть спричиняти важкі харчові отруєння, а *Pseudomonas spp.* часто пов'язуються з псуванням харчових продуктів через їх здатність продукувати ферменти та токсини. Таким чином, контроль за бактеріальною контамінацією пшениці є необхідною складовою для забезпечення безпеки харчових продуктів.

#### Мікроорганізми на Поверхні Пшениці: Грибкова Контамінація

Грибкова контамінація поверхні пшениці включає такі види грибків, як *Aspergillus*, *Penicillium* та *Fusarium*. Ці грибки можуть розвиватися як на полі, так і під час зберігання зерна, особливо за умов високої вологості. Вони здатні

продукувати мікотоксини, що є небезпечними для здоров'я людини та тварин. Наприклад, види *Fusarium spp.* відомі продукуванням токсичних речовин, таких як зеараленон та фумонізини, які можуть призводити до серйозних отруєнь та довготривалих захворювань, включаючи рак та фертильні порушення. *Aspergillus* може продукувати афлатоксини, котрі є одними з найпотужніших відомих природних канцерогенів. Велике значення має моніторинг та вчасне виявлення грибкової контамінації пшениці, що сприяє зниженню ризиків забруднення продуктів харчування мікотоксинами.

Мікроорганізми всередині зерен: бактеріальні види.

Усередині зерен пшениці також можуть бути присутніми різні бактеріальні види, зокрема *Lactobacillus*, *Micrococcus* і *Enterococcus*. Хоча деякі з цих бактерій можуть бути корисними для здоров'я людини (наприклад, *Lactobacillus* як пробіотик, який сприяє покращенню травлення та зміцненню мікрофлори кишківника), інші можуть викликати харчові отруєння або зниження якості продуктів. Зростання патогенних бактерій, таких як *Enterococcus*, може призводити до токсикоінфекцій, що загрожують здоров'ю споживачів. Деякі бактеріальні види також можуть спричиняти псування зерна під час зберігання, що ускладнює процеси обробки і зберігання пшениці, підвищуючи ризики втрат і економічних збитків.

Мікроорганізми всередині зерен: грибкові види

Внутрішню структуру пшениці можуть заражати грибкові мікроорганізми, такі як *Alternaria spp.* та *Cladosporium spp.* Ці грибки можуть проникати у внутрішні тканини зерен і залишатися непомітними протягом тривалого часу. Вони здатні продукувати міцеліальні мати та токсини навіть під час зберігання у, здавалося б, сприятливих умовах. Це ускладнює боротьбу з контамінацією і вимагає застосування спеціальних методів виявлення і контролю, включаючи молекулярно-генетичні дослідження та високотехнологічні системи моніторингу. Грибкова контамінація особливо небезпечна, оскільки може призводити до розвитку микотоксикозів у тварин та людей, споживаючих забруднені продукти.

## 1.4 Обробка та вирощування

### Методи обробки пшениці для функціонального харчування

Обробка пшениці для функціонального харчування включає різні технологічні процеси, спрямовані на збереження та покращення поживних властивостей зерна. До основних методів обробки належать зміцнення оболонки зерна, ферментація, а також термічна й ензиматична обробка. Кожен із цих методів дозволяє зберігати важливі мікроелементи, підвищувати біодоступність вітамінів і мінералів, що містяться в пшениці, а також вносити нові корисні властивості. Наприклад, ферментація збільшує вміст пробіотиків та антиоксидантів, що можуть сприяти покращенню мікрофлори кишківника та захищати організм від оксидативного стресу. Термічна обробка може зменшити вміст антинутрієнтів, таких як фітинова кислота, покращуючи засвоюваність цинку та заліза. Ензиматична обробка, у свою чергу, сприяє розщепленню складних вуглеводів, що полегшує їхнє травлення. Ці технологічні інтервенції забезпечують більш комплексний і збалансований підхід до функціонального харчування, дозволяючи створювати продукти з поліпшеними поживними властивостями та оздоровчими ефектами.

### Попереднє оброблення зерна

Перед процесом пророщування важливо здійснити попереднє оброблення зерна для запобігання контомінації, яка може виникнути через наявність сторонніх речовин і мікроорганізмів. Це включає ретельне очищення зерна від домішок, таких як пил, залишки іншого насіння, і частки ґрунту, що можуть зашкодити якості пророщеної пшениці. Додатково, промивання зерна у чистій воді допомагає видалити поверхневі забруднення. Це часто виконується кілька разів, аби забезпечити максимально чистий продукт. Дезінфекція спеціальними соціальними розчинами, наприклад, слабким розчином перекису водню або оцтової кислоти, забезпечує знезараження зерна, запобігаючи розвитку патогенних мікроорганізмів під час пророщування. Виконуючи ці процедури, ми не тільки зменшуємо ризик розвитку небезпечних бактерій, але забезпечуємо безпеку кінцевого продукту

для споживання. Попереднє оброблення також допомагає створити оптимальні умови для пророщування, що сприяє одержанню продукту високої якості з високим рівнем поживних речовин.

#### Технології пророщування пшениці

Пророщування пшениці є одним із найефективніших методів підвищення її поживної цінності з мінімальними технологічними зусиллями. Процес пророщування розпочинається із замочування зерна у чистій воді на період від 6 до 12 годин, що стимулює пробудження зерна і активує процес проростання. Після замочування зерно розташовують на піддонах або в спеціальних контейнерах у добре провітрюваному, але вологому середовищі. Щоб запобігти появі плісняві, важливо підтримувати оптимальну вологість і температуру, та періодично промивати зерно. У сприятливих умовах, вже через 2-3 дні з'являються перші паростки, що свідчить про успішну ферментацію. Після досягнення бажаної довжини паростків, пророщену пшеницю можна сушити при низьких температурах для збереження біоактивних речовин і потім подрібнювати у вигляді порошку або використовувати як додаток до різних харчових продуктів. Пророщування дозволяє значно збільшити вміст важливих біоактивних речовин, таких як антиоксиданти, вітаміни С і Е, а також фолієва кислота, які відіграють вирішальну роль у підтриманні здоров'я організму .

#### Поживні властивості пророщеної пшениці

Пророщена пшениця є справжнім джерелом поживних речовин, які потрібні для підтримки здоров'я нашого організму. Вона містить високий вміст білків, амінокислот, клітковини та важливих мікроелементів, таких як залізо, магній і цинк. Клітковина, що міститься в пророщеній пшениці, сприяє поліпшенню травлення і підтримці здорової флори кишківника. Важливо зазначити, що процес пророщування не лише збагачує зерно додатковими поживними елементами, але й покращує засвоюваність цих елементів організмом. Завдяки активації ферментів під час проростання, значно підвищується біодоступність вітамінів та мінералів, зокрема заліза і цинку,

порівняно з необробленим зерном. Наукові дослідження показують, що регулярне споживання пророщеної пшениці може підтримувати здоров'я серцево-судинної системи, зміцнювати кісткову тканину та покращувати загальний метаболізм. Також вона має низький глікемічний індекс, що робить її корисною для людей із цукровим діабетом. Таким чином, пророщена пшениця є не лише вигідним джерелом важливих поживних речовин, але й відмінним вибором для здорового харчування.

### **1.5 Вплив на організм та застосування**

Корисні впливи пророщеної пшениці на здоров'я

Завдяки високому вмісту антиоксидантів, ферментів та інших біоактивних речовин, пророщена пшениця має численні корисні впливи на здоров'я людини. Вживання пророщеної пшениці сприяє зміцненню імунної системи, поліпшенню обміну речовин, зниженню рівня холестерину та підтримці серцево-судинної системи. Крім того, природні ензими, що утворюються під час пророщування, активують процеси детоксикації та омолодження організму. Клітковина у складі пророщеної пшениці покращує функцію травної системи, сприяючи нормалізації роботи кишечника, і таким чином допомагає запобігати запорам та знижувати ризик розвитку хвороби товстого кишечника.

Промислові застосування пророщеної пшениці

Пророщена пшениця знаходить широке застосування в харчовій промисловості, оскільки вона є не тільки поживною, але й багатофункціональною. Вона використовується як добавка до хлібобулочних виробів, каш, енергетичних батончиків, йогуртів та інших функціональних продуктів, що збагачують їх вітамінами та мінералами. Завдяки своїм поживним властивостям і корисним для здоров'я якостям, пророщена пшениця стає популярним інгредієнтом у продуктах, спрямованих на здорове харчування, включаючи дієтичні та безглютенові продукти. Завдяки своїй

унікальній текстурі та смаку, вона також використовується у виробництві вегетаріанських та веганських замінників м'яса .

### Новітні досягнення в обробці та пророщенні

Сучасні дослідження постійно вдосконалюють методи обробки та пророщення пшениці, що значно підвищує її корисність для здоров'я. Зокрема, використовуються новітні технології для оптимізації процесу пророщення, збереження поживних речовин і підвищення біодоступності корисних елементів, таких як ультразвукова обробка та застосування біоактивних добавок для стимуляції росту. Також активно впроваджуються біотехнологічні розробки, що дозволяють створювати функціональні продукти з підвищеними корисними властивостями, як-от спеціальні сорти пророщеної пшениці, багаті на певні вітаміни або мінерали. Ці інновації відкривають нові перспективи для використання пророщеної пшениці у різних галузях харчової промисловості, роблячи її незамінним компонентом здорового раціону. Таким чином, обробка і пророщення пшениці відкривають широкі можливості для створення функціональних харчових продуктів з високими поживними властивостями. Завдяки інноваційним підходам, вдається не тільки зберегти всі корисні речовини в зерні, але й значно підвищити їхню біодоступність для організму. Ці методи дозволяють підвищити цінність пшениці, зробивши її важливим інгредієнтом не тільки в традиційних виробах, таких як хліб і каші, але й у новітніх харчових продуктах, включаючи енергетичні батончики, безглютенові варіанти та суперфуди. Більше того, науково-дослідні роботи в цій сфері забезпечують постійний розвиток технологій, які покращують наше розуміння процесів пророщення і обробки, відкриваючи нові перспективи для оптимального використання цього давнього і цінних злаків в повсякденному раціоні людини. Ця безперервна інноваційна діяльність сприяє також більш екологічно стійкому виробництву, підхід до якого враховує зменшення відходів і більш ефективне використання ресурсів, що, в свою чергу, підтримує стале майбутнє сільського господарства.

## 1.6 Можливі варіанти обробки, їх вплив на зерно та контамінацію

### Екзометаболіти

Також досить важливим є те, що під час пророщення виділяються екзометаболіти, котрі мають позитивний вплив на розвиток рослини, а також допомагають боротися з контамінацією.

### Хімічний склад екзометаболітів під час пророщення пшениці

Екзометаболіти, які виділяються під час пророщення пшениці, складаються з широкого спектра хімічних речовин, включаючи органічні кислоти, фенольні сполуки, амінокислоти та цукри. Ці біомолекули виконують різноманітні функції, зокрема регуляцію гормонального балансу, активацію захисних механізмів проти патогенів та адаптацію до стресових факторів, таких як засуха чи засолення ґрунту. Дослідження показують, що саме ці сполуки можуть значно впливати на процес пророщування та подальший розвиток рослини, а також створювати сприятливе середовище для корисних мікроорганізмів у ґрунті. Вони також можуть діяти як сигнальні молекули, що координують зв'язки між рослинами та мікробіомом, сприяючи формуванню здорових та продуктивних агроєкосистем. Дослідження хімічного складу екзометаболітів дозволяють не лише оптимізувати агротехнічні заходи, але й розробити біостимулятори нового покоління, що покращують здоров'я ґрунту та підвищують стійкість рослин до екологічних викликів.

### Вплив екзометаболітів на ріст і розвиток пшениці

Екзометаболіти відіграють важливу роль у стимуляції пророщення та росту пшениці. Вони сприяють активації ферментів, що беруть участь у метаболічних процесах, котрі забезпечують засвоєння поживних речовин і синтез життєво необхідних білків. Деякі екзометаболіти мають гормоноподібну активність, що допомагає регулювати не лише ріст, але й спосіб розподілу ресурсів на різних стадіях розвитку рослини. Ці біоактивні речовини знижують енергетичний стрес, оптимізуючи процеси, такі як дихання та фотосинтез. Наукові дослідження підтверджують, що застосування екзометаболітів під час пророщування може значно підвищити врожайність

пшениці, оскільки вони також модулюють імунну відповідь рослин, що сприяє їх стійкості до хвороби та шкідників.

#### Взаємодія екзометаболітів пшениці з мікроорганізмами

Екзометаболіти також мають значний вплив на мікробіоту ґрунту. Вони можуть як стимулювати ріст корисних мікроорганізмів, таких як бактерії, що фіксують азот, так і пригнічувати патогенні мікроорганізми, що знижує ризик ураження рослин хворобами. Це забезпечує певний баланс у ґрунтовій екосистемі, що сприяє здоров'ю рослин. Наприклад, дослідження показали, що певні види екзометаболітів можуть стимулювати ріст азотфіксуючих бактерій, які не тільки збагачують ґрунт азотом, але й створюють симбіотичні відносини з корінням пшениці, забезпечуючи їм додаткові поживні речовини і зміцнюючи кореневу систему. Цей взаємозв'язок між рослиною і мікроорганізмами відкриває нові горизонти для екологічно збалансованого землеробства.

#### Інші методи боротьби з контамінацією

Крім зазначених вище методів боротьби з контамінацією, є також інші, які виходять із особливостей контамінуючих організмів та їх слабкостей до деяких хімічних або фізичних факторів, крім того ці варіанти задовольняють вимоги для обробки продуктів функціонального харчування. Такими методами є використання органічних кислот, наприклад хлорогенової, та випромінювання здебільшого УФ, але останні роки науковці більше уваги стали приділяти і випромінюванню в синьому спектрі у діапазонах 405, 450 та 470 нм.

#### Хімічна структура хлорогенової кислоти

Хлорогенова кислота (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>O<sub>9</sub>) є потужною поліфенольною сполукою, яка зустрічається у багатьох рослинах, включаючи каву, яблука, зелені овочі та навіть деякі ліки. Її молекула складається з кофеїнової кислоти та хінної кислоти, з'єднаних через етерний зв'язок. Ця складна молекулярна структура забезпечує хлорогеновій кислоті і унікальні властивості, включаючи потужну антиоксидантну дію, що захищає клітини від

окислювального стресу, а також виражену антимікробну активність. Завдяки своїм комплексним властивостям, хлорогенова кислота все частіше знаходить застосування у медицині, косметології та харчовій промисловості, де вона служить важливим компонентом для збереження продуктів та профілактики захворювань.

#### Фунгіцидні властивості хлорогенової кислоти

Хлорогенова кислота виявляє виражену фунгіцидну активність, яка зумовлює її широке застосування у різних галузях. Вона ефективно пригнічує ріст багатьох видів грибів, включаючи не лише патогенні мікроорганізми, що викликають захворювання рослин, але також і ті, що є відповідальними за інфекції у людей. Ці її властивості роблять хлорогенову кислоту надзвичайно цінною у боротьбі з грибковими інфекціями. Дослідження показують, що хлорогенова кислота знижує життєздатність грибів, значно скорочуючи їх здатність до відтворення та поширення. Її можна знайти в продуктах харчування, біологічно активних добавках та навіть в засобах косметології й дерматології, де вона використовується для профілактики і лікування грибкових інфекцій.

#### Механізм дії хлорогенової кислоти на гриби

Основний механізм дії хлорогенової кислоти полягає у руйнуванні клітинних стінок грибів. Це досягається через окислювальні процеси і вимушену реакцію шокових білків, які внаслідок своєї активності викликають порушення цілісності мембран, що в свою чергу призводить до загибелі грибів. Крім того, хлорогенова кислота серйозно впливає на метаболічні шляхи та генетичну експресію грибів, зокрема шляхом порушення функціонування ферментів, які є критичними для їх виживання. Це глибоке і багатофакторне впливання ускладнює адаптацію грибів до хлорогенової кислоти, знижуючи їхні шанси на виживання і відтворення. Її вплив простежується на молекулярному рівні, де вона знижує синтез життєво важливих білків, що ще більше ускладнює можливості грибів адаптуватися та виживати в несприятливих умовах.

## Вплив ультрафіолетового випромінювання на мікроорганізми

Ультрафіолетове випромінювання (УФ) є одним з найефективніших засобів для дезінфекції, адже його довжина хвилі ефективно вбиває мікроорганізми, пошкоджуючи їх ДНК. Цей процес є надзвичайно корисним у багатьох сферах застосування. Наприклад, УФ-випромінювання руйнує генетичний матеріал мікробів, що унеможлиблює процеси відновлення і розмноження клітин, відповідно тут практично виключено розвиток стійкості до такого способу дезінфекції. Різні дослідження підтвердили ефективність УФ у багатьох сферах, від очищення води, де він запобігає поширенню водних патогенів, до стерилізації медичних інструментів, що є критично важливим для запобігання внутрішньолікарняним інфекціям. Але варто зазначити також вплив на навколишнє середовище, з яким потрібно рахуватися, щоб попереджати негативні наслідки його використання на широкий спектр живих організмів.

## Вплив синього спектру випромінювання на мікроорганізми.

Синє випромінювання, зокрема з довжиною хвилі приблизно 405 нм, також демонструє значну антимікробну активність, яка є порівнянною з ультрафіолетовим випромінюванням у багатьох аспектах. Основний механізм дії цього спектру випромінювання пов'язаний із викликанням фотохімічних ушкоджень, які порушують структуру ДНК мікроорганізмів. Важливо відзначити, що окислювальні процеси при використанні синього світла відбуваються на дещо нижчому рівні, ніж при УФ випромінюванні, що мінімізує ризики пошкодження клітин організмів вищого порядку. Це дозволяє застосовувати синє світло в присутності людей і живих істот, знижуючи до мінімуму потенційні побічні ефекти. Практика використання синього випромінювання зростає в медичних установах та громадських місцях, де існує необхідність у безпечній та ефективній стерилізації, забезпечуючи додатковий рівень захисту проти небезпечних патогенів.

## 1.7 Рентабельність та інші переваги

Пророщена пшениця вважається більш рентабельною завдяки її вищій харчовій цінності та великому попиту на ринку функціональних продуктів харчування. Витрати на пророщування, які включають додаткову обробку та контроль за умовами пророщування, виправдовуються значним підвищенням продажної ціни цього продукту. Дослідження показали, що середня прибутковість пророщеної пшениці може бути в 1,5-2 рази вищою порівняно з традиційною пшеницею. Крім того, пророщена пшениця може скорочувати витрати на корм для тварин завдяки покращеній засвоюваності та підвищенню продуктивності молочного та м'ясного тваринництва. Це відкриває нові можливості для малих фермерських господарств та великих аграрних комплексів, що прагнуть до сталого розвитку та екологічно чистого виробництва. З урахуванням тенденцій на ринку та підвищеної уваги до здорового харчування, ці фактори роблять пророщену пшеницю привабливим вибором для інвестицій в аграрному секторі

### Харчова Цінність Пророщеної Пшениці

Аналіз показує, що пророщена пшениця перевершує традиційну за вмістом основних поживних речовин. Окрім вищого вмісту вітамінів групи В, пророщена пшениця містить більше клітковини, що сприяє нормалізації роботи кишечника та попередженню захворювань шлунково-кишкового тракту. Варто також зазначити, що пророщена пшениця демонструє підвищений рівень ферментів, таких як амілаза та протеаза, які розщеплюють вуглеводи та білки, що сприяє кращому засвоєнню їжі. Наприклад, рівень вітаміну В1 у пророщеній пшениці може бути на 30-50% вищим, ніж у звичайній пшениці, що позитивно впливає на енергетичний обмін та функції мозку. Підвищення рівня ферментів також допомагає зменшити чутливість до глютену, що корисно для людей з непереносимістю цієї речовини.

### Вплив Споживання на Ріст Тварин

Дослідження впливу пророщеної та звичайної пшениці на ріст тварин показали суттєві відмінності в динаміці їх розвитку. Спостереження за

групами тварин, які харчувалися пророщеною пшеницею, показали загальний прискорений ріст, підвищену масу та поліпшення загального стану здоров'я. Це обумовлено кращою засвоюваністю корму та вищим вмістом поживних речовин у пророщеній пшениці. Крім цього, виявлено, що пророщена пшениця покращує стан шкіри і шерсті тварин, що є показником їхнього загального здоров'я. Переваги включають зростання витривалості та покращення репродуктивної функції, що може бути важливим фактором для господарств, які займаються розведенням тварин. Підвищена засвоюваність поживних речовин у пророщеній пшениці сприяє більш ефективному використанню корму, що дозволяє зменшити витрати на годування та покращити економічну ефективність господарства.

Використання пророщеної пшениці як функціонального продукту відкриває нові можливості для підвищення економічної ефективності у сільському господарстві. Вона забезпечує вищу рентабельність порівняно зі звичайною пшеницею, збільшує харчову цінність раціону та покращує ріст і розвиток тварин. Значно покращуються основні показники здоров'я, такі як імунітет та резистентність до хвороб, що, у свою чергу, знижує витрати на медичне обслуговування та ветеринарні послуги. Важливо, що пророщена пшениця також сприяє поліпшенню якості продукції молоком, м'ясом та іншими кінцевими продуктами тваринництва продукту. Впровадження інноваційних технологій і пошук нових методів використання пророщеної пшениці можуть сприяти значному підвищенню її популярності серед аграріїв. Це, у свою чергу, може відкрити нові економічні перспективи для великих сільськогосподарських підприємств та малих фермерських господарств,

Подальші дослідження можуть зосередитися на оптимізації процесів пророщування і зберігання, аби максимально зберегти всі корисні властивості цього цінного допомагаючи їм залишатися конкурентоздатними на ринку та сприяючи стійкому розвитку агроіндустрії. Таким чином, пророщена пшениця стає ключовим елементом створенні більш інноваційного, здоровішого та продуктивнішого сільського господарства.

## **1.8 Перспективи розвитку функціонального харчування**

Перспективи розвитку функціонального харчування в Україні закладають основу не тільки для задоволення таких важливих аспектів, як здорове харчування та активний спосіб життя, але й для підвищення економічного рівня країни в цілому. Важливо відзначити, що функціональні продукти харчування стали не лише елементом оздоровлення, але й геополітичним чинником, що стимулює внутрішній ринок.

### **Перспективи Розвитку Функціонального Харчування в Україні**

В останні роки функціональне харчування набирає великої популярності в Україні. Це обумовлено зростаючою обізнаністю населення про важливість здорового харчування та збільшенням кількості захворювань, пов'язаних з незбалансованим харчуванням. Попит на функціональні продукти харчування стимулює місцевих виробників до розширення асортименту продукції та впровадження нових технологій у виробництві. Водночас, держава також грає важливу роль, підтримуючи галузь через різні програми субсидій, гранти на інноваційні проекти та розвиток інфраструктури. Серед перспективних напрямків розвитку можна виділити створення нових видів функціональних продуктів, які враховують національні особливості харчування, розвиток біоактивних добавок, та інтеграцію в глобальні ланцюги постачання, що дозволить українським виробникам посилити свої позиції на міжнародному ринку.

### **Аналіз Ринку Функціонального Харчування в Світі**

Світовий ринок функціонального харчування демонструє стабільний ріст, і цей тренд зберігається вже декілька років поспіль. За даними міжнародних досліджень, обсяг ринку функціональних продуктів харчування на глобальному рівні перевищує 200 мільярдів доларів і передбачається його подальше зростання. Високі темпи урбанізації та змінюючи споживацькі звички, включаючи зростання свідомості про здоровий спосіб життя, сприяють постійному попиту на ці продукти. Особливо популярними є продукти, збагачені вітамінами, мінералами та пробіотиками, які обіцяють

покращення здоров'я організму, підвищення імунітету та підтримку загального благополуччя. У різних регіонах світу спостерігаються свої унікальні тренди, які також впливають на ринок, наприклад, в Азії популярними є продукти з натуральними рослинними екстрактами, а в Америці з високим вмістом антиоксидантів.

#### Економічні Показники Галузі в Україні (Останнє Десятиліття

За останнє десятиліття економічні показники галузі функціонального харчування в Україні свідчать про помітний ріст. Продажі функціональних продуктів продовольчими мережами зросли на 40%, тоді як виробництво таких продуктів збільшилося на 30%. Цей ріст підтримується збільшенням зацікавленості споживачів у здорових продуктах та активною участю підприємців у розвитку нових варіантів харчування. Проте, галузь все ще стикається з викликами, такими як недоліки інфраструктури і складність у доступі до сучасних технологій. Крім того, вагомим бар'єром залишається недостатня підтримка з боку держави та обмежений доступ до фінансування для нових проектів. Незважаючи на ці труднощі, українські виробники прагнуть інтегрувати інноваційні рішення для покращення якості продукції та виведення її на міжнародний ринок.

#### Основні Чинники, Що Впливають на Розвиток Функціонального Харчування.

Розвиток функціонального харчування визначається комплексом факторів. До них належать збільшення попиту на здорові продукти, законодавча база, що сприяє інноваціям у виробництві харчових продуктів, а також зростаючий інтерес інвесторів та підприємців до галузі. Крім того, тісна співпраця з науковими установами для розробки нових продуктів є ключовим фактором успіху. Важливу роль також грають освітні кампанії, спрямовані на підвищення обізнаності споживачів про переваги функціональних продуктів харчування та поліпшення їхнього розуміння, як ці продукти можуть позитивно впливати на здоров'я. До цього додається глобальний тренд до використання екологічно чистих і органічних інгредієнтів, що забезпечує

сталий розвиток галузі та відповідає зростаючим очікуванням сучасних споживачів.

### Порівняння з Європейським Ринком

І Європейський ринок функціонального харчування значно більш розвинений у порівнянні з українським, що обумовлено значними інвестиціями країн Західної Європи дослідження і розвиток цієї галузі. Такі держави, як Німеччина, Франція та Нідерланди вже давно зрозуміли перспективи функціональних продуктів і активно у підтримують вчених, підприємців та стартапи. Це дозволяє їм бути на передовій інноваційного виробництва здорової їжі, пропонуючи споживачам унікальні продукти, збагачені вітамінами та мінералами, що позитивно впливають на якість життя. Проте, Україна має великий потенціал для наслідування цих тенденцій і впровадження європейських практик Багато українських підприємств також починають інтеграцію сучасних технологій та стандартів, створюючи передумови для розвитку галузі на внутрішньому ринку та підвищення конкурентоспроможності на міжнародній арені.

### Інновації в сфері функціональних продуктів.

Інновації в галузі функціонального харчування привертають увагу як науковців, так і виробників, адже вони відкривають нові можливості для задоволення зростаючих потреб сучасних споживачів. Новітні дослідження направлені на створення продуктів, що не тільки задовольняють базові харчові потреби, але й мають додаткові функції, такі як поліпшення травлення, підвищення імунітету, підтримка серцево-судинної здоров'я та навіть покращення ментального стану. Використання бактерій-пробіотиків, виробництво їжі з низьким вмістом цукру та жиру, розробка рослинних білків і навіть інновації в упаковці продуктів стали основними напрямками сучасних розробок. Крім того, зростає інтерес до досліджень впливу харчування на гени та вивчення індивідуальних потреб організму, що дозволяє створювати персоналізовані дієти. Такі інновації не тільки покращують якість життя

споживачів, але й відображають глобальну тенденцію до здорового способу життя.

#### Перспективи зростання в найближчі 10 років

Перспективи зростання ринку функціонального харчування в Україні є позитивними. Дослідження прогнозують, що в найближчі 10 років ринок зросте на 50%, що обумовлено зростаючим інтересом до здорового способу життя і підвищеним попитом на функціональні продукти харчування. Підтримка з боку держави, інвестиції в наукові дослідження та співпраця з міжнародними організаціями можуть стати ключовими чинниками для прискорення цього зростання. Останнім часом суттєво зросли інвестиції в розвиток наукових центрів і лабораторій, що займаються вивченням та розробкою нових видів функціональних продуктів. Зусилля українських вчених і технологів спрямовані на покращення якості продукції та створення нових рецептур, що включають пробіотики, пребіотики і суперфуди. Крім того, співпраця з міжнародними науковими установами забезпечує доступ до передових технологій і методології, що дозволяє Україні залишатися конкурентоспроможною на глобальному ринку. Таким чином, функціональне харчування в Україні має значні перспективи розвитку. Аналіз ринку світових трендів, власних економічних показників, а також впровадження інноваційних технологій дозволить українській галузі стати важливим гравцем на світовій арені здорового харчування. Важливу роль також відіграє підвищення рівня освіченості споживачів, які все більше усвідомлюють користь від вживання функціональних харчових продуктів і готові інвестувати в своє здоров'я, обираючи продукти, що сприяють довголіттю та високій якості життя.

## **Розділ 2 МЕТОДИКИ ТА ОБ'ЄКТИ**

Для проведення практичної частини дипломного проєкту було обрано і адаптовано різні методики проведення експериментів на основі розглянутих матеріалів з розділу “Огляд літератури”.

### **2.1 Лабораторне обладнання.**

Під час проведення практичної частини було використано: Чашки Петрі (скляні) – для вирощування різних зразків пшениці під час серій експериментів. Модифіковані харчові контейнери об'ємом 0,5 л – використовувалися як аналог чашки Петрі при більшій кількості зерна. Пінцет використовувався під час посадки та вимірювання довжини корінців і проростків для переміщення та фіксації. Пластикова лінійка (метрична, прозора) використовувалась для вимірювання довжини корінців та проростків. Штатив для утримання і стабілізації камери. Камера (телефонна) для фото та відео фіксації даних. Папір фільтрувальний, тканина використовувались у якості основи і водоносного шару під час пророщування пшениці.

### **2.2 Кількість зерна**

Кількість зерна взятого для різних експериментів варіювалася від 25 штук у першому експерименті до декількох десятків грам у останніх. Такий вибір зумовлено зміною пріоритетів від аналізу з точними вихідними даними по кількості, до аналізу статистичних даних більш наближених до виробничих реалій.

### **2.3 Методики посадки та вирощування**

Контроль перед посадкою поміщається в ємність з дистильованою водою на 30-40 хв для насичення вологою та запуску первинних процесів пророщування та метаболізму. Після чого виймається, щільно укладається на чашку Петрі з водоносною основою (фільтрувальний папір/тканина) і зволожується, щоб мати запас води для майбутніх метаболічних процесів. Далі

протягом тижня крім оцінки стану, та вимірювання довжини, оцінюється рівень зволоженості та за необхідності додається дистильована вода, для уникнення пересихання проростків.

Розведення хімічних реактивів проводиться за правилом хреста. Розведення потребують хлорогенова кислота та етиловий спирт.

Зерно оброблене хлорогеновою кислотою. Зерно поміщається в хлорогенову кислоту на 30-40 хв аналогічно до контролю (кислота має повністю покривати зерно). Після зазначеного часу зерно виймається і промивається дистильованою водою 3 рази і поміщається у чашку Петрі з водоносною основою та зволожується. Далі протягом тижня оцінюється стан, вимірюється довжина та за необхідності зволожується дистильованою водою.

Зерно оброблене спиртом. Зерно повністю поміщається в етиловий спирт концентрацією 70% на 1-2 хвилини, при цьому ємність збовтується. По завершенню відведеного часу зерно виймається та промивається дистильованою водою 3 рази. Цикл спирт-промивка повторюється 3 рази, по завершенню 3-го циклу зерно виймається, поміщається у Петрі з водоносною основою та зволожується. Далі протягом тижня оцінюється стан, вимірюється довжина та за необхідності зволожується дистильованою водою.

Зерно з наночастками міді. Зерно обробляється подібно до контролю. У якості основи на чашку Петрі поміщалася тканина з наночастками міді, у якості водоносного шару виступає марлева тканина, так як шар міді на початку не поглинає воду. Далі протягом тижня оцінюється стан, вимірюється довжина, також з дна береться вода, насичена наночастками міді і нею повторно обробляється зерно, в кінці дня за необхідності зволожується дистильованою водою.

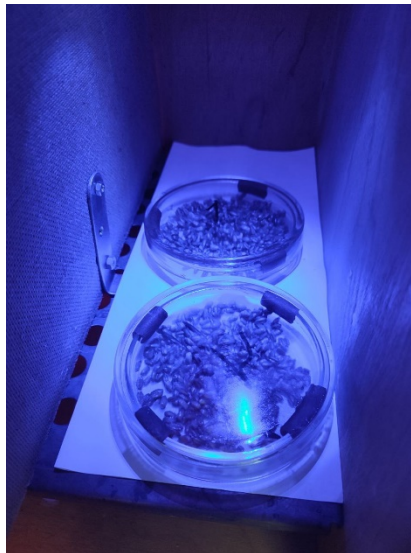


Рис 2.1 бокс з синім світлодіодом

Експерименти зі світлом 470 нм. Методика посадки аналогічна до контролю. Було проведено 2 експерименти, у першому зерно оброблялось синім світлом 1 годину кожну добу і перші дві доби (різні зразки) у іншому 8 годин кожну добу. У випадку обробки 1 годину зерна перемішувались кожні 15 хвилин за допомогою стерильного пінцета для рівномірного впливу світла на все зерно. У випадку з обробкою 8 годин зерно не перемішувалось. Чашки Петрі поміщаються у бокс з світлодіодом, що випромінює світло у синьому спектрі з довжиною 470 нм (рис 2.1)

Експерименти з екзометаболітами передпосадкова обробка аналогічна до контролю. На другу добу зерно обробляється змивами екзометаболітів з коренів пшениці, що отримуються в той же день з іншої партії пшениці і після зберігаються в холодному місці. Змиви екзометаболітів використовуються замість дистильованої води для зволоження.

## 2.4 Вимірювання

Вимірювання проводиться починаючи з 3 доби після посадки для корінців та 4-5 для проростків. Вимірювання проводяться за допомогою метричної лінійки, зерно обережно береться пінцетом, щоб не пошкодити

корінець і проросток. Дані фіксуються на камеру, обробляються, вносяться до таблиці Excel та впорядковуються. (Рис 2.2, 2.3)

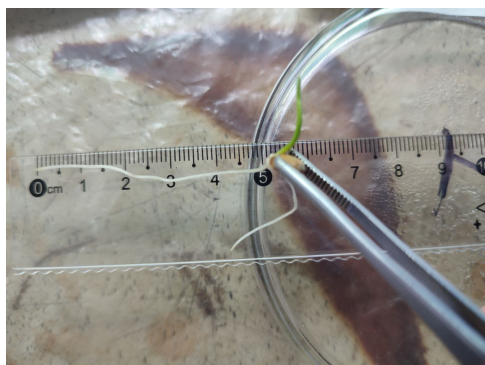


Рис 2.2 вимірювання корінця

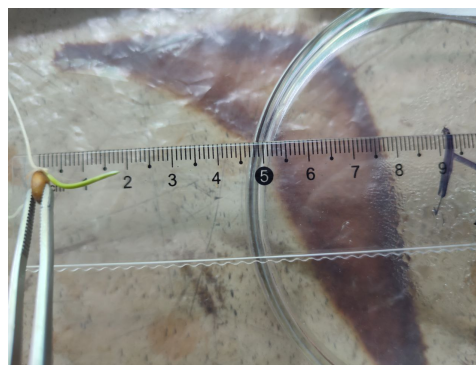


Рис 2.3 вимірювання проростка

## 2.5 Миття лабораторного посуду

Лабораторний посуд миється до використання, за потреби та після використання. Для миття використовується мильний розчин або порошок лабораторний посуд замочується в розчині час замочування залежить від розміру посуду та його забрудненості, після замочування посуд миється під проточною водою. Після чого 3 рази промивається дистильованою водою. Після миття посуд висихає.

## 2.6 Отримання змивів екзометаболітів

Змиви екзометаболітів отримуються з уже пророщеної пшениці шляхом промивки і подальшого фільтрування через фільтрувальний папір.

## 2.7 Об'єкт дослідження

Об'єктом обрано пшеницю (рід *Triticum*) українських озимих сортів, причини описані у розділі 1.

### **Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

У рамках дипломної роботи було проведено серію експериментів, спрямованих для дослідження впливу різних факторів на пророщування пшениці і запобіганню контамінації. З розглянутих матеріалів було обрано методики для обробки пшениці за допомогою біохімічних факторів (хлорогенова кислота, спирт), фізичних факторів (Випромінювання синього спектру), фізичних факторів (наночастки міді) та біологічних факторів (екзометаболіти пшениці). За контроль бралася пшениця, вирощена на фільтрувальному папері (пізніше тканині), до якої додавали прокип'ячену та охолоджену дистильовану воду (для запуску пророщення та інших процесів метаболізму), що попередньо та в процесі пророщення не оброблялася. Початок вимірювань починався на 3 добу після посадки. Експерименти було розділено на 3 умовні серії. 1 серія експериментів - дослідження впливу біохімічних і хімічних факторів. 2 серія – вплив фізичних факторів. 3 серія – вплив біологічних факторів. Тривалість кожного експерименту дорівнювала  $\pm$ тиждень в залежності від обставин.

#### **Серія експериментів 1**

Перша серія експериментів включає в собі 3 експерименти присвячені дослідженню впливу на пророщення пшениці та контамінацію етилового спирту в концентрації 70%, хлорогенової кислоти в різних концентраціях, та наночасток міді.

#### **3.1 Експеримент 1.1**

Для експерименту було відібрано 125 зерен пшениці для 5 зразків. Зразки були пронумеровані маркером на чашці Петрі арабськими цифрами від 1 до 5 кожному номеру відповідають такі умови пророщення: 1 – обробка хлорогеновою кислотою в концентрації 200мг/мл, 2 – обробка хлорогеновою кислотою в концентрації 100мг/мл, 3 – обробка хлорогеновою кислотою в

концентрації 50 мг/мл, 4 – обробка етанолом в концентрації 70%, 5 – контроль: дистильована вода + фільтрувальний папір.

Обробка проводилася згідно з вищенаведеними методиками в розділі “Методики”, підрозділ “Методики посадки та вирощування”.

Перед обробкою хлорогенову кислоту було розведено за правилом хреста до концентрацій 200, 100, та 50 мг/мл, вихідна хлорогенова кислота мала концентрацію 200мг/мл, також було розведено спирт до концентрації 70% (початково 90%) за правилом хреста.

Після обробки та посадки чашки Петрі були поміщено в установку “Флора” під цілодобове біле світло та температуру 22-23 °С для пророщення та росту.

Через надмірне зараження та зупинку в розвитку зразків 1 та 2 спостереження за ними було відмінено. Щодо зразків 3, 4, 5, то було зібрано дані про темпи і відсоток їх пророщення а також дані щодо довжини корінців на 3-ю та 4-у добу. Згідно зібраних даних відсоток проростання у зразків 3, 4, 5 становив 72% (52%, решта зупинились у розвитку починаючи з 4-ї доби), 92% та 92% відповідно, середня довжина на 4-ту добу ж становила 8,88мм; 8,88мм; 17,35мм відповідно.

#### Висновки до експерименту 1.1

Спирт є високоефективним засобом для дезінфекції, але він пригнічує і ріст самої пшениці (проростає приблизно 57%), хоча та пшениця, що проростає має характеристики наближені до контролю.

Хлорогенова кислота у концентраціях 200 та 100 мг/мл мала інгібуючу дію на пророщування та ріст корінців. Концентрація в 50мг/мл також мала деякі інгібуючі властивості, але % проростання зерна такий же як і в контролю, хоча швидкість росту значно менша. Після змиву хлорогенової кислоти інтенсивність росту збільшувалася, але не доходила до інтенсивності росту контролю, проте проростання відбувалося синхронно і різниця в розмірах не сильно відрізнялася від середнього показника у зразку.

Додаткова проблема використання хлорогенової кислоти – її стерильність. Хлорогенова кислота була добута з соняшникового шроту, інструменти були стерильні. Але навіть так відбувалася контамінація хлорогенової кислоти спорами цвілевих грибів, від так робимо висновок, що спори початково знаходяться у шроті, тому для подальшого ефективного використання хлорогенової кислоти потрібно розробити способи додаткової стерилізації кислоти.

Дія хлорогенової кислоти як фунгіциду: на перших етапах у пробах з хлорогеновою кислотою дійсно цвіль з'явилася пізніше ніж у контролю, але через зараження самої кислоти потрібного ефекту не було.

Додаткове зауваження до хлорогенової кислоти. Через деякі обставини у усіх зразків був певний період, в який до жодного зразка не добавлялася вода, після цього періоду при оцінюванні проростків було виявлено що контроль та спирт є досить висушеними, тоді як зразок з хлорогеновою кислотою мав кращий стан, також проростки мали більш насичений зелений колір. Є припущення про утворення певного захисного шару, який зменшував інтенсивність випаровування води.

Контроль. Контроль показав хороші показники проростання (більше 90% проросли) і найкращі показники за розмірами як корінців так і проростків.

Дані експерименту представлені у формі таблиць (Табл. 3.1, Табл. 3.2)

Табл. 3.1

№	Тип	кількість проростків, день (проросли,назубились,не проросли або стали/надто уповільнились у розвитку)		
		1	2	3
1	ХГ к-та 200 мг/мл	посадка	19,6,0	-
2	ХГ к-та 100 мг/мл	посадка	20,4,1	-
3	ХГ к-та 50 мг/мл	посадка	17,8,0	17,6,2
4	70% спирт	посадка	11,12,2	13,0,12
5	Контроль	посадка	21,2,2	23,0,2

№	Тип	довжина корінців (сер)/день			
		2	3	4	5
1	ХГ к-та 200 мг/мл	0	не вим	не вим	не вим
2	ХГ к-та 100 мг/мл	0	не вим	не вим	не вим
3	ХГ к-та 50 мг/мл	0	4,28	8,88	не вим
4	70% спирт	0	4,64	8,88	не вим
5	Контроль	0	11,76	17,32	не вим

### 3.2 Експеримент 1.2

Для експерименту було відібрано 300 зерен для 3-х зразків. Зразки були пронумеровані римськими цифрами I, II, III, кожному зразку відповідають такі методи обробки: I – оброблення автоклавованою хлорогеновою кислотою (автоклавування як спосіб попередньої дезінфекцій, хоч і передбачалося зниження ефективності фунгіцидних властивостей, або їх відсутність, все одно варто перевірити таку можливість), II – оброблення хлорогеновою кислотою у концентрації 50 мг/мл, III – контроль.

Обробка проводилася згідно з вищенаведеними методиками в розділі “Методики”, підрозділ “Методики посадки та вирощування”.

Після обробки та посадки чашки Петрі були поміщено в установку “Флора” під цілодобове біле світло та температуру 22-23 °С для пророщення та росту.

На 2-гу добу після посадки зразок I запліснявів. Після автоклавування хлорогенова кислота втрачає свої фунгіцидні властивості і переходить у форму геля. Можливо після втрати своїх властивостей хлорогенова кислота стала навпаки субстратом для мікроорганізмів, присутніх у зерні. Подальше спостереження зупинено.

Для зразків II та III було зібрано дані про пророщення та ріст корінців на 3-ю, 4-у, та 5-у добу а також дані про середню довжину проростка на 8-у добу. Дані про відсоток проростання становлять 92% для обох зразків, середні дані про довжину корінців становили 4,32 та 10,03; 10,46 та 11,91; 14,47 та 15,19

мм н7а 3-ю, 4-у, та 5-у добу для зразків II та III відповідно. Довжина проростків на 8-й день становила 27,4 та 27,01 для зразків II та III відповідно.

### Висновки до експерименту 1.2

Автоклавовання є неефективним методом очистки хлорогенової кислоти. Дані внесені до таблиць (Табл. 3.3 Табл. 3.4)

Табл. 3.3

№	тип	кількість проростків, день (проросли/не проросли)					
		1	2	3	4	5	8
I	Автоклавована хг к-та	посадка	не вимірювалось	-	-	-	-
II	не автоклавована кислота	посадка	не вимірювалось	77/2 3	92/ 8	92/ 8	92/ 8
III	контроль	посадка	не вимірювалось	88/1 2	92/ 8	92/ 8	92/ 8

Табл. 3.4

№	тип	довжина корінців(сер), ( день 8- проростки)/день					
		1	2	3	4	5	8
I	Автоклавована хг к-та	посадка		-	-	-	-
II	не автоклавована кислота	посадка		4,32	10,46	14,47	27,4
III	контроль	посадка		10,03	11,91	15,19	27,01

### 3.3 Експеримент 1.3

Для експерименту було відібрано 300 зерен для 3-х зразків. Зразки були пронумеровані арабськими цифрами 1, 2, та 3, кожному зразку відповідають такі методи обробки 1 – наночастки міді, 2 – дистильована вода + тканина, 3 – контроль.

Обробка проводилася згідно з вищенаведеними методиками в розділі “Методики”, підрозділ “Методики посадки та вирощування”.

Після обробки та посадки чашки Петрі були поміщено в установку “Флора” під цілодобове біле світло та температуру 22-23 °С для пророщення та росту.

Перші помітні результати: у зразку 1 контамінація є найнижчою з усіх зразків, включно з попередніми експериментами, зразок 2, як і 3 попередньо не оброблявся, але темпи росту є трохи вищими, можливо, через те, що тканина є кращим шаром для передачі води пшениці, в подальших експериментах у контроля фільтрувальний папір буде замінено на тканину, по принципу зразка 2.

На 3-ю добу було зібрано дані про відсоток проростання та довжину корінців у зразків 1, 2, 3. Відсоток проростання становив 95, 95, 87 для зразків 1, 2, 3, середні показники довжини становили 7,5; 14,89; 12,6 мм для 1, 2, 3 відповідно. На 6-у добу було зібрано дані про довжину корінців та проростків для зразків 1 та 2, спостереження за зразком 3 було припинено через високу контамінацію та нижчу ефективність у порівнянні з зразком 2. Дані щодо середньої довжини корінця становили 10,82 та 34,02 для зразків 1 та 2, дані про довжину проростків 16,1 та 19,02 для зразків 1 та 2 відповідно.

### Висновки до експерименту 1.3

Тканина є кращим водоносним шаром для пророщування зерна ніж фільтрувальний папір. Мідь є досить ефективною як засіб від контамінації, але є проблема, що ми не маємо даних про вміст міді у самій пшениці (не було можливості для її визначення)

Дані занесено до таблиць (Табл. 3.5, Табл. 3.6)

Табл. 3.5

№	Тип	кількість проростків/ день			
		1	2	3	6
1	Мідь	посадка		83/17	95/5
2	тканина	посадка		98/12	103/7
3	контроль (папір)	посадка		87/13	НД

№	Тип	довжина корінців/день			довжина проростків/день
		2	3	6	6
1	Мідь	-	7,5	10,82	16,1
2	тканина	-	14,89091	34,02727	19,02727273
3	контроль (папір)	-	12,67	НД	НД

## Серія експериментів 2

### 3.4 Експеримент 2.1

Для експерименту було взято 3 чашки Петрі, які було пронумеровано арабськими цифрами 1, 2, 3; в кожену чашку було поміщено 15г зерен пшениці, які були попередньо оброблені за методикою обробки зразків контроль, після чого зразки 1 та 2 було поміщено у бокс з випромінюванням синього спектру довжиною 470 нм на 1 годину, згідно вище зазначених методик, після чого були поміщені в установку “Флора” під цілодобове біле світло та температуру 22-23 °С для пророщення та росту. Зразок 3 – контроль було одразу поміщено в установку “Флора” за аналогічних умов.

На 3-ю добу було зібрано дані про середню довжину корінців, що дорівнюють 12,94; 12,14; 13,98 мм для зразків 1, 2, 3 відповідно.

На 4-у добу було зібрано дані про середню довжину корінців і проростків. Довжина корінців дорівнювала 29,28; 28,44; 27,44мм для 1, 2, 3 та довжину проростків 10,52; 10,04; 11,22мм для 1, 2, 3 відповідно

На 8-у добу було зібрано дані про середню довжину корінців і проростків. Довжина корінців дорівнювала 39,68; 39,34; 41,05мм для 1, 2, 3 та довжину проростків 25,66; 25,34; 26,37мм для 1, 2, 3 відповідно.

#### Висновки до експерименту 2.1

1 година опромінення протягом 2-х днів і щодня не дає бажаного результату, але і майже не впливає на ріст пшениці. Під впливом синього

світла проростки набувають більш насичений зелений колір ніж у рослин, що не були опромінені. Дані експерименту занесені до таблиці (Табл. 3.7)

Табл. 3.7

№	Тип	довжина корінців/день			довжина проростків	
		3	4	8	4	8
1	щодня 1 год синій спектр	12,94	29,28	39,68	10,52	25,66
2	2 дні 1 год синій спектр	12,14	28,44	39,34	10,04	25,34
3	контроль	13,98	27,44	41,05	11,22	26,37

### 3.5 Експеримент 2.2

Ціллю даного експерименту було перевірити, як вплине на контомінацію опромінення протягом 8-и годин на добу синім спектром з довжиною хвилі 470 нм. Для експерименту було взято 2 прозорі контейнера 1 щодня опромінювався світлом синього спектру 8 годин на добу, 2-й під час опромінення 1-го накривався фольгою, що не пропускає світло для імітації циклу день-ніч і запобігання впливу синього світла.

Результат аналогічний до минулого, навіть при опроміненні 8 годин контомінація присутня.

### 3.6 Експеримент 3.1

Експеримент присвячений впливу екзометаболітів на проростання пшениці та впливу на контамінуючі мікроорганізми.

Для експерименту було виділено 4 контейнери: 3 оброблені екзометаболітами пшениці, 1 контроль.

Результат у всіх трьох контейнерах де зерно було оброблене екзометаболітами проростка в середньому на 5-10 мм більші ніж в контроля, що свідчить про покращення динаміки росту пшениці, контамінація ж була у всіх 4-х зразках.

## ВИСНОВКИ

1. Жоден з розроблених та реалізованих способів, не був ефективним для протидії контамінації.

2. Найкращий результат по боротьбі з мікроорганізмами показала мідь, але без інформації про вміст міді в цьому зерні після пророщування подальший розвиток цього напрямку ризикований.

3. Екзометаболіти показали себе як хороший стимулятор росту, в подальшому є можливість їх комбінації з іншими методами боротьби з контамінацією для компенсації придушення росту, наприклад при обробці УФ випромінюванням.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. , A. J., Carter-Wientjes, C., Williams, K. A., & Bhatnagar, D. (2012). Blue light (470 nm) effectively inhibits bacterial and fungal growth. *Letters in applied microbiology*, 55(6), 460-466.
2. Narukawa, M., Kanbara, K., Tominaga, Y., Aitani, Y., Fukuda, K., Kodama, T., ... & Inoue, Y. (2009). Chlorogenic acid facilitates root hair formation in lettuce seedlings. *Plant and cell physiology*, 50(3), 504-514.
3. Halstead, F. D., Ahmed, Z., Bishop, J. R., & Oppenheim, B. A. (2019). The potential of visible blue light (405 nm) as a novel decontamination strategy for carbapenemase-producing enterobacteriaceae (CPE). *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8, 1-8.
4. Kim, J. K., & Park, S. U. (2019). Chlorogenic acid and its role in biological functions: an up to date. *EXCLI journal*, 18, 310-316.
5. Francis, H., Debs, E., Koubaa, M., Alrayess, Z., Maroun, R. G., & Louka, N. (2022). Sprouts use as functional foods. optimization of germination of wheat (*Triticum aestivum* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), and radish (*Raphanus sativus* L.) seeds based on their nutritional content evolution. *Foods*, 11(10), 1460.
6. Tsutsumi-Arai, C., Arai, Y., Terada-Ito, C., Imamura, T., Tatehara, S., Ide, S., ... & Satomura, K. (2022). Microbicidal effect of 405-nm blue LED light on *Candida albicans* and *Streptococcus mutans* dual-species biofilms on denture base resin. *Lasers in Medical Science*, 37(2), 857-866.
7. Enwemeka, C. S., Bumah, V. V., & Mokili, J. L. (2021). Pulsed blue light inactivates two strains of human coronavirus. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 222, 112282.
8. Wang, L., Pan, X., Jiang, L., Chu, Y., Gao, S., Jiang, X., ... & Peng, C. (2022). The biological activity mechanism of chlorogenic acid and its applications in food industry: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 943911.

9. Nguyen, V., Taine, E. G., Meng, D., Cui, T., & Tan, W. (2024). Chlorogenic Acid: A Systematic Review on the Biological Functions, Mechanistic Actions, and Therapeutic Potentials. *Nutrients*, 16(7), 924.
10. Roupheal, Y., Colla, G., & De Pascale, S. (2021). Sprouts, microgreens and edible flowers as novel functional foods. *Agronomy*, 11(12), 2568.
11. Amodeo, D., Lucarelli, V., De Palma, I., Puccio, A., Nante, N., Cevenini, G., & Messina, G. (2022). Efficacy of violet–blue light to inactivate microbial growth. *Scientific Reports*, 12(1), 20179.
12. Chen, H., Cheng, Y., & Moraru, C. I. (2023). Blue 405 nm LED light effectively inactivates bacterial pathogens on substrates and packaging materials used in food processing. *Scientific Reports*, 13(1), 15472.
13. Guffey, J. S., & Wilborn, J. (2006). In vitro bactericidal effects of 405-nm and 470-nm blue light. *Photomedicine and laser therapy*, 24(6), 684-688.
14. Martínez, G., Regente, M., Jacobi, S., Del Rio, M., Pinedo, M., & de la Canal, L. (2017). Chlorogenic acid is a fungicide active against phytopathogenic fungi. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 140, 30-35.
15. Enwemeka, C. S., Baker, T. L., & Bumah, V. V. (2021). The role of UV and blue light in photo-eradication of microorganisms. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 8, 100064.
16. Daliri, E. B. M., & Lee, B. H. (2015). Current trends and future perspectives on functional foods and nutraceuticals. *Beneficial microorganisms in food and nutraceuticals*, 221-244.
17. Medeiros, F., Aleman, R. S., Gabríny, L., You, S. W., Hoskin, R. T., & Moncada, M. (2024). Current Status and Economic Prospects of Alternative Protein Sources for the Food Industry. *Applied Sciences*, 14(9), 3733.
18. Ozen, A. E., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Worldwide consumption of functional foods: a systematic review. *Nutrition reviews*, 70(8), 472-481.
19. Tambong, J. T. (2022). Bacterial pathogens of wheat: symptoms, distribution, identification, and taxonomy. In *Wheat-Recent Advances*. IntechOpen.

20. Chen, J., Sharifi, R., Khan, M. S. S., Islam, F., Bhat, J. A., Kui, L., & Majeed, A. (2022). Wheat microbiome: structure, dynamics, and role in improving performance under stress environments. *Frontiers in Microbiology*, 12, 821546.
21. Miyahira, R. F., Lopes, J. D. O., & Antunes, A. E. C. (2021). The use of sprouts to improve the nutritional value of food products: A brief review. *Plant foods for human nutrition*, 76(2), 143-152.
22. Борух, Д. П. СТАН РИНКУ ПШЕНИЦІ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ. Менеджмент ХХІ століття: сучасні моделі, стратегії, технології.– Вінниця: Центр підготовки наукових та навчально-методичних видань ВТЕІ КНТЕУ, 2019. Ч. 3. 679 с., 168.
23. Сасс, Н. С. В. (2023). Стан та перспективи України на світовому ринку зерна.
24. Азіз, З. А. (2020). Вплив передпосівної обробки насіння на мікробіоту ризосфери та екскреторну активність проростків.
25. Горган, Т. М., Безноско, І. В., Біленька, О. М., & Благініна, А. А. (2021). Вплив екзометаболітів різних сортів культурних рослин на ріст і розвиток патогенних мікроміцетів *Bipolaris sorokiniana* та *Alternaria alternata*. *Сільськогосподарська мікробіологія*, (33), 96-105.