

**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 виробництва олії з  
насіння льону**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 5 курсу,  
групи ХТз-1-21  
освітньо-професійної програми «Харчові  
технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Дар'я ТЕРЬОШИНА

**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 ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Терьопиній Дар'ї Володимирівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва олії з насіння льону». Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, докторка філософії, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року №873.
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 льону та пресування олійної сировини.
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 льону як олійної сировини. 3) Прилади і обладнання, використані в дослідженні. 4) Схема одержання дослідних зразків олії із насіння льону. 5) Результати експериментальних досліджень. 6) Картка безпеки праці оператора лінії з виробництва олії з насіння льону. 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               | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Вступ                                             | 01.05-03.05.2026              |          |
| 2     | Оглядний 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              |          |

**Здобувачка вищої освіти** \_\_\_\_\_ Дар'я ТЕРЬОШИНА  
( підпис )

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Ірина ХОЛОБЦЕВА

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва олії з насіння льону».

**Кваліфікаційна робота бакалавра:** 61 с., 5 рисунків та ілюстрацій, 10 таблиць, 32 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження** – насіння льону олійного та процес видобування олії шляхом механічного пресування за різних температурних режимів.

**Предмет дослідження** – закономірності впливу температури пресування насіння льону олійного на ефективність видобування олії, її показники якості (кислотне число, колірні характеристики).

**Мета роботи** – науково обґрунтувати вплив температурних режимів пресування насіння льону олійного на вихід та якість олії, встановити оптимальний температурний режим, що забезпечує максимальний вихід олії без погіршення її показників якості.

**Методи дослідження** включали визначення масової частки вологи у насінні льону олійного, макусі, масової частки вологи та летких речовин у отриманій олії шляхом висушування наважки за температури 105 °С до сталої маси, використовуючи ваги-вологомір «RADWAG MA 110 R»; пресування насіння льону олійного з фіксацією температурних режимів у діапазоні від 40 °С до 100 °С; очищення вилученої олії за допомогою центрифугування; визначення колірних характеристик неочищеної та очищеної олії у системі CIE Lab\* за допомогою портативного колориметра «Linshang LS173»; визначення кислотного числа отриманої олії за допомогою титрометричного аналізу; оцінка залишкового вмісту олії в макусі методом екстракції в апараті Сокслета; статистична обробка отриманих даних із використанням дисперсійного аналізу (ANOVA).

*У кваліфікаційній роботі досліджено вплив температурних режимів пресування насіння льону олійного на вихід та показники якості отриманої олії. Експериментально встановлено оптимальний режим температур 60 °С, який забезпечує максимальний вихід неочищеної та очищеної олії ( $36,71 \pm 1,71$  % та  $33,38 \pm 1,91$  % відповідно), мінімальний вміст залишкової олії у макусі ( $8,97 \pm 0,25$  %), мінімальні втрати під час пресування ( $1,68 \pm 0,25$  %) та стабільні показники кислотного числа ( $1,558$  мг КОН/г). Розроблені відповідні рекомендації для виробників лляної олії.*

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО, ОЛІЯ, ТЕМПЕРАТУРА ПРЕСУВАННЯ, ВИХІД ОЛІЇ, КИСЛОТНЕ ЧИСЛО, КОЛІРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЛІЇ.

## ЗМІСТ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                             | 5  |
| 1 ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ.....                                                | 8  |
| 1.1. Загальна характеристика насіння льону.....                        | 8  |
| 1.2 Загальна характеристика продуктів переробки насіння льону<br>..... | 12 |
| 1.3 Характеристика способів отримання лляної олії<br>.....             | 15 |
| Висновки до розділу .....                                              | 18 |
| 2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....                                 | 20 |
| Висновки до розділу .....                                              | 24 |
| 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....                                        | 25 |
| Висновки до розділу .....                                              | 32 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА                     | 36 |
| 4.1 Розробка картки безпеки праці .....                                | 36 |
| 4.2 Поводження з відходами від виробництва олії лляної<br>.....        | 39 |
| Висновки за розділом.....                                              | 41 |
| 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....                                | 42 |
| 5.1 Розрахунок вартості дослідження .....                              | 42 |
| 5.2 Техніко-економічні показники виробництва лляної олії .....         | 46 |
| Висновки до розділу .....                                              | 47 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....                                    | 49 |
| БІБЛІОГРАФІЯ .....                                                     | 54 |
| ДОДАТКИ .....                                                          | 59 |
| ДОДАТОК А .....                                                        | 60 |

## ВСТУП

Актуальність переробки насіння льону олійного вітчизняної селекції зумовлена поєднанням харчових, медико-біологічних, економічних та екологічних чинників. У сучасних умовах спостерігається зростання попиту на натуральні продукти функціонального призначення, багаті на біологічно активні речовини, серед яких особливе місце займає льняна олія.

Насіння льону олійного характеризується високою поживною та біологічною цінністю. Воно містить значну кількість олії, білка, харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів та антиоксидантів. Особливу цінність становить високий вміст поліненасичених жирних кислот, насамперед  $\alpha$ -ліноленової кислоти ( $\omega$ -3), яка є важливою для профілактики серцево-судинних захворювань, нормалізації обміну речовин та підтримання функціонування нервової системи. Завдяки цьому льяну олію розглядають як один із перспективних продуктів здорового харчування.

Актуальність використання саме сортів вітчизняної селекції пов'язана з їх адаптованістю до ґрунтово-кліматичних умов України, стабільною врожайністю та можливістю формування сировини з високими технологічними показниками. Вітчизняні сорти льону олійного характеризуються високим вмістом олії, підвищеною стійкістю до несприятливих умов вирощування та придатністю до промислової переробки. Це створює передумови для зменшення залежності від імпортової сировини та розвитку власної сировинної бази олієжирової галузі. Крім того, насіння льону олійного, вирощене в Україні, цінують за екологічність.

Важливим аспектом є також комплексне використання продуктів переробки насіння льону. Окрім олії, цінним продуктом є макуха та шрот, які містять значну кількість білка, клітковини та біологічно активних речовин. Їх можна використовувати у виробництві функціональних харчових продуктів, комбікормів, білкових добавок та борошняних виробів, що забезпечує маловідходну технологію переробки.

Переробка насіння льону олійного є актуальною і з економічної точки зору. Лляна олія має високий попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках завдяки своїм оздоровчим властивостям. Крім харчової промисловості, її використовують у фармацевтичній, косметичній, лакофарбовій та інших галузях промисловості. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції та формуванню продукції з високою доданою вартістю.

Сучасні технології холодного пресування дозволяють отримувати лляну олію високої якості зі збереженням природних антиоксидантів, вітамінів і незамінних жирних кислот. Разом із тим, висока ненасиченість ліпідного комплексу зумовлює схильність олії до окиснення, що потребує удосконалення технологічних режимів переробки та умов зберігання.

Отже, переробка насіння льону олійного вітчизняної селекції, у тому числі для виробництва олії, є актуальним напрямом розвитку харчової промисловості, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування, раціонального використання рослинної сировини та розвитку конкурентоспроможного агропромислового виробництва України.

Об'єкт дослідження – насіння льону олійного та процес видобування олії шляхом механічного пресування за різних температурних режимів.

Предмет дослідження – закономірності впливу температури пресування насіння льону олійного на ефективність видобування олії, її показники якості (кислотне число, колірні характеристики).

Мета роботи – науково обґрунтувати вплив температурних режимів пресування насіння льону олійного на вихід та якість олії, встановити оптимальний температурний режим, що забезпечує максимальний вихід олії без погіршення її показників якості.

Завдання наукових досліджень:

- визначити масову частку вологи та олії у вихідній сировині;
- визначити вихід неочищеної та очищеної олії за температур 40–100 °С та встановити температурний режим, за якого досягається максимальна ефективність видобування олії;

- визначити масову часту вологи та залишковий вміст олії у макусі із насіння льону олійного;
- дослідити вплив температури пресування насіння льону олійного та процесу очищення олії на колірні характеристики олії у системі CIE Lab\*;
- визначити масову частку вологи та летких речовин у олії, отриманій за різних температурних режимів пресування насіння льону олійного;
- дослідити зміни кислотного числа олії залежно від температури пресування насіння льону олійного;
- на основі одержаних сукупних даних визначити оптимальний температурний режим пресування насіння льону олійного та сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо його застосування у виробничих умовах.

## 1 ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ

### 1.1. Загальна характеристика насіння льону

Льон (*Linum usitatissimum* L.) відноситься до луб'яних культур і належить до найдавніших культурних рослин, які людство використовує ще з давніх часів. Археологічні та історичні джерела свідчать, що його вирощували на територіях Індії, Китаю, Єгипту та Закавказзя ще за 3–4 тисячоліття до н. е. Слов'янські народи також здавна були обізнані з технологіями вирощування та переробки льону. На території сучасної України льон почали вирощувати приблизно у VI столітті н. е. [1].

Однак, як зазначають міжнародні та вітчизняні експерти, в Україні льон олійний і надалі належить до нішевих сільськогосподарських культур. Обсяги його виробництва значною мірою залежать від кон'юнктури ринку та погодно-кліматичних умов, що зумовлює певні коливання показників вирощування. Починаючи з 2020 р., спостерігається тенденція до стабільного збільшення посівних площ під цією культурою. Одним із основних чинників такого зростання є підвищений попит з боку країн Європейського Союзу, які виступають головними імпортерами українського льону. У 2024–2025 маркетинговому році відзначено часткове відновлення рівня врожайності, хоча її показники все ще залишаються нижчими за потенційні можливості культури. За оцінками, валовий збір льону у зазначений період перевищив 66 тис. т, що стало найвищим результатом починаючи з 2017–2018 маркетингового року. Таке зростання забезпечене як розширенням посівних площ, так і покращенням урожайності. Загалом ринок льону олійного в Україні перебуває на етапі поступового стабільного відновлення. Культура поступово зміцнює свої позиції у структурі посівних площ та формує перспективний напрям для малих та середніх аграрних підприємств [2].

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), сучасні світові посівні площі льону олійного становлять близько

3,5 млн га. Нині культуру вирощують у багатьох країнах світу, причому понад 70 % світових площ займає саме льон олійний [3].

Найпоширенішими були і є на сьогодні такі різновиди льону, як льон-довгунець, який використовують для отримання волокна, і льон-кудряш – використовують для виробництва олії. Також популярність отримує і льон-межеумок. Його можна використовувати одночасно для збору насіння та отримання грубого волокна.

За ботанічними ознаками льон культурний (*Linum usitatissimum*) є однорічною трав'янистою рослиною. Його плід представлений п'ятигніздою коробочкою кулястої форми. Кожне гніздо поділене неповною перегородкою на два напівгнізда, у яких міститься по одній насініні, тому загальна кількість насінин у коробочці зазвичай становить до 10 штук. Розміри коробочки коливаються в межах від 6,0 до 11,0 мм завдовжки та від 5,5 до 9,0 мм завширшки.

Насіння льону має сплюснуту яйцеподібну форму з добре вираженим, дещо загнутим носиком. Поверхня насінини гладенька, блискуча та слизька. Забарвлення варіює від чорнувато-бурого і коричневого до жовтого та яскраво-жовтого, може бути як однорідним, так і строкатим. Типові розміри добре сформованого насіння становлять: довжина – 3,2–4,8 мм, ширина – 1,5–2,8 мм, товщина – 0,5–1,2 мм. Маса 1000 насінин у більшості сортів складає 3,5–5,5 г, тоді як у деяких сортів льону-довгунця може досягати 6,5 г, а в льону олійного – до 13 г. Величина та забарвлення насіння є спадковими ознаками, характерними для певного сорту. На морфологічні характеристики насіння значний вплив мають умови вирощування культури.

Зовнішня оболонка насіння є тонкою та багат шаровою. Вона включає кутикулу й епідерміс, клітини яких при зволоженні набухають і виділяють слиз; шар повітроносної паренхіми; шар склеренхімних («кам'янистих») клітин, що забезпечують міцність оболонки; другий шар паренхімних клітин та пігментний шар, який визначає забарвлення насіння. Під оболонкою розташований ендосперм, клітини якого багаті на білки та жири й виконують

функцію накопичення поживних речовин для розвитку зародка. У центральній частині насінини знаходиться зародок, який складається з первинного корінця, двох сім'ядоль та бруньки між ними. Для зрілого насіння льону характерний рівномірний розвиток ендосперму та зародка [4].

Науково доведений факт про хімічний склад та особливості насіння льону. Так, воно є цінною сільськогосподарською сировиною завдяки високому вмісту біологічно активних та поживних речовин. У його складі містяться вуглеводи (12–26 %), олія (35–45 %), білкові речовини (20–33 %), слизові полісахариди (камеді) – близько 12 %, а також органічні кислоти, ферменти та інші функціональні компоненти. Особливу цінність насіння льону становить значний вміст олії, багатої на ненасичені жирні кислоти, що зумовлює його широке використання у різних галузях народного господарства, зокрема у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості [5, 6].

Білки лляного насіння характеризуються високою біологічною цінністю та збалансованим амінокислотним складом, наближеним до потреб організму людини. За показниками цінності білок льону оцінюється у 92 бали відносно казеїну, прийнятого за еталон (100 балів). Такий рівень обумовлений значним вмістом незамінних амінокислот. Хоча за концентрацією лізину білок насіння льону поступається соєвому, за вмістом інших незамінних амінокислот він близький до білка курячого яйця, який відповідно до рекомендацій ФАО/ВООЗ вважають еталонним. Особливо високим у насінні льону є вміст лейцину, фенілаланіну, валіну, ізолейцину та треоніну [5].

Ляне насіння також є одним із найважливіших рослинних джерел поліненасичених жирних кислот. Частка поліненасичених жирних кислот становить 65–90 % від загальної кількості жирів, причому 55–70 % припадає на  $\alpha$ -ліноленову кислоту родини  $\omega$ -3 та 10–20 % – на лінолеву кислоту родини  $\omega$ -6. Завдяки такому складу насіння льону розглядають як перспективний компонент функціонального та дієтичного харчування, оскільки  $\omega$ -3 жирні

кислоти сприяють нормалізації обміну речовин, підтриманню роботи серцево-судинної системи та мають антиоксидантні властивості [7].

Вуглеводний комплекс насіння льону представлений моносахаридами, олігосахаридами та полісахаридами. Частка моносахаридів становить близько 0,04–0,06 %, олігосахаридів – 1,9–4,0 %, а полісахаридів – 6,2–9,5 %. Характерною особливістю насіння льону є високий вміст харчових волокон, значна частина яких представлена розчинними слизоутворюючими полісахаридами. Поряд із ними у складі насіння присутні й нерозчинні харчові волокна. У структурі харчових волокон переважає нерозчинна фракція, яка становить від 60 до 80 % від загального обсягу.

Слизові речовини насіння льону тривалий час розглядали як комплекс двох основних полісахаридів, що відрізняються фізико-хімічними характеристиками, зокрема молекулярною масою, структурою та в'язкістю. Основний слизоутворюючий компонент, який становить близько 80 % загальної кількості слизу, представлений сумішшю арабіноксиланів та галактоглюканів. Іншу частину складають гетерогенні галактуронани. Подальші дослідження французьких учених під керівництвом Ж. Варрау дозволили встановити наявність ще одного полісахаридного компонента, унаслідок чого сучасні наукові уявлення розглядають слиз насіння льону як систему трьох високомолекулярних полісахаридів із різними молекулярними масами та функціональними властивостями. Слизоутворюючі полісахариди характеризуються високою водо- та вологоутримувальною здатністю, що обумовлює їх широке використання як природних загущувачів, стабілізаторів та структуроутворювачів у харчових технологіях [8, 9].

Крім того, насіння льону містить широкий спектр вітамінів – А, групи В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>), С, Е, К, РР, а також холін. Серед мінеральних елементів у ньому присутні калій, кальцій, магній, натрій, фосфор, залізо, марганець, мідь, селен та цинк [9].

Також слід зазначити, що разом із корисними компонентами насіння льону містить певні антинутрієнти, зокрема ціаногенні глікозиди, фітинову

кислоту та інгібітори трипсину, які здатні знижувати біодоступність окремих поживних речовин [10, 11]. Проте їх вміст у насінні льону є відносно невисоким і за умови раціонального споживання та відповідної технологічної обробки не зменшує його високої поживної та біологічної цінності [12].

З вищенаведеної інформації можна зробити висновок, що насіння льону є цінним джерелом біологічно активних речовин, зокрема  $\alpha$ -ліноленової кислоти, лігнанів, харчових волокон, білків та антиоксидантних сполук. Високий вміст поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3, насамперед  $\alpha$ -ліноленової кислоти, а також лігнанів та клітковини, що обумовлює його значний оздоровчий потенціал.

Сучасні дослідження підтверджують, що регулярне споживання продуктів із насіння льону сприяє покращенню ліпідного профілю, зниженню артеріального тиску, рівня глюкози в крові та інсулінорезистентності [12]. Особливу увагу приділяють ролі насіння льону у профілактиці серцево-судинних захворювань, які залишаються однією з основних причин смертності у світі. Доклінічні та клінічні дослідження засвідчують антигіпертензивну, антиатерогенну, протизапальну та антиаритмічну дію компонентів льону, а також їх здатність знижувати рівень холестерину. Крім позитивного впливу на серцево-судинну систему, насіння льону характеризується антиоксидантними та потенційними протипухлинними властивостями [13], сприяє нормалізації роботи травної системи, покращенню стану шкіри та загального функціонального стану організму. Біологічна активність льону пов'язана не лише з  $\omega$ -3 жирними кислотами та лігнанами, але й з іншими сполуками, такими як білки, циклолінопептиди та деякі вторинні метаболіти, які також можуть проявляти фізіологічну активність [10, 14].

## 1.2 Загальна характеристика продуктів переробки насіння льону

Насіння льону є цінною сировиною для харчової, кормової, медичної та технічної промисловості, оскільки в процесі його комплексної переробки

отримують широкий асортимент продукції, зокрема олію, борошно, білкові продукти, слиз, макуху, висівки та інші функціональні інгредієнти. Завдяки цьому насіння льону вважають перспективною сировиною для безвідходної переробки та широко використовують у харчовій та інших галузях промисловості [15].

Основним продуктом переробки насіння льону є олія, яка характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот, зокрема  $\omega$ -3 та  $\omega$ -6, а також біологічно активних речовин – стеролів, сквалену та вітаміну Е. Лляну олію використовують як у харчовій промисловості [16] та дієтичному харчуванні, так і в технічних галузях для виробництва лаків, фарб, оліфи, лінолеуму та інших матеріалів [17].

Багаточисельними дослідженнями доведено, що хімічний склад лляної олії може коливатися в залежності від сорту, кліматичних умов вирощування насіння, способу, режимів та параметрів її отримання тощо.

Усереднений хімічний склад лляної олії наведений в табл. 1.1 [18].

Таблиця 1.1 – Середній хімічний склад лляної олії [18]

| Компонентний блок                               | Хімічний компонент / Назва речовини         | Вміст (у 100 г олії або % від загальної маси) | Біологічна або технічна роль                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                               | 2                                           | 3                                             | 4                                                                                                                              |
| Жирнокислотний профіль (Тригліцериди, ~96–98 %) | $\alpha$ -ліноленова кислота ( $\omega$ -3) | 45,0–60,0 %                                   | Головна діюча речовина. Знижує рівень холестерину, зменшує запалення, забезпечує високе йодне число (здатність олії висихати). |
|                                                 | Лінолева кислота ( $\omega$ -6)             | 12,0–18,0 %                                   | Поліненасичена жирна кислота, необхідна для клітинних мембран та регуляції метаболізму.                                        |
|                                                 | Олеїнова кислота ( $\omega$ -9)             | 13,0–20,0 %                                   | Мононенасичена жирна кислота, стійка до                                                                                        |

| 1                                               | 2                      | 3                               | 4                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Жирнокислотний профіль (Тригліцериди, ~96–98 %) |                        |                                 | окиснення, підтримує еластичність судин.                                                                                                       |
|                                                 | Пальмітинова кислота   | 4,0–7,0 %                       | Насичена жирна кислота, забезпечує енергетичний баланс клітин.                                                                                 |
|                                                 | Стеаринова кислота     | 2,0–5,0 %                       | Насичена жирна кислота, впливає на в'язкість та структуру олії.                                                                                |
| Супутні та біологічно активні речовини (~2–4 %) | Вітамін Е (Токоферолі) | 40–180 мг                       | Природний антиоксидант (переважно у формі $\gamma$ -токоферолу), який захищає $\omega$ -3 від швидкого згірнення.                              |
|                                                 | Фітостероли (Стерини)  | 300–450 мг                      | Рослинні мікрокомпоненти (переважно $\beta$ -ситостерин), які блокують всмоктування шкідливого холестерину в шлунково кишковому тракті.        |
|                                                 | Фосфоліпіди (Лецитин)  | 0,5–1,5 %                       | Присутні лише в нерафінованій олії. Необхідні для відновлення клітин печінки та нервової системи.                                              |
|                                                 | Каротиноїди            | Сліди (до 2–5 мг)               | Попередники вітаміну А. Надають олії характерного золотисто-жовтого або зеленкуватого відтінку.                                                |
| Ключові фізико-хімічні константи                | Йодне число            | 170–204 г I <sub>2</sub> /100 г | Показник рекордно високого вмісту ненасичених зв'язків. Визначає здатність олії швидко утворювати тверду плівку (полімеризуватися на повітрі). |
|                                                 | Кислотне число         | Не більше 1,5–2,0 мг КОН/г      | Показник свіжості харчової олії (вміст вільних жирних кислот).                                                                                 |

Після видобування олії залишається макуха та шрот, які містять значну кількість білка та застосовуються як цінний корм для тварин [11, 19]. Останнім

часом ці продукти також стали сировиною для отримання харчового лляного борошна, білкових концентратів та висівок. Напівзнежирене лляне борошно використовують у виробництві хлібобулочних [20], кондитерських виробів [21], харчових концентратів, майонезів [22] та десертних продуктів, оскільки воно збагачує продукцію білками, харчовими волокнами та поліненасиченими жирними кислотами [17].

У процесі сучасної комплексної переробки насіння льону також отримують білкові продукти та слиз насіння льону. Слиз містить полісахариди й використовується у виробництві кисломолочних продуктів функціонального призначення завдяки його структуроутворюючим та лікувально-профілактичним властивостям [23]. Крім того, із насіння льону виділяють біологічно активні сполуки, на основі яких створюють препарати медичного та харчового призначення.

### 1.3 Характеристика способів отримання лляної олії

Багаточисельні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених свідчать, що видобування олії з насіння льону має ряд технічних труднощів. Це пов'язано із декількома основними факторами, зокрема, особливостями будови насіння (зв'язку оболонки з ендоспермом) та особливостями хімічного складу (високий вміст  $\omega$ -3).

На відміну від насіння багатьох інших олійних культур, ендосперм насіння льону представлений дуже тонким шаром, клітини якого міцно зрослися із пігментним та механічним шарами насінневої оболонки. Присутність на поверхні оболонки слизових полісахаридів (гідроколоїдів) при контакті з найменшою вологістю створює еластичний бар'єрний шар. Це заважає сухому механічному сколюванню оболонки, а під час пресування клітини ендосперму не руйнуються повністю, блокуючи вихід олії [24].

Висока швидкість окиснення жирів насіння льону зумовлена специфікою архітекtonіки його тригліцеридів. Понад 50 % жирнокислотного

складу припадає на  $\alpha$ -ліноленову кислоту, яка містить ізольовані метиленові групи між подвійними зв'язками ( $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ ). Водень у таких групах є хімічно рухливим і легко атакується молекулярним киснем. Процес автоокиснення має ланцюговий характер: утворення первинних гідропероксидів супроводжується їхнім подальшим розпадом на низькомолекулярні сполуки (альдегіди та кетони), що викликає швидку органолептичну деградацію (гіркнення) та накопичення токсичних речовин [25].

Науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування проведений ретельний аналіз способів видобування олії з насіння льону та розглянутий їх вплив на її якість та збереженість. У сучасній промисловості для отримання лляної олії застосовують різні способи. Найпоширенішими є механічне пресування та екстракція розчинниками, також використовують ультразвукову, мікрохвильову та надкритичну  $\text{CO}_2$ -екстракцію. Екстракція розчинниками забезпечує найвищий вихід олії та дозволяє вилучити понад 98 % олії з насіння льону. Механічне пресування є простішим у технологічному виконанні та широко використовується для виробництва харчової олії. За допомогою шнекових або гідравлічних пресів можна отримати близько 86–92 % олії, хоча частина її залишається у макусі. Особливого поширення набула технологія холодного пресування, за якої насіння не нагрівають перед пресуванням, а температура олії не перевищує 50 °C. Це дозволяє краще зберегти вітаміни, ароматичні речовини та інші біологічно активні компоненти. Олія холодного віджиму характеризується високою поживною цінністю, прозорістю та свіжим ароматом. Разом із тим холодне пресування забезпечує нижчий вихід олії – близько 24–26 %, а в макусі може залишатися 15–30 % олії. Для підвищення виходу застосовують різні способи попередньої обробки насіння, зокрема обсмажування, ферментативну обробку та заморожування-відтавання [26, 27]. Для отримання олії означеним способом використовують шнекові та гідравлічні преси. Шнекові преси забезпечують більший вихід олії, однак можуть спричиняти

локальне перегрівання та прискорювати окиснення жирних кислот. Гідравлічні преси працюють за нижчих температур, що дозволяє краще зберігати корисні властивості олії, хоча її вихід є дещо меншим [28].

У роботі [29] було також встановлено, що ефективність шнекового пресування насіння льону залежить від вологості сировини, температури шнеку та співвідношення цілого та подрібненого насіння. Авторами виявлено, що зі збільшенням вологості насіння та температури пресування ступінь видобування олії зменшувався. Найвищу швидкість пресування спостерігали при використанні 100 % подрібненого насіння льону, тоді як мінімальну – при 50 % подрібненого насіння за вологості 6,4 %. Встановлено, що оптимальними умовами шнекового пресування є співвідношення подрібненого та цілого насіння 7:3, вологість 6,4 % та температура пресування 80 °C, за яких досягався максимальний вихід олії (82,9 %) і нижчий вміст вільних жирних кислот. Також за цих умов у лляній олії добре зберігався вміст  $\alpha$ -ліноленової кислоти.

Також науковцями було доведено, що метод екстракції суттєво впливає на вихід та якість лляної олії. Встановлено, що екстракція розчинниками забезпечує найвищий вихід олії, однак потребує подальшого рафінування та може супроводжуватися втратою окремих біологічно активних компонентів. Гаряче пресування також характеризується високим виходом олії та низькою собівартістю, проте за високих температур частково руйнуються мікронутрієнти та інші біологічно активні речовини. Холодне пресування забезпечує нижчий вихід олії, але дозволяє краще зберегти біологічну цінність продукту, зокрема вміст  $\gamma$ -токоферолу, сквалену та  $\alpha$ -ліноленової кислоти, тому вважається одним із найефективніших способів отримання якісної харчової лляної олії [30].

У сфері харчового використання сучасні способи екстракції олії, зокрема надкритична флюїдна та мікрохвильова екстракція, мають значні переваги для отримання лляної олії з високою поживною цінністю та стабільністю. Використання цих технологій сприяє кращому збереженню

поживних і біологічно активних компонентів олії, забезпечуючи при цьому її високу якість та стійкість до окиснення [31].

Кожен метод має свої переваги та недоліки, та обирається в залежності від призначення олії, наявного обладнання та економічних чинників.

### Висновки до розділу

У результаті проведеного аналізу наукової літератури встановлено, що насіння льону олійного є перспективною та цінною олійною культурою, яка характеризується високим вмістом олії, білків, харчових волокон, слизових полісахаридів, вітамінів та мінеральних речовин. Особливу цінність насіння льону становить значний вміст поліненасичених жирних кислот, насамперед  $\alpha$ -ліноленової кислоти родини  $\omega$ -3, що обумовлює його широке використання у виробництві харчових продуктів оздоровчого та функціонального призначення.

Встановлено, що в Україні та світі спостерігається стійке зростання інтересу до вирощування та переробки льону олійного, що пов'язано зі збільшенням попиту на продукцію його переробки та високою економічною ефективністю культури. Показано, що льон олійний є перспективною сировиною для комплексної та маловідходної переробки, оскільки крім олії з нього отримують макуху, шрот, борошно, білкові концентрати, слиз та інші продукти з високою доданою вартістю.

Проаналізовано склад та властивості лляної олії. Встановлено, що вона характеризується високим вмістом  $\alpha$ -ліноленової кислоти, токоферолів, фітостеролів та інших біологічно активних речовин, які забезпечують її високу поживну, профілактичну та технологічну цінність. Водночас значна кількість ненасичених жирних кислот обумовлює підвищену схильність олії до окиснення, що вимагає ретельного підбору технологічних режимів її отримання та зберігання.

Проведений аналіз способів видобування лляної олії показав, що найбільш поширеними технологіями є механічне пресування та екстракція органічними розчинниками. Для виробництва харчової олії найбільш

доцільним є механічне пресування, оскільки воно дозволяє отримати натуральний продукт без використання хімічних реагентів і забезпечує краще збереження біологічно активних компонентів. Разом з тим ефективність процесу значною мірою залежить від температури пресування, вологості сировини та конструктивних особливостей обладнання.

Встановлено, що питання впливу температурного режиму на ефективність видобування лляної олії та її якісні показники залишається недостатньо дослідженим і потребує подальшого наукового обґрунтування. Саме тому актуальним напрямом досліджень є визначення оптимальної температури пресування насіння льону олійного, яка забезпечить максимальний вихід олії при збереженні її високої поживної та біологічної цінності. Отримані результати літературного аналізу стали підґрунтям для формування мети, завдань та методики подальших експериментальних досліджень.

## 2 ДОСЛІДНИЦЬКО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Актуальність досліджень, присвячених видобуванню олії із насіння льону олійного за різних температурних режимів пресування, зумовлена необхідністю підвищення ефективності процесу видобування олії зі збереженням її високої поживної та біологічної цінності. Відомо, що температура є одним із ключових факторів, які впливають на вихід олії, інтенсивність руйнування клітинної структури насіння, а також на якісні показники готового продукту, зокрема вміст біологічно активних речовин, ступінь окиснення та органолептичні властивості.

У межах тематики «Обґрунтування технології виробництва олії з насіння льону» визначено наступні завдання дослідження:

- визначити масову частку вологи та олії у вихідній сировині;
- визначити вихід неочищеної та очищеної олії за температур 40–100 °С та встановити температурний режим, за яким досягається максимальна ефективність видобування олії;
- визначити масову частку вологи та залишковий вміст олії у макусі із насіння льону олійного;
- дослідити вплив температури пресування насіння льону олійного та процесу очищення олії на колірні характеристики олії у системі CIE Lab\*;
- визначити масову частку вологи та летких речовин у олії, отриманій за різних температурних режимів пресування насіння льону олійного;
- дослідити зміни кислотного числа олії залежно від температури пресування насіння льону олійного;
- на основі одержаних сукупних даних визначити оптимальний температурний режим пресування насіння льону олійного та сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо його застосування у виробничих умовах.

Перед початком проведення експериментальних досліджень здійснювали оцінку якості вихідної сировини – насіння льону олійного сорту

Водограй [32]. Масову частку води визначали методом висушування наважки за температури  $105 \pm 2$  °C до сталої маси із застосуванням вагів-вологоміра «RADWAG MA 110 R». Вміст олії встановлювали методом екстракції в апараті Сокслета. Підготовка сировини передбачала очищення насіння льону олійного від сміттєвих домішок за допомогою лабораторного розсійника. З огляду на морфологічні особливості насіння, його подрібнення та обрешування не виконували. Дослідні зразки олії отримували шляхом пресування на лабораторному шнековому пресі «Oil Extractor OP-600 M». Перед проведенням кожного дослідження обладнання розбирали, ретельно очищали від залишків попередньої сировини та збирали у робочий стан. Далі прес нагрівали до температури, передбаченої умовами експерименту (40–100 °C). Для збору продуктів пресування використовували окремі ємності для олії та макухи, після чого у завантажувальний патрубок подавали наважку насіння льону олійного. Після завершення процесу визначали масу отриманої олії та макухи. Одержану олію очищували методом центрифугування на лабораторній центрифугі «MICROmed CM-3 M» упродовж 15 хв за швидкості 3000 об/хв. Після центрифугування визначали масу очищеної олії та кількість осаду. Кислотне число очищеної олії встановлювали титриметричним методом. Колірні характеристики неочищеної та очищеної олії визначали за допомогою портативного колориметру «Linshang LS173».

Основним фактором дослідження була температура пресування насіння льону олійного у межах 40–100 °C із кроком 10 °C. Частота обертання шнека залишалася сталою та становила 65 об/хв. Кожен експеримент виконували у трикратній повторності. Статистичне опрацювання отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA). У результаті спланованого експерименту отримано 7 дослідних зразків олії за температур пресування насіння льону олійного від 40 до 100 °C з кроком у 10 °C.

Основні прилади та обладнання, використані у дослідженні, наведено на рис. 2.1, а схему одержання зразків лляної олії – на рис. 2.2.



Рисунок 2.1 – Основні прилади і обладнання, використані в дослідженні\*

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



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 розділі обґрунтовано актуальність досліджень, пов'язаних із видобуванням олії з насіння льону олійного за різних температурних режимів пресування. Встановлено, що температура пресування є одним із визначальних факторів, який впливає як на вихід олії, так і на її якісні показники, зокрема вологість, кислотне число, колірні характеристики та ступінь збереження біологічно цінних компонентів.

Сформовано основні завдання дослідження, що передбачали оцінку якості вихідної сировини, визначення ефективності видобування олії за різних температур пресування олійної сировини, дослідження властивостей отриманої олії та макухи, а також встановлення оптимального температурного режиму пресування насіння льону олійного.

У роботі наведено методику проведення експериментальних досліджень, що включала визначення масової частки вологи та олії у насінні, пресування на лабораторному шнековому пресі, очищення олії методом центрифугування, визначення кислотного числа та колірних характеристик отриманої олії. Для оцінювання показників використовували сучасне лабораторне обладнання та стандартизовані методи досліджень.

Основним фактором дослідження обрано температуру пресування насіння льону олійного у діапазоні 40–100 °С при постійній частоті обертання шнека пресу. У результаті проведених досліджень отримано сім експериментальних зразків олії, що створює основу для подальшого аналізу впливу температурного режиму на ефективність процесу пресування та якість готової продукції.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Аналіз вихідної сировини показав, що масова частка вологи у насінні льону олійного, обраного для дослідження, становила  $6,96 \pm 0,26$  %, а початковий вміст олії –  $46,43 \pm 0,01$  %.

У табл. 3.1 зведено отримані в результаті дослідження дані, що характеризують ефективність процесу видобування олії із насіння льону олійного.

Таблиця 3.1 – Показники ефективності процесу видобування олії із насіння льону олійного за різних температурних режимів

| Температура пресування насіння льону олійного, °C | Показник         |                  |                                                 |                        |                    |                                   |
|---------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|                                                   | Вихід олії, %    | Вихід макухи, %  | Втрати при пресуванні насіння льону олійного, % | Вихід очищеної олії, % | Кількість осаду, % | Залишковий вміст олії в макусі, % |
| 40                                                | $35,21 \pm 0,76$ | $62,57 \pm 0,20$ | $2,22 \pm 0,23$                                 | $31,72 \pm 1,45$       | $3,49 \pm 0,80$    | $12,68 \pm 0,15$                  |
| 50                                                | $36,08 \pm 0,93$ | $61,56 \pm 0,31$ | $2,37 \pm 0,13$                                 | $32,88 \pm 0,76$       | $3,19 \pm 0,18$    | $10,51 \pm 1,23$                  |
| 60                                                | $36,71 \pm 1,71$ | $61,61 \pm 0,83$ | $1,68 \pm 0,25$                                 | $33,38 \pm 1,91$       | $3,34 \pm 0,06$    | $8,97 \pm 0,25$                   |
| 70                                                | $35,93 \pm 1,11$ | $61,85 \pm 0,69$ | $2,22 \pm 0,32$                                 | $32,55 \pm 1,10$       | $3,38 \pm 0,19$    | $11,71 \pm 0,12$                  |
| 80                                                | $34,54 \pm 2,13$ | $62,48 \pm 0,87$ | $2,99 \pm 0,12$                                 | $31,79 \pm 2,35$       | $2,75 \pm 0,21$    | $13,76 \pm 0,35$                  |
| 90                                                | $31,89 \pm 1,44$ | $64,81 \pm 1,73$ | $3,30 \pm 0,32$                                 | $29,17 \pm 1,35$       | $2,72 \pm 0,15$    | $17,70 \pm 0,22$                  |
| 100                                               | $30,25 \pm 0,74$ | $67,23 \pm 1,08$ | $2,51 \pm 0,41$                                 | $27,50 \pm 0,74$       | $2,76 \pm 0,19$    | $20,81 \pm 0,42$                  |

Для кращої наочності отримані результати досліджень представлено у вигляді лінійних графіків (рис. 3.1).

Аналіз результатів, представлених у табл. 3.1 та на рис. 3.1, свідчить про суттєвий вплив температури пресування на ефективність процесу видобування олії із насіння льону олійного.

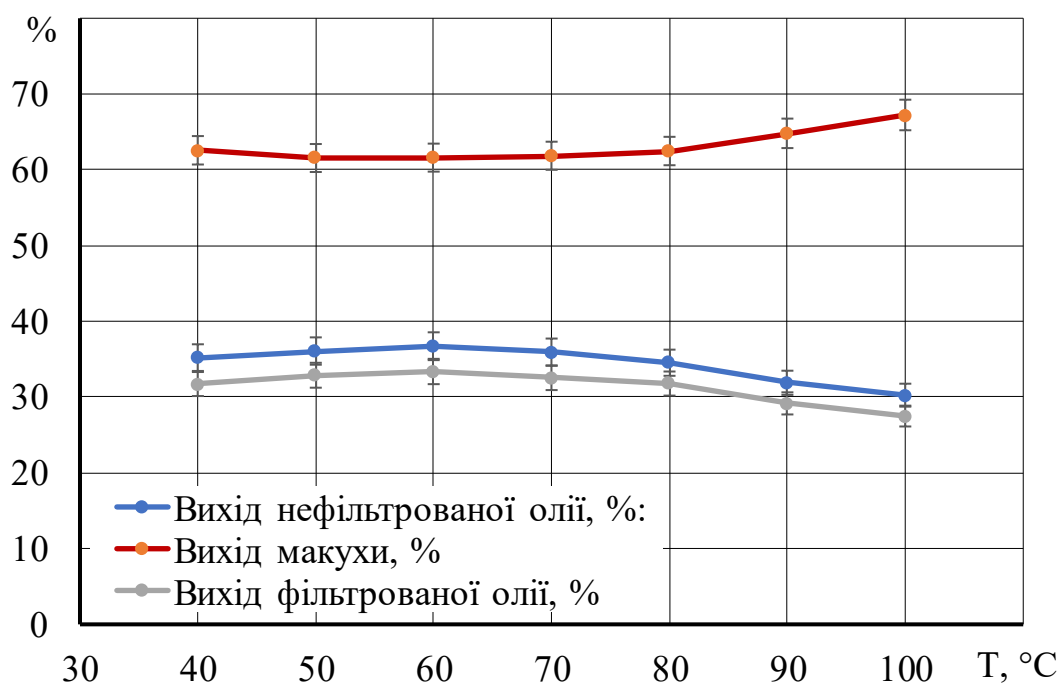


Рисунок 3.1 – Залежність виходу олії та макухи від температури пресування насіння льону олійного

Встановлено, що зі збільшенням температури пресування від 40 до 60 °C спостерігається поступове зростання виходу олії – від 35,21 до 36,71 %. Одночасно підвищується і вихід очищеної олії – від 31,72 до 33,38 %. Це можна пояснити зниженням в'язкості олії та покращенням її виділення з клітинної структури насіння при помірному нагріванні. Найвищий вихід як неочищеної, так і очищеної олії зафіксовано саме за температури 60 °C, що свідчить про оптимальність цього температурного режиму. Слід зазначити, що при підвищенні температури пресування насіння льону вище 100 °C спостерігалось пригорання макухи і задимлення олії, тому експеримент був зупинений.

Важливим показником ефективності пресування є залишковий вміст олії у макусі. Його мінімальне значення також спостерігалось при температурі 60 °C і становило 8,97 %, що підтверджує найбільш повне вилучення олії з насіння за даних умов. При нижчих температурах (40–50 °C) залишковий вміст олії у макусі був вищим – 12,68 та 10,51 % відповідно, що свідчить про менш ефективне пресування.

Подальше підвищення температури пресування понад 60 °C негативно впливало на процес видобування олії. Так, при 70–100 °C спостерігалось поступове зниження виходу олії до 30,25 %, а виходу очищеної олії – до 27,50 %. Одночасно суттєво зростав залишковий вміст олії у макусі, який при 100 °C досягав 20,81 %. Імовірно, це пов'язано з надмірним ущільненням макухи, частковою денатурацією білків та утворенням структур, які ускладнюють вихід олії.

Аналіз виходу макухи показав, що зі зростанням температури пресування її кількість збільшувалася від 61,56–62,57 % при 40–80 °C до 67,23 % при 100 °C. Це також підтверджує погіршення процесу вилучення олії за високих температур.

Втрати при пресуванні були найменшими при температурі 60 °C і становили 1,68 %, тоді як максимальні втрати спостерігалися при 90 °C – 3,30 %. Кількість осаду після очищення олії змінювалася незначно і перебувала в межах 2,72–3,49 %, що свідчить про відносну стабільність цього показника незалежно від температурного режиму.

Отже, результати досліджень свідчать, що оптимальним температурним режимом пресування насіння льону олійного є 60 °C, оскільки саме за цієї температури забезпечується максимальний вихід олії, мінімальний вміст залишкової олії у макусі та найменші втрати при пресуванні.

Проведено колориметричний аналіз зразків неочищеної та очищеної олії, результати якого представлено у табл. 3.2.

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.2, свідчить про вплив температури пресування насіння льону олійного на колірні характеристики як неочищеної, так і очищеної олії. Колірні характеристики визначали за системою CIE Lab\*, де показник  $L^*$  характеризує світлоту зразка,  $a^*$  – зміну кольору від зеленого до червоного, а  $b^*$  – від синього до жовтого.

Для неочищеної олії значення показника  $L^*$  перебували в межах 37,8–40,7 одиниць. Найнижче значення світлоти зафіксовано при температурі пресування 40 °C (37,8), що свідчить про більш темне забарвлення олії. При

підвищенні температури до 90–100 °С спостерігалось незначне збільшення показника  $L^*$  до 40,1–40,7, тобто олія ставала дещо світлішою. Водночас суттєвих змін цього показника залежно від температури не виявлено.

Таблиця 3.2 – Характеристика колірних характеристик зразків олії із насіння льону олійного

| Показник     | Температура пресування, °С |           |           |           |           |           |           |
|--------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | Неочищена олія             |           |           |           |           |           |           |
|              | 40                         | 50        | 60        | 70        | 80        | 90        | 100       |
| L*           | 37,8±2,11                  | 40,0±3,47 | 39,7±3,33 | 38,6±2,87 | 38,7±1,48 | 40,7±2,14 | 40,1±3,86 |
| a*           | 1,6±0,15                   | 1,2±0,62  | 1,2±0,78  | 1,3±0,98  | 1,4±0,64  | 1,0±0,82  | 1,0±0,58  |
| b*           | 15,1±3,29                  | 16,6±1,41 | 15,6±1,28 | 14,5±3,23 | 14,3±4,45 | 14,2±3,34 | 16,0±6,01 |
| Очищена олія |                            |           |           |           |           |           |           |
| L*           | 49,5±0,34                  | 50,0±0,05 | 49,6±0,06 | 49,5±0,01 | 50,3±0,11 | 50,1±0,09 | 49,9±0,02 |
| a*           | -1,9±0,03                  | -1,9±0,01 | -1,8±0,03 | -1,8±0,01 | -1,7±0,50 | -1,9±0,01 | -1,8±0,03 |
| b*           | 23,8±0,48                  | 21,4±0,03 | 24,2±0,04 | 24,8±0,04 | 26,0±6,73 | 24,6±0,03 | 25,5±0,01 |

Показник  $a^*$  для неочищеної олії мав додатні значення в межах 1,0–1,6, що свідчить про слабо виражений червонуватий відтінок. Найвище значення спостерігалось при 40 °С, а при підвищенні температури до 90–100 °С значення  $a^*$  знижувалося до 1,0, тобто інтенсивність червоного відтінку дещо зменшувалася.

Показник  $b^*$  у неочищеній олії знаходився в межах 14,2–16,6, що характеризує наявність жовтого забарвлення. Максимальне значення  $b^*$  зафіксовано при температурі 50 °С (16,6), тоді як при 70–90 °С показник дещо знижувався. Отже, зміни температури пресування мали помірний вплив на інтенсивність жовтого кольору неочищеної олії.

Для очищеної олії значення  $L^*$  були значно вищими порівняно з неочищеною і становили 49,5–50,3. Це свідчить про ефективність процесу очищення, у результаті якого олія ставала світлішою та прозорішою. Найвищий показник світлоти спостерігався при температурі пресування 80 °С (50,3). Загалом температурний режим практично не впливав на цей показник.

Показник  $a^*$  для очищеної олії мав від'ємні значення  $(-1,7 \dots -1,9)$ , що свідчить про переважання слабкого зеленуватого відтінку після очищення. Значення цього показника були стабільними незалежно від температури пресування, що вказує на незначний вплив температури на формування зеленого відтінку очищеної олії.

Показник  $b^*$  очищеної олії був вищим, ніж у неочищеної, і знаходився в межах 21,4–26,0. Це свідчить про більш виражене жовте забарвлення очищеної олії. Найвище значення  $b^*$  встановлено при температурі 80 °C, що може бути пов'язано з підвищенням переходом природних пігментів у олію за даного температурного режиму.

Отже, результати досліджень показали, що очищення олії суттєво покращує її колірні характеристики, підвищуючи світлоту та прозорість продукту. Температура пресування в досліджуваному діапазоні не спричиняла різких змін кольорових параметрів, однак помірне підвищення температури сприяло незначному освітленню олії та формуванню більш інтенсивного жовтого відтінку.

У табл. 3.3 наведено результати визначення масової частки вологи та летких речовин у очищеній олії та масової частки вологи у макусі із насіння льону олійного.

Таблиця 3.3 – Вологість олії та макухи із насіння льону олійного

| Температура пресування насіння льону олійного, °C | Показник                                         |                                  |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                   | Масова частка вологи та летких речовин у олії, % | Масова частка вологи у макусі, % |
| 1                                                 | 2                                                | 3                                |
| 40                                                | 0,15±0,05                                        | 12,68±0,12                       |
| 50                                                | 0,17±0,08                                        | 10,51±0,05                       |
| 60                                                | 0,20±0,03                                        | 8,97±0,21                        |

| 1   | 2         | 3          |
|-----|-----------|------------|
| 70  | 0,26±0,01 | 11,71±0,08 |
| 80  | 0,21±0,00 | 13,76±0,06 |
| 90  | 0,21±0,05 | 17,70±0,16 |
| 100 | 0,20±0,05 | 20,81±0,08 |

Аналіз результатів, наведених у табл. 3.3, свідчить про вплив температури пресування насіння льону олійного на вологість отриманої олії та макухи. Встановлено, що масова частка води та летких речовин в олії змінювалася незначно і перебувала в межах 0,15–0,26 %. Найнижче значення показника спостерігалось при температурі пресування 40 °С – 0,15 %, тоді як максимальне – при 70 °С і становило 0,26 %. У подальшому при підвищенні температури до 80–100 °С вміст води в олії дещо знижувався та стабілізувався на рівні 0,20–0,21 %. Загалом отримані результати свідчать про те, що температура пресування в досліджуваному діапазоні не мала суттєвого впливу на вологість олії, а всі значення залишалися на низькому рівні, що є позитивним фактором для її стійкості під час зберігання.

Значно більш виражений вплив температурного режиму спостерігався щодо вологості макухи. При підвищенні температури пресування від 40 до 60 °С масова частка води у макусі зменшувалася від 12,68 до 8,97 %, що свідчить про інтенсивніше видалення води та більш ефективне пресування за помірного нагрівання. Найнижчу вологість макухи зафіксовано саме при температурі 60 °С, що корелює з максимальним виходом олії та мінімальним залишковим вмістом олії у макусі.

Однак подальше підвищення температури пресування до 70–100 °С супроводжувалося різким збільшенням вологості макухи. Так, при 70 °С показник становив 11,71 %, а при 100 °С досягав уже 20,81 %. Це можна пов'язати зі зміною структури макухи внаслідок надмірного нагрівання, ущільненням матеріалу та погіршенням процесу відділення рідкої фази. Крім того, за високих температур можуть відбуватися часткові структурні зміни

білкових та слизових компонентів насіння льону, які здатні утримувати більшу кількість води.

Отже, результати досліджень показують, що найбільш ефективним температурним режимом пресування насіння льону олійного є 60 °С, оскільки саме за цієї температури забезпечуються мінімальна вологість макухи та стабільно низький вміст води в олії. Підвищення температури понад 70 °С негативно впливає на процес видалення води з макухи та може погіршувати технологічні характеристики побічного продукту.

Щодо якості видобутої та очищеної олії із насіння льону олійного, слід зазначити, що кислотне число олії поступово зростало при збільшенні температури пресування (рис. 3.2).

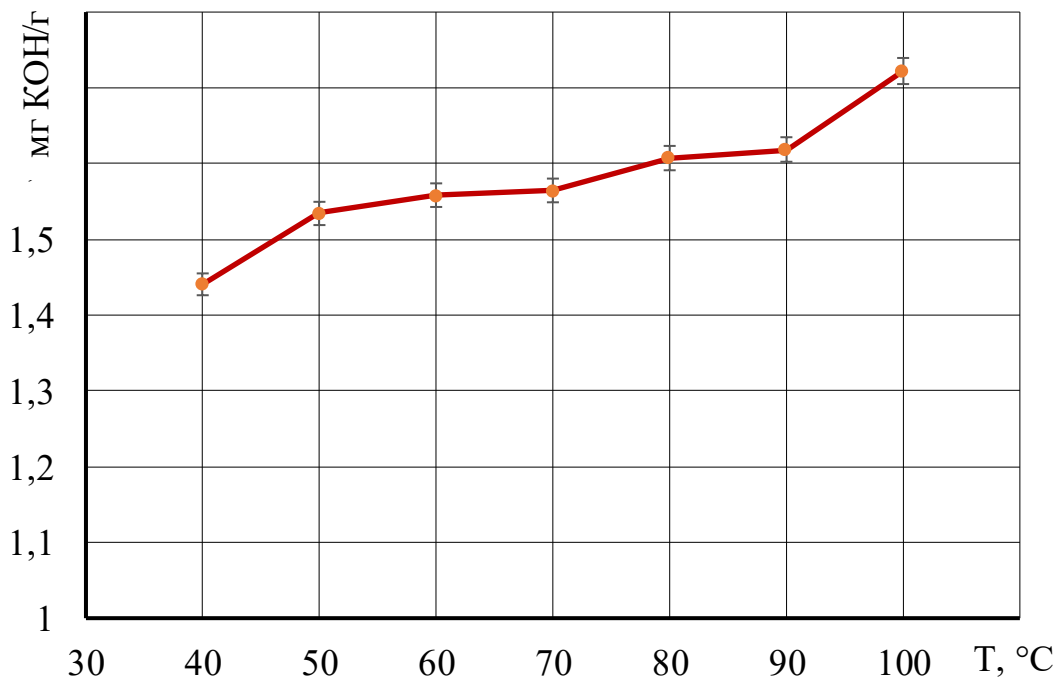


Рисунок 3.2 – Залежність кислотного числа очищеної олії від температури пресування насіння льону олійного

Аналіз показників кислотного числа олії із насіння льону олійного свідчить про вплив температури пресування на ступінь накопичення вільних жирних кислот у продукті.

Отримані результати показують, що зі збільшенням температури пресування від 40 до 100 °С кислотне число поступово зростало від 1,431 до 1,670 мг КОН/г. Найнижче значення кислотного числа спостерігалось при температурі 40 °С, що свідчить про мінімальний ступінь гідролітичних змін у олії за умов м'якого температурного режиму.

У діапазоні температур 50–90 °С кислотне число змінювалося незначно та перебувало в межах 1,515–1,569 мг КОН/г, що свідчить про відносну стабільність якості олії. Водночас простежується тенденція до поступового збільшення показника зі зростанням температури пресування.

Максимальне значення кислотного числа зафіксовано при температурі 100 °С – 1,670 мг КОН/г. Підвищення кислотного числа за високих температур можна пов'язати з активізацією процесів гідролізу триацилгліцеролів та частковим термічним руйнуванням компонентів олії, унаслідок чого зростає вміст вільних жирних кислот.

Загалом отримані значення кислотного числа залишаються відносно низькими, що характеризує олію як якісний продукт із невисоким ступенем гідролітичного псування. Однак результати свідчать, що надмірне підвищення температури пресування може негативно впливати на хімічну стабільність олії та погіршувати її якісні показники. Оптимальними можна вважати помірні температурні режими пресування (50–70 °С), за яких забезпечується достатній вихід олії при збереженні низького кислотного числа.

#### Висновки до розділу

Проведено аналіз вихідної сировини – насіння льону олійного сорту Водограй. Масова частка вологи у насінні льону олійного становила  $6,96 \pm 0,26$  %, а початковий вміст олії –  $46,43 \pm 0,01$  %.

Проведені дослідження дозволили встановити закономірності впливу температурного режиму пресування на ефективність видобування олії із

насіння льону олійного, а також на якісні характеристики отриманої олії та макухи.

Встановлено, що підвищення температури пресування від 40 до 60 °C позитивно впливає на процес вилучення олії. За температури 60 °C отримано максимальний вихід неочищеної олії – 36,71 %, очищеної олії – 33,38 %. Одночасно при даному температурному режимі спостерігалися найменші втрати при пресуванні – 1,68 %, що свідчить про найбільш ефективне використання олійної сировини.

Важливим показником ефективності пресування є залишковий вміст олії у макусі. Його мінімальне значення спостерігалось при температурі 60 °C і становило 8,97 %, що підтверджує найбільш повне вилучення олії з насіння за даних умов. При нижчих температурах (40–50 °C) залишковий вміст олії у макусі був вищим – 12,68 та 10,51 % відповідно, що свідчить про менш ефективне пресування. Одночасно при температурах вище 60 °C залишковий вміст олії у макусі суттєво зростає, при 100 °C він досягав 20,81 %. Це пов'язано з надмірним ущільненням макухи, частковою денатурацією білків та утворенням структур, які ускладнюють вихід олії. При підвищенні температури пресування від 40 до 60 °C масова частка вологи у макусі зменшувалася від 12,68 до 8,97 %, що свідчить про інтенсивніше видалення вологи та більш ефективне пресування за помірного нагрівання. Найнижчу вологість макухи зафіксовано саме при температурі 60 °C, що корелює з максимальним виходом олії та мінімальним залишковим вмістом олії у макусі. Однак подальше підвищення температури пресування до 70–100 °C супроводжувалося різким збільшенням вологості макухи. Так, при 70 °C показник становив 11,71 %, а при 100 °C досягав уже 20,81 %. Це можна пов'язати зі зміною структури макухи внаслідок надмірного нагрівання, ущільненням матеріалу та погіршенням процесу відділення рідкої фази. Крім того, за високих температур можуть відбуватися часткові структурні зміни білкових та слизових компонентів насіння льону, які здатні утримувати більшу кількість вологи.

Дослідження колірних характеристик показали, що температура пресування не спричиняла різких змін показників системи CIE Lab\*, однак очищення олії суттєво покращувало її світлоту та прозорість. Встановлено, що помірне підвищення температури сприяло формуванню більш вираженого жовтого відтінку без істотного погіршення зовнішнього вигляду продукту.

Масова частка вологи та летких речовин в олії змінювалася незначно і перебувала в межах 0,15–0,26 %. Найнижче значення показника спостерігалось при температурі пресування 40 °C – 0,15 %, тоді як максимальне – при 70 °C і становило 0,26 %. У подальшому при підвищенні температури до 80–100 °C вміст вологи в олії дещо знижувався та стабілізувався на рівні 0,20–0,21 %. Загалом отримані результати свідчать про те, що температура пресування в досліджуваному діапазоні не мала суттєвого впливу на вологість олії, а всі значення залишалися на низькому рівні, що є позитивним фактором для її стійкості під час зберігання.

Зі збільшенням температури пресування насіння льону від 40 до 100 °C кислотне число поступово зростало від 1,431 до 1,670 мг КОН/г. Загалом отримані значення кислотного числа дослідних зразків олії були відносно низькими, що характеризує олію як якісний продукт із невисоким ступенем гідролітичного псування. Однак результати свідчать, що надмірне підвищення температури пресування може негативно впливати на хімічну стабільність олії та погіршувати її якісні показники. Оптимальними можна вважати помірні температурні режими пресування (50–70 °C), за яких забезпечується достатній вихід олії при збереженні низького кислотного числа.

Таким чином, на основі комплексного аналізу технологічних та якісних показників встановлено, що оптимальним температурним режимом пресування насіння льону олійного є 60 °C. Саме за цієї температури досягається найбільш раціональне поєднання високого виходу олії, мінімальних технологічних втрат, низького залишкового вмісту олії у макусі та задовільних показників якості готового продукту.

Науково обґрунтовані рекомендації щодо застосування у виробничих умовах полягають у наступному:

- рекомендується здійснювати пресування насіння льону олійного при температурі близько 60 °С;
- перед пресуванням доцільно забезпечити стабільну вологість насіння на рівні близько 7 %, що сприятиме підвищенню ефективності видобування олії;
- не рекомендується перевищувати температуру пресування понад 70 °С через зростання залишкового вмісту олії у макусі, погіршення хімічної стабільності олії та підвищення кислотного числа;
- для забезпечення стабільної якості продукції доцільно впроваджувати контроль температури процесу пресування та оперативний моніторинг кислотного числа й вологості готової олії;
- отриману макуху з низьким залишковим вмістом олії та оптимальною вологістю доцільно використовувати як високобілкову кормову сировину або компонент функціональних харчових продуктів.

Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні технологій холодного пресування насіння льону олійного в умовах підприємств олієжирової галузі з метою підвищення ефективності виробництва та збереження високої поживної та біологічної цінності лляної олії.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Розробка картки безпеки праці

Дослідження, передбачені програмою бакалаврської кваліфікаційної роботи, виконували в навчальних лабораторіях кафедри харчових технологій ДДАЕУ. Лабораторії оснащені необхідним сучасним обладнанням та приладами для отримання експериментальних зразків лляної олії та визначення їх якісних показників, зокрема лабораторними вагами, лабораторним шнековим пресом, центрифугою, водонагрівачем, вагами-вологоміром, портативним колориметром, пенетрометром та іншим обладнанням. У навчальних лабораторіях кафедри створені належні умови для проведення науково-дослідної роботи відповідно до вимог пожежної безпеки, електробезпеки та охорони праці.

Зважаючи на те, що об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес видобування олії з насіння льону олійного методом механічного пресування за різних температурних режимів, було розроблено картку безпеки праці (рис. 4.1) для оператора лінії виробництва лляної олії.

Виробництво лляної олії належить до харчових виробництв, у яких використовують механічне, електричне та теплове обладнання, тому організація безпечних умов праці є обов'язковою складовою технологічного процесу. Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами під час виробництва лляної олії є рухомі частини обладнання, підвищена температура робочих поверхонь, електричний струм, виробничий шум, пил олійної сировини, слизькі поверхні через потрапляння олії, а також можливість виникнення пожежі.

До роботи на обладнанні для виробництва олії допускають осіб, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, ознайомлені з правилами пожежної безпеки та безпечної експлуатації обладнання. Працівники повинні працювати у справному спецодязі, який

включає халат або костюм, головний убір, захисне взуття та за потреби рукавички.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Загальна інформація</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Місце роботи – лінія з виробництва олії з насіння льону олійного.</li> <li>Вид робіт – видобування олії з насіння льону олійного пресовим способом.</li> <li>Посада – оператор лінії.</li> <li>Тривалість робочого часу – 2 зміни (07:00–18:30; 19:00–06:30).</li> <li>Проходження медогляду – 1 раз на рік.</li> <li>Проходження повторного інструктажу з охорони праці – 1 раз на 6 місяців.</li> <li>Термін дії картки: до 01.12.2029 р.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p><b>2. Забезпечення одягом та засобами індивідуального захисту</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Санітарний одяг (4 комплекти) – 1 раз на рік.</li> <li>Взуття шкіряне жаростійке – 1 раз на 6 місяців.</li> <li>Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 місяці.</li> <li>Рукавиці трикотажні, навушники протишумові, окуляри захисні – до зносу.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>3. Вимоги перед початком роботи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>До роботи допускають осіб, які досягли 18-річного віку, пройшли медичне обстеження та не мають медичних протипоказань, вступний інструктаж, спеціальне навчання.</li> <li>Робітник повинен одягнути спецодяг, підготувати робочу зону.</li> <li>Перевірити роботу штучної вентиляції, справність та наявність захисних огорожень приводів робочих органів.</li> <li>Перед запуском обладнання перевірити, що нікому не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів.</li> <li>Перевірити роботу обладнання на холостому ходу.</li> <li>Про виявленні порушення і недоліків доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p><b>4. Вимоги під час роботи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Робітнику дозволяється виконувати тільки ту роботу, за якою пройдено навчання, інструктаж з охорони праці, до якої допущений особою, відповідальною за безпечне проведення осіб.</li> <li>Необхідно утримувати своє робоче місце у належній чистоті, своєчасно прибирати з підлоги розсипану сировину, розливу готову продукцію, тощо.</li> <li>Необхідно застосовувати засоби захисту рук під час роботи з гарячими поверхнями.</li> <li>Можна використовувати тільки справне устаткування, інструмент, пристосування.</li> <li>Не дозволяється доручати свою роботу іншим особам, які не пройшли відповідне навчання та інструктаж.</li> </ol> |
| <p><b>5. Вимоги після закінчення роботи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Привести в порядок робоче місце, інструменти та пристосування прибрати у відведене місце.</li> <li>Зняти і здати на збереження спецодяг і засоби індивідуального захисту.</li> <li>Виконати правила особистої гігієни.</li> <li>Про виявленні порушення і недоліки під час проведення робіт доповісти безпосередньому керівнику і змінному працівнику.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>6. Вимоги в надзвичайних ситуаціях</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Негайно припинити всі роботи.</li> <li>Вимкнути все обладнання;</li> <li>Доповісти керівнику про виникнення надзвичайної ситуації.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p style="text-align: center;">Контакти служб екстреної допомоги</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <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> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p><b>СЛУЖБИ БЕЗПЕКИ</b></p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="margin: 0 10px;">ПОЖЕЖНА ДОПОМОГА</div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">101</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="margin: 0 10px;">МІЛІЦІЯ</div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">102</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="margin: 0 10px;">ШВИДКА ДОПОМОГА</div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">103</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin: 0 10px;">ГАЗОВА СЛУЖБА</div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; color: red;">104</div> </div> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Рисунок 4.1 – Картка безпека праці

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан обладнання: справність шнекового преса, надійність кріплень, цілісність електропроводки, наявність заземлення та захисних кожухів на рухомих частинах механізмів. Забороняється працювати на несправному обладнанні або при відсутності захисних пристроїв.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці. Усе електрообладнання повинно бути заземлене, а працівникам забороняється торкатися електроприладів мокрими руками або проводити ремонт обладнання без його попереднього відключення від електромережі. У разі виявлення несправностей, сторонніх шумів або запаху горілої ізоляції обладнання необхідно негайно зупинити та повідомити відповідальну особу.

Під час пресування насіння льону необхідно дотримуватися безпечного температурного режиму, оскільки нагріті поверхні преса та елементів обладнання можуть спричинити термічні опіки. Роботи з нагрівальними елементами потрібно виконувати обережно, використовуючи засоби індивідуального захисту.

Для запобігання травмуванню працівників забороняється:

- очищати або ремонтувати прес під час його роботи;
- торкатися рухомих частин механізмів;
- перевищувати допустиме навантаження на обладнання;
- залишати працююче обладнання без нагляду.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані ефективною вентиляцією для видалення пилу, тепла та запахів, що утворюються під час переробки насіння. Підлога повинна бути рівною, неслизькою та регулярно очищуватися від залишків олії та сировини, оскільки їх накопичення підвищує ризик травмування працівників.

Важливим аспектом є дотримання правил пожежної безпеки. Насіння льону, пил та олія є горючими матеріалами, тому у виробничих приміщеннях забороняється використання відкритого вогню та паління. Приміщення повинні бути забезпечені вогнегасниками, засобами пожежогасіння та

евакуаційними виходами. Працівники мають знати порядок дій у разі виникнення пожежі чи аварійної ситуації.

Після завершення роботи необхідно вимкнути обладнання від електромережі, очистити робочі поверхні від залишків насіння, макухи та олії, провести санітарне прибирання приміщення та перевірити відсутність джерел займання.

Дотримання вимог охорони праці при виробництві лляної олії забезпечує безпечні умови праці персоналу, знижує ризик виробничого травматизму та сприяє стабільній роботі технологічного обладнання.

#### 4.2 Поводження з відходами від виробництва олії лляної

Під час виробництва лляної олії утворюються різні види відходів, основними з яких є макуха, осад після очищення олії, пил та рослинні залишки насіння. Раціональне поведження з цими відходами має важливе економічне та екологічне значення, оскільки дозволяє зменшити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище та забезпечити комплексне використання сировини.

Основним побічним продуктом виробництва лляної олії є макуха, яка утворюється після механічного пресування насіння. Макуха характеризується високим вмістом білка, клітковини та залишкової кількості олії, тому є цінною кормовою сировиною для сільськогосподарських тварин. Її можна використовувати у складі комбікормів для великої рогатої худоби, свиней, птиці та риби. Крім кормового використання, лляна макуха може застосовуватися як компонент функціональних харчових продуктів, білково-рослинних сумішей або сировина для отримання харчових волокон.

Важливим напрямом утилізації макухи є її використання для виробництва біопалива. Завдяки значному вмісту органічних речовин макуху можна переробляти на паливні брикети або пелети. Також можливе її

використання у біогазових установках для отримання енергії шляхом анаеробного зброджування.

Осад, який утворюється під час відстоювання та очищення олії, містить механічні домішки, фосфоліпіди та залишки олії. Його доцільно повторно переробляти для додаткового вилучення олії або використовувати як компонент кормових сумішей після відповідної обробки. У невеликих кількостях осад можна застосовувати як органічну добавку до компостів.

Пил та дрібні рослинні залишки, що утворюються під час очищення та транспортування насіння льону, необхідно систематично видаляти за допомогою аспіраційних систем. Такі відходи можна використовувати для компостування або енергетичних потреб. Водночас накопичення пилу у виробничих приміщеннях є небезпечним через ризик виникнення пожеж та вибухів, тому особливу увагу слід приділяти регулярному прибиранню та роботі вентиляційного обладнання.

Стічні води, що можуть утворюватися під час миття обладнання та санітарної обробки приміщень, повинні проходити попереднє очищення перед скиданням у каналізацію. Для цього використовують жировловлювачі та локальні очисні споруди, які забезпечують видалення залишків олії та органічних домішок.

Для зменшення обсягів відходів доцільно впроваджувати принципи маловідходних та безвідходних технологій, що передбачають комплексне використання всіх компонентів насіння льону. Такий підхід дозволяє підвищити економічну ефективність виробництва, знизити витрати на утилізацію відходів та мінімізувати екологічне навантаження на довкілля.

Отже, основними напрямками поводження з відходами виробництва лляної олії є кормове, енергетичне та агротехнічне використання побічних продуктів, повторна переробка осаду, очищення стічних вод і впровадження ресурсозберігаючих технологій. Це забезпечує екологічну безпечність виробництва та сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

## Висновки за розділом

У розділі розглянуто питання забезпечення охорони праці та поводження з відходами під час виробництва лляної олії. Встановлено, що процес механічного пресування насіння льону олійного супроводжується дією ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зокрема рухомих частин обладнання, підвищених температур, електричного струму, виробничого пилу та пожежонебезпечних речовин.

У результаті проведеного аналізу визначено основні вимоги до безпечної експлуатації обладнання для виробництва лляної олії. Встановлено необхідність дотримання правил електробезпеки, пожежної безпеки, використання засобів індивідуального захисту, систем вентиляції та своєчасного технічного обслуговування обладнання. Для забезпечення безпечних умов праці розроблено картку безпеки праці для оператора лінії виробництва лляної олії, що сприятиме зниженню ризику виробничого травматизму та підвищенню рівня виробничої безпеки.

Також досліджено основні напрями поводження з відходами виробництва лляної олії. Встановлено, що найбільш цінним побічним продуктом є лляна макуха, яка можна ефективно використовувати як кормову, харчову або енергетичну сировину. Показано доцільність повторної переробки осаду після очищення олії, використання пилу та рослинних залишків для компостування або енергетичних потреб, а також необхідність очищення виробничих стічних вод перед їх скиданням.

Обґрунтовано, що впровадження маловідходних і ресурсозберігаючих технологій при виробництві лляної олії дозволяє не лише підвищити економічну ефективність виробництва, а й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Комплексне використання сировини та дотримання вимог охорони праці забезпечують екологічну та технологічну безпечність процесу виробництва лляної олії.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 5.1 Розрахунок вартості дослідження

Аналіз наукових та літературних джерел підтвердив актуальність і доцільність виробництва олії з насіння льону олійного, що зумовлено її високою поживною та біологічною цінністю, а також унікальними функціональними властивостями. У процесі експериментальних досліджень вирішувалося завдання визначення оптимальних технологічних параметрів переробки насіння льону олійного.

Для визначення витрат, які призначенні для забезпечення досліджень складено відповідний кошторис.

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 льону олійного, кг       | 60,00                | 4         | 240,00    |
| 2      | Ємність для зразків олії, шт.    | 11,00                | 14        | 154,00    |
| Всього |                                  |                      |           | 394,00    |

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:

$$H = \frac{2024,20 \cdot 22}{100} = 445,32 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Витрати на спожиту електроенергію розраховували за формулою (5.3):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.3)$$

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.);

$a = 9,83 \text{ грн.}/(\text{кВт/год.})$ .

Дослідження проводили з використанням наступного лабораторного електрообладнання:

- лабораторні ваги;
- шнековий прес «Oil Extractor OP-600M»;
- колориметр портативний «Linshang LS173»;
- центрифуга «MICROmed CM-3M»;
- ваги-вологомір «Radwag MA 110.R»;
- ноутбук.

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

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на електроенергію

| Обладнання                                  | Потужність<br>обладнання, кВт | Час роботи<br>обладнання,<br>год | Витрати на<br>електроенергію,<br>грн |
|---------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Лабораторні<br>ваги                         | 0,012                         | 1,3                              | 0,14                                 |
| Шнековий прес<br>«Oil Extractor<br>OP-600M» | 0,6                           | 8,6                              | 45,65                                |
| Ноутбук «Asus»                              | 0,02                          | 62                               | 10,97                                |
| Центрифуга<br>«MICROmed<br>CM-3M»           | 1,1                           | 4,5                              | 43,79                                |
| Ваги-вологомір<br>«Radwag MA<br>110.R»      | 0,3                           | 14,0                             | 37,16                                |
| Всього                                      |                               |                                  | 137,71                               |

Витрати на амортизацію обладнання знаходили за формулою (5.4):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.4)$$

де А – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

Н – 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,<br>грн | Річна норма<br>амортизації,<br>% | Тривалість<br>роботи,<br>днів | Витрати на<br>амортизацію,<br>грн |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Лабораторні ваги                              | 8790,00          | 10                               | 0,05                          | 0,12                              |
| Шнековий прес<br>«Oil Extractor OP-<br>600M»  | 14000,00         | 15                               | 0,34                          | 1,96                              |
| Ноутбук                                       | 17450,00         | 25                               | 2,6                           | 31,08                             |
| Колориметр<br>портативний<br>«Linshang LS173» | 9990,00          | 10                               | 0,12                          | 0,33                              |
| Центрифуга<br>MICROmed CM-<br>3M              | 4860,00          | 10                               | 0,19                          | 0,25                              |
| Ваги-вологомір<br>«Radwag MA<br>110.R»        | 87200,00         | 15                               | 0,58                          | 20,78                             |
| Всього                                        |                  |                                  |                               | 54,52                             |

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              | 394,00    |
| Заробітна плата                | 2024,20   |
| Нарахування на заробітну плату | 445,32    |
| Електроенергія                 | 137,71    |
| Амортизація                    | 54,52     |
| Накладні витрати               | 1619,36   |
| Всього                         | 4675,11   |

Загальна вартість дослідження визначали за формулою (5.5):

$$\text{Ц} = \text{С} + \frac{\text{Р} \cdot \text{С}}{100}, \quad (5.5)$$

де Ц – вартість дослідження, грн;

С – витрати на дослідження, грн;

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

$$\text{Ц} = 4675,11 + \frac{30 \cdot 4675,11}{100} = 6077,64 \text{грн}$$

Витрати на проведені дослідження кваліфікаційної роботи становили 6077,64 грн.

## 5.2 Техніко-економічні показники виробництва лляної олії

У табл. 5.6 наведено розрахунок прогнозованої собівартості 1 л олії лляної.

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні показники виробництва лляної олії

| Найменування статей<br>калькуляції                                                                       | Виробництво лляної олії |             |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|-----------------|
|                                                                                                          | Кількість               | Ціна (грн.) | Сума (грн.)     |
| 1                                                                                                        | 2                       | 3           | 4               |
| Сировина та основні матеріали:                                                                           |                         |             |                 |
| Насіння льону, кг                                                                                        | 800                     | 45,00       | 36000,00        |
| Зворотні відходи, що реалізуються:                                                                       |                         |             |                 |
| Макуха, кг                                                                                               | 492,88                  | 8,00        | 3943,04         |
| Осад після очищення олії, кг                                                                             | 26,72                   | 10,00       | 267,20          |
| <i>Разом сировини і основних матеріалів за вирахуванням попутної продукції та зворотних відходів, кг</i> |                         |             | <i>31789,76</i> |
| Допоміжні і таропакувальні матеріали:                                                                    |                         |             |                 |
| Картонні коробки, шт                                                                                     | 90                      | 10,00       | 900,00          |
| Пляшки скляні затемнені (250 мл), шт                                                                     | 1070                    | 18,00       | 19260,00        |
| Разом                                                                                                    |                         |             | <i>20160,00</i> |
| Паливо і енергія на технологічні цілі:                                                                   |                         |             |                 |
| Електроенергія, кВт.год:                                                                                 | 7                       | 9,83        | 68,81           |
| Разом                                                                                                    |                         |             | <i>68,81</i>    |

| 1                                                    | 2      | 3 | 4             |
|------------------------------------------------------|--------|---|---------------|
| Витрати на утримання та експлуатацію обладнання      |        |   | 500,00        |
| Амортизаційні відрахування                           |        |   | 250,00        |
| Вихід готової продукції, кг                          | 267,04 |   |               |
| <b>Виробнича собівартість 1 кг готового продукту</b> |        |   | <b>197,61</b> |

Середня ціна 1 л лляної олії, представленої на ринку України, становить 450,00 грн. Тому прибуток від переробки насіння льону є очевидним.

#### Висновки до розділу

У результаті проведених організаційно-економічних розрахунків підтверджено економічну доцільність проведення досліджень та виробництва лляної олії способом пресування на шнековому пресі. У ході виконання роботи проведено розрахунок витрат на здійснення наукових досліджень, який включав витрати на сировину, оплату праці, нарахування на заробітну плату, електроенергію, амортизацію обладнання та накладні витрати. Встановлено, що загальна собівартість проведення досліджень становила 4675,11 грн, а вартість дослідження з урахуванням нормативної рентабельності – 6077,64 грн.

Проведений техніко-економічний аналіз виробництва лляної олії показав, що при переробці 800 кг насіння льону отримують 267,04 кг готової олії та значну кількість побічної продукції у вигляді макухи й осаду після очищення олії. Реалізація побічних продуктів дозволяє частково компенсувати витрати на основну сировину та підвищити економічну ефективність виробництва.

Встановлено, що виробнича собівартість 1 кг лляної олії становить 197,61 грн, тоді як середня ринкова ціна продукту сягає близько 450 грн за літр, що свідчить про високий рівень потенційної прибутковості виробництва. Основну частку витрат формують вартість насіння льону та таропакувальних

матеріалів, зокрема затемнених скляних пляшок для фасування готової продукції.

Отже, виробництво лляної олії є перспективним напрямом переробки олійної сировини, а комплексне використання побічних продуктів дозволяє підвищити рентабельність виробництва та зменшити кількість відходів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Проведено аналіз вихідної сировини – насіння льону олійного сорту Водограй. Масова частка вологи у насінні льону олійного становила  $6,96 \pm 0,26$  %, а початковий вміст олії –  $46,43 \pm 0,01$  %.

2. Проведені дослідження дозволили встановити закономірності впливу температурного режиму пресування на ефективність видобування олії із насіння льону олійного, а також на якісні характеристики отриманої олії та макухи. Встановлено, що підвищення температури пресування від 40 до 60 °C позитивно впливає на процес вилучення олії. За температури 60 °C отримано максимальний вихід неочищеної олії – 36,71 %, очищеної олії – 33,38 %. Одночасно при даному температурному режимі спостерігалися найменші втрати при пресуванні – 1,68 %, що свідчить про найбільш ефективне використання олійної сировини.

3. Важливим показником ефективності пресування є залишковий вміст олії у макусі. Його мінімальне значення спостерігалось при температурі пресування насіння льону олійного 60 °C і становило 8,97 %, що підтверджує найбільш повне вилучення олії з насіння за даних умов. При нижчих температурах (40–50 °C) залишковий вміст олії у макусі був вищим – 12,68 та 10,51 % відповідно, що свідчить про менш ефективне пресування. Одночасно при температурах вище 60 °C залишковий вміст олії у макусі суттєво зростає, при 100 °C він досягав 20,81 %. Це пов'язано з надмірним ущільненням макухи, частковою денатурацією білків та утворенням структур, які ускладнюють вихід олії. При підвищенні температури пресування насіння льону олійного від 40 до 60 °C масова частка вологи у макусі зменшувалася від 12,68 до 8,97 %, що свідчить про інтенсивніше видалення вологи та більш ефективне пресування за помірного нагрівання. Найнижчу вологість макухи зафіксовано саме при температурі 60 °C, що корелює з максимальним виходом олії та мінімальним залишковим вмістом олії у макусі. Однак подальше підвищення температури пресування до 70–100 °C супроводжувалося різким

збільшенням вологості макухи. Так, при 70 °C показник становив 11,71 %, а при 100 °C досягав уже 20,81 %. Це можна пов'язати зі зміною структури макухи внаслідок надмірного нагрівання, ущільненням матеріалу та погіршенням процесу відділення рідкої фази. Крім того, за високих температур можуть відбуватися часткові структурні зміни білкових та слизових компонентів насіння льону, які здатні утримувати більшу кількість води.

4. Дослідження колірних характеристик показали, що температура пресування не спричиняла різких змін показників системи CIELab\*, однак очищення олії суттєво покращувало її світлоту та прозорість. Встановлено, що помірне підвищення температури сприяло формуванню більш вираженого жовтого відтінку без істотного погіршення зовнішнього вигляду продукту.

5. Масова частка води та летких речовин в олії змінювалася незначно і перебувала в межах 0,15–0,26 %. Найнижче значення показника спостерігалось при температурі пресування 40 °C – 0,15 %, тоді як максимальне – при 70 °C і становило 0,26 %. У подальшому при підвищенні температури до 80–100 °C вміст води в олії дещо знижувався та стабілізувався на рівні 0,20–0,21 %. Загалом отримані результати свідчать про те, що температура пресування в досліджуваному діапазоні не мала суттєвого впливу на вологість олії, а всі значення залишалися на низькому рівні, що є позитивним фактором для її стійкості під час зберігання.

6. Зі збільшенням температури пресування насіння льону від 40 до 100 °C кислотне число поступово зростало від 1,431 до 1,670 мг КОН/г. Загалом отримані значення кислотного числа дослідних зразків олії були відносно низькими, що характеризує олію як якісний продукт із невисоким ступенем гідролітичного псування. Однак результати свідчать, що надмірне підвищення температури пресування може негативно впливати на хімічну стабільність олії та погіршувати її якісні показники. Оптимальними можна вважати помірні температурні режими пресування (50–70 °C), за яких забезпечується достатній вихід олії при збереженні низького кислотного числа.

7. На основі комплексного аналізу технологічних та якісних показників встановлено, що оптимальним температурним режимом пресування насіння льону олійного є 60 °С. Саме за цієї температури досягається найбільш раціональне поєднання високого виходу олії, мінімальних технологічних втрат, низького залишкового вмісту олії у макусі та задовільних показників якості готового продукту.

Науково обґрунтовані рекомендації щодо застосування у виробничих умовах полягають у наступному:

- рекомендується здійснювати пресування насіння льону олійного при температурі близько 60 °С;
- перед пресуванням доцільно забезпечити стабільну вологість насіння на рівні близько 7 %, що сприятиме підвищенню ефективності видобування олії;
- не рекомендується перевищувати температуру пресування понад 70 °С через зростання залишкового вмісту олії у макусі, погіршення хімічної стабільності олії та підвищення кислотного числа;
- для забезпечення стабільної якості продукції доцільно впроваджувати контроль температури процесу пресування та оперативний моніторинг кислотного числа й вологості готової олії;
- отриману макуху з низьким залишковим вмістом олії та оптимальною вологістю доцільно використовувати як високобілкову кормову сировину або компонент функціональних харчових продуктів.

Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні технологій холодного пресування насіння льону олійного в умовах підприємств олієжирової галузі з метою підвищення ефективності виробництва та збереження високої поживної та біологічної цінності лляної олії.

8. Розглянуто питання забезпечення охорони праці та поведження з відходами під час виробництва лляної олії. Встановлено, що процес механічного пресування насіння льону олійного супроводжується дією ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зокрема рухомих частин

обладнання, підвищених температур, електричного струму, виробничого пилу та пожежонебезпечних речовин.

Досліджено основні напрями поводження з відходами виробництва лляної олії. Встановлено, що найбільш цінним побічним продуктом є лляна макуха, яка може ефективно використовуватися як кормова, харчова або енергетична сировина. Показано доцільність повторної переробки осаду після очищення олії, використання пилу та рослинних залишків для компостування або енергетичних потреб, а також необхідність очищення виробничих стічних вод перед їх скиданням.

Обґрунтовано, що впровадження маловідходних і ресурсозберігаючих технологій при виробництві лляної олії дозволяє не лише підвищити економічну ефективність виробництва, а й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Комплексне використання сировини та дотримання вимог охорони праці забезпечують екологічну та технологічну безпечність процесу виробництва лляної олії.

9. У результаті проведених організаційно-економічних розрахунків підтверджено економічну доцільність проведення досліджень та виробництва лляної олії способом пресування на шнековому пресі. У ході виконання роботи проведено розрахунок витрат на здійснення наукових досліджень, який включав витрати на сировину, оплату праці, нарахування на заробітну плату, електроенергію, амортизацію обладнання та накладні витрати. Встановлено, що загальна собівартість проведення досліджень становила 4675,11 грн, а вартість дослідження з урахуванням нормативної рентабельності – 6077,64 грн.

Проведений техніко-економічний аналіз виробництва лляної олії показав, що при плановій переробці 800 кг насіння льону за добу отримують 267,04 кг готової олії та значну кількість побічної продукції у вигляді макухи й осаду після очищення олії. Реалізація побічних продуктів дозволяє частково компенсувати витрати на основну сировину та підвищити економічну ефективність виробництва.

Встановлено, що виробнича собівартість 1 кг лляної олії становить 197,61 грн, тоді як середня ринкова ціна продукту сягає близько 450 грн за літр, що свідчить про високий рівень потенційної прибутковості виробництва. Основну частку витрат формують вартість насіння льону та таропакувальних матеріалів, зокрема затемнених скляних пляшок для фасування готової продукції. Отже, виробництво лляної олії є перспективним напрямом переробки олійної сировини, а комплексне використання побічних продуктів дозволяє підвищити рентабельність виробництва та зменшити кількість відходів.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Горач О.О., Чурсіна Л.А., Домбровська О.П. Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та екологічна безпека харчової продукції. Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в ХХІ столітті: колективна монографія: у 2 ч. / відп. за вип. О. В. Аверчев. Львів; Торунь: Ліга-Прес, 2021. Ч. 2. С. 593–619.
2. Всеукраїнський аграрний журнал «АгроЕліта». Олійний льон в Україні: відновлення ринку та зростання експорту до ЄС. URL: <https://agroelita.info/oliynny-lon-v-ukraini-vidnovlennia-rynku-ta-zrostannia-eksportu-do-yes/> (дата звернення: 05.05.2026 р.).
3. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products: Linseed (Area harvested / Production). URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 05.05.2026 р.).
4. Верещагін І.В., Кандиба Н.М., Сташко М.Р., Недогибченко А.С. Насіння льону (*Linum usitatissimum* L.) як цінний харчовий ресурс. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2021. №1. С. 18–26.
5. Хомич Г.П., Наконечна Ю.Г., Олійник Л.Б., Молчанова Н.Ю., Гнітій Н.В. Інноваційні інгредієнти в технології січених м'ясних напівфабрикатів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2026. №1. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-1-3>.
6. Dzuvor C.K.O., Taylor J.T., Acquah C., Pan S., Agyei D. Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed. *Molecules*. 2018. Vol. 23, №10. Art. 2444. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23102444>.
7. Shekhara Naik R., Anurag A.P., Prakruthi M., Mahesh M. Flax Seeds (*Linum usitatissimum*): Nutritional Composition and Health Benefits. *Journal of Nutrition Metabolism and Health Science*. 2020. Vol. 3, №2. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.18231/j.ijnmhs.2020.008>.

8. Бондаренко Ю.В., Андронович Г.М., Грищенко А.М., Анич А.М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. Т. 26, №2. С. 232–243.
9. Горач О.О. Шляхи підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. Т. 14, №1. DOI: <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-18>.
10. Nowak W., Jeziorek M. The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *Healthcare*. 2023. Vol. 11, №3. Art. 395. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare11030395>.
11. Petraru A., Amariei S., Senila L. Flaxseed Oilcake: An Ingredient with High Nutritional Value in the Realization of Innovative Food Products. *Foods*. 2025. Vol. 14, №7. Art. 1087. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14071087>.
12. Kunutsor S.K., Jassal D.S., Ravandi A., Lehoczki A. Dietary flaxseed: Cardiometabolic benefits and its role in promoting healthy aging. *Geroscience*. 2025. Vol. 47, №3. P. 2895–2923. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11357-025-01512-0>.
13. De Silva S.F., Alcorn J. Flaxseed Lignans as Important Dietary Polyphenols for Cancer Prevention and Treatment: Chemistry, Pharmacokinetics, and Molecular Targets. *Pharmaceuticals*. 2019. Vol. 12, №2. Art. 68. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph12020068>.
14. Parikh M., Netticadan T., Pierce G.N. Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*. 2018. Vol. 314, №2. P. H146–H159. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00400.2017>.
15. Wirkijowska A., Zarzycki P., Sobota A., Nawrocka A., Blicharz-Kania A., Andrejko D. The Possibility of Using By-Products from the Flaxseed Industry for Functional Bread Production. *LWT – Food Science and Technology*. 2020. Vol. 118. Art. 108860. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108860>.

16. Лялик А., Бейко Л., Кухтин М., Покотило О. Використання лляної олії у виробництві харчових продуктів. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99 (3). С. 78–83.
17. Горач О.О., Домбровська О.П. Споживчі властивості олії, одержаної з насіння льону олійного. Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 17–18 листопада 2021 р. Хмельницький: ХНУ, 2021. С. 171–176.
18. Gandova V., Teneva O., Petkova Z., Iliev I., Stoyanova A. Lipid Composition and Physicochemical Parameters of Flaxseed Oil (*Linum usitatissimum* L.) from Bulgaria. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. Art. 10141. DOI: <https://doi.org/10.3390/app131810141>.
19. Sá A.G.A., Pacheco M.T.B., Moreno Y.M.F., Carciofi B.A.M. Sustainable Protein Processing of Flaxseed By-Product: Nutritional Quality and Functional Properties. *Food Frontiers*. 2025. Vol. 6, №5. P. 2269–2280. DOI: <https://doi.org/10.1002/fft2.70069>.
20. Лозова Т.М. Сучасні наукові дослідження нових способів поліпшення якості і зберігання хліба. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2022. №32. С. 52–58.
21. Євлаш В.В., Газзаві-Рогозіна Л.В., Сєногонова Л.І. Удосконалення технології печива пісочного з використанням лляного борошна. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2021. Вип. 1 (33). С. 187–198.
22. Куриленко Ю., Куракін О. Використання рослинної сировини у якості стабілізатора в технології функціональних майонезних соусів. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2023. №2 (8). С. 40–46. DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(8\).2023.6](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(8).2023.6).
23. Толок С. Чіа, кіноа та насіння льону як функціональні інгредієнти в масах на основі сиру. *Здоров'я людини та нації*. 2025. Т. 3 (4). С. 99–112. DOI: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.99>.

24. Oomah B. Dave, Sitter Laurie. Characteristics of flaxseed hull oil. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 114, issue 2. P. 623–628. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.096>.
25. Zhang Z., Wei Y., Guan N., Li B., Wang Y. Changes in Chemical Composition of Flaxseed Oil during Thermal-Induced Oxidation and Resultant Effect on DSC Thermal Properties. *Molecules*. 2022. Vol. 27, №20. Art. 7135. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27207135>.
26. Chand M., Chopra R., Singh A., Prabhakar P. K., Kamboj A., Singh P. K. Enhancement of Flaxseed Oil Quality and Yield Using Freeze-Thaw Pretreatment Optimization: A Novel Approach. *Food Chemistry: X*. 2025. Vol. 26. Art. 102328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102328>.
27. Гудзенко М., Сарана В., Бурова З., Горенков Д., Рибчинський Р. Вплив параметрів пресування на окислювальну стабільність олії з насіння льону. *Здоров'я людини та нації*. 2025. Т. 3, № 4. С. 125–139. DOI: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.125>.
28. Kabutey A., Kibret S. H., Kiros A. W., Afework M. A., Onwuka M., Raj A. Comparative Analysis of Pretreatment Methods for Processing Bulk Flax and Hemp Oilseeds Under Uniaxial Compression. *Foods*. 2025. Vol. 14, №4. Art. 629. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14040629>.
29. Mridula D., Barnwal P., Singh K. K. Screw Pressing Performance of Whole and Dehulled Flaxseed and Some Physico-Chemical Characteristics of Flaxseed Oil. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52, №3. P. 1498–1506. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1132-6>.
30. Zeng J. The Comparative Analysis of Different Oil Extraction Methods Based on the Quality of Flaxseed Oil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022. Vol. 106. Art. 104373. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104373>.
31. Kasote D.M., Patil A.S. Advances in Linseed Oil Extraction and Its Quality Assessment. *Linseed. Elsevier*, 2024. P. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15439-3.00020-5>.

32. Сорт льону олійного Водограй. Каталог сортів та гібридів.  
*Інститут олійних культур НААН України.* URL:  
<https://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/lon-oliinyi/135-vodohray>.

# ДОДАТКИ



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

**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

Сертифікат ОС "УБЦС" № LB 09/26 від 05.02.2026 р.



Затверджую  
Директор НДЦ, технічний керівник ВЦ

Дмитро Масюк

### ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ № НТ/13611 від 19.05.2026

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Замовник:</b>                                         | ФОП Кіт Олександр Миколайович                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Підприємство:</b>                                     | Сова Н.А.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Адреса підприємства:</b>                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Об'єкт випробування та реєстраційний код зразків:</b> | Макуха ляна, зразок №1, t=40 °C, m=50г (26/05/108/A/1); Макуха ляна, зразок №2, t=50 °C, m=50г (26/05/108/A/2); Макуха ляна, зразок №3, t=60 °C, m=50г (26/05/108/A/3); Макуха ляна, зразок №4, t=70 °C (26/05/108/A/4); Макуха ляна, зразок №5, t=80 °C (26/05/108/A/5); Макуха ляна, зразок №6, t=90 °C, m=50г (26/05/108/A/6); Макуха ляна, зразок №7, t=100 °C, m=50г (26/05/108/A/7) |
| <b>Замовлення:</b>                                       | Рахунок №К/26/05/011 від 08.05.2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Дата відбору зразків:</b>                             | 8 травня 2026 р.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Дата одержання зразків:</b>                           | 8 травня 2026 р.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Дата проведення випробувань:</b>                      | 8 травня 2026 р. - 19 травня 2026 р.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Акт відбору зразків:</b>                              | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Випробування на відповідність вимогам:</b>            | на фактичні значення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### Результати випробувань

##### Макуха ляна, зразок №1, t=40 °C, m=50г (26/05/108/A/1)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 11,64     | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №2, t=50 °C, m=50г (26/05/108/A/2)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 9,65      | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №3, t=60 °C, m=50г (26/05/108/A/3)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 8,23      | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №4, t=70 °C (26/05/108/A/4)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 10,77     | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №5, t=80 °C (26/05/108/A/5)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 12,67     | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №6, t=90 °C, m=50г (26/05/108/A/6)

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 16,44     | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

##### Макуха ляна, зразок №7, t=100 °C, m=50г (26/05/108/A/7)

ВЦ НДЦ БЕКР АПК ДДАЕУ ОПФ 7.8-02 «Протокол випробувань» Сторінка 1 з 2  
Видання №05 Дата 07-2025

www.biosafety-center.com

| Показник, що визначали | Результат | Норма | НД на методи випробувань | Невизначеність вимірювання *** | Відмітка про відповідність |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Сирий жир, %**         | 19,41     | -     | ДСТУ ISO 6492:2003       | не визначали                   | -                          |

**Відповідальні виконавці:**

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



**Валентин Єфімов**

**Провідний фахівець сектору фізико-хімічних методів  
досліджень**



**Ольга Севаст'янова**

**Примітки:**

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 внесений до сфери акредитації відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.

\*\* - показник не внесений 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 межам специфікації.

"КІНЕЦЬ ДОКУМЕНТУ"