

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології переробки макухи з
насіння чіа**

Виконав: здобувач вищої освіти 3ск курсу,
групи ХТС-1-23
освітньо-професійної програми «Харчові
технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____Володимир ІВЧЕНКО

Керівник: _____Ірина ХОЛОБЦЕВА

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____ Віталій КОШУЛЬКО
«__» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Івченку Володимирі Олександровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології переробки макухи з насіння чіа».
Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року №875.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 15 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до роботи: 1. Літературні джерела та періодичні видання. 2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується переробки насіння чіа.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1. Оглядовий розділ. 2. Дослідницько-аналітичний розділ. 3. Експериментальний розділ. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Організаційно-економічний розділ. Загальні висновки і пропозиції. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1) Об'єкт, предмет та мета дослідження. 2) Характеристика насіння чіа. 3) Прилади і обладнання, використані в дослідженні. 4) Схема одержання фракцій подрібненої макухи з насіння чіа. 5) Результати експериментальних досліджень. 6) Картка безпеки праці оператора лінії з виробництва сипких продуктів із насіння чіа. 7) Організаційно-економічний розділ. 8) Загальні висновки і пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 5	Доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	01.05.26	15.06.2026

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-03.05.2026	
2	Оглядовий розділ	04.05-17.05.2026	
3	Дослідницько-аналітичний розділ	18.05-20.05.2026	
4	Експериментальний розділ	21.05-31.05.2026	
5	Охорона праці та захист навколишнього середовища	01.06-03.06.2026	
6	Організаційно-економічний розділ	04.06-07.06.2026	
7	Загальні висновки і пропозиції, бібліографія	08.06-10.06.2026	
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	11.06-14.06.2026	

Здобувач вищої освіти _____ Володимир ІВЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Ірина ХОЛОБЦЕВА

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології переробки макухи з насіння чіа».

Кваліфікаційна робота бакалавра: 63 с., 4 рисунки та ілюстрацій, 14 таблиць, 30 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – макуха, отримана з насіння чіа, та технологічні аспекти її подальшої переробки.

Предмет дослідження – фізико-хімічні характеристики окремих фракцій подрібненої макухи з насіння чіа.

Мета роботи – дослідити фізико-хімічні показники якості різних фракцій макухи з насіння чіа після подрібнення та на основі отриманих результатів розробити рекомендації щодо напрямів її ефективного використання у харчовій промисловості.

Методи дослідження. У процесі досліджень використовували комплекс стандартизованих методів аналізу. Масову частку вологи насіння чіа, макухи та продуктів її переробки визначали методом висушування до сталої маси при температурі 105 °С на вагах-вологомірі «Radwag MA 110 R». Подрібнення макухи здійснювали на лабораторному млині «НС-1000Y», а розділення отриманого матеріалу на окремі фракції – за допомогою лабораторного розсійника. Дослідження кольорових характеристик проводили у системі координат CIE Lab* із використанням портативного колориметра «Linshang LS173». Вміст залишкової олії визначали екстракційним методом в апараті Сокслета, масову частку протеїну – методом К'ельдаля, а вміст золи – методом сухої мінералізації у муфельній печі.

Кваліфікаційну роботу присвячено дослідженню технологічних підходів до комплексної переробки макухи з насіння чіа та оцінці можливостей її використання як цінної вторинної сировини харчової промисловості. У межах дослідження макуху з насіння чіа піддавали подрібненню з подальшим фракціонуванням, що дозволило отримати три окремі фракції, які відрізнялися гранулометричним складом та фізико-хімічними властивостями. Для кожної з отриманих фракцій визначено вихід продукту, колірні характеристики, масову частку вологи, протеїну, жиру, клітковини та зольних речовин. Проведено розрахунок їх поживної та енергетичної цінності. Результати досліджень показали, що фракцію середнього помелу можна ефективно використовувати як борошністу сировину у виробництві харчових продуктів. Крупна фракція характеризується підвищеним вмістом харчових волокон і є перспективною для використання як джерело клітковини. Найдрібніша фракція відзначається високим вмістом білка та залишкового жиру, що дозволяє розглядати її як білково-жировий концентрат із функціональними властивостями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАСІННЯ ЧІА, МАКУХА, ПОДРІБНЕННЯ, ФРАКЦІОНУВАННЯ, БІЛКОВИЙ КОНЦЕНТРАТ, БОРОШНО, КЛІТКОВИНА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1. Морфолого-анатомічна характеристика, хімічний склад та біологічна цінність насіння чіа	7
1.2 Аналіз технологій отримання рослинних олій із насіння чіа та характеристика макухи як вторинної сировини	9
1.3 Сучасний стан та перспективні напрямки переробки макухи з насіння чіа у технологіях харчових продуктів.....	11
Висновки до розділу	15
2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
Висновки до розділу	21
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	22
Висновки до розділу	33
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ...	36
4.1 Загальні правила безпеки і охорони праці при виробництві сипких продуктів з насіння чіа в лабораторних умовах	36
4.2 Розробка картки безпеки праці при переробці макухи з насіння чіа.....	40
4.3 Екологічна безпека та поводження з промисловими відходами при переробці макухи з насіння чіа.....	40
Висновки до розділу	45
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	46
Висновки до розділу	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	54
БІБЛІОГРАФІЯ	57
ДОДАТКИ	61
ДОДАТОК А	62

ВСТУП

Сучасний розвиток харчової промисловості спрямований на впровадження ресурсозберігаючих і безвідходних технологій, які забезпечують максимально ефективне використання сільськогосподарської сировини та створення продуктів підвищеної поживної цінності. У цьому контексті особливої актуальності набуває комплексна переробка насіння чіа (*Salvia hispanica* L.), попит на яке постійно зростає завдяки високому вмісту біологічно активних речовин та визнаним функціональним властивостям.

У процесі виробництва олії з насіння чіа утворюється значна кількість макухи, яку традиційно використовують переважно як кормову сировину. Водночас макуха містить значну кількість цінних компонентів, зокрема білків, харчових волокон, мінеральних речовин та залишкової олії, багатої на поліненасичені жирні кислоти. Тому її використання виключно для кормових потреб не забезпечує повної реалізації ресурсного потенціалу цієї сировини.

Переробка макухи з насіння чіа дозволяє отримувати продукти з різними функціонально-технологічними властивостями: борошно, білкові концентрати та клітковину, які можуть бути використані у виробництві хлібобулочних, кондитерських, молочних та інших харчових продуктів. Такі інгредієнти сприяють підвищенню вмісту білка, харчових волокон, мінеральних речовин та біологічно цінних ліпідів у готовій продукції, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

Актуальність досліджень у цьому напрямі також обумовлена зростаючим попитом споживачів на функціональні харчові продукти, збагачені натуральними рослинними компонентами. Використання продуктів переробки макухи чіа дає змогу не лише підвищити поживну та біологічну цінність продуктів, але й знизити кількість відходів олійного виробництва, покращити економічну ефективність переробних підприємств та реалізувати принципи циркулярної економіки.

Отже, переробка макухи з насіння чіа є актуальним науковим і практичним завданням, оскільки дозволяє комплексно використовувати вторинні ресурси олійного виробництва, створювати нові функціональні харчові інгредієнти та розширювати асортимент продуктів оздоровчого призначення.

Об'єкт дослідження – макуха, отримана з насіння чіа, та технологічні аспекти її подальшої переробки.

Предмет дослідження – фізико-хімічні характеристики окремих фракцій подрібненої макухи з насіння чіа.

Мета роботи – дослідити фізико-хімічні показники якості різних фракцій макухи з насіння чіа після подрібнення та на основі отриманих результатів розробити рекомендації щодо напрямів її ефективного використання у харчовій промисловості.

Завдання наукових досліджень:

- дослідити якість вихідної сировини – насіння чіа та макухи з нього;
- здійснити подрібнення макухи, одержаної після видобування олії із насіння чіа, та провести її фракціонування за розміром частинок із визначенням виходу кожної фракції;
- дослідити кольорові характеристики та визначити масову частку вологи, протеїну, олії, клітковини і зольних речовин у різних фракціях подрібненої макухи, оцінити поживну та енергетичну цінність отриманих фракцій і провести їх порівняльний аналіз із промисловими аналогами сипких продуктів, виготовлених із насіння чіа;
- на основі отриманих результатів розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо напрямів переробки та використання макухи із насіння чіа у харчовій промисловості.

1 ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ

1.1. Морфолого-анатомічна характеристика, хімічний склад та біологічна цінність насіння чіа

Насіння чіа (*Salvia hispanica* L.) є плодом рослини родини Глухокропівові (*Lamiaceae*), яка походить із території сучасних Мексики та Гватемали. Після дозрівання плід розпадається на чотири дрібні ереми овальної форми довжиною близько 2 мм. Забарвлення насіння варіює від чорного та темно-коричневого до сірого та білого кольорів. Важливою морфологічною особливістю насіння є здатність швидко утворювати слизовий гідроколоїдний шар при контакті з водою, що обумовлено наявністю спеціалізованих клітин епідермісу, багатих на полісахариди [1–3].

Анатомічна будова насінини характеризується чіткою диференціацією тканин. Зовнішню частину утворює насіннева оболонка (теста), яка складається з епідермісу, гіподерми, шару склеренхімних клітин та внутрішнього пігментного шару. Епідермальні клітини містять слизові речовини, які під час гідратації набухають та формують муцилаж. Саме ця особливість забезпечує високі водоутримувальні та гелеутворювальні властивості насіння, що широко використовують у харчових технологіях [4, 5].

Внутрішній об'єм насінини майже повністю займає зародок із двома добре розвиненими сім'ядолями, тоді як ендосперм є сильно редукованим і представлений переважно алеїроновим шаром. На поперечних зрізах чітко виділяються три структурні зони: зовнішня насіннева оболонка, тонкий шар ендосперму та паренхіма сім'ядолей. Клітини сім'ядолей містять основні запасні речовини у вигляді ліпідних крапель (олеосом) та білкових тілець (протеїнопластів), що визначає високу поживну цінність насіння [3, 6].

Білковий комплекс насіння чіа характеризується високою біологічною цінністю та представлений переважно глобулінами й альбумінами, тоді як

частка проламінів та глютелінів є відносно невеликою. Білкові тільця часто містять глобоїди, багаті на фітинову кислоту та мінеральні елементи. У процесі технологічної переробки білки можуть взаємодіяти з полісахаридами слизового шару, формуючи стабільні емульсійні та гелеподібні системи [7].

Насіння чіа належить до функціональних харчових продуктів із високою поживною цінністю. Його хімічний склад включає 14–26 % білків, 20–35 % ліпідів, 23–41 % харчових волокон і значну кількість мінеральних речовин та вітамінів [8, 9].

За вмістом білка насіння чіа перевищує багато традиційних зернових культур, а його амінокислотний склад характеризується наявністю всіх незамінних амінокислот, серед яких переважають аргінін, лейцин, фенілаланін, валін та лізин [8].

Особливу цінність становить ліпідний комплекс насіння, у якому переважають поліненасичені жирні кислоти. Основною жирною кислотою є α -ліноленова кислота (ω -3), частка якої може досягати 60–65 % від загальної кількості жирних кислот, тоді як вміст лінолевої кислоти (ω -6) становить близько 18–20 %. Таке співвідношення ω -3 та ω -6 жирних кислот вважається сприятливим для харчування людини і зумовлює значний інтерес до використання насіння чіа в оздоровчому та профілактичному харчуванні [10, 11].

Крім макронутрієнтів, насіння чіа містить значні кількості кальцію, фосфору, калію, магнію, заліза, цинку та інших мікроелементів, а також вітаміни групи В, вітаміни А, Е та К. Воно є джерелом природних антиоксидантів, зокрема хлорогенової та кавової кислот, кверцетину, кемпферолу і мірицетину, які сприяють нейтралізації вільних радикалів та підвищують біологічну цінність продукту [9].

Важливою особливістю насіння чіа є відсутність глютену, що дозволяє використовувати його у виробництві харчових продуктів для осіб із целиакією та непереносимістю глютену. Хімічний склад насіння може змінюватися залежно від кліматичних умов, географічного розташування, типу ґрунту,

температурного режиму та року вирощування [11]. Завдяки високому вмісту білків, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот та біологічно активних сполук чіа часто називають «золотим насінням XXI століття» [12].

1.2 Аналіз технологій отримання рослинних олій із насіння чіа та характеристика макухи як вторинної сировини

Насіння чіа (*Salvia hispanica* L.) є цінною олійною сировиною, що характеризується високим вмістом ліпідів, серед яких переважають поліненасичені жирні кислоти, насамперед α -ліноленова кислота (ω -3). Завдяки сприятливому жирнокислотному складу та наявності природних антиоксидантів олію чіа розглядають як перспективний інгредієнт функціональних харчових продуктів та нутрицевтиків [13, 14].

Технологічна переробка насіння чіа має певні особливості, пов'язані з будовою насінневої оболонки та високою здатністю поверхневих клітин до утворення слизу при контакті з водою. Тому перед вилученням олії насіння піддають очищенню від механічних домішок, сортуванню та подрібненню. Руйнування оболонки сприяє вивільненню ліпідних включень та підвищує ефективність екстракції. Для запобігання окисненню термолабільних поліненасичених жирних кислот перевагу надають низькотемпературним способам подрібнення, зокрема кріогенній мікронізації [15].

Найпоширенішим способом отримання олії чіа є механічне холодне пресування. Цей метод дозволяє зберегти природний комплекс біологічно активних речовин, зокрема токоферолів, поліфенолів та каротиноїдів. Одержана олія характеризується високою поживною цінністю, однак вихід продукту є дещо нижчим порівняно з екстракційними методами. Перевагами холодного пресування є відсутність органічних розчинників, простота технології та можливість отримання продукту з високими показниками безпеки [15]. Для підвищення виходу олії застосовують екстракційні

методи, серед яких найбільш перспективною вважають надкритичну екстракцію діоксидом вуглецю. Використання надкритичного CO₂ забезпечує ефективне вилучення ліпідної фракції за помірних температур без ризику термічної деградації поліненасичених жирних кислот. Крім того, така технологія дозволяє отримувати олію високої чистоти без залишків органічних розчинників та водночас зберігати природні антиоксиданти [14]. Сучасні дослідження також спрямовані на вдосконалення процесів екстракції шляхом використання ультразвукової обробки, мікрохвильового впливу та ферментативного руйнування клітинних структур. Такі методи забезпечують інтенсифікацію масопереносу, скорочення тривалості процесу та підвищення виходу цільових компонентів при мінімальному впливі на їхню якість [16].

Після вилучення олії з насіння чіа утворюється знежирений залишок – макуха або шрот, які є цінним вторинним продуктом переробки та характеризуються високою концентрацією білків, харчових волокон та біологічно активних сполук. На відміну від вихідного насіння, в якому значну частку становлять ліпіди, у макусі відбувається концентрування неліпідних компонентів, що підвищує її поживну та технологічну цінність [14, 15].

Залежно від способу екстракції олії вміст білка у макусі може досягати 30–40 %, а вміст загальних харчових волокон – понад 35–45 %. Білковий комплекс макухи представлений переважно глобулінами та альбумінами, які характеризуються достатньо збалансованим амінокислотним складом та високою засвоюваністю. Особливу цінність становить наявність незамінних амінокислот, зокрема лейцину, валіну, лізину та фенілаланіну, що дозволяє розглядати макуху чіа як перспективне джерело рослинного білка для функціонального та спеціалізованого харчування [7, 15].

Значна частка харчових волокон представлена як нерозчинними компонентами клітинних стінок, так і залишковими фракціями слизових полісахаридів. Завдяки цьому макуха характеризується високою водоутримувальною, жирозв'язувальною та набухаючою здатністю. Такі

властивості забезпечують можливість її використання як натурального структуроутворювача, стабілізатора та текстуранта у харчових системах [17].

Встановлено, що макуха чіа зберігає значну кількість фенольних сполук навіть після вилучення олії. До їх складу входять хлорогенова та кавава кислоти, кверцетин, кемпферол та інші антиоксиданти, які здатні пригнічувати процеси перекисного окиснення ліпідів. Наявність цих компонентів підвищує біологічну цінність макухи та розширює можливості її використання як функціонального інгредієнта у складі харчових продуктів оздоровчого призначення [14].

З технологічної точки зору макуха чіа характеризується добрими емульгувальними та піноутворювальними властивостями, що обумовлено присутністю білково-полісахаридного комплексу. Це дозволяє застосовувати її при виробництві хлібобулочних виробів, білкових концентратів, екструдованих продуктів, м'ясних систем та безглютенової продукції. Введення макухи до рецептури сприяє підвищенню вмісту білка, харчових волокон і мінеральних речовин, а також покращенню вологоутримувальної здатності та структурно-механічних показників готових виробів [18].

Використання макухи чіа відповідає сучасній концепції безвідходної переробки рослинної сировини та принципам циркулярної економіки. Переробка вторинних продуктів олійного виробництва дозволяє підвищити ефективність використання сировинних ресурсів, зменшити кількість відходів та створити нові функціональні інгредієнти з високою доданою вартістю [15].

1.3 Сучасний стан та перспективні напрямки переробки макухи з насіння чіа у технологіях харчових продуктів

Зростання попиту на функціональні харчові продукти та впровадження принципів циркулярної економіки сприяють пошуку ефективних шляхів використання вторинної рослинної сировини. Одним із перспективних

напряmkів є переробка макухи насіння чіа (*Salvia hispanica* L.), яка утворюється після вилучення олії методом пресування або екстракції. Якщо раніше основну увагу приділяли безпосередньо насінню та олії чіа, то сучасні дослідження все більше зосереджуються на комплексному використанні побічних продуктів переробки, які характеризуються високою поживною та біологічною цінністю [14, 15].

Після вилучення олії у макусі концентрується значна кількість білкових речовин, харчових волокон, мінеральних елементів та фенольних сполук. Завдяки цьому її розглядають не як відхід виробництва, а як цінний функціональний інгредієнт для збагачення харчових продуктів. Особливу цінність становить високий вміст білка та клітковини, що дозволяє використовувати макуху для підвищення поживної цінності продуктів та створення виробів із покращеним нутрієнтним складом [19].

Сучасні дослідження свідчать, що продукти переробки насіння чіа можна успішно застосовувати у технологіях хлібобулочних виробів. Внесення борошна або шроту чіа сприяє підвищенню водопоглинальної здатності тіста, покращенню його структурно-механічних властивостей та збільшенню вмісту харчових волокон у готових виробах. Крім того, наявність білково-полісахаридного комплексу сприяє уповільненню процесів черствіння та подовженню терміну зберігання продукції [18, 20]. Перспективним напрямком є використання макухи чіа у виробництві безглютенових продуктів. Завдяки відсутності глютену та високому вмісту білка вона може компенсувати технологічні недоліки безглютенових сумішей та водночас підвищувати біологічну цінність готових виробів. Особливий інтерес викликає її застосування у виробництві екструдованих снєків, зернових батончиків, білкових сумішей та продуктів спортивного харчування [21].

Окремим напрямком є використання макухи чіа у технологіях м'ясних продуктів. Завдяки високій водоутримувальній та жирозв'язувальній здатності вона може виконувати функції структуроутворювача та стабілізатора емульсійних систем. Дослідження показують, що продукти

переробки чіа можуть частково замінювати тваринний жир у рецептурах ковбасних виробів, сприяючи підвищенню вмісту білка та харчових волокон без суттєвого погіршення органолептичних показників [22, 23].

Перспективність використання продуктів переробки насіння чіа у харчових технологіях підтверджується дослідженнями кисломолочної продукції. Встановлено, що додавання насіння чіа до йогуртів у кількості 5–10 % підвищує їх поживну цінність, зокрема збільшує вміст білка з 3,22 до 3,92–4,59 г/100 г. При цьому протягом зберігання не виявлено патогенних мікроорганізмів, що свідчить про безпечність використання цього інгредієнта. Органолептична оцінка показала, що найкращими споживчими властивостями характеризувався йогурт із додаванням 5 % насіння чіа, тоді як збільшення його кількості до 10 % дещо погіршувало смак і консистенцію продукту. Отримані результати свідчать про доцільність використання продуктів переробки чіа як функціональних інгредієнтів для підвищення поживної цінності харчових продуктів [24]. Дослідження показали перспективність використання слизу насіння чіа як функціонального інгредієнта у виробництві знежирених йогуртів. Встановлено, що слиз чіа характеризується високим вмістом харчових волокон, білка та мінеральних речовин, а також значною водо- та олієутримувальною здатністю, що обумовлює його стабілізуювальні та емульгувальні властивості. Мікроструктурний аналіз виявив наявність тонкої волокнистої сітки полісахаридів, яка сприяє формуванню стабільної структури продукту [25]. Перспективність використання насіння чіа у виробництві функціональних молочних продуктів підтверджено і дослідженнями йогуртового мусу, збагаченого насінням чіа у кількості 1–3 %. Встановлено, що додавання чіа покращує фізико-хімічні та органолептичні показники продукту, а найвищу споживчу оцінку отримали зразки з вмістом 3 % насіння. Це дозволяє рекомендувати використання чіа для створення нових молочних продуктів підвищеної біологічної цінності [26].

Крім того, експериментальні дослідження на тваринах показали, що регулярне споживання продуктів із насінням чіа сприяє нормалізації ліпідного

обміну. Зокрема, відзначено зниження рівня тригліцеридів і ліпопротеїнів дуже низької щільності та підвищення концентрації ліпопротеїнів високої щільності. Отримані результати свідчать про потенційні кардіопротекторні властивості насіння чіа, пов'язані з його гіполіпемічною дією та здатністю запобігати надмірному накопиченню ліпідів в організмі [27].

Одним із найбільш перспективних напрямків використання макухи насіння чіа є виробництво борошняних виробів функціонального призначення. Зокрема, встановлено, що додавання 10–15 % насіння чіа до рецептур безглютенових кексів на основі рисового та гречаного борошна сприяє підвищенню їх поживної цінності завдяки збільшенню вмісту білка, ω -3 жирних кислот, харчових волокон і мінеральних речовин, а також покращує органолептичні та фізико-хімічні показники готових виробів [28]. У дослідженні [29] встановлено, що часткова заміна пшеничного борошна частково знежиреною макухою чіа сприяє підвищенню вмісту білка, харчових волокон, поліфенольних сполук та антиоксидантної активності кексів. Автори відзначають, що внесення до 5 % макухи не викликає суттєвого погіршення органолептичних показників виробів, що підтверджує перспективність її використання у технології функціональних борошняних продуктів.

Перспективність використання продуктів переробки насіння чіа у хлібопеченні підтверджено також у роботі [30]. Встановлено, що використання знежиреного борошна та інших побічних продуктів переробки насіння чіа дозволяє підвищити вміст білка, харчових волокон і мінеральних речовин у хлібі, водночас зберігаючи прийнятні технологічні та споживчі властивості готової продукції.

Таким чином, макуха насіння чіа є перспективною вторинною сировиною для харчової промисловості завдяки високому вмісту білка, харчових волокон, мінеральних речовин і біологічно активних сполук. Її використання у різних технологіях функціональних продуктів дозволяє підвищити їхню поживну й біологічну цінність. Крім того, залучення макухи до виробництва сприяє комплексній та безвідходній переробці насіння чіа,

забезпечуючи раціональне використання сировинних ресурсів та створення продукції з доданою вартістю.

Висновки до розділу

Аналіз науково-технічної літератури свідчить, що насіння чіа (*Salvia hispanica* L.) є унікальною за морфолого-анатомічною будовою та хімічним складом функціональною сировиною з високою біологічною цінністю. Особливістю анатомії насіння є здатність клітин епідермісу утворювати потужний слизовий гідроколоїдний шар із високими водоутримувальними та гелеутворювальними властивостями. Поживна цінність чіа обумовлена збалансованим білковим комплексом, значним вмістом харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів та природних антиоксидантів за повної відсутності глютену. Ліпідна фракція насіння характеризується винятково високим вмістом незамінної α -ліноленової кислоти (ω -3), що робить цей продукт перспективним для використання в оздоровчому та профілактичному харчуванні. Найбільш раціональними методами отримання рослинної олії з насіння є холодне пресування та надкритична CO₂-екстракція, які дозволяють максимально зберегти термолабільні біологічно активні сполуки. Утворювана після видобування олії знежирена макуха є цінною вторинною сировиною, де відбувається значне концентрування білків (до 40 %) та харчових волокон (до 45 %).

Завдяки високій водоутримувальній, жирозв'язувальній та емульгувальній здатності макуха чіа може виступати натуральним структуроутворювачем та стабілізатором у харчових системах. Сучасні дослідження підтверджують технологічну доцільність застосування продуктів переробки чіа у виробництві хлібобулочних, безглютенових, м'ясних та молочних продуктів, що повністю відповідає принципам безвідходного виробництва і циркулярної економіки.

2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Дослідження, спрямовані на переробку макухи насіння чіа, є перспективним напрямом розвитку харчових технологій, оскільки поєднують вирішення економічних, екологічних та соціальних завдань сучасної харчової промисловості. Зростання світового попиту на функціональні харчові продукти та натуральні рослинні інгредієнти зумовлює необхідність пошуку нових джерел білка, харчових волокон та біологічно активних речовин, якими багата макуха з насіння чіа.

Перспективність таких досліджень насамперед пов'язана з високою поживною цінністю макухи, яка після видобування олії зберігає значну кількість протеїну, клітковини, мінеральних речовин та частину цінних ліпідів. Це створює передумови для отримання на її основі спеціалізованих інгредієнтів – борошна, білкових концентратів і харчових волокон, які можна використовувати у виробництві хлібобулочних, кондитерських, молочних, м'ясних та дієтичних продуктів.

Важливим аспектом є можливість створення продуктів функціонального призначення з підвищеним вмістом білка та харчових волокон. Така продукція користується все більшим попитом серед споживачів, які дотримуються принципів здорового харчування, контролюють масу тіла або потребують спеціалізованих раціонів.

Значні перспективи відкриваються також у сфері безглютенових технологій. Продукти переробки макухи з насіння чіа можуть використовуватися як інгредієнти у виробництві безглютенових виробів, що є актуальним для людей із целиакією та непереносимістю глютену.

З економічної точки зору комплексна переробка макухи дозволяє підвищити ефективність виробництва олії з насіння чіа шляхом залучення побічних продуктів до подальшого господарського обігу. Це сприяє збільшенню доданої вартості продукції та покращенню рентабельності підприємств.

Не менш важливою є екологічна складова. Використання макухи як сировини для отримання нових харчових інгредієнтів відповідає принципам циркулярної економіки та безвідходного виробництва, дозволяючи мінімізувати кількість відходів та раціонально використовувати природні ресурси.

Отже, дослідження з переробки макухи із насіння чіа є перспективними як з наукового, так і з практичного погляду, оскільки створюють підґрунтя для розроблення нових функціональних інгредієнтів, розширення асортименту продуктів здорового харчування, підвищення економічної ефективності переробних підприємств та впровадження принципів сталого розвитку у харчовій промисловості.

У межах тематики «Обґрунтування технології переробки макухи з насіння чіа» визначено наступні завдання дослідження:

- дослідити якість вихідної сировини – насіння чіа та макухи з нього;
- здійснити подрібнення макухи, одержаної після видобування олії із насіння чіа, та провести її фракціонування за розміром частинок із визначенням виходу кожної фракції;
- дослідити кольорові характеристики та визначити масову частку вологи, протеїну, олії, клітковини і зольних речовин у різних фракціях подрібненої макухи, оцінити поживну та енергетичну цінність отриманих фракцій і провести їх порівняльний аналіз із промисловими аналогами сипких продуктів, виготовлених із насіння чіа;
- на основі отриманих результатів розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо напрямів переробки та використання макухи із насіння чіа у харчовій промисловості.

Перед початком експериментальних досліджень проведено оцінювання якості вихідної сировини – насіння чіа та макухи, отриманої після видобування олії методом механічного пресування. Дослідження виконували із

застосуванням загальноприйнятих методик аналізу рослинної сировини та продуктів її переробки.

Масову частку вологи у насінні чіа та макусі визначали методом висушування наважок до сталої маси за температури 105 ± 2 °C з використанням вагів-вологоміра «Radwag MA 110 R». Вміст олії встановлювали екстракційним методом в апараті Сокслета. Масову частку протеїну визначали за методом К'ельдаля, а вміст мінеральних речовин (золи) – методом сухого озолення у муфельній печі.

Для отримання дослідних зразків макуху насіння чіа попередньо подрібнювали на лабораторному млині «НС-1000Y». Подрібнення проводили протягом 30 с при частоті обертання робочого органу 32000 об/хв. Для виключення впливу сторонніх домішок та забезпечення достовірності результатів перед кожним дослідом робочі поверхні обладнання ретельно очищували.

Одержану після подрібнення макуху фракціонували за допомогою лабораторного розсійника. Просіювання здійснювали впродовж 3 хв за частоти обертання 120 об/хв із використанням сит з розмірами отворів 0,56 та 0,20 мм. У результаті розсіву було отримано три фракції: схід із сита 0,56 мм (зразок №1), схід із сита 0,20 мм (зразок №2) та прохід через сито 0,20 мм (зразок №3). Для кожної фракції визначали вихід продукту. Усі експериментальні дослідження проводили у триразовій повторності.

Колірні характеристики отриманих фракцій визначали у колірному просторі CIE Lab* за допомогою портативного колориметра «Linshang LS173». Вологість фракцій визначали за методикою, аналогічною до тієї, що використовували під час дослідження вихідної сировини.

Перелік обладнання, використаного під час проведення досліджень, а також загальну схему експерименту наведено на рис. 2.1 та 2.2.

УСТАТКУВАННЯ, ВИКОРИСТАНЕ В ДОСЛІДЖЕННІ



Рисунок 2.1 – Обладнання, використане в дослідженні

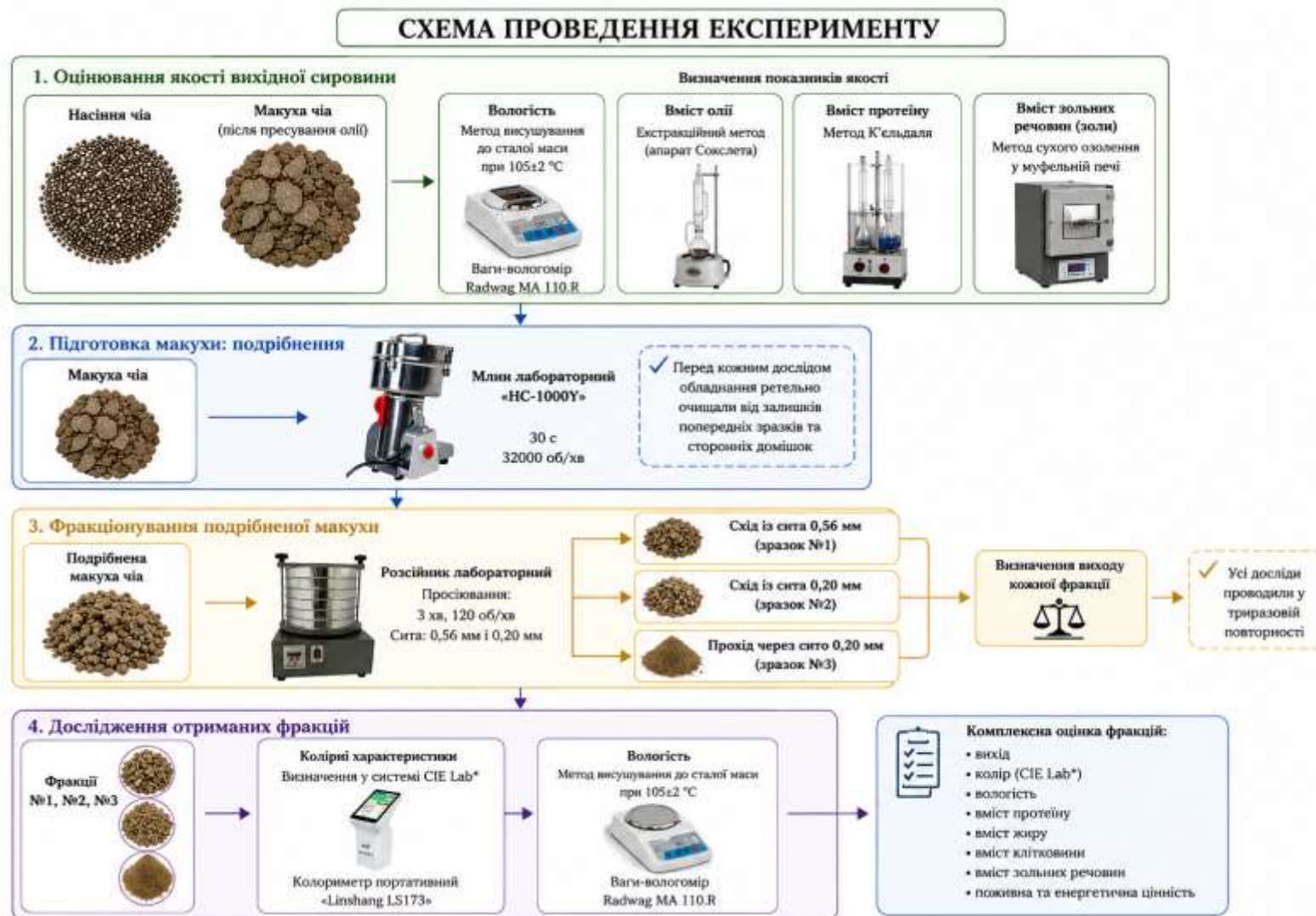


Рисунок 2.2 – Схема проведення досліджень кваліфікаційної роботи*

Примітка: *Схему згенеровано за допомогою засобів штучного інтелекту відповідно до даних, наданих автором.

Висновки до розділу

У результаті виконання дослідницько-аналітичного розділу обґрунтовано актуальність та перспективність переробки макухи з насіння чіа як цінної вторинної сировини харчової промисловості. Встановлено, що комплексне використання макухи відповідає принципам безвідходного виробництва та циркулярної економіки, а також створює передумови для отримання нових функціональних харчових інгредієнтів із високою доданою вартістю.

Сформовано програму досліджень, яка передбачала оцінювання якості вихідної сировини, подрібнення та фракціонування макухи, визначення виходу окремих фракцій, а також дослідження їх фізико-хімічних, кольорових та поживних характеристик. Для реалізації поставлених завдань використано сучасне лабораторне обладнання та загальноприйняті методики аналізу рослинної сировини та продуктів її переробки.

Розроблена схема проведення експерименту забезпечила системний підхід до вивчення властивостей макухи з насіння чіа та отриманих фракцій. Проведене фракціонування дозволило одержати три зразки, що відрізняються за розміром частинок і можуть характеризуватися різним хімічним складом та технологічними властивостями.

Отже, сформовано науково-методичну основу для подальшого дослідження фізико-хімічних характеристик, поживної цінності та можливих напрямів використання продуктів переробки макухи насіння чіа у технологіях харчових виробництв.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Отримані результати аналізу насіння чіа та макухи, отриманої після пресування наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика насіння чіа та макухи, отриманої після пресування

Показник	Значення	
	Насіння	Макуха
Вологість, %	7,30±0,06	8,09±0,55
Масова частка протеїну, у перерахунку на суху речовину, %	16,11±1,39	29,83±0,05
Масова частка олії, у перерахунку на суху речовину, %	36,29±0,25	9,38±0,10
Масова частка клітковини, у перерахунку на суху речовину, %	18,06±0,34	28,67±0,04
Масова частка золи, у перерахунку на суху речовину, %	2,60±0,03	6,75±0,02

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.1, свідчить про суттєві зміни хімічного складу насіння чіа після видобування олії методом пресування. Отримана макуха характеризується зниженим вмістом ліпідів та підвищеною концентрацією інших поживних компонентів, що обумовлено вилученням значної частини олійної фракції. Вологість насіння чіа становила 7,30 %, тоді як у макусі цей показник збільшився до 8,09 %. Незначне підвищення вологості пояснюється концентрацією сухих речовин після часткового вилучення олії та здатністю клітковини утримувати зв'язану воду. Масова частка протеїну в насінні становила 16,11 %, а в макусі зросла до 29,83 %, тобто майже у 1,9 разів. Таке збільшення свідчить про високу концентрацію білкових речовин у пресовому залишку та підтверджує перспективність

використання макухи як білкової сировини для харчових продуктів функціонального призначення. Найбільш суттєві зміни спостерігалися щодо вмісту олії. Якщо в насінні її кількість становила 36,29 %, то після пресування у макусі залишалося лише 9,38 %. Отже, у процесі пресування було вилучено близько 74 % початкового вмісту олії, що підтверджує високу ефективність застосованої технології. Вміст клітковини після пресування зріс з 18,06 до 28,67 %, або на 58,7 %. Це пояснюється концентрацією структурних компонентів насіння після видалення частини ліпідів. Високий рівень харчових волокон робить макуху перспективною сировиною для виробництва продуктів із підвищеним вмістом клітковини. Масова частка золи також суттєво збільшилася – з 2,60 до 6,75 %, що свідчить про концентрацію мінеральних речовин у макусі та її високу мінеральну цінність. Таким чином, макуха з насіння чіа є не відходом, а цінним продуктом переробки, який характеризується високим вмістом протеїну (29,83 %), клітковини (28,67 %) та мінеральних речовин (6,75 %) при відносно низькому вмісті залишкової олії (9,38 %). Отримані результати підтверджують доцільність її подальшої переробки для одержання функціональних харчових інгредієнтів білкового, клітковинного та комплексного призначення.

Результати подрібнення та фракціонування макухи з насіння чіа проілюстровано на рис. 3.1, тоді як у табл. 3.2 наведено вихід отриманих фракцій.

Таблиця 3.2 – Вихід фракцій подрібненої макухи із насіння чіа

Фракція	Вихід, %
Зразок №1 (схід з сита 0,56 мм)	11,65±3,44
Зразок №2 (схід з сита 0,2 мм)	82,19±1,35
Зразок №3 (прохід через сито 0,2 мм)	6,16±2,21



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд одержаних фракцій подрібненої макухи із насіння чіа, зліва на право: схід з сита 0,56 мм, схід з сита 0,2 мм, прохід через сито 0,2 мм

Аналіз результатів фракціонування подрібненої макухи з насіння чіа, наведених у табл. 3.2, свідчить про нерівномірний розподіл частинок за розмірами та переважання середньої фракції у складі досліджуваного продукту.

Найбільший вихід було отримано для зразка №2 (схід із сита 0,2 мм), який становив 82,19 %. Це свідчить про те, що після подрібнення основна маса частинок макухи характеризується середнім розміром і концентрується саме в даній фракції. Високий вихід робить її найбільш перспективною для промислового використання, оскільки забезпечує максимальний вихід готового продукту при мінімальних втратах сировини.

Вихід крупної фракції (зразок №1, схід із сита 0,56 мм) становив 11,65 %. Наявність цієї частини продукту пояснюється присутністю більш грубих частинок оболонки насіння та фрагментів клітковинного комплексу, які не були достатньо подрібнені під час помелу. Така фракція може розглядатися як перспективне джерело харчових волокон.

Найменший вихід зафіксовано для дрібнодисперсної фракції (зразок №3, прохід через сито 0,2 мм) – лише 6,16 %. Незважаючи на незначну кількість, ця фракція становить практичний інтерес, оскільки в процесі подрібнення до

дрібних частинок можуть концентруватися білкові та жирові компоненти насіння.

Отримані результати свідчать, що понад 80 % подрібненої макухи представлено частинками середнього розміру, тоді як частка крупної та дрібної фракцій є відносно невеликою. Це створює передумови для подальшого диференційованого використання кожної фракції залежно від її фізико-хімічних властивостей та технологічного призначення у харчових виробництвах.

Кольорові параметри вихідної макухи та одержаних фракцій подрібненої макухи, визначені із застосуванням портативного колориметра «Linshang LS173», наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Кольорові характеристики макухи із насіння чіа

Назва показника	Макуха із насіння чіа	Подрібнена макуха	№ дослідного зразка після фракціонування		
			1	2	3
Колір					
L*	37,61	51,13	44,55	49,58	53,02
a*	4,35	4,39	4,70	4,56	2,76
b*	11,30	15,98	14,59	15,84	14,97

Аналіз результатів визначення кольорових характеристик макухи з насіння чіа та отриманих після її подрібнення і фракціонування зразків, наведених у табл. 3.3, свідчить про суттєвий вплив розміру частинок на оптичні властивості продукту.

Вихідна макуха характеризувалася найнижчим значенням світлоти L* – 37,61, що свідчить про її найбільш темне забарвлення. Після подрібнення

показник L^* зріс до 51,13, тобто на 13,52 одиниці. Це пояснюється збільшенням питомої поверхні частинок та інтенсивнішим відбиттям світла подрібненим матеріалом. Після фракціонування найменше значення світлоти було характерне для зразка №1 (44,55), який представлений найбільш крупними частинками. У зразка №2 цей показник становив 49,58, а найбільше значення L^* зафіксовано у дрібнодисперсній фракції (зразок №3) – 53,02. Таким чином, зі зменшенням розміру частинок спостерігалася тенденція до освітлення продукту.

Показник a^* , який характеризує інтенсивність червоного відтінку, для вихідної макухи становив 4,35, а після подрібнення практично не змінився (4,39). Найвище значення було зафіксовано у крупній фракції (зразок №1) – 4,70, тоді як у зразка №2 воно становило 4,56. Найнижчий показник a^* мав зразок №3 (2,76), що свідчить про менш виражені червонувато-коричневі тони у дрібнодисперсній фракції.

Значення показника b^* , який характеризує жовту складову кольору, після подрібнення зросло з 11,30 до 15,98. Серед отриманих фракцій найменше значення b^* мав зразок №1 (14,59), тоді як для зразків №2 та №3 воно становило відповідно 15,84 та 14,97. Це свідчить про збереження достатньо виражених жовтуватих відтінків у всіх фракціях подрібненої макухи.

Отримані результати показують, що подрібнення та фракціонування макухи з насіння чіа істотно впливають на її колірні характеристики. Найсвітлішою виявилася дрібнодисперсна фракція (зразок №3), тоді як крупна фракція (зразок №1) характеризувалася більш темним і насиченим червонувато-коричневим забарвленням. Встановлені закономірності можуть бути використані при виборі фракцій для виробництва харчових інгредієнтів, де зовнішній вигляд та колір є важливими показниками якості.

У табл. 3.4 наведено результати дослідження хімічного складу отриманих фракцій подрібненої макухи з насіння чіа, зокрема масової частки вологи, протеїну, олії, клітковини та зольних речовин.

Таблиця 3.4 – Результати аналізу фракцій подрібненої макухи із насіння чіа

Масова частка	№ дослідного зразка подрібненої макухи із насіння чіа		
	1	2	3
Вологи, %	7,50±0,58	7,65±0,23	8,50±0,12
Протеїну*, %	24,17±0,03	30,57±0,02	41,07±0,03
Олії*, %	8,27±0,04	9,82±0,04	12,13±0,03
Клітковини*, %	35,29±0,02	28,08±0,03	14,14±0,02
Золи*, %	6,29±0,02	6,69±0,03	7,93±0,04

* - у перерахунку на сухі речовини

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.4, свідчить про суттєву залежність хімічного складу продуктів переробки макухи з насіння чіа від розміру частинок після подрібнення та фракціонування. Отримані дані підтверджують, що окремі фракції відрізняються за концентрацією основних поживних компонентів, що визначає перспективні напрями їх подальшого використання у харчових технологіях.

Вологість дослідних зразків перебувала в межах від 7,50 до 8,50 %. Найменшу вологість мала крупна фракція (зразок №1) – 7,50 %, тоді як найбільше значення зафіксовано у дрібнодисперсній фракції (зразок №3) – 8,50 %. Незначне підвищення вологості у дрібній фракції може бути пов'язане зі збільшенням питомої поверхні частинок та їх більшою здатністю утримувати вологу.

Найбільш виражені відмінності спостерігалися за вмістом протеїну. У зразку №1 масова частка білка становила 24,17 %, у зразку №2 – 30,57 %, а у зразку №3 досягала 41,07 %. Таким чином, зі зменшенням розміру частинок вміст протеїну послідовно зростав. Порівняно з крупною фракцією

дрібнодисперсний продукт містив на 16,90 процентного пункту більше білка, що свідчить про концентрування білкових речовин у найдрібнішій фракції.

Аналогічна тенденція встановлена і щодо залишкового вмісту олії. У крупній фракції її кількість становила 8,27 %, у середній – 9,82 %, а в дрібній – 12,13 %. Це свідчить про накопичення частинок ядра насіння, багатих на білково-жирові компоненти, саме у фракції з найменшим розміром частинок.

На відміну від протеїну та олії, вміст клітковини зменшувався зі зменшенням розміру частинок. Найбільше значення показника було характерне для зразка №1 – 35,29 %, у середній фракції воно становило 28,08 %, а у дрібній – лише 14,14 %. Отримані результати свідчать, що оболонкові частини насіння, які містять основну масу харчових волокон, концентруються переважно у крупній фракції.

Масова частка золи змінювалася від 6,29 до 7,93 %. Найнижче значення було характерне для зразка №1, тоді як найвище – для зразка №3. Це свідчить про накопичення мінеральних речовин у дрібнодисперсній фракції разом із білково-жировими компонентами.

На основі результатів визначення хімічного складу розраховано поживну та енергетичну цінність дослідних фракцій подрібненої макухи з насіння чіа. Отримані результати наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Поживна та енергетична цінність різних фракцій подрібненої макухи із насіння чіа

Назва показника	№ дослідного зразка		
	1	2	3
Білки, г/100 г	24,17	30,57	41,07
Жири, г/100 г	8,27	9,82	12,13
Вуглеводи, г/100 г	25,98	24,84	24,72
Енергетична цінність, ккал/100 г	269,85	305,06	367,41

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.5, свідчить про суттєві відмінності у поживній та енергетичній цінності окремих фракцій подрібненої макухи з насіння чіа, що обумовлено нерівномірним розподілом основних поживних речовин між частинками різного розміру.

Вміст білків у дослідних зразках зростає зі зменшенням розміру частинок. Якщо у крупній фракції (зразок №1) цей показник становив 24,17 г/100 г, то у середній фракції (зразок №2) він збільшувався до 30,57 г/100 г, а у дрібнодисперсній фракції (зразок №3) досягав максимального значення – 41,07 г/100 г. Таким чином, вміст білка у зразку №3 був на 69,9 % вищим порівняно зі зразком №1, що свідчить про концентрування білкових речовин у найдрібнішій фракції.

Аналогічна закономірність спостерігалася і щодо вмісту жирів. У зразку №1 масова частка жирів становила 8,27 г/100 г, у зразку №2 – 9,82 г/100 г, а у зразку №3 – 12,13 г/100 г. Порівняно з крупною фракцією вміст жиру у дрібнодисперсному продукті був вищим на 46,7 %, що підтверджує накопичення залишкової олії в частинках найменшого розміру.

Вміст вуглеводів змінювався незначно та перебував у межах від 24,72 до 25,98 г/100 г. Найбільше значення зафіксовано у зразку №1, а найменше – у зразку №3. Незначний характер цих змін свідчить про відносно рівномірний розподіл вуглеводної складової між усіма фракціями.

Енергетична цінність дослідних зразків безпосередньо залежала від вмісту білків та жирів. Найнижчу калорійність мала крупна фракція (269,85 ккал/100 г), середня фракція характеризувалася енергетичною цінністю 305,06 ккал/100 г, тоді як дрібнодисперсна фракція мала найвищий показник – 367,41 ккал/100 г. Порівняно зі зразком №1 енергетична цінність зразку №3 була більшою на 97,56 ккал/100 г, або на 36,2 %.

Отримані результати свідчать, що фракціонування макухи з насіння чіа дозволяє отримувати продукти з різною поживною цінністю та функціональним призначенням. Крупна фракція може використовуватися як джерело харчових волокон та інгредієнт для зниження калорійності харчових

продуктів. Середня фракція, яка характеризується збалансованим співвідношенням поживних речовин і найбільшим виходом, є перспективною для використання як універсальне харчове борошно. Дрібнодисперсна фракція завдяки високому вмісту білка (41,07 г/100 г), жирів (12,13 г/100 г) та найбільшій енергетичній цінності може розглядатися як білково-жировий концентрат для створення функціональних продуктів підвищеної біологічної цінності.

Порівняльний аналіз отриманих фракцій макухи з насіння чіа із виробничими зразками наведено в табл. 3.6–3.8.

Таблиця 3.6 – Порівняльний аналіз зразку №1 подрібненої макухи насіння чіа із виробничими зразками клітковини

Назва показника, на 100 г продукту	Зразок №1	Виробничі зразки
Білки, г	24,17	18,0
Жири, г	8,27	6,0
Вуглеводи, г	25,98	20,0
Енергетична цінність, ккал	269,85	232,0

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.6, свідчить про високий потенціал використання зразка №1 подрібненої макухи насіння чіа як альтернативного джерела харчових волокон та функціонального інгредієнта порівняно з виробничими зразками клітковини.

Вміст білків у дослідному зразку становив 24,17 г/100 г, що на 6,17 г або на 34,3 % перевищувало аналогічний показник промислової клітковини (18,0 г/100 г). Підвищений вміст протеїну суттєво збільшує біологічну цінність продукту та розширює можливості його використання у технологіях функціонального харчування. Вміст жирів у зразку №1 дорівнював 8,27 г/100 г, тоді як у виробничих зразках клітковини цей показник становив 6,0 г/100 г.

Таким чином, дослідний продукт містив на 37,8 % більше ліпідів. Наявність залишкової олії насіння чіа є додатковою перевагою, оскільки вона характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот, зокрема ω -3. Кількість вуглеводів у зразку №1 становила 25,98 г/100 г, що на 5,98 г або майже на 30 % більше порівняно з виробничими аналогами. Це може бути пов'язано з присутністю у складі макухи структурних полісахаридів та інших вуглеводних компонентів насіння чіа.

Енергетична цінність дослідного зразка становила 269,85 ккал/100 г, тоді як у промислових зразків клітковини вона дорівнювала 232,0 ккал/100 г. Підвищення калорійності на 37,85 ккал/100 г (16,3 %) обумовлене вищим вмістом білків та жирів.

Таблиця 3.7 – Порівняльний аналіз зразку №2 подрібненої макухи із насіння чіа із виробничими зразками борошна

Назва показника, на 100 г продукту	Зразок №2	Виробничі зразки
Білки, г	30,57	16,0–23,81
Жири, г	9,82	6,0–13,3
Вуглеводи, г	24,84	20,0–47,45
Енергетична цінність, ккал	305,06	232–486

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.7, свідчить про високий потенціал використання зразка №2 подрібненої макухи насіння чіа як альтернативи традиційному борошну та перспективної сировини для виробництва функціональних харчових продуктів.

Вміст білків у дослідному зразку становив 30,57 г/100 г, що суттєво перевищує показники виробничих зразків борошна, для яких цей параметр знаходився в межах 16,0–23,81 г/100 г. Порівняно з мінімальним значенням

промислових аналогів вміст білка у зразку №2 був майже вдвічі вищим, що свідчить про його значну біологічну цінність та перспективність використання у виробництві продуктів підвищеної поживної цінності. Вміст жирів у зразку №2 становив 9,82 г/100 г і знаходився в межах, характерних для виробничих зразків борошна (6,0–13,3 г/100 г). Це свідчить про збереження частини цінної ліпідної фракції насіння чіа після пресування та забезпечує додаткову фізіологічну цінність продукту завдяки наявності поліненасичених жирних кислот. Кількість вуглеводів у дослідному зразку дорівнювала 24,84 г/100 г, що також відповідає діапазону значень виробничих аналогів (20,0–47,45 г/100 г). При цьому вміст вуглеводів є помірним і нижчим порівняно з багатьма традиційними видами борошна, що може бути перевагою під час розроблення продуктів зі зниженим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів.

Енергетична цінність зразка №2 становила 305,06 ккал/100 г, що знаходиться в межах значень, характерних для виробничих зразків борошна (232–486 ккал/100 г). Отже, за калорійністю дослідний продукт не поступається промисловим аналогам і може використовуватися без суттєвих змін енергетичної цінності готових виробів.

Таблиця 3.8 – Порівняльний аналіз зразку №3 подрібненої макухи із насіння чіа з виробничими зразками білкового концентрату (протеїну)

Назва показника, на 100 г продукту	Зразок №3	Виробничі зразки
Білки, г	41,07	31,0
Жири, г	12,13	9,0
Вуглеводи, г	24,72	27,0
Енергетична цінність, ккал	367,41	440

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.8, свідчить про високий потенціал використання зразка №3 подрібненої макухи насіння чіа як білково-жирового концентрату та перспективної альтернативи наявним на ринку білковим продуктам рослинного походження.

Вміст білків у дослідному зразку становив 41,07 г/100 г, що на 10,07 г або на 32,5 % перевищувало показник виробничих зразків білкових концентратів (31,0 г/100 г). Такий високий рівень протеїну свідчить про ефективне концентрування білкових речовин у дрібнодисперсній фракції та підтверджує доцільність її використання як джерела рослинного білка для функціональних продуктів харчування. Вміст жирів у зразку №3 становив 12,13 г/100 г, тоді як у промислових аналогів цей показник дорівнював 9,0 г/100 г. Перевага дослідного зразка становила 3,13 г або 34,8 %. Це пояснюється наявністю залишкової олії насіння чіа, яка є джерелом поліненасичених жирних кислот, насамперед ω -3, що підвищує біологічну цінність продукту. Кількість вуглеводів у дослідному зразку становила 24,72 г/100 г, що дещо нижче порівняно з виробничими білковими концентратами (27,0 г/100 г). Зниження вмісту вуглеводів на 2,28 г або 8,4 % є позитивною характеристикою для продуктів, орієнтованих на підвищений вміст білка.

Енергетична цінність зразка №3 дорівнювала 367,41 ккал/100 г, тоді як у виробничих аналогів вона становила 440 ккал/100 г. Незважаючи на вищий вміст білків і жирів, калорійність дослідного продукту була нижчою на 72,59 ккал/100 г, або на 16,5 %. Це свідчить про більш збалансований нутрієнтний склад та підвищену поживну цінність продукту.

Висновки до розділу

Після видобування олії з насіння чіа утворюється макуха з високою концентрацією цінних поживних речовин. Порівняно з вихідним насінням вміст протеїну в макусі зріс з 16,11 до 29,83 %, клітковини – з 18,06 до 28,67 %, а зольних речовин – з 2,60 до 6,75 %. Водночас вміст олії зменшився з 36,29

до 9,38 %, що свідчить про ефективність процесу пресування. Отримані результати підтверджують, що макуха насіння чіа є цінною вторинною сировиною з високим вмістом білка, харчових волокон і мінеральних речовин та має значний потенціал для виробництва функціональних харчових інгредієнтів і продуктів підвищеної поживної цінності.

Результати фракціонування подрібненої макухи з насіння чіа показали, що основну її частину становить середня фракція (зразок №2), вихід якої досягав 82,19 %, що свідчить про високу однорідність продукту після подрібнення та перспективність її використання як основної борошнистої сировини. Частка крупної фракції становила 11,65 % і представлена переважно клітковинними компонентами та фрагментами оболонки насіння, що дозволяє розглядати її як джерело харчових волокон. Найменший вихід мала дрібнодисперсна фракція – 6,16 %.

Подрібнення та фракціонування макухи з насіння чіа дозволяє отримати продукти з різними фізико-хімічними властивостями та напрямками використання. Встановлено, що зі зменшенням розміру частинок підвищуються показники світлоти, вмісту протеїну, залишкової олії, мінеральних речовин та енергетичної цінності, тоді як вміст клітковини знижується. Найбільший вихід мала середня фракція (82,19 %), яка характеризувалася збалансованим хімічним складом і може бути рекомендована як борошниста сировина для харчових виробництв. Крупна фракція відзначалася найвищим вмістом клітковини (35,29 %) та є перспективною для виробництва харчових волокон, а дрібнодисперсна фракція містила максимальну кількість протеїну (41,07 %) і жиру (12,13 %), що дозволяє розглядати її як білково-жировий концентрат функціонального призначення. Порівняння з промисловими аналогами підтвердило конкурентоспроможність отриманих продуктів за поживною цінністю та перспективність їх використання для створення функціональних харчових інгредієнтів та продуктів здорового харчування.

На основі отриманих результатів виробникам олії з насіння чіа доцільно рекомендувати впровадження комплексної переробки макухи шляхом її подрібнення та фракціонування, оскільки це дозволяє отримувати декілька видів харчових інгредієнтів із різними функціональними властивостями та високою доданою вартістю.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальні правила безпеки і охорони праці при виробництві сипких продуктів з насіння чіа в лабораторних умовах

Експериментальні дослідження з розробки технології та виробництва сипких продуктів, зокрема клітковини, борошна та композиційних сумішей з насіння чіа, виконували в науково-дослідній лабораторії кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ). Організація охорони праці, загальної техніки безпеки та виробничої санітарії під час проведення зазначених досліджень базувалася на дотриманні Закону України «Про охорону праці», а також чинних внутрішніх інструкцій з безпеки роботи в лабораторіях закладу вищої освіти. Комплексний підхід до безпеки життєдіяльності під час експериментів дозволив забезпечити належні умови праці, запобігти виникненню аварійних ситуацій та гарантувати високу точність одержаних результатів.

При проведенні лабораторних досліджень із переробки насіння чіа на сипкі продукти на працюючих дослідників діє комплекс специфічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основним чинником є органічний пил високої дисперсності, який інтенсивно виділяється в повітря робочої зони під час подрібнення сировини, її подальшого просіювання та фасування готових продуктів. Цей пил здатний чинити виражену подразнювальну дію на слизові оболонки дихальних шляхів та органів зору, а за умови досягнення критичної концентрації в замкненому просторі він може утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші. Додатково виникає термічна небезпека, пов'язана з експлуатацією високотемпературного обладнання, такого як сушильні шафи, термостати та муфельні печі, що використовуються для визначення показників якості продуктів. Контакт із розігрітими поверхнями цього обладнання, а також із гарячим лабораторним

посудом, зокрема бюксами та тиглями, створює суттєвий ризик отримання термічних опіків.

Важливе місце в структурі небезпек посідає ризик ураження електричним струмом, оскільки лабораторія кафедри харчових технологій ДДАЕУ оснащена значною кількістю сучасного електрообладнання, що працює під напругою 220 В. Сюди належать лабораторні млини, електронні аналітичні ваги, мішалки та сушильні комплекси. Потенційна загроза виникає в разі випадкового пошкодження ізоляції живильних кабелів, відсутності або несправності захисного заземлення, а також при грубому порушенні загальних правил експлуатації приладів. Окрім цього, рухомі та обертові робочі органи лабораторних млинів і механічних ситових аналізаторів створюють постійну небезпеку механічного травмування кінцівок при недотриманні регламенту безпечного пуску та зупинки апаратів. Робота аспіраційних установок і вібросит також супроводжується підвищеним рівнем шуму та локальної вібрації, що при тривалій дії негативно впливає на нервову систему дослідника та знижує його увагу.

До безпосереднього виконання експериментальних робіт у лабораторії кафедри допускаються виключно особи, які пройшли вступний, первинний на робочому місці, а за потреби й цільовий інструктаж з техніки безпеки, що обов'язково фіксується підписом у відповідному журналі реєстрації. Перебування в приміщенні лабораторії без належних засобів індивідуального захисту суворо заборонено. Стандартний комплект захисного одягу включає бавовняний лабораторний халат, щільно застебнутий на всі гудзики та оснащений манжетами на рукавах, а також змінне взуття із закритим носком та неслизькою підошвою. Під час виконання найбільш пиломістких операцій, таких як розмелювання та просіювання, доцільно використовувати протипилові респіратори та захисні герметичні окуляри для запобігання травмуванню очей. При маніпуляціях із розігрітими зразками та обладнанням обов'язковим є застосування термостійких рукавичок або сухих лабораторних щипців.

Особливу увагу приділяють підтриманню чистоти на робочому місці, оскільки захащення столів та проходів сторонніми предметами не допускається. Специфіка роботи з насінням чіа полягає в тому, що воно містить значну кількість гідрофільних слизів. У разі потрапляння насіння або борошна на підлогу їх необхідно негайно прибрати виключно сухим способом за допомогою щітки та совка. Вологий спосіб прибирання розсипаної сировини категорично заборонений, тому що при контакті з водою насіння чіа миттєво виділяє прозорий гель, який робить поверхню підлоги надзвичайно слизькою, створюючи критичний ризик падіння та травмування персоналу лабораторії.

Безпека виконання основних технологічних операцій вимагає суворого дотримання послідовності дій. Перед початком етапу теплової підготовки та сушіння насіння чіа необхідно візуально перевірити цілісність мережевих шнурів та переконатися в надійності підключення захисного заземлення до корпусу сушильної шафи. Завантаження та вивантаження буюкс із насінням здійснюється тільки за допомогою спеціальних металевих щипців, а залишати увімкнені термічні прилади без нагляду на тривалий час суворо забороняється. Етап подрібнення сировини має свої особливості, викликані високим вмістом рослинних жирів у насінні чіа, який досягає 30–33 %. Під час інтенсивного розмелювання в замкненому просторі лабораторного млина відбувається швидке самонагрівання робочої зони, що може призвести до розплавлення жирів, забивання ножового механізму, перегріву електродвигуна та термічного псування самого продукту.

Для запобігання таким явищам подрібнення слід проводити короткими імпульсними режимами з тривалістю безперервної роботи двигуна не більше однієї-двох хвилин, роблячи технологічні перерви для охолодження камери. Категорично забороняється відкривати кришку млина до повної зупинки обертового механізму. Очищення внутрішніх поверхонь млина від залишків макухи та борошна чіа виконується лише після повного знеструмлення приладу шляхом витягування вилки з розетки, з використанням м'яких

пензликів. На етапі просіювання та фракціонування сипких продуктів на механічних ситових аналізаторах необхідно надійно фіксувати пакети сит за допомогою затискних гвинтів. Щоб уникнути надмірного запилення повітря під час пересипання отриманих порошків, усі маніпуляції з дрібнодисперсними фракціями чіа слід проводити всередині витяжної шафи при увімкненій локальній вентиляції.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення лабораторії кафедри харчових технологій відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, проте постійна присутність органічного пилу та гігроскопічної вологи вимагає підвищеної пильності. Забороняється торкатися електроприладів вологими руками або проводити їх чищення у ввімкненому стані. У разі виявлення ознак несправності обладнання, таких як іскріння, поява стороннього шуму, запаху горілої ізоляції або диму, роботу необхідно негайно припинити, знеструмити прилад та повідомити відповідальну особу. Пожежна безпека є критично важливою, оскільки органічний дрібнодисперсний пил чіа є горючим матеріалом. Через це в лабораторії суворо заборонено використання відкритого вогню та побутових електронагрівальних приладів із відкритою спіраллю.

У разі виникнення загоряння або пожежі алгоритм дій передбачає негайне знеструмлення всього приміщення лабораторії за допомогою головного розподільчого рубильника, виклик пожежної служби та початок ліквідації вогню первинними засобами пожежогасіння. Оскільки гасіння електроустановок під напругою та сипких палаючих матеріалів водою заборонено через загрозу короткого замикання та ризик роздмухування пилової хмари, в лабораторії застосовують виключно вуглекислотні або порошкові вогнегасники, які розташовані у спеціально відведених та промаркованих місцях.

Виробнича санітарія та гігієна праці в лабораторії повністю підпорядковані вимогам до підприємств харчової промисловості, оскільки кінцевим продуктом досліджень є харчові напівфабрикати та інгредієнти.

Лабораторне приміщення обов'язково обладнується загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує необхідну кратність повітрообміну та знижує концентрацію зваженого пилу. Рівень природного та штучного освітлення на робочих поверхнях столів підтримується на рівні не менше 300 лк. Після закінчення кожної робочої зміни проводиться ретельне вологе прибирання поверхонь, за винятком зон розміщення електроприладів, та дезінфекція лабораторних столів дозволеними до використання засобами. Усі дослідники зобов'язані суворо дотримуватися правил особистої гігієни, ретельно мити руки з милом перед початком роботи та після її завершення. Систематичне та неухильне дотримання комплексу описаних правил безпеки праці під час проведення досліджень на базі ДДАЕУ дозволило повністю виключити ризики виробничого травматизму та забезпечити стабільну високу якість одержаних дослідних зразків харчових продуктів із насіння чіа.

4.2 Розробка картки безпеки праці при переробці макухи з насіння чіа

На рис. 4.1 наведена розроблена картка безпеки праці для оператора лінії з виробництва сипких продуктів з насіння чіа.

4.3 Екологічна безпека та поводження з промисловими відходами при переробці макухи з насіння чіа

Експериментальні та технологічні процеси, пов'язані з подальшою переробкою макухи з насіння чіа (екстракція залишкових ліпідів, одержання білкових концентратів, подрібнення до стану високодисперсного борошна), неминує супроводжуватися утворенням супутніх продуктів та відходів. Оскільки макуха насіння чіа є цінною вторинною біологічною сировиною з високим вмістом залишкової кількості жирів (до 8–10 %), білків та клітковини, організація процесу поводження з її відходами вимагає специфічного підходу

для запобігання мікробіологічному псуванню, самозайманню та забрудненню навколишнього середовища.

<p>1. Загальна інформація</p> <p>1. Місце роботи – лінія з виробництва сипких продуктів з насіння чіа.</p> <p>2. Вид робіт – подрібнення та фракціонування макухи.</p> <p>3. Посада – оператор лінії.</p> <p>4. Тривалість робочого часу – 2 зміни (07:00–18:30; 19:00–06:30).</p> <p>5. Проходження медогляду – 1 раз на рік.</p> <p>6. Проходження повторного інструктажу з охорони праці – 1 раз на 6 місяців.</p> <p>7. Термін дії картки: до 31.12.2029 р.</p>	<p>2. Забезпечення одягом та засобами індивідуального захисту</p> <p>1. Санітарний одяг (4 комплекти) – 1 раз на рік.</p> <p>2. Взуття шкіряне жаростійке – 1 раз на 6 місяців.</p> <p>3. Наручники бавовняні – 1 раз на 3 місяці.</p> <p>4. Рукавиці трикотажні, навушники протишумові, окуляри захисні – до зносу.</p>
<p>3. Вимоги перед початком роботи</p> <p>1. До роботи допускають осіб, які досягли 18-річного віку, пройшли медичне обстеження та не мають медичних протипоказань, вступний інструктаж, спеціальне навчання.</p> <p>2. Робітник повинен одягнути спецодяг, підготувати робочу зону.</p> <p>3. Перевірити роботу штучної вентиляції, справність та наявність захисних огорожень приводів робочих органів.</p> <p>4. Перед запуском обладнання перевірити, що нікому не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів.</p> <p>5. Перевірити роботу обладнання на холостому ходу.</p> <p>6. При виявленні порушення і недоліків доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.</p>	<p>4. Вимоги під час роботи</p> <p>1. Робітнику дозволяється виконувати тільки ту роботу, за якою пройдено навчання, інструктаж з охорони праці, до якої допущений особою, відповідальною за безпечне проведення осіб.</p> <p>2. Необхідно утримувати своє робоче місце у належній чистоті, своєчасно прибирати з підлоги розсипану сировину та готову продукцію, тощо.</p> <p>3. Необхідно застосовувати засоби захисту рук під час роботи з гарячими поверхнями.</p> <p>4. Можна використовувати тільки справне устаткування, інструмент, пристосування.</p> <p>5. Не дозволяється доручати свою роботу іншим особам, які не пройшли відповідне навчання та інструктаж.</p>
<p>5. Вимоги після закінчення роботи</p> <p>1. Привести в порядок робоче місце, інструменти та пристосування прибрати у відведене місце.</p> <p>2. Зняти і здати спецодяг та засоби індивідуального захисту.</p> <p>3. Виконати правила особистої гігієни.</p> <p>4. Про виявлені порушення і недоліки під час проведення робіт доповісти безпосередньому керівнику і змінному працівнику.</p>	<p>6. Вимоги в надзвичайних ситуаціях</p> <p>1. негайно припинити всі роботи.</p> <p>2. Вимкнути все обладнання;</p> <p>3. Доповісти керівнику про виникнення надзвичайної ситуації.</p>
<p align="center">Контакти служб екстреної допомоги</p>	
<p>Внутрішні службові номери:</p> <p>Майстер відділення: 000-00-00</p> <p>Служба охорони праці:</p> <p>000-00-00 – головний інженер,</p> <p>000-00-00 – медичний кабінет.</p>	<p align="center">КОНТАКТИ СЛУЖБ ЕКСТРЕНОЇ ДОПОМОГИ УКРАЇНИ</p>  <p>101 Поліція, пожежа, медицина 102 Поліція, ДДІ, аварійна допомога 103 Газ, електрика, тепло, вода 104 Амбулаторія, лікарня, аптека</p>

Рисунок 4.1 – Картка безпеки праці для оператора лінії

Головними видами відходів та супутніх продуктів, що утворюються під час переробки макухи чіа в лабораторних та напівпромислових умовах, є аспіраційний пил дрібної фракції, відпрацьований твердий знежирений шрот (після проведення хімічної або надкритичної екстракції), пакувальні матеріали, а також рідкі відходи у вигляді залишків екстрагентів або промивних вод. З огляду на вимоги безпеки, першочерговим завданням є контроль за станом повітряного середовища та мінімізація виділення дрібнодисперсного органічного пилу макухи. Аспіраційний пил макухи чіа належить до горючих речовин із вираженою здатністю до утворення вибухонебезпечних аерозольних сумішей у закритих об'ємах. Для уловлювання цього виду відходів у зоні подрібнення та просіювання макухи обов'язково застосовують локальні циклони та тканинні рукавні фільтри. Накопичений у фільтрах пил підлягає регулярному вивантаженню у герметичну тару, оскільки його тривале перебування у зваженому або пухкому стані створює загрозу пилового вибуху при появі випадкової іскри від статичної електрики або перегрітих деталей обладнання.

Особливу небезпеку з погляду виробничої санітарії та пожежної безпеки становить відпрацьований твердий залишок (шрот) макухи чіа після пресування або екстракції. Через високу гігроскопічність та наявність залишків рослинних олій, такий шрот за умов підвищеної вологості (понад 12–13 %) та обмеженого доступу повітря схильний до процесів самозігрівання та мікробіологічного самозаймання. Біологічна активність мікрофлори на поверхні вологої макухи призводить до стрімкого підвищення температури всередині насипу, що може викликати обуглювання та внутрішнє горіння матеріалу з виділенням токсичного чадного газу. З метою запобігання цим явищам, правила безпеки вимагають негайного висушування відпрацьованого шроту до залишкової вологості не більше 7–8 % або його оперативної утилізації. Зберігання макухи чіа дозволяється виключно в чистих, сухих, добре вентильованих приміщеннях у закритій тарі (паперових або

поліпропіленових мішках), розміщених на піддонах на відстані не менше 0,5 метра від стін та опалювальних приладів.

У випадках, коли для переробки макухи з насіння чіа застосовують методи хімічної екстракції з використанням органічних розчинників (наприклад, гексану, етилового спирту або петролейного ефіру), виникає комплекс небезпек, пов'язаних із токсичними та вогненебезпечними рідкими відходами. Відпрацьовані розчинники та шлам, що містить сліди екстрагентів, категорично заборонено зливати в загальну каналізаційну мережу, оскільки це може призвести до отруєння активного мулу очисних споруд, руйнування трубопроводів або накопичення вибухонебезпечних парів у каналізаційних колодязях. Рідкі токсичні відходи збирають в окремі скляні або металеві герметичні ємності з чітким маркуванням та передають на спеціалізовані підприємства для подальшої регенерації шляхом дистиляції або для екологічно безпечного спалювання у спеціальних високотемпературних печах.

З огляду на концепцію безвідходного виробництва та принципи циркулярної економіки, тверді відходи переробки макухи чіа, які не зазнавали впливу токсичних хімічних реагентів, не підлягають вивезенню. Завдяки унікальному амінокислотному профілю та високому вмісту харчових волокон, висушений знежирений шрот чіа розглядають як цінну сировину для супутніх галузей. Основними безпечними та екологічно доцільними напрямками його утилізації є використання як рецептурного компонента при виробництві комбікормів для тваринництва та птахівництва, або як збагачувальної добавки у харчовій промисловості (хлібопекарське та кондитерське виробництво). У разі неможливості реалізації шроту для кормових чи харчових цілей через втрату якості, він може бути утилізований як органічне добриво для сільськогосподарських угідь або використаний як висококалорійна сировина для отримання паливних пелет та брикетів, що дозволяє значно знизити загальний екологічний слід переробного підприємства.

Організація робочих місць під час поводження з відходами переробки макухи чіа базується на дотриманні санітарно-гігієнічних вимог. Очищення обладнання, ситових сепараторів та ємностей від залишків макухи має виконуватися щозмінно. При цьому застосовується комбінований метод прибирання: спочатку сухий спосіб за допомогою пиłosосів у вибухозахищеному виконанні або м'яких щіток, а потім вологе протирання поверхонь з використанням дезінфікуючих розчинів, дозволених для харчових виробництв. Залишки пакувальних матеріалів (паперова тара, полімерна плівка, шпагат), що утворюються при розпакуванні сировини, підлягають обов'язковому сортуванню за видами матеріалів та складуванню у спеціально відведених місцях для подальшої передачі на підприємства з переробки вторинної сировини. Куріння, вживання їжі або зберігання особистих речей у зонах накопичення та первинної обробки відходів суворо забороняється через ризик випадкового отруєння парами екстрагентів або вдихання шкідливого пилу.

Кожна особа, залучена до процесів збирання, сортування та транспортування відходів переробки макухи, зобов'язана пройти відповідне навчання та інструктаж з правил безпечного поводження з промисловими відходами конкретного класу небезпеки. Відповідальність за дотримання встановлених лімітів накопичення відходів на території лабораторії або цеху, справність вентиляційних та очисних споруд, а також за своєчасне вивезення відпрацьованих матеріалів покладається на завідувача лабораторії або керівника виробничої дільниці.

Впровадження описаного комплексу організаційно-технічних заходів з управління відходами під час переробки макухи з насіння чіа забезпечує повну відповідність технологічного процесу критеріям екологічної безпеки, мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище та створює безпечні умови праці.

Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу умов праці в лабораторії кафедри харчових технологій ДДАЕУ було ідентифіковано основні небезпечні та шкідливі чинники, серед яких ключове місце посідають високодисперсний органічний пил чіа, термічні ризики, загроза ураження струмом та механічні травми від рухомих частин обладнання. Обґрунтовано та регламентовано послідовність безпечного виконання основних технологічних операцій теплової підготовки, подрібнення, просіювання та фракціонування сировини.

З метою мінімізації виробничого травматизму та оптимізації дій персоналу розроблено комплексну картку безпеки праці для оператора лінії, що містить чіткий алгоритм дій як у штатному режимі, так і у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Особливу увагу приділено пожежній безпеці та специфіці прибирання робочих зон, де через гідрофільні властивості насіння чіа суворо заборонено вологий спосіб збирання розсипаного матеріалу для запобігання утворенню слизького гелю та падіння працівників.

У межах забезпечення екологічної безпеки визначено головні види промислових відходів і встановлено вимоги щодо уловлювання вибухонебезпечного пилу та недопущення мікробіологічного самозаймання відпрацьованого шроту. З огляду на принципи циркулярної економіки, доведено доцільність повної утилізації неотруйних твердих залишків макухи як цінної вторинної біологічної сировини для кормових, харчових або паливних цілей.

Впровадження розробленого комплексу організаційно-технічних заходів та картки безпеки гарантує відповідність виробництва критеріям екологічності й створює абсолютно безпечні умови праці.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Аналіз наукових і літературних джерел підтвердив актуальність та доцільність переробки макухи, що утворюється після видобування олії з насіння чіа, як цінної вторинної сировини для виробництва сипких продуктів функціонального призначення. У процесі експериментальних досліджень було вивчено фізико-хімічні показники, кольорові характеристики, а також визначено поживну та енергетичну цінність різних фракцій подрібненої макухи із насіння чіа.

Для оцінки економічної складової виконаних досліджень розроблено кошторис витрат, який включає основні матеріальні, енергетичні та трудові ресурси, необхідні для проведення експериментальних робіт.

Розрахунок витрат на основні та побічні матеріали виконували за формулою (5.1):

$$m = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де m_i – масова кількість використаного i -го матеріалу, кг;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Кількість використаних матеріалів та їх вартість

№ з/п	Найменування матеріалів, одиниці	Ціна за одиницю, грн	Кількість	Сума, грн
1	Насіння чіа, кг	450,00	4	1350,00
Всього				1350,00

Розрахунок заробітної плати керівника наукового дослідження наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньогодинний заробіток, грн/год	Кільк. людино-годин	Сума, грн
Керівник кваліфікаційної роботи	14574,00	101,21	20	2024,20
Всього				2024,20

Нарахування на заробітну плату складають 22 % від фонду робочого часу. Відповідно, до визначеної суми заробітної плати вони становлять:

$$H = \frac{2024,20 \cdot 22}{100} = 445,32 \text{ грн}$$

Витрати на спожиту електроенергію розраховували за формулою (5.2):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

де M – потужність задіяного електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності, $K = 0,9$;

T – час роботи обладнання, год.;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн./(кВт/год.);

$a = 9,83 \text{ грн./(кВт/год.)}$.

Дослідження проводили з використанням наступного обладнання:

- лабораторні ваги «ТВЕ-3-0,05»;
- ваги-вологомір «Radwag MA 110.R»;
- млин лабораторний «НС-1000У»;

- розсійник лабораторний;
- ноутбук «Asus»;
- колориметр портативний «Linshang LS173»;

Узагальнені результати розрахунків дійсних витрат на електроенергію наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на електроенергію

Обладнання	Потужність обладнання, кВт	Час роботи обладнання, год	Витрати на електроенергію, грн
Лабораторні ваги «ТВЕ-3-0,05»	0,012	1,1	0,12
Млин лабораторний «НС-1000У»	3,2	0,2	5,66
Розсійник лабораторний	0,015	0,3	0,04
Ваги-вологомір «Radwag МА 110.В»	0,3	4,6	12,21
Ноутбук «Asus»	0,02	60	10,62
Всього			28,65

Витрати на амортизацію обладнання знаходили за формулою (5.3):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де А – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

N – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Лабораторні ваги «ТВЕ-3-0,05»	11670,20	10	0,05	0,16
Млин лабораторний «НС-1000Y»	13166,80	10	0,01	0,04
Розсійник лабораторний	23000,50	10	0,01	0,06
Ноутбук «Asus»	32650,50	25	2,5	55,91
Колориметр портативний «Linshang LS173»	9990,50	10	0,36	0,99
Вологомір «Radwag MA 110.R»	70000,00	15	0,37	10,64
Всього				67,80

Накладні витрати, що пов'язані з обслуговуванням лабораторного обладнання приймають на рівні 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{2024,20 \cdot 80}{100} = 1619,36 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	1350,00
Заробітна плата	2024,20
Нарахування на заробітну плату	445,32
Електроенергія	28,65
Амортизація	67,80
Накладні витрати	1619,36
Додаткові витрати	5280,00
Всього	10815,33

Загальна вартість дослідження визначали за формулою (5.4):

$$\text{Ц} = \text{С} + \frac{\text{Р} \cdot \text{С}}{100}, \quad (5.4)$$

де Ц – вартість дослідження, грн;

С – витрати на дослідження, грн;

Р – нормативна рентабельність (Р=30), %.

$$\text{Ц} = 10815,33 + \frac{30 \cdot 10815,33}{100} = 14059,93 \text{ грн}$$

Витрати на проведені дослідження кваліфікаційної роботи становили 14059,93 грн.

Техніко-економічні показники виробництва сипких продуктів із макухи з насіння чіа у лабораторних умовах наведені у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні показники виробництва сипких продуктів із макухи з насіння чіа

Найменування статей калькуляції	Виробництво сипких продуктів із макухи з насіння чіа за розробленою технологією		
	Кількість	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
Сировина та основні матеріали:			
Макуха з насіння чіа, кг	800	50,00	40000,00
Зворотні відходи, що реалізуються:	-	-	-
<i>Разом сировини і основних матеріалів за вирахуванням попутної продукції та зворотних відходів, кг</i>			40000,00
Допоміжні і таропакувальні матеріали:			
<i>Дой-пак, шт.</i>	3200	3,20	10240,00
<i>Картонні коробки, шт</i>	160	13,50	2160,00
<i>Разом</i>			12400,00
Паливо і енергія на технологічні цілі:			
<i>Електроенергія, кВт.год:</i>	79,68	9,83	783,25
<i>Разом</i>			783,25
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання			500,00
Амортизаційні відрахування			250,00
Вихід готової продукції, кг:			53933,25
клітковина	93,19		
борошно	657,51		
білковий концентрат	49,27		
Виробнича собівартість 1 кг готового продукту			67,42

Аналіз техніко-економічних показників, наведених у табл. 5.6, свідчить про економічну доцільність комплексної переробки макухи з насіння чіа з одержанням трьох видів сипких продуктів: клітковини, борошна та білкового концентрату. Загальні витрати на переробку 800 кг макухи становили 53 933,25 грн, у тому числі 74,2 % припадало на вартість сировини, 23,0 % – на

пакувальні матеріали, а частка витрат на електроенергію, амортизацію та експлуатацію обладнання не перевищувала 2,8 %. Це свідчить про невисоку енергоємність розробленої технології та її придатність для впровадження на малих та середніх переробних підприємствах.

У результаті переробки отримані борошно із насіння чіа – 657,51 кг (82,19 %), клітковина – 93,19 кг (11,65 %), а білковий концентрат – 49,27 кг (6,16 %). Розрахована середня виробнича собівартість становила 67,42 грн/кг готового продукту.

Порівняння отриманої собівартості із середніми цінами аналогічної продукції на ринку України свідчить про високий економічний потенціал розробленої технології. Так, роздрібна вартість борошна з насіння чіа на українському ринку зазвичай становить 180–350 грн/кг, клітковини з насіння чіа – 150–300 грн/кг, а білкових концентратів та протеїнових продуктів рослинного походження – 300–700 грн/кг залежно від ступеня очищення та виробника. Таким чином, собівартість отриманих продуктів є у 2,5–10 разів нижчою від ринкових цін реалізації.

Навіть за умови встановлення відпускної ціни на рівні 120–150 грн/кг для борошна та клітковини і 250–350 грн/кг для білкового концентрату підприємство може забезпечити високий рівень рентабельності виробництва. Особливо перспективним є виробництво білкового концентрату, який хоча й характеризується найменшим виходом, проте має найвищу ринкову вартість завдяки підвищеному вмісту білка та належить до сегмента функціональних харчових інгредієнтів.

Отримані результати підтверджують, що комплексна переробка макухи з насіння чіа дозволяє не лише раціонально використовувати побічний продукт олійного виробництва, а й отримувати конкурентоспроможні харчові інгредієнти з високою доданою вартістю. Це забезпечує економічну ефективність виробництва, підвищує рентабельність переробки насіння чіа та відповідає сучасним принципам безвідходних технологій та циркулярної економіки.

Висновки до розділу

У результаті виконання організаційно-економічних розрахунків підтверджено економічну доцільність проведених досліджень та перспективність впровадження розробленої технології переробки макухи з насіння чіа. Встановлено, що загальна вартість виконання науково-дослідної роботи становить 14059,93 грн, з яких найбільшу частку формують витрати на оплату праці, додаткові та накладні витрати.

Розрахунок техніко-економічних показників виробництва сипких продуктів із макухи насіння чіа показав, що при переробці 800 кг сировини можна отримати 657,51 кг борошна, 93,19 кг клітковини та 49,27 кг білкового концентрату. Середня виробнича собівартість продукції становить 67,42 грн/кг, що є значно нижчим показником порівняно з ринковими цінами аналогічних продуктів в Україні.

Порівняльний аналіз засвідчив, що отримані продукти є конкурентоспроможними на ринку функціональних харчових інгредієнтів. Собівартість виробництва борошна, клітковини та білкового концентрату з насіння чіа є у декілька разів нижчою за їх середню ринкову вартість, що створює передумови для отримання високого рівня рентабельності виробництва та швидкої окупності витрат.

Таким чином, комплексна переробка макухи з насіння чіа забезпечує не лише ефективне використання вторинної сировини, а й дозволяє отримувати харчові інгредієнти з високою доданою вартістю. Розроблена технологія відповідає принципам ресурсозбереження, безвідходного виробництва та циркулярної економіки, а її впровадження є економічно обґрунтованим і перспективним для підприємств харчової промисловості.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Після видобування олії з насіння чіа утворюється макуха з високою концентрацією цінних поживних речовин. Порівняно з вихідним насінням вміст протеїну в макусі зріс з 16,11 до 29,83 %, клітковини – з 18,06 до 28,67 %, а зольних речовин – з 2,60 до 6,75 %. Водночас вміст олії зменшився з 36,29 до 9,38 %, що свідчить про ефективність процесу пресування. Отримані результати підтверджують, що макуха насіння чіа є цінною вторинною сировиною з високим вмістом білка, харчових волокон і мінеральних речовин та має значний потенціал для виробництва функціональних харчових інгредієнтів та продуктів підвищеної поживної цінності.

2. Результати фракціонування подрібненої макухи з насіння чіа показали, що основну її частину становить середня фракція (зразок №2), вихід якої досягав 82,19 %, що свідчить про високу однорідність продукту після подрібнення та перспективність її використання як основної борошнистої сировини. Частка крупної фракції становила 11,65 % і представлена переважно клітковинними компонентами та фрагментами оболонки насіння, що дозволяє розглядати її як джерело харчових волокон. Найменший вихід мала дрібнодисперсна фракція – 6,16 %.

3. Подрібнення та фракціонування макухи з насіння чіа дозволяє отримати продукти з різними фізико-хімічними властивостями та напрямками використання. Встановлено, що зі зменшенням розміру частинок підвищуються показники світлоти, вмісту протеїну, залишкової олії, мінеральних речовин та енергетичної цінності, тоді як вміст клітковини знижується. Найбільший вихід мала середня фракція (82,19 %), яка характеризувалася збалансованим хімічним складом і може бути рекомендована як борошниста сировина для харчових виробництв. Крупна фракція відзначалася найвищим вмістом клітковини (35,29 %) та є перспективною для виробництва харчових волокон, а дрібнодисперсна

фракція містила максимальну кількість протеїну (41,07 %) та жиру (12,13 %), що дозволяє розглядати її як білково-жировий концентрат функціонального призначення. Порівняння з промисловими аналогами підтвердило конкурентоспроможність отриманих продуктів за поживною цінністю та перспективність їх використання для створення функціональних харчових інгредієнтів та продуктів здорового харчування.

4. На основі отриманих результатів виробникам олії з насіння чіа доцільно рекомендувати впровадження комплексної переробки макухи шляхом її подрібнення та фракціонування, оскільки це дозволяє отримувати декілька видів харчових інгредієнтів із різними функціональними властивостями та високою доданою вартістю.

5. На основі проведеного аналізу умов праці в лабораторії кафедри харчових технологій ДДАЕУ було ідентифіковано основні небезпечні та шкідливі чинники, серед яких ключове місце посідають вискодисперсний органічний пил чіа, термічні ризики, загроза ураження струмом та механічні травми від рухомих частин обладнання. Обґрунтовано та регламентовано послідовність безпечного виконання основних технологічних операцій теплової підготовки, подрібнення, просіювання та фракціонування сировини. З метою мінімізації виробничого травматизму та оптимізації дій персоналу розроблено комплексну картку безпеки праці для оператора лінії, що містить чіткий алгоритм дій як у штатному режимі, так і у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Особливу увагу приділено пожежній безпеці та специфіці прибирання робочих зон, де через гідрофільні властивості насіння чіа суворо заборонено вологий спосіб збирання розсипаного матеріалу для запобігання утворенню слизького гелю та падіння працівників. У межах забезпечення екологічної безпеки визначено головні види промислових відходів і встановлено вимоги щодо уловлювання вибухонебезпечного пилу та недопущення мікробіологічного самозаймання відпрацьованого шроту. З огляду на принципи циркулярної економіки, доведено доцільність повної утилізації неотруйних твердих залишків макухи як цінної вторинної

біологічної сировини для кормових, харчових або паливних цілей. Впровадження розробленого комплексу організаційно-технічних заходів та картки безпеки гарантує відповідність виробництва критеріям екологічності та створює абсолютно безпечні умови праці.

6. Підтверджено економічну доцільність проведених досліджень та перспективність впровадження розробленої технології переробки макухи з насіння чіа. Встановлено, що загальна вартість виконання науково-дослідної роботи становить 14059,93 грн, з яких найбільшу частку формують витрати на оплату праці, додаткові та накладні витрати. Розрахунок техніко-економічних показників виробництва сипких продуктів із макухи насіння чіа показав, що при переробці 800 кг сировини можна отримати 657,51 кг борошна, 93,19 кг клітковини та 49,27 кг білкового концентрату. Середня виробнича собівартість продукції становить 67,42 грн/кг, що є значно нижчим показником порівняно з ринковими цінами аналогічних продуктів в Україні. Порівняльний аналіз засвідчив, що отримані продукти є конкурентоспроможними на ринку функціональних харчових інгредієнтів. Собівартість виробництва борошна, клітковини та білкового концентрату з насіння чіа є у декілька разів нижчою за їх середню ринкову вартість, що створює передумови для отримання високого рівня рентабельності виробництва та швидкої окупності витрат.

Таким чином, комплексна переробка макухи з насіння чіа забезпечує не лише ефективне використання вторинної сировини, а й дозволяє отримувати харчові інгредієнти з високою доданою вартістю. Розроблена технологія відповідає принципам ресурсозбереження, безвідходного виробництва та циркулярної економіки, а її впровадження є економічно обґрунтованим та перспективним для підприємств харчової промисловості.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Palma-Rojas C., Gonzalez C., Carrasco B., Silva H., Silva-Robledo H. Genetic, cytological and molecular characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) provenances. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2017. Vol. 73. P. 16–21.
2. Nahar K. Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) biology: A superfood cereal for healthy life – An overview. *Journal of Plant Biota*. 2024. Vol. 4 (1). P. 6–10.
3. Muñoz L.A., Cobos A., Diaz O., Aguilera J.M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*. 2012. Vol. 108 (1). P. 216–224.
4. Solanki D., Oey I., Prakash S., Bhandari B., Sahu J.K. Prospects of using non-thermal technologies for chia seed mucilage extraction. *Sustainable Food Technology*. 2024. Vol. 2 (4). P. 993–1010.
5. García-Salcedo Á.J., Torres-Vargas O.L., del Real A., Contreras-Jiménez B., Rodríguez-García M.E. Pasting, viscoelastic, and physicochemical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour and mucilage. *Food Structure*. 2018. Vol. 16. P. 59–66.
6. Samateh M., Pottackal N., Manafirasi S., Vidyasagar A., Maldarelli C., John G. Unravelling the secret of seed-based gels in water: the nanoscale 3D network formation. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8 (1). P. 7315.
7. Santos J.S., Durso A.C., da Silva C.A.S., de Castro Santana R. Scientific mapping of chia protein research: State of the art and future trends. *Foods*. 2024. Vol. 13. P. 4181. <https://doi.org/10.3390/foods13244181>.
8. Kulczyński B., Kobus-Cisowska J., Taczanowski M., Kmiecik D., Gramza-Michałowska A. The chemical composition and nutritional value of chia seeds – current state of knowledge. *Nutrients*. 2019. Vol. 11(6). Art. 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>.
9. Ullah R., Nadeem M., Khalique A., Imran M., Mehmood S., Javid A., Hussain J. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53 (4). P. 1750–1758.

10. Ghafoor K., Ahmed I.A.M., Özcan M.M., Al-Juhaimi F.Y., Babiker E.E., Azmi I.U. An evaluation of bioactive compounds, fatty acid composition and oil quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seed roasted at different temperatures. *Food Chemistry*. 2020. Vol. 333. Art. 127531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127531>.
11. Brandán J.P., Izquierdo N., Acreche M.M. Oil and protein concentration and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental conditions. *Industrial Crops and Products*. 2022. Vol. 177. Art. 114496. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114496>.
12. Orona-Tamayo D., Paredes-López O. Chia – the new golden seed for the 21st century: nutraceutical properties and technological uses. In: Sustainable Protein Sources. *Academic Press*, 2024. P. 443–470.
13. Rauf M.A., Razzak M.A., Waheed F., et al. A comprehensive review on nutritional, functional, and clinical perspectives of chia seeds and chia mucilage. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2026. Art. 100526.
14. Sánchez-Velázquez O.A., Mondor M., Segura-Campos M.R., et al. Bioactive phytochemicals from chia seed (*Salvia hispanica*) oil processing by-products. In: Bioactive phytochemicals from vegetable oil and oilseed processing by-products. Cham: Springer, 2022. P. 1–25.
15. Mondor M. Chia (*Salvia hispanica*) seed oil extraction by-product and its edible applications. *Food Reviews International*. 2024. Vol. 40 (1). P. 115–134.
16. Mensah E.O., Oludipe E.O., Gebremeskal Y.H., Nadtochii L.A., Baranenko D. Evaluation of extraction techniques for chia seed mucilage; a review on the structural composition, physicochemical properties and applications. *Food Hydrocolloids*. 2024. Vol. 153. Art. 110051. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110051>.
17. Punia S., Dhull S.B. Chia seed mucilage: functional, thermal, rheological behaviour and its utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 140. P. 1084–1090.

18. Zettel V., Hitzmann B. Applications of chia (*Salvia hispanica* L.) in food products. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 80. P. 43–50.
19. Ferreira D.M., Nunes M.A., Santo L.E., et al. Characterization of chia seeds, cold-pressed oil, and defatted cake: an ancient grain for modern food production. *Molecules*. 2023. Vol. 28 (2). Art. 723. <https://doi.org/10.3390/molecules28020723>.
20. Гуменюк О.Л., Замай Ж.В., Волкова Р.М., Хребтань О.Б., Тітенко В.А. Перспектива використання насіння чіа як фортифікаційної добавки до хлібобулочних виробів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. №26. С. 31–38.
21. Mesías M., Gómez P., Olombrada E., Holgado F., Morales F.J. Risk/benefit evaluation of chia seeds as a new ingredient in cereal-based foods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20 (6). Art. 5114. <https://doi.org/10.3390/ijerph20065114>.
22. Dinçoğlu A.H., Yeşildemir Ö. A renewable source as a functional food: chia seed. *Current Nutrition & Food Science*. 2019. Vol. 15(4). P. 327–337.
23. Pérez-Álvarez J.Á., García-Martín J., Roldán-Verdú A., et al. Application of chia seed coproduct in dry-cured sausages: effect upon its physicochemical properties. *Foods*. 2021. Vol. 70 (1). Art. 87. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07746.
24. Nakov G., Ninova-Nikolova N., Ivanova N., et al. Yogurt enriched with chia seeds: physicochemical, microbiological, and sensory changes during storage. *Fermentation*. 2024. Vol. 10 (8). Art. 431. <https://doi.org/10.3390/fermentation10080431>.
25. Darwish A.M., Khalifa R.E., El Sohaimy S.A. Functional properties of chia seed mucilage supplemented in low fat yoghurt. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2018. Vol. 39. P. 450–459.
26. Attalla N.R., El-Hussieny E.A. Characteristics of nutraceutical yoghurt mousse fortified with chia seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. Vol. 2 (4). P. 2033–2046.

27. Lucini Mas A., Canalis A.M., Pasqualini M.E., et al. The effects of chia defatted flour as a nutritional supplement in C57BL/6 mice fed a low-quality diet. *Foods*. 2024. Vol. 13(5). Art. 678. <https://doi.org/10.3390/foods13050678>.
28. Мацук Ю.А., Колпікова Є.О., Іщенко Н.В. Обґрунтування технології безглютенових кексів із додаванням насіння чіа. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2021. №91 (1). С. 8–14.
29. Aranibar C., Aguirre A., Borneo R. Utilization of a by-product of chia oil extraction as a potential source for value addition in wheat muffins. *Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 56 (9). P. 4189–4197.
30. Guiotto E.N., Tomás M.C., Haros C.M. Development of highly nutritional breads with by-products of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Foods*. 2020. Vol. 9(6). Art. 819. <https://doi.org/10.3390/foods9060819>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХІДНОЇ
СИРОВИНИ ТА ОТРИМАНИХ ФРАКЦІЙ МАКУХИ З НАСІННЯ ЧІА

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Науково-дослідний центр біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК
Випробувальний центр



201727
Випробування

Юридична адреса: вул. Сергія Єфремова,
25, м. Дніпро, Україна, 49600

Фактична адреса: вул. Мандриківська,
276, м. Дніпро, Україна, 49100

+38 (095) 063 05 31

+38 (096) 093 03 76

info@biosafety-center.com



Затверджую
Директор НДЦ, технічний керівник ВЦ

Дмитро Масюк

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ
№ НТ/13773 від 15.06.2026

Замовник: ФОП Кіт Олександр Миколайович

Підприємство: Сова Н.А.

Адреса підприємства:

Об'єкт випробування та реєстраційний код зразків: Макуха із насіння чіа, зразок №1 (26/06/139/A/1); Макуха із насіння чіа, зразок №2 (26/06/139/A/2); Макуха із насіння чіа, зразок №3 (26/06/139/A/3); Макуха із насіння чіа, зразок №4 (26/06/139/A/4);

Замовлення: Рахунок №К/26/06/013 від 10.06.2026

Дата відбору зразків: 10 червня 2026 р.

Дата одержання зразків: 10 червня 2026 р.

Дата проведення випробувань: 10 червня 2026 р. - 15 червня 2026 р.

Акт відбору зразків:

Випробування на відповідність вимогам: фактичне значення

Результати випробувань

Макуха із насіння чіа, зразок №1 (26/06/139/A/1)

Показник, що визначали	Результат	Норма	НД на методи випробувань	Невизначеність вимірювання ***	Відмітка про відповідність
Сира зола, %**	6,20	-	ДСТУ ISO 5984:2004	не визначали	-
Сира клітковина, %**	26,35	-	ДСТУ 8844:2019	не визначали	-
Сирий жир, %**	8,62	-	ДСТУ ISO 6492:2003	не визначали	-
Сирий протеїн, %	27,46	-	ДСТУ 7169:2010	не визначали	-

Макуха із насіння чіа, зразок №2 (26/06/139/A/2)

Показник, що визначали	Результат	Норма	НД на методи випробувань	Невизначеність вимірювання ***	Відмітка про відповідність
Сира зола, %**	5,82	-	ДСТУ ISO 5984:2004	не визначали	-
Сира клітковина, %**	32,64	-	ДСТУ 8844:2019	не визначали	-
Сирий жир, %**	7,65	-	ДСТУ ISO 6492:2003	не визначали	-
Сирий протеїн, %	22,36	-	ДСТУ 7169:2010	не визначали	-

Макуха із насіння чіа, зразок №3 (26/06/139/A/3)

Показник, що визначали	Результат	Норма	НД на методи випробувань	Невизначеність вимірювання ***	Відмітка про відповідність
Сира зола, %**	6,18	-	ДСТУ ISO 5984:2004	не визначали	-
Сира клітковина, %**	25,93	-	ДСТУ 8844:2019	не визначали	-
Сирий жир, %**	9,07	-	ДСТУ ISO 6492:2003	не визначали	-
Сирий протеїн, %	28,23	-	ДСТУ 7169:2010	не визначали	-

Макуха із насіння чіа, зразок №4 (26/06/139/A/4)

Показник, що визначали	Результат	Норма	НД на методи випробувань	Невизначеність вимірювання ***	Відмітка про відповідність
Сира зола, %**	7,26	-	ДСТУ ISO 5984:2004	не визначали	-
Сира клітковина, %**	12,94	-	ДСТУ 8844:2019	не визначали	-
Сирий жир, %**	11,10	-	ДСТУ ISO 6492:2003	не визначали	-
Сирий протеїн, %	37,58	-	ДСТУ 7169:2010	не визначали	-

Відповідальні виконавці:

ВЦ НДЦ БЕКР АПК ДДАЕУ ОПФ 7.8-02 «Протокол випробувань» Сторінка 1 з 2

Видання №05 Дата 07-2025

www.biosafety-center.com

Завідувач відділу фізіології, біохімії та
хіміко-токсикологічного аналізу, к.вет.н.



Валентин Єфімов

Провідний фахівець сектору фізико-хімічних методів
досліджень



Ольга Севастьянова

Молодший науковий співробітник сектору
фізико-хімічних методів досліджень



Лілія Тамчук

Завідувачка сектору фізико-хімічних методів
досліджень



Олена Степанюк

Примітка:

1. Цей протокол випробувань відноситься тільки до зразків, які пройшли випробування та в тому вигляді, в якому їх було отримано.
2. Цей протокол випробувань не підлягає тиражуванню, як повністю так і частково, без дозволу ВЦ НДЦ Біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК ДДАЕУ.
 * об'єкт, НД на метод випробувань не внесені до сфери акредитації відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.
 ** -показник не внесені до сфери акредитації відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.
 *** - невизначеність вимірювання вноситься до протоколу, якщо вона стосується достовірності чи застосування результатів випробувань, якщо цього вимагає інструкція замовника, або невизначеність впливає на відповідність встановленим межах специфікації.

"КІНЕЦЬ ДОКУМЕНТУ"