

**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 «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування технології післязбирального  
обробітку і зберігання насіння сої обробленої в  
електричному полі надвисокої частоти**

**Виконав:** здобувач вищої освіти 2 курсу,  
групи МГХТ-1-21  
освітньо-професійної програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Максим КАРПУК

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Ірина ХОЛОБЦЕВА

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Григорій ПОНОМАРЕНКО

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції


Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри  
технології зберігання і переробки  
сільськогосподарської продукції,  
кандидат технічних наук, доцент

 Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«18» жовтня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**







Карпуку Максиму Олександровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології післязбирального обробітку і зберігання насіння сої обробленої в електричному полі надвисокої частоти». Керівник роботи: Холобцева Ірина Петрівна, кандидат технічних наук, затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» жовтня 2022 року № 3009.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 06 грудня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія післязбирального обробітку і зберігання насіння сої обробленого в електричному полі НВЧ. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Методична частина. 3 Експериментальна частина. 4 Розробка технології післязбиральної обробки насіння сої з НВЧ-прогрівом. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Список джерел посилання. Додатки.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналітичний огляд. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Результати досліджень. 4 Розробка технології післязбиральної обробки насіння сої з НВЧ-прогрівом. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7. Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка ХОЛОБЦЕВА Ірина	 18.10.2022	 06.12.2022
5	доцент ДЕРКАЧ Олексій	 18.10.2022	 06.12.2022
6	доцентка ПАВЛЕНКО Олена	 18.10.2022	 06.12.2022

7. Дата видачі завдання 18 жовтня 2022 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

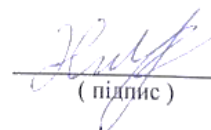
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.10-19.10.22	виконано
2	Аналітичний огляд	20.10-27.10.22	виконано
3	Методична частина	28.10-07.11.22	виконано
4	Експериментальна частина	08.11-17.11.22	виконано
5	Розробка технології післязбиральної обробки насіння сої з НВЧ-прогрівом	18.11-22.11.22	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	23.11-27.11.22	виконано
7	Організаційно-економічна частина	28.11-30.11.22	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	01.12-02.12.22	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	05.12.2022	виконано

Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Максим КАРПУК

Керівник роботи

  
(підпис)

Ірина ХОЛОБЦЕВА

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 94 сторінки друкованого тексту, 13 рисунків та ілюстрацій, 17 таблиць та використано 61 літературне джерело посилань.

Метою роботи є розробка технології прискореного післязбирального дозрівання насіння сої, на основі нових технологічних прийомів, що дозволяють прискорити процеси дозрівання насіння і що сприяють збереженню якості їх білкового й ліпідного комплексу при зберіганні.

Об'єкт дослідження – свіжозібране насіння, що не досягло повної фізіологічної зрілості, але з високим біохімічним потенціалом.

Предмет дослідження – взаємозв'язок показників якості свіжозібраного насіння сої з технологічними параметрами процесу НВЧ-прогріву.

Складність оптимальної побудови технології післязбирального дозрівання свіжозібраного насіння сої полягає у високій різниці якості одиничних насінин, що становлять насінну (зернову) масу, за біохімічними, технологічними і морфологічними характеристиками, обумовленою неодноразовістю розвитку насіння у суцвітті. Різна якість насіння зберігається й після збирання й виключає можливість цілеспрямованого впливу технологічних прийомів при післязбиральній обробці насіння на їхні ферментні системи, рівень активності яких може мінятися в широких межах. З появою нових сортів сої сучасної селекції, ця проблема стала ще гострішою, тому що відомі способи фракціонування соєвого насіння перед післязбиральною обробкою, застосовувані для зниження їх різноякісності й підвищення однорідності, були розроблені для насіння сортів традиційної селекції і є в цей час недостатньо ефективними.

Ключові слова: СОЯ, КИСЛОТНЕ ЧИСЛО, НВЧ-ОБРОБКА, ЙОДНЕ ЧИСЛО, СХОЖІСТЬ, ПРОРОСТАННЯ, ОЛІЙНІСТЬ, ЕКСПЕРИМЕНТ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯКІСТЬ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Характеристика насіння сої як білково-олійної сировини	9
1.2 Різноманітність насіння	13
1.3 Теоретичні аспекти післязбирального дозрівання насіння	15
1.4 Вплив основних технологічних факторів на формування біохімічних і технологічних властивостей насіння	18
1.5 Сучасні способи післязбиральної обробки насіння	21
Висновки до розділу	28
2 МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА	29
2.1 Об'єкт досліджень	29
2.2 Методика й методи лабораторних досліджень	29
2.3 Техніка проведення лабораторних досліджень	30
Висновки до розділу	32
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	33
3.1 Дослідження якості насіння сої	33
3.2 Дослідження природньої неоднорідності насіння сої	37
3.3 Дослідження процесу зберігання насіння сої, розділених по природній неоднорідності	40
3.4 Вплив НВЧ-прогріву на процеси післязбирального дозрівання й зберігання насіння сої	46
3.5 Вплив НВЧ-прогріву й температури зберігання на якість насіння сої	54
Висновки до розділу	62
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОЇ З НВЧ-ПРОГРІВОМ	63
4.1 Дослідження впливу технологічних параметрів процесу НВЧ-обробки на якісні показники насіння сої	63
4.2 Розробка принципової схеми післязбиральної обробки насіння сої	72

Висновки до розділу	73
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>74</b>
5.1 Організація охорони праці в ТОВ «Далекс»	74
5.2 Аналіз стану охорони праці в ТОВ «Далекс»	75
5.3 Аналіз виробничого травматизму та захворювань	77
5.4 Розробка організаційно-технологічної карти	79
Висновки до розділу	81
<b>6 ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>82</b>
6.1 Організація проведення дослідження	82
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	83
6.3 Розрахунок вартості дослідження	86
Висновки до розділу	86
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>87</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>	<b>89</b>

## ВСТУП

Одним з перспективних напрямків у реалізації концепції здорового харчування населення України є розширене використання рослинних жирів і білків, у першу чергу соєвих, для одержання функціональних харчових продуктів різного призначення. Якість жирів і білка сої багато в чому формується в ході збирання, післязбиральної обробки і зберігання насіння.

Складність оптимальної побудови технології післязбирального дозрівання свіжозібраного насіння сої полягає у високій різниці якості одиничних насінин, що становлять насінну (зернову) масу, за біохімічними, технологічними і морфологічними характеристиками, обумовленою неоднорідністю розвитку насіння у суцвітті. Різна якість насіння зберігається й після збирання й виключає можливість цілеспрямованого впливу технологічних прийомів при післязбиральній обробці насіння на їхні ферментні системи, рівень активності яких може мінятися в широких межах. З появою нових сортів сої сучасної селекції, ця проблема стала ще гострішою, тому що відомі способи фракціонування соєвого насіння перед післязбиральною обробкою, застосовувані для зниження їх різноякісності й підвищення однорідності, були розроблені для насіння сортів традиційної селекції і є в цей час недостатньо ефективними.

У зв'язку з викладеним, метою роботи є розробка технології прискореного післязбирального дозрівання насіння сої, на основі нових технологічних прийомів, що дозволяють прискорити процеси дозрівання насіння і що сприяють збереженню якості їх білкового й ліпідного комплексу при зберіганні.

Завдання дослідження полягають у наступному:

- порівняльне вивчення технологічних і біохімічних особливостей насіння сої;
- вивчення впливу природньої неоднорідності насіння сої на їхній хімічний склад і технологічні властивості;

- вивчення впливу електрофізичної обробки насіння сої на тривалість процесу післязбирального дозрівання й зміни технологічних характеристик насіння;
- вибір і обґрунтування способу НВЧ-прогріву й визначення впливу НВЧ на технологічні властивості соєвого насіння;
- вивчення впливу температури зберігання насіння сої на зміну їх якості після НВЧ-прогріву;
- розробка комплексної технології інтенсифікації післязбирального дозрівання насіння сої;
- дослідження та аналіз стану охорони праці в ТОВ «ДАлекс»;
- розрахунок вартості досліджень.

Об'єкт дослідження – свіжозібране насіння, що не досягло повної фізіологічної зрілості, але з високим біохімічним потенціалом.

Предмет дослідження – взаємозв'язок показників якості свіжозібраного насіння сої з технологічними параметрами процесу НВЧ-прогріву.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Характеристика насіння сої як білково-олійної сировини

Насіння сої в загальному об'ємі олійних насіння, що переробляються українськими масложировими підприємствами, посідають друге місце після соняшника. Унікальність насіння сої обумовлена можливістю одночасного одержання високоякісної рослинної олії й високобілкових макух і шротів, які можуть використовуватися у виробництві кормів і служити сировиною для виробництва різноманітного асортименту харчових білкових продуктів. Провідна країна в області виробництва сої й створення промислових технологій її переробки – США.

Соя – однолітня трав'яниста рослина сімейства Бобових. Соеве насіння складається із трьох основних частин: насінної оболонки, або лушпайки; двох сім'ядоль і зародка.

Оболонка сої багата целюлозою й геміцелюлозою, а також кислоторозчинною клітковиною, у ній багато цинку й заліза. Її звичайно використовують на корм худобі.

Підвищена увага до цієї культури обумовлена унікальним хімічним складом її насіння, що відрізняють її від інших олійних культур – насамперед високим вмістом білка – 35 – 46 % [3, 5]. Соевий білок на 90 – 95 % складається із глобулінів. Із простих білків, крім глобулінів, у насінні сої є альбуміни, глутеліни, а зі складних білків – нуклеопротейди, фосфопротейди, ліпопротейди. Соевий білок містить усі незамінні амінокислоти (за винятком метіоніну) у кількостях, що перевищують міжнародний стандарт на білок, і найбільш близький до білку тваринного походження [6].

Крім високоякісного білка, насіння сої містять 18 – 23 % олії, 25 – 30 % вуглеводів, 5 – 6 % різних мінеральних елементів (кальцій, магній, залізо, фосфор, калій, молібден і ін.), фосфатиди, ферменти, вітаміни А1, В1, В3, С, Е, Д, К в кількостях, достатніх для стимулювання життєдіяльності живих організмів [1, 8, 9].

Соєва олія багата цінними поліненасиченими жирними кислотами. Найпоширеніші ненасичені жирні кислоти олії – олеїнова, лінолева і ліноленова. Відомо, що важливо не тільки вміст у харчовому раціоні поліненасичених жирних кислот, але й співвідношення між лінолевою і ліноленовою жирними кислотами [9]. Канадські вчені рекомендують це співвідношення від 4:1 до 10:1, Об'єднаний комітет ФАО/ВОЗ – від 5:1 до 10:1. Соєва олія цілком задовольняє цим вимогам, тому що в його складі досить велика кількість лінолевої кислоти (48 – 57 %).

Основні споживачі соєвої олії – маргаринові заводи, масложирові комбінати й інші підприємства харчової галузі (консервні, кондитерські, хлібокомбінати), що застосовують олію як сировину для виробництва маргарину, майонезу, харчових жирів і інших продуктів. Після повного очищення (рафінації, дезодорації) соєва олія може бути використана в їжу безпосередньо або в сумішах олій.

До складу вуглеводного комплексу соєвого насіння входять: дисахариди, декстроза, рафіноза, крохмаль, декстрин, пентозани, галактоза й гемицеллюлози.

Головні неорганічні речовини сої – мінеральні, концентрація яких залежить від різновиду насіння [3, 8]. Мінеральний склад золи соєвого насіння наступний (% від маси насіння): калій – 1,67 – 2,09; натрій – 0,34 – 0,38; кальцій – 0,22 – 0,28; магній – 0,22 – 0,24; фосфор – 0,58 – 0,66; кремній – 0,4; залізо – 0,008 – 0,018. Вміст мікроелементів у соєвому насінні (у мг/кг) становить: міді – 12, марганцю – 28 – 32; йоду – 0,01 і алюмінію – 7.

З фосфоровмісних речовин насіння сої присутні (% у перерахуванні на суху речовину): фосфоліпіди – 0,074 – 0,091; фітин – 0,426 – 0,444; нуклеїнові кислоти – 0,024 – 0,037; неорганічні фосфати – 0,026 – 0,028. У фосфоліпідний комплекс соєвого насіння входять (%): фосфатидилхолін – 46,0 фосфатидилетаноламін – 25,0; фосфатидилинозит – 17,4; фосфатидилгліцерин – 3,6; дифосфатидилгліцерин – 3,4 і N-ацилфосфатидилетаноламін – 4,8. Фосфоліпіди в харчуванні людини важливі як основне джерело фосфору, необхідного для побудови кісток і тканини [11].

Соеве насіння містить винятково більшу групу різноманітних ферментів. У насіннях сої присутні уреаза, ліпаза, ліпоксигеназа, пероксидаза, каталаза, глюкозидаза й ін.

Розглянемо ті ферменти, які безпосередньо беруть участь у ліпідному обміні насіння.

Характер дії, а також рівень активності ферментів у насінні різний і залежить від багатьох факторів, у першу чергу, від видової й сортової приналежності, а так само від ступеня їх фізіологічної зрілості [12, 13]. Розглядаючи олійні насіння з погляду технології їх зберігання й подальшої переробки, найбільшу увагу слід звернути на групу гідролітичних і окисно-відновних ферментів, тому що саме вони впливають на ліпідний комплекс насіння [3, 12, 14, 15].

Гідролази в олійних насіннях представлені ліпазами й фосфоліпазами. Перші з них руйнують складноефірний зв'язок між гліцеролом і жирними кислотами, а другі – гідролізують фосфоліпіди [11, 12]. Прояв високої активності цих ферментів на стадії зберігання олійних насіння украй небажане, тому що негативно позначається на якості олії, що втримується в насіннях [11].

Ліполітичні ферменти в олійних насіннях проявляють свою активність на межі поділу фаз вода – неполярний ліпід, при цьому багато питань кінетики таких реакцій дотепер не вивчені [15].

Дослідження активності ліпази в незруйнованих клітках насіння соняшника показали, що її оптимальна активність спостерігається при температурі 37 °C і вологості насіння 12 – 14 %. Для насіння сої активність ліпази починає проявлятися при вологості 13 % і різко збільшується при подальшому збільшенні вологості [25]. Підвищення, або зниження вологості приводить до зменшення активності ферменту, однак навіть у сухих насіннях вона повністю не губиться. Вплив температури на активність ферменту в насіннях залежить від їхньої вологості. При вологості 13 % повна інактивація ферменту спостерігається при нагріванні до 100 °C, а при відсутності вологи це відбувається тільки при температурі 120 °C [32].

Іншим фактором, що робить істотний вплив на активність ліпази в насіннях, є газовий склад міжнасінневої атмосфери. Неодноразово відзначалося, що зниження вмісту кисню приводить до придушення активності ферменту [33].

Хімічні агенти також впливають на фермент: є дані, що говорять про те, що з'єднання, що містять карбонільну групу проявляють інгібіторну активність по відношенню до ліпази [37]. Вплив знежирення насіння на активність ферменту залежить від полярності застосовуваного розчинника, особливо від ступеня його зневоднювання. Використання висушеного малополярного розчинника – бензину й гексану майже не знижує активність ліпази в знежирених насіннях [14].

Глибокі зміни ліпідного комплексу олійного насіння у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання протікають під впливом окисно-відновлюваних ферментів, таких як: каталаза і ліпоксигеназа.

Рослинна каталаза виявлена у двох формах: розчинна й зв'язана з мембранами. Біологічна функція каталази полягає в захисті біологічних систем клітки від токсичного впливу перекису водню, що розкладається каталазою на кисень і воду [12]. Так, при нагріванні зерен пшениці повна інактивація ферменту відбувається по одним даним при 70 °С [46] по інших – при 120 – 150 °С [47]. У деяких роботах пропонується використовувати показник активність каталази як діагностична ознака життєздатності зерна [46 – 49]. Питання локалізації каталази в олійних насіннях недостатньо вивчені. Передбачається, що вона сконцентрована у водорозчинній фракції білків.

На відміну від каталази, зростання активності якої позитивно впливає на якість насіння при зберіганні, наростання активності ліпоксигенази вкрай небажане, тому що знижує їхню живильну цінність.

Також істотною перешкодою для широкого використання сої в харчуванні людини й годівлі тварин є вміст ряду компонентів антиживильного характеру [61]. Найбільш важливі серед них інгібітори трипсину й химотрипсину. В організмі людини й тварин вони блокують травні ферменти й тим самим знижують перетравність білків, а також викликають гіпертрофію підшлункової залози й затримку росту тварин. Інгібітори стійкі до теплової обробки. Встановлено, що не

при всіх режимах обробки сої, при яких активність уреазі знижено до 0,1 – 0,2 Δ рН, досягається достатній рівень інактивації інгібіторів трипсину [9].

Високий вміст у насіннях сої вуглеводів – рафінози й стахіози (близько 10 % від маси насіння) – викликає метеоризм у людини й тварин [55]. Тому насіння сої обов'язково піддають тепловій або хімічній обробці для інактивації, видалення або руйнування антиживильних речовин.

Необхідно відзначити, що в багатьох сировинних господарствах у якості посівного матеріалу використовуються насіння сої ранньої селекції, урожайні властивості яких залежать не тільки від біологічних особливостей сорту, але й від умов їх вирощування. Порушення застосування агротехніки, погіршення екології спричиняє зниження якості насіння не тільки по основних фізико-механічних властивостях, але й по технологічних (КЧ, ПЧ олії в насіннях). Однак, проведений огляд наукових досліджень показує недостатність відомостей про дані властивості насіння сої, що надходять на виробництво в сучасних умовах. Уведення в сівозміну насіння нової селекції, що відрізняються по своїх фізико-механічних і технологічних властивостях, а також з генетично обумовленим зниженим рівнем інгібіторів трипсину, ставить завдання вивчення цих властивостей на насіннях сої сучасної селекції з метою раціонального використання їх у масложировій промисловості.

## 1.2 Різноманітність насіння

Розрізняють три категорії різноманітності насіння: генетичну, матрикальну й екологічну. Генетична різноманітність виникає завдяки з'єднанню спадково-нерівнозначних гамет батьківських форм і множинності запліднення. Матрикальна різноманітність є наслідком відмінностей у місцезнаходженні насіння на материнській рослині, тобто неоднакових умов розвитку. Екологічна різноманітність – результат взаємодії, що розбудовується насіння з умовами зовнішнього середовища. Усі три форми різноманітності взаємозалежні [6].

Для сої генетичну різноякісність звичайно виключають, тому що вона ставиться до рослин-самозапильників.

Раніше встановлено, що різноякісність насіння сої обумовлена в основному часом утворення й місцем розташування на рослині, а також морфологічними особливостями сорту [7].

Різноякісності насіння є попередником різноякісності репродуктивних органів, формування яких відбувається неоднаково в різних частинах суцвіття. Більшу роль при формуванні неоднорідності відіграє також місце утворення насіння на рослині не тільки через те, що насіння формуються в трохи відмінних умовах зовнішнього середовища, але й тому, що вони по різному забезпечуються життєво необхідними речовинами.

При аналізі насіння сої по вмісту в них олії було встановлено, що зі збільшенням висоти розташування насіння на рослині його вміст помітно знижується. Зміна вмісту олії в насіннях по вузлах рослини має зворотний характер у порівнянні зі зміною вмісту білка. Максимальний вміст олії мали насіння, розташовані в самих нижніх вузлах. Таким чином, найбільший вміст олії буде мати насіння нижнього ярусу на мінімальній густоті.

Для насіння сої східних сортів встановлено, що в межах однієї рослини накопичуються тригліцериди з різним співвідношенням жирних кислот [6]. Так, рівень лінолевої кислоти в напрямку від нижнього ярусу до верхнього підвищувався на 1,8 – 2,8 %.

Істотний вплив на різноякісність насіння виявляють й погодні умови. Під впливом погодних умов змінюється хімічний склад і біологічні особливості насіння. Ця дія умов зовнішнього середовища виявляє як безпосередній вплив на насіння, так і непрямий при морфологічних змінах рослин в онтогенезі.

Неоднакові умови формування насіння на рослині в першу чергу позначаються на інтенсивності окисно-відновлюваних реакцій у них і на утворенні різної кількості тих або інших метаболітів. У процесі дозрівання в насіннях відбуваються складні біохімічні перетворення, які ведуть до зміни структури

хімічних речовин. В насіння із неоднаковою спілістю різко різні ферменти і їх активність [6].

При переробці насіння сої з метою вилучення з них олії й білка різноякісність також має велике значення, пов'язане з необхідністю диференційованого підходу до технології обробки й зберігання насіння різної вихідної якості. Зберігання насіння у загальній масі приводить до істотного погіршення їх якості на стадії зберігання, сприяє утворенню вогнищ самозигрівання. Існують численні дослідження, спрямовані на розробку методів фракціонування насіння сої за рівнем їх вихідної технологічної якості. Однак, у зв'язку з тим, що умови поставки й приймання насіння змінилися, насіння ранньої селекції перетерпіли значні зміни, у насіннєвій масі усе більш присутні насіння сої нових сортів, відомі методи фракціонування нам не підходять, внаслідок чого пошуки в цьому напрямку продовжують залишатися актуальними [7].

### 1.3 Теоретичні аспекти післязбирального дозрівання насіння

Комплекс процесів, що відбуваються у свіжозібраного насіння при зберіганні, що приводить до поліпшення їх посівних і технологічних якостей, називається післязбиральним дозріванням.

Для нас післязбиральне дозрівання становить інтерес із погляду можливого формування технологічних властивостей насіння і з метою збільшення їх цінності як олійної сировини.

По своїх біохімічних властивостях свіжозібране насіння сильно відрізняються від насіння, що зберігаються. Зв'язане це з тим, що з метою зниження втрат при збиранні, її проводять, як правило, трохи раніше, чим у насіннях настає повна фізіологічна зрілість. Технологічна переробка такого насіння суттєво ускладнена. При переробці такого насіння відзначається їх погане обрушення, низький вихід олії через збільшення втрат з лузгою й шротом. У порівнянні з періодом наступного зберігання, свіжозібрана насіннєва маса характеризується

високою інтенсивністю дихання й активністю ферментного комплексу, завдяки чому можливе керування процесами дозрівання [3].

Ефективність післязбирального дозрівання, при біохімічних дослідженнях, оцінюється по величині схожості насіння [3]. У той же час у літературі є численні вказівки на те, що завершення цього періоду можна визначити й по ряду непрямих показників: зміні активності подиху, зміні тепловиділення, активності ферментної системи, вмісту вільних жирних кислот у ліпідній фракції та інше [6].

Прийнято вважати, що досягнення максимальної схожості насіння при післязбиральному дозріванні відповідає досягненню ними максимальної технологічної якості. Так, при післязбиральному дозріванні спостерігалось для насіння соняшника, сої, рапсу підвищення олійності на 1,0 – 1,5 % при одночасному зниженні величини КЧ олії в середньому на 0,3 – 0,6 мг КОН [6]. Іншими дослідниками при переробці насіння сої, що пройшло післязбиральне дозрівання, відзначалося зниження загальних втрат олії на 0,25 % і збільшення виходу рафінованої олії на 3 %; при цьому відзначалася більш висока якість олії в порівнянні з олією, виділеною з насіння, що не пройшло післязбиральне дозрівання. Біохімічне порівняння насіння до й після завершення післязбирального дозрівання показало, що в останньому випадку вони мають більш низьку інтенсивність дихання, активність ферментів суттєво нижче. Відзначене зниження вмісту розчинних білків і кислот, вуглеводів. Ці зміни свідчать про складні біохімічні зміни, що відбуваються при післязбиральному дозріванні.

Встановлено, що при післязбиральному дозріванні свіжозібраного насіння із вологістю, що трохи перевищує критичну величину, відбувається активізація ферментних процесів. Було показано, що збільшення активності фосфоліпаз (А+В) при зберіганні насіння соняшника може приводити до нагромадження вільних жирних кислот у результаті гідролізу фосфоліпідів. Рядом робіт переконливо показана здатність ферментів гідроліз (у тому числі й ліпаз) за певних умов трансформуватися в синтетази. Підтвердженням цьому з'явилося застосування технічних препаратів ліпаз рослинного й мікробного походження в якості біокаталізаторів для синтезу ліпідів при промисловій перетерифікації жирів.

Завдяки цьому була доведена можливість плинності синтетичних процесів у свіжозібраного насіння за рахунок високої активності ліпази-синтетази й присутності в клітках насіння вихідних субстратів – вільних жирних кислот.

Таким чином, зростання олійності насіння при післязбиральному дозріванні може пояснюватися не тільки зменшенням зв'язаності полярних і інших ліпідів з неліпідною частиною насіння і переходом їх в олію видалену при переробці, але й додатковим синтезом триацилгліцеролів (ТАГ).

При післязбиральному дозріванні поряд із синтезом триацилгліцеролів у насіннях не менш імовірні процеси перерозподілу вільних жирних кислот і зв'язаних ліпідів, що змінюють вміст у ліпідному комплексі вільних жирних кислот.

При післязбиральному дозріванні змінюється вміст фосфоліпідів у олії, що видаляється з насіння діетиловим ефіром. Найбільше повно ці процеси були розглянуті для насіння соняшника. Так, зростання переходу фосфоліпідів у олії на початку післязбирального дозрівання насіння соняшника пояснювалося: з одного боку – дією фосфоліпази (А+В), у результаті чого утворюються жирні кислоти. З іншого боку – частковою деструкцією біомембран, у результаті можливого слабшання зв'язків фосфоліпідів у ліпідному шарі, що може привести до вивільнення фосфоліпідів і збільшенню їх видаленню разом з олією. Раніше встановлено, що для високоякісного олійного насіння у період післязбирального дозрівання відзначалося збільшення масової частки фосфоліпідів у виділеній олії. Становить інтерес визначення можливості подібного збільшення в насінні сої розглянутих сортів і встановлення, за рахунок яких форм фосфоліпідів це відбувається. Для насіння сої аналогічних досліджень проведено не було.

Встановлено, що найбільший технологічний ефект від проведення післязбирального дозрівання відзначається для високоякісного насіння із вологістю, на 1 – 1,5 % вище критичної [6]. Такий рівень вологості сприяє позитивним змінам якості насіння і плодів при грамотно організованому післязбиральному дозріванні. Оскільки спрямованість синтезу при післязбиральному дозріванні залежить від діяльності ферментів, яка у свою чергу

залежить від умов зберігання насіння, та варіюючи ними, можна одержати більший ефект.

Незважаючи на те, що досить багато робіт присвячене вивченню процесів післязбирального дозрівання насіння, найбільш повно й глибоко вивчені ці процеси для насіння соняшника. З появою нових перспективних сортів сої вивчення процесів післязбирального дозрівання в даного насіння залишається актуальним, тому що буде сприяти одержанню значного технологічного ефекту від процесів дозрівання. Крім того, соєва олія характеризується високим вмістом фосфоліпідів, у зв'язку із чим становить інтерес визначення можливості збільшення вмісту їх у олії в період післязбирального дозрівання, а також з'ясування того, за рахунок яких форм фосфоліпідів дане збільшення може відбуватися.

#### 1.4 Вплив основних технологічних факторів на формування біохімічних і технологічних властивостей насіння

До найважливіших факторів, що впливають на процеси післязбирального дозрівання й зберігання високоякісного насіння, є вологість, температура й газовий склад міжнасіннєвої атмосфери [3].

Раніше проведеними дослідженнями було встановлено, що синтетичні процеси при післязбиральному дозріванні протікають при вологості насіння нижче критичної або в її межах [3]. Згідно з пізніше проведеними дослідженнями, зберігання насіння соняшника, сої й рапсу з вологістю, що перевищує на 2 % безпечну (критичну), ще більш інтенсифікує процеси дозрівання, про що свідчать більш значні зниження КЧ олії у насіннях і зменшення часу їх досягнення. Очевидно, процеси залишкового синтезу в таких насіннях інтенсивні, що й приводить до зменшення строку їх післязбирального дозрівання. Зберігання насіння соняшника з такою вологістю протягом 30 діб приводить до більшого нагромадження лінолевої кислоти в ліпідах, що також підтверджує поліпшення якості насіння у період післязбирального дозрівання. Слід зазначити, що для цього насіння не відзначається зниження первинних продуктів окиснення. Підвищення

вологості насіння соняшника до розглянутих меж приводить до збільшення активності ферментів. Період післязбирального дозрівання для такого насіння характеризується збільшенням переходу фосфоліпідів у олію.

Однак, при подальшому зберіганні підвищена вологість насіння сприяє зниженню якісних характеристик олії. Для насіння соняшника з вологістю на 2 % вище критичної, відзначається інтенсивне зростання первинних продуктів окиснення, зниження частки лінолевої кислоти. При тривалому зберіганні в такому насінні відзначається зниження вмісту фосфоліпідів у олії.

Таким чином, у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання необхідна різна початкова вологість насіння для створення умов, що поліпшують їхню якість. Доцільно період післязбирального дозрівання проводити в насіннях з вологістю, на 2 % вище критичної, наступне зберігання – у межах критичної.

Післязбиральне дозрівання насіння, що протікає в умовах нормальної життєдіяльності можливо в інтервалі позитивних температур [3].

Однак, зберігання насіння сої при температурі 35 °С свідчить про різке погіршення якості ліпідів: відзначається ріст кислотного числа, зниження олійності, зменшення йодного числа. Дані зміни підтверджують інтенсивне зростання окисних процесів у насіннях, чому сприяє і їх мікробіологічне псування.

Призупинити небажані гідролітичні процеси у свіжозібраного насіння можна за допомогою низьких температур [3]. Так, для насіння сої найбільш довга відсутність інтенсивності процесів, що сприяють погіршенню їх якості, відзначається в період зберігання при температурах – 1,0 – 1,5 °С (після закінчення півроку). Установлене, що при низьких температурах післязбиральне дозрівання олійного насіння протікає дуже повільно або майже припиняється, однак, приводить до більш значного зниження кислотного числа отриманих олій [3]. Так, найменше кислотне число олії відзначається в насінні сої, що зберігалось при температурі +3 °С. Даними дослідженнями рекомендується для насіння сої дозрівання проводити при низьких позитивних температурах, а зберігання – при негативних. Однак, свіжезібране насіння з незакінченим процесом дозрівання після припинення дії низьких температур зазнають швидкого псування [3]. Перед

переробкою насіння, що зберігалися при зазначених температурах необхідний їхній підігрів, що також веде до додаткових витрат.

Згідно з іншими дослідження [6], для найбільш повного перебігу процесів післязбирального дозрівання у високоякісних олійних насіннях була рекомендована для зберігання температура 5 °С, що цілком прийнятно для теплового клімату нашого краю. Проведений нами літературний огляд свідчить, що межею температури, вище якої відзначаються інтенсивні зміни біохімічних процесів, є температура 10 °С. Однак, використання температур зберігання до цієї межі вимагає додаткових досліджень.

Крім того, уточнення меж температур, припустимих при післязбиральній обробці дозріваючого насіння, а також їх подальшого зберігання, проводять із урахуванням вологості насіння і ступеня їх зрілості [3].

Склад навколишньої середовища також значно впливає на тривалість процесів дозрівання й на якість ліпідів при зберіганні.

Зберігання свіжозібраного олійного насіння в середовищі кисню сприяє досягненню найбільш високої якості ліпідів протягом найбільш короткого відрізка часу, у порівнянні зі зберіганням насіння в середовищі азоту й вуглекислого газу [3]. Період післязбирального дозрівання в середовищі кисню характеризується деяким зниженням ПЧ олії в насіннях на фоні збільшеної активності каталази. Більш високий рівень йодних чисел і більш високий вміст лінолевої кислоти також відзначається при зберіганні насіння сої з доступом кисню. Значне збільшення вмісту соєвих фосфоліпідів відзначається, у першу чергу, при зберіганні насіння у кисні, потім у повітрі, вуглекислому газі й азоті. Змін по вмісту ліпідів залежно від складу газового середовища в насіннях сої не відзначене.

Однак, гідролітичні процеси, що приводять до псування насіння починають домінувати над синтетичними набагато раніше й значніше також при зберіганні з доступом кисню [3]. Аналогічна тенденція відзначається й для насіння сої, як для сухого (вологість насіння 11,5 %), так і для вологого (вологість насіння 14 %).

Необхідно відзначити доцільність проведення періоду післязбирального дозрівання насіння при доступі атмосферного повітря. При цьому воно виконує

комплексну роль: транспортує до насіння кисень, сприяє відводу вуглекислоти й пари води, а також перешкоджає значному нагромадженню тепла, що виділяється насіннями в процесі дихання. Тривале зберігання рекомендується проводити в середовищі інертних газів (азоту, вуглекислого газу).

Аналізуючи вищесказане по впливу основних технологічних факторів на процеси післязбирального дозрівання, необхідно відзначити, що вивчення даного впливу на насіння сої буде сприяти виявленню найбільш сприятливих інтервалів значень технологічних режимів при післязбиральному дозріванні, що дозволить керувати цими процесами.

### 1.5 Сучасні способи післязбиральної обробки насіння

До сучасних способів післязбиральної обробки зерна й насіння відносяться: сушіння, активне вентилявання, зберігання в регульованому газовому середовищі, знезаражування, хімічне консервування [5].

Оскільки об'єктом дослідження є свіжозібране насіння, що не досягло повної фізіологічної зрілості, але з високим біохімічним потенціалом, необхідний пошук нових технологічних прийомів, що дозволяють прискорити процеси дозрівання насіння і сприятимуть збереженню якості їх білкового й ліпідного комплексу при зберіганні, які лягли б в основу розроблювальної технології прискореного післязбирального дозрівання насіння.

З технологічних способів, що сприяють прискоренню післязбирального дозрівання свіжозібраного насіння, найбільше поширення на підприємствах масложирової промисловості одержали сушіння й активне вентилявання [6].

Існують різні види сушіння, які відрізняються способами передачі теплоти матеріалу, що висушується – кондуктивний, терморадіаційний, акустичний, конвективний і індукційний способи сушіння [9]. Поширене використання й комбінованих способів передачі теплоти. Наприклад, конвективно-кондуктивний, конвективно-терморадіаційний та інші.

При кондуктивном способі теплота, необхідна для випару вологи, передається зерну й насінням від нагрітої поверхні внаслідок явища теплопровідності. Прикладом кондуктивного способу є вакуумне сушіння. Кондуктивний спосіб сушіння пов'язаний з більшими витратами теплоти й не забезпечує необхідної якості сушіння внаслідок значної нерівномірності нагрівання насіння і зерна.

Терморадіаційний спосіб сушіння полягає в тому, що тепло передається оброблюваному матеріалу за допомогою випромінювання. При цьому можливо застосування сонячних променів, однак, залежність від погодних і кліматичних умов, а також від пори року обмежує застосування цього методу сушіння в сировинних господарствах. При терморадіаційному сушінню найпоширеніше застосування інфрачервоних променів. Для штучного сушіння інфрачервоними променями характерні сильний перегрів поверхні зернового шару (що небажане у зв'язку з можливим погіршенням якості зерна й насіння), а також низький ККД генераторів і значна витрата електроенергії (до 1,5 квт·ч на 1 кг випаруваної вологи).

При акустичному способі сушіння нагрівання насіння і зерна здійснюється шляхом переходу акустичної енергії, що підводиться до зерна генераторами ультразвуку, у теплову за рахунок коливань середовища як у прикордонному шарі, так і в порах (капілярах) насіння і зерна. У результаті цього волога частково виділяється у вигляді рідини (за рахунок підвищення тиску в зерні при проникненні в нього акустичних хвиль) і частково шляхом випару вологи. При додатковій передачі теплової енергії від нагрітого повітря відбувається випаровування вологи в основному з поверхні насіння і зерна й видалення її у вигляді пари. Стимулююча дія ультразвуку відзначалася при озвучуванні насіння злакових, бобових і олійних культур. Було встановлено, що обробка насіння соняшника ультразвуковими коливаннями із частотою 50 кГц приводить до підвищення активності ліпази, що уможливило керування процесом їх післязбирального дозрівання [5]. Звичайно даний вид сушіння застосовується в комбінації з конвективним, тому що для видалення вологи, що випаровується, із зони сушіння завжди необхідний потік

повітря над поверхнею матеріалу. Однак, акустичний спосіб сушіння не знайшов широкого застосування через більші матеріальні й енергетичні витрати, а також у зв'язку з необхідністю створення надійної звукоізоляції.

Найбільше поширення в галузі сушіння зерна знайшов конвективний спосіб сушіння, причому в більшості випадків у комбінації з кондуктивним способом. При конвективній сушці теплота, необхідна для випаровування вологи, передається насінню і зерну конвекцією від газоподібного агенту сушіння, що рухається, який не тільки передає теплоту насінню і зерну, але також поглинає й несе вологу, що випарувався з нього.

Характерною рисою будь-якого традиційного способу сушіння є нагрівання об'єкта спочатку на поверхні, і якщо теплопровідність об'єкта низька, те прогрів усієї маси об'єкта відбувається повільно, з локальним перегрівом поверхні нагрівання, тому може відбутися підгоряння поверхні, виникнення внутрішніх механічних напруг і ін. Тривалість процесу й зростання температурних режимів підсилюють дані негативні явища. Внаслідок цього, теплове сушіння насіння супроводжується складними біохімічними й фізико-хімічними процесами, що викликають зміни якості насіння і олії, що утримується в них [9].

Під впливом теплового сушіння насіння зменшується кількість водорозчинних вуглеводів, а вихід сирого жиру трохи підвищується внаслідок розчинення в олії нежирових речовин ядра, причому, відчутні зміни складених речовин насіння спостерігаються при нагріванні насіння вище 60 – 70 °С [9].

Нагрівання насіння соняшника до 55 – 60 °С у процесі сушіння не викликає помітних змін перекисного, йодного чисел і кольору олії. Більш високі температури нагрівання насіння сприяють різкому збільшенню перекисного числа й забарвлення олії, йодне число при цьому трохи знижується. Визначено, що гранично припустима температура нагрівання для насіння соняшника – 65 – 70 °С, більш високе нагрівання насіння призводить до погіршення якості олії й втратам сухої речовини насінням.

Найбільш чутливі до теплового впливу білки. З денатурацією білкових речовин зв'язане також зниження активності ферментних систем олійного насіння,

зокрема ліпази й липоксигенази [3]. Відзначається, що в початковий момент сушіння насіння активність ліпази соняшника значно підвищується, а при нагріванні його вище 50 – 67 °С наступає інактивація ліпази.

За допомогою температурних впливів, намагаються досягти зниження рівня антиживильних компонентів насіння, найбільш термостійким з яких є інгібітор трипсину[5]. Так, сушіння в автоклавах при 130 °С протягом 30 хв руйнує приблизно 70 – 90 % інгібіторів трипсину. По даним американської соєвої асоціації, навіть прожарювання насіння сої при 232 °С протягом 8 хв повністю не інактивує інгібітори трипсину. Однак, твердий температурний режим обробки сої, що сприяє істотній інактивації антиживильних компонентів, викликає руйнування дефіцитних амінокислот і лізіна, у результаті чого соєві продукти втрачають свої переваги як джерело амінокислоти – лізіна [5].

З іншого боку, сушіння насіння високотемпературним агентом дозволяє значно підвищити сумарну кількість фосфатидів, що видаляються разом з олією, при одночасному підвищенні їх гідрофільних властивостей. М'які режими сушіння, а також дозрівання на корені не забезпечують одержання з такого насіння легкогідратованих олій. Насіння, висушені гарячим повітрям, зберігають придбані властивості протягом терміну зберігання в межах 5 – 7 місяців. Залишковий вміст фосфатидів у гідратованій оліях, отриманих з такого насіння, не перевищує 0,02 – 0,05 %. Це дало можливість дослідникам, для одержання легкогідратованих олій з сухого насіння високоолійного соняшника, рекомендувати попереднє нагрівання: недозрілого насіння до 70 – 72 °С, дозрілого свіжозібраного – 76 – 80 °С, що дозріли в процесі зберігання – до 83 – 90 °С. При цьому відзначалося, що нагрівання до зазначених температур не виявляє негативного впливу на якісні показники олій (КЧ і ПЧ, сумарний вміст продуктів окиснення), щодо насіння непрогрітого. Установлено, що нагрівання насіння до 75 – 90 °С приводить до зміцнення зв'язаності фосфатидних і поліфосфатидних кислот, наслідком чого і є значне зниження їх вмісту в оліях, що видаляються; перехід же фосфатидилхолінів у олію під впливом попередньої теплової обробки підвищується, що обумовлене зменшенням енергії їх зв'язків з компонентами насіння.

Тепловий прогрів насіння соняшника й ріпаку при температурі 50 – 55 °С протягом 30 хв в умовах, близьких до герметичних, сприяє прискоренню їх післязбирального дозрівання. Однак, сушіння насіння при прийнятих у цей час для даних культур технологічних режимах, сприяє більшій інтенсивності процесу післязбирального дозрівання насіння. При цьому теплові впливи сприяють росту КЧ олії в насінні на 0,1 – 0,3 мг КОН, у порівнянні з дозріванням без обробки, причому ця різниця зростає при наступному зберіганні до 0,5 – 1,5 мг КОН, що спричиняє погіршення якості олії в насінні.

Таким чином, застосовувані в цей час режими теплових впливів (температура, тривалість підведення тепла) відрізняються тривалістю обробки, можливістю протікання деяких біохімічних і хімічних реакцій, що знижують якість олії й білка, а також використанням устаткування підвищеної металоємності [3]. Крім того, свіжозібране насіння відрізняється особливою чутливістю до теплового впливу й незворотно ушкоджуються при більш низькій температурі нагрівання, ніж насіння, що повністю дозріли, що також свідчить про необхідність пошуку нового способу сушіння.

Одним зі способів об'ємного однорідного нагрівання матеріалу, що забезпечує високий темп (швидкість) нагрівання, яке досягається при застосовуваних режимах, є вплив на матеріал НВЧ (надвисокої частоти)-полем, що представляють собою високоефективний низькотемпературний теплотехнічний процес, що трансформує внутрішні джерела тепла в теплову енергію в зонах найбільшого зосередження вологи. Такий ефект утворюється за рахунок того, що молекули матеріалу під дією НВЧ-поля поляризуються й роблять коливальний рух, який супроводжується тертям часток і їх нагріванням. Такий прогрів зерна й насіння у полі НВЧ ставиться до індукційного способу сушіння.

В останні роки область використання НВЧ-прогріву в харчовій промисловості значно розширилася, тому що дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси харчових виробництв, пов'язані з нагріванням. Дослідженнями [45] установлені переваги НВЧ-прогріву перед традиційними способами теплообробки, що полягають в:

- значному скороченні тривалості обробки;
- рівномірному нагріванні системи по всій масі продукту;
- можливості проведення селективного нагрівання окремих компонентів системи;
- більшому збереженні живильної цінності продуктів;
- поліпшенні органолептичних і гігієнічних властивостей продуктів;

При тепловій обробці продуктів за допомогою НВЧ-нагрівання спочатку має місце дія електромагнітного поля (ЕМП), його взаємодія із системою полярних молекул і трансформація енергії в теплоту. Потім відбуваються вторинні явища дії електромагнітного поля, пов'язані з паротворенням у результаті взаємодії утвореного тепла з водою.

У роботі [6] по впливу НВЧ-прогріву на бавовняне ядро встановлено, що характер впливу НВЧ-прогріву подібний за інтенсивністю вологотеплової обробки, проведеної шляхом комбінації обробки гострою парою й кондуктивного нагрівання, але руйнування структури при НВЧ-прогріві відбувається більшою мірою. Так, при високочастотному прогріві соняшникової мезги й соєвої пелюстки відбувається утворення водяної пари високого тиску, що приводить до виникнення пористої мікроструктури матеріалу, що благотворно позначається на виході олії, що видаляється пресовим способом.

Крім впливу на клітинну структуру матеріалу, НВЧ-прогрів впливає й на геометричну форму молекул білків, у тому числі й ферментів. Оскільки ферменти являють собою білки складної просторової структури, то впливаючи на них НВЧ-прогрівом, можна здійснювати їх зміни, що приводять до активації й інактивації. Відзначається, що на збільшення ферментативної активності впливає рівень підведеної енергії й тривалість прогріву [6]. У роботі [9] показано, що при НВЧ-прогріві із частотою 2450 МГц при потужності 0,5 кВт протягом 1 – 12 хв інактивація трипсину настає через 4 хв при вологості 24,3 %, у той час як для сухих бобів воно становить 6 хв. Однак при вологості 49,7 % повна інактивація інгібітору трипсину не настає навіть при тривалості мікрохвильової обробки 10 хв. Для повної інактивації липоксигенази в сухих бобах було потрібно 3 хв

нагрівання, інактивація трипсину відбувалася за 5 хв. Замочування насіння суттєво знижувало необхідний час прогріву.

Обробка олієвмісних матеріалів в ЕМП дає можливість поліпшити якість харчового й кормового білка. При цьому ступінь водорозчинності білків олійних культур зворотнопропорційна тривалості впливу. Проведеними дослідженнями [7] встановлено, що термчна обробка в автоклавах ефективніше інактивує інгібітор трипсину насіння сої, але більшою мірою знижує розчинність білка, ніж обробка за допомогою мікрохвиль. Оптимальною була мікрохвильова обробка протягом 20 хв при температурі 100 °С і вологості 40 %. Отримані при такій обробці продукти мали найвищу харчову цінність і володіли кращими технологічними характеристиками. Вихід білка з них був більш високим.

У роботі [6] розглянутий ефект НВЧ-прогріву насіння сої вологістю 7,6 % при 42 і 2450 МГц і показало, що діелектричне нагрівання при природній вологості рівноцінне процесу тестування й поліпшує живильну цінність насіння.

Відповідно проведеним раніше дослідженням[8], короткочасний (1 – 2 хв) НВЧ-прогрів до температур 50 – 80 °С сприяв приросту олійності на 0,4 – 1,4 % при прискоренні дозрівання на 10 – 15 діб. Значних відмінностей якості олії в насінні, що дозріває при зберіганні, після НВЧ-прогріву й без нього, не відзначено.

На основі аналізу наявних літературних даних по НВЧ-прогріву, можна зробити висновок про доцільність його використання на стадії післязбирального дозрівання свіжозібраного насіння сої. Узагальнення наявних матеріалів по обробці у НВЧ-полі дозволяє припустити, що найбільший вплив на процеси післязбирального дозрівання НВЧ-прогрів може виявляти при частоті 2450 МГц, темпі нагрівання 0,6 – 0,8 °С/с (1 – 2 хв) і в діапазоні температур 40 – 90 °С. Ми припускаємо, що при цих параметрах НВЧ-прогріву можливе прискорення процесів дозрівання насіння сої й збереження якості олії й білка. Допускаємо, що для проведення даної технологічної операції найбільш сприятливою є вологість насіння до 15 %. Цей рівень вологості, на нашу думку, буде сприяти більш повному й глибокому протіканню процесів дозрівання в насінні, після їх НВЧ-прогріву, який, як тепловий процес, теж сприяє зніманню вологи від 1 до 3 % залежно від

температури НВЧ-прогріву. Ми припускаємо, ґрутуючись на наявних літературних даних, а також проведених експериментах, що охолодження насіння після НВЧ-прогріву до температури зберігання доцільно проводити в умовах активного вентилявання атмосферним повітрям. Це дозволить знизити рівень біологічних процесів псування насіння і, таким чином, консервувати його на деякий період. Також при вентиляванні відбувається відновлення повітря міжнасінневих просторів, збагачення його киснем, що сприяє нормальному плину фізіологічних процесів життєдіяльності зерна й насіння. Крім цього, з насінневої маси виділяються, що утворюється в процесі її дихання, диоксид вуглецю й виділюване тепло. Останнє попереджає можливість підвищення температури й виникнення самозігрівання насінневої маси. Активне вентилявання – найдешевший і найменш трудомісткий спосіб охолодження й консервації вологого зерна. Питомі подачі повітря при активному вентиляванні повинні бути визначені експериментально з урахуванням збереження якості насіння сої.

#### Висновки до розділу

Аналізуючи вищесказане, можна відзначити, що застосування короткочасного НВЧ-прогріву дозволить управляти фізіологічними процесами, що протікають у свіжозібраного насіння з високим біохімічним потенціалом, а активне вентилявання буде сприяти збереженню якості ліпідного й білкового комплексу в період зберігання.

Таким чином, спільне використання таких технологічних впливів, як НВЧ-прогрів і активне вентилявання перспективне й буде сприяти проведенню періоду післязбирального дозрівання насіння із високим технологічним ефектом.

У зв'язку з викладеним, метою роботи є розробка технології прискореного післязбирального дозрівання насіння сої, на основі нових технологічних прийомів, що дозволяють прискорити процеси дозрівання насіння і що сприяють збереженню якості їх білкового й ліпідного комплексу при зберіганні.

## 2 МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Об'єкт досліджень

При вивченні насіння сої об'єктами досліджень служили: із сортів ранньої селекції – Хвиля й Полум'я, із сортів нової селекції – Вілана й Форя, вирощені в Дніпропетровській області, урожаїв 2020 – 2021 р.

Сорт Хвиля – скоростиглий, виведений індивідуальним способом з гібрида (Кіровоградська × Кіровська – 48), зернового типу з вегетаційним періодом 105 – 110 днів. Урожайність 16 – 18 ц/га. Відрізняється стійкістю до бактеріозів [2].

Сорт Полум'я відноситься до китайського підвиду, до пізноквітучого різновиду. Це високорослий, середньостиглий сорт зернокормового напрямку, дозріває за 130 днів. Урожайність 19,1 ц/га [2].

Вілана – ранньостиглий сорт сої. Характеризується високою врожайністю насіння ( до 40 ц/га). Стійкий до полягання й має високе розташування нижніх бобів, що забезпечує ним мінімальні втрати при збиранні [6].

Форя – перший в Україні сорт харчового використання. Характеризується крупним насінням, підвищеним вмістом білка й зниженою активністю антиживильних речовин [6].

### 2.2 Методика й методи лабораторних досліджень

Визначення показників, що характеризують якість насіння сої, вели відповідно до діючих стандартів: відбір проб; визначення вологості; лабораторну схожість; масу 1000 зерен; кислотне число олії в насіннях; вміст сирого жиру в насіннях; перекисне число олії; визначення масової частки золи, клітковини; визначення вмісту білка – по методу Кельдаля; визначення фракційного складу білка; про вміст каротиноїдів судили по зміні видимих спектрів при довжині хвилі 400 – 500 нм, для ідентифікації хлорофілу «а» приймалась довжина хвилі 663,8 нм, для визначення коричневих пігментів вимірювали оптичну щільність при довжині

хвилі 405 нм, визначення первинних і вторинних продуктів окиснення – в області довжин хвиль 230 – 380 нм – на спектрофотометрі СФ-16 при концентрації розчину ліпідів у гексані 1 г/л; йодне число – по Ганусу; виділення ліпідів – методом діалізу; визначення масової частки фосфоліпідів у маслі – методом ТСХ; жирнокислотний склад – методом газорідної хроматографії на хроматографі «Хром-5». Активність інгібіторів трипсину й урези визначали на ІК-аналізаторі. Ді. ферментів оцінювали по їхній питомій активності.

### 2.3 Техніка для проведення лабораторних досліджень

НВЧ-прогрів насіння здійснювали у НВЧ-установці фірми «Шарп» (рисунок 2.1), із частотою 2450 МГц. Прогрів насіння здійснювався до температур 40 – 90 °С, при цьому температура нагрівання становила 0,6 – 0,8 °С/с (1 – 2 хв).

Традиційне сушіння насіння проводили в сушильній шафі СП (рисунок 2.2). Активне вентилявання насіння у лабораторних умовах проводили в лабораторній установці, що полягає з насоса, ємності для вентилявання й барабанного газового лічильника, що служить для контролю кількості повітря, що проходить через насіння в одиницю часу.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд НВЧ-установки (печі) фірми «Шарп»



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд сушильної шафи СП

Зберігання насіння здійснювали в ексикаторах (рисунок 2.3), у яких необхідна вологість повітря досягалася парами поміщеного на дно ексикатора хлориду натрію, що забезпечував відносну вологість повітря 80 %. Для запобігання розвитку мікрофлори в ексикаторі поміщали ємності з толуолом. Для підтримки газового складу, аналогічного складу атмосферного повітря ексикатори що доби розкривали й переміщували насіннєву масу. Зберігання при температурах 5 – 10 °С здійснювалося в холодильній шафі, зберігання при температурах 20 °С у приміщенні лабораторії, зберігання при температурі 35 °С – у термостаті.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд ексикатора

## Висновки до розділу

Розглянуто загальну характеристику об'єктів дослідження, виконано опис методик та методів лабораторних досліджень, зроблено характеристику технічного устаткування для забезпечення лабораторних досліджень.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1 Дослідження якості насіння сої

Існуюча на підприємствах масложирової промисловості технологія зберігання й переробки насіння сої орієнтована на сорти традиційної селекції, які із часом, а також під впливом кліматичних і екологічних факторів, перетерпіли значні зміни. Створення нових сортів спрямоване на виведення бобів з підвищеною біологічною цінністю білкової й ліпідної фракцій. Це не може не вплинути на рівень неоднорідності насінневої маси, значну частину якої складає насіння сортів, виведені селекціонерами в останні роки. Створення однорідних партій насіння сої, придатних для повноцінного зберігання й ефективною переробки, передбачає знання ряду фізико-механічних і технологічних характеристик свіжозібраного насіння, що надходять на підприємство, що здійснюють їхнє зберігання й подальшу переробку. У зв'язку із цим, нами був проведений аналіз сучасного стану якості насіння сої традиційної селекції й визначена перспективність нових сортів з погляду технології зберігання й одержання з насіння олії.

Щоб визначити, які зміни перетерпіли насіння сої технологічної якості за останній рік, досліджували насіння сортів – Хвиля й Полум'я – урожаю 2021 р. і зрівняли їх з аналогічними даними для цих сортів урожаю 2020 р. Порівняльна характеристика була проведена за фізико-механічними, технологічними характеристикам насіння сої, а також за хімічними показниками олії, виділеної з них. Результати проведених досліджень представлено в таблицях 3.1 і 3.2.

Як видно з таблиці 3.1, у насіння сої різних років виявлені відмінності у фізико-механічних і технологічних властивостях. При практично однаковій вологості (9,3 – 10,6 %) у насіння урожаю 2020 р. відзначене незначне зниження олійності. При цьому для всього насіння установлене зниження вмісту протеїну. У насіння сої останнього періоду незначно збільшені вміст клітковини й зольність. Це, очевидно, пов'язане з тим, що лущинність насіння трохи зростає. Свіжозібране

насіння сої, вирощені в 2021 р, характеризуються також більш високими значеннями кислотного й перекисного чисел у оліях, виділених з них.

Таблиця 3.1 – Фізико-механічні й технологічні властивості насіння сої ранньої селекції різних років урожаю

Показники	Сорт Хвиля		Сорт Полум'я	
	2020	2021	2020	2021
Маса 1000 шт, г	161,12	158,20	164,63	159,40
Середній еквівалентний діаметр, мм	7,45	6,22	6,48	6,26
Масова доля в насінні, %: Олії	19,81	19,31	20,12	19,12
Золи	6,42	6,76	5,38	6,07
Клітковини	3,31	3,98	4,15	4,66
Протеїна	39,94	38,58	40,11	38,80
Лушпинність насіння, %	9,43	10,07	7,41	8,62
КЧ олії в свіжезібраному насінні, мг КОН/г	1,22	1,50	1,16	1,45
ПЧ олії в свіжозібраному насінні, 1/1 ммоль О/кг	2,95	3,72	3,07	3,53

Очевидно, подібні зміни відбуваються в результаті виродження сортових ознак, викликаних використанням неякісного насінневого матеріалу, під дією екологічних факторів, нераціонального внесення для насіння інших культур добрив та інше.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад олії насіння сої сортів ранньої селекції

Показники	Сорт Хвиля		Сорт Полум'я	
	2020	2021	2020	2021
Каротиноїди, мкг/г	50,60	46,33	63,40	59,98
Коричневі пігменти, мкг/г	0,00	0,010	0,00	0,010
Фосфоровмісні речовини, %	0,38	0,42	0,39	0,40
Хлофіл А, мкг/г	0,000	1,570	0,012	1,950

Істотні зміни відзначаються й у хімічних показниках олій насіння сої (таблиця 3.2).

У насіння сої 2021 р. спостерігається зниження вмісту каротиноїдів при збільшенні вмісту коричневих пігментів, що свідчить про більш бурхливий розвиток у насіннях процесів псування. Кількість фосфоровмісних речовин із часом практично не змінилося, а по вмісту хлорофілів у насіннях, прибраних в 2018 р, відзначається незначний ріст, що вказує на незавершеність процесів дозрівання в них.

Таким чином, проаналізувавши дані по якості насіння сої різних років, можна відзначити, що:

- насіння сої ранньої селекції, що входять до складу виробничих партій технологічної суміші для олійножирових підприємств, перетерпіли зміни по фізико-механічних, технологічним характеристикам, а також по показниках якості олії, виділених з них;

- у насіннях урожаїв 2021 р відзначене зменшення середнього еквівалентного діаметра при збільшенні лущинності, а також незначне збільшення КЧ і ПЧ виділених олій на фоні зниження олійності;

- у насіннях останнього тимчасового періоду зафіксоване зниження каротиноїдів при збільшенні вмісту коричневих пігментів і хлорофілу А.

Перспективність насіння сортів сучасної селекції визначалася по фізико-механічних, технологічним характеристикам, а також жирнокислотному складу олії й рівню активності антиживильних речовин (ТІА, уреаз) у порівнянні з аналогічними показниками насіння ранньої селекції одного періоду вегетації. Результати досліджень представлено в таблиці 3.3 і 3.4.

Аналізуючи фізико-механічні показники розглянутих сортів сої можна відзначити, що насіння сучасної селекції більші (таблиця 3.3). Найбільшим розміром відрізняються насіння сорту сучасної селекції – Фора (8,15 мм). Аналогічна закономірність спостерігається й для маси 1000 шт. насіння.

Таблиця 3.3 – Якісні показники насіння сої сортів ранньої й нової селекції

Показники	Ранньостиглі сорти		Середньостиглі сорти	
	Хвиля	Вілана	Полум'я	Фора
Маса 1000 шт, г	158,20	167,30	159,40	244,00
Середній еквівалентний діаметр, мм	6,22	6,34	6,26	8,15
Масова доля внасінні, %:				
Олії	19,31	20,10	19,12	16,15
Золи	6,76	6,15	6,07	5,46
Клітковини	3,98	4,31	4,66	4,64
Протеїна	38,58	39,48	38,80	42,71
КЧ олії в свіжезібраному насінні, мг КОН/г	1,50	1,30	1,45	1,14
ПЧ олії в свіжезібраному насінні, 1/1ммольО/кг	3,72	3,66	3,53	3,60
ТІА, мг/г	24,02	20,53	23,61	16,13
Активність уреазы, ΔрН за 30 хв.	2,54	2,49	2,51	2,46

Таблиця 3.4 – Жирнокислотний склад насіння сої сортів ранньої й нової селекції

Масова доля жирних кислот триацилгліцеролів, % від суми	Ранньостиглі сорти		Середньостиглі сорти	
	Хвиля	Вілана	Полум'я	Фора
Насичені:				
Пальмітинова	11,20	7,57	11,20	13,20
Стеаринова	4,40	4,77	5,50	2,27
Ненасичені:				
Олеїнова	25,90	21,64	26,10	17,17
Лінолева	50,10	56,78	49,60	55,44
Ліноленова	8,40	9,24	7,60	11,91
Відношення: лінолева:ліноленова	5,9	6,1	6,5	4,6

Як видно із цієї таблиці, сорти сучасної селекції відрізняються зниженою активністю інгібітору трипсину.

Сорт Фора характеризується низкою ТІА (16,13 мг/г), що підвищує біологічну цінність соєвих продуктів з нього, у тому числі і якість макухи і шротів,

які можна одержати при м'яких режимах, що дає можливість більш повно зберегти всі корисні компоненти насіння. Активність уреаз в насіннях нової селекції практично не змінилася.

Необхідно відзначити, що насіння сої характеризуються високим вмістом ненасичених жирних кислот у складі триацилгліцеролів, найбільша відносна частка належить лінолевій кислоті. Відомо, що для жирнокислотного складу насіння сприятливим вважається співвідношення між лінолевою і ліноленою кислотами в складі триацилгліцеролів – у діапазоні 4:1 – 10:1 [9]. Аналізуючи дані таблиці 3.4, можна стверджувати, що олії, виділені з насіння сої розглянутих сортів, цілком задовольняють цим вимогам. Слід зазначити, що насіння сортів нової селекції характеризуються підвищеним відносним вмістом поліненасичених жирних кислот (лінолевою і ліноленою), що, очевидно, обумовлене їхніми сортовими особливостями.

Таким чином, можна відзначити, що насіння сої сортів сучасної селекції по фізико-механічних і технологічних показниках перевершують насіння ранніх сортів, що робить їх більш коштовною сировиною для олійножирової промисловості. У білках насіння сої нових сортів відзначена знижена активність інгібіторів трипсину, що також є позитивним моментом при виробництві харчових і кормових білків. Виведення нових сортів не привело до погіршення жирнокислотного складу триацилгліцеролів.

Тому, виникла необхідність вивчення різноякісності насіння нової селекції по біохімічних технологічних характеристикам насіння сої, як сировини для олійножирових підприємств.

### 3.2 Дослідження природної неоднорідності насіння сої

Метою даного розділу є дослідження природної неоднорідності свіжозібраного насіння сої, поділ насінневої маси на класи, що характеризуються меншою різноякісністю по біохімічній активності, і виявлення прийнятної для

виробництва технологічного критерію, що дозволяє формувати однорідні партії насіння для зберігання й технологічної переробки.

Для більшої об'єктивності характеристики виділених класів, були проведені дослідження з визначення найважливішого технологічного показника, що характеризує якість олії – КЧ в насінні. Результати цих досліджень і проведених раніше показано на рисунку 3.1. З рисунка видно, що ефективність поділу насіння сої в межах показників КЧ олії в насіннях-еквівалентний діаметр, на нових об'єктах збережена. Насіння сучасних досліджень, віднесені до першого класу з еквівалентним діаметром більше 5,6 мм, характеризуються більш низькими кислотними числами (0,3 – 1,4 мг КОН), щодо насіння того ж класу попереднього періоду досліджень. Для насіння другого класу аналізованих тимчасових періодів значимих відмінностей по КЧ олії в насіннях не відзначене, максимальне значення, зафіксоване в дослідженнях над насіннями врожаїв останніх років становить 3,0 мг КОН.

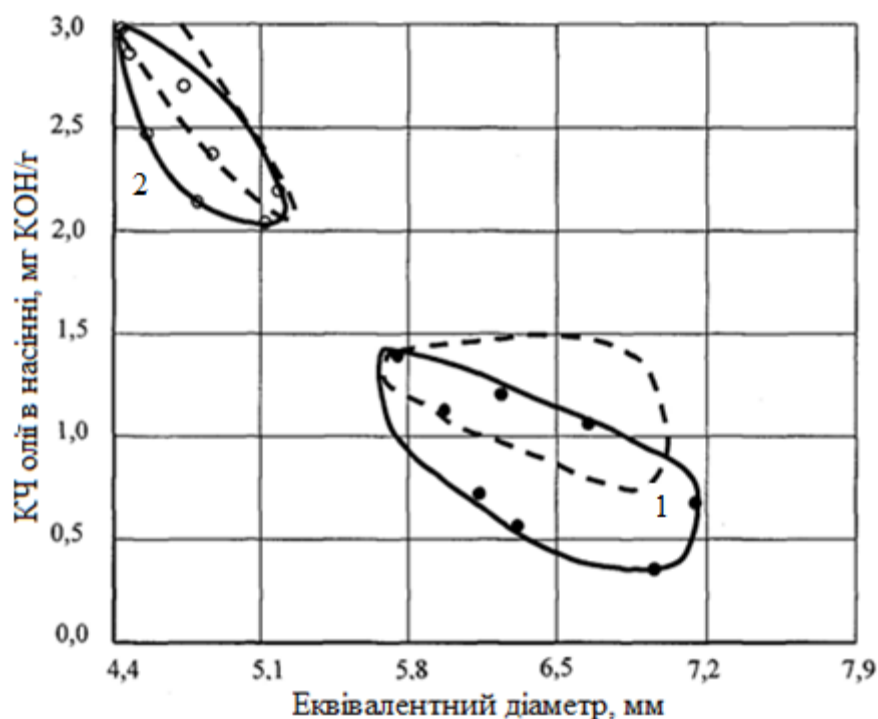


Рисунок 3.1 – Розподіл класів насіння сої в просторі показників КЧ олії в насіннях-еквівалентний діаметр. 1 – перший клас; 2 – другий клас. Пунктиром показані результати досліджень, що проводилися дослідниками в попередні роки.

У таблиці 3.5 представлені біохімічні й технологічні характеристики насіння сої, розділених на класи по природній неоднорідності.

Таким чином, для поділу насіння сої по природній неоднорідності на дві фракції, можна рекомендувати просівання на ситах № 52 – 56, при цьому схід насіння відповідає першому, а прохід – другому з описаних класів. Такий поділ дозволяє сформуванню однорідні партії насіння за біохімічними показниками.

Таблиця 3.5 – Показники насіння сої, розділених по природній біохімічній неоднорідності

Показник	Суміш	1 клас	2 клас
КЧ, мг КОН	1,8	0,9	2,5
ПЧ, ½ ммоль О/кг	6,2	3,2	7,4
Олійність, %	17,8	18,8	17,0
Еквівалентний діаметр, мм	5,8	6,4	4,8

Виходячи із представлених досліджень, можна зробити наступні висновки:

- визначений зв'язок біохімічних показників з технологічними – еквівалентним діаметром;
- установлена доцільність фракціонування насіння сої на дві групи зі значно меншим рівнем неоднорідності до кожної групи, використовуючи в якості критерію поділу їх лінійні розміри, оцінені по величині еквівалентного діаметра;
- у насіннях першого класу, що характеризуються високим біохімічним потенціалом можна припустити можливість поліпшення якісних показників на стадії післязбирального дозрівання;
- у насіннях же другого класу ефективність дозрівання малоімовірна й зміни, що переносить ліпідний комплекс, носять негативний характер.

Для підтвердження цих припущень були проведені дослідження процесу зберігання насіння сої, розділених на вищеописані класи.

### 3.3 Дослідження процесу зберігання насіння сої, розділених по природній неоднорідності

Відомо, що існує взаємозв'язок між лінійними розмірами насіння, активністю деяких ферментів і стійкістю насіння при зберіганні [42]. Це твердження також узгодиться й з даними, отриманими у наших дослідженнях.

Існує багато робіт з визначення впливу різноякісності свіжозібраного насіння сої різних сортів і різних зон обробітку на процеси післязбирального дозрівання, що формують їх якість [43]. Однак, ці роботи втратили свою актуальність, через істотної зміни якісного складу насінневої соєвої маси в сучасних виробничих партіях через присутність у них насіння сортів ранньої селекції й перспективних сортів нової селекції.

У розділі 3.2 визначена доцільність поділу насінної маси сої по природній неоднорідності на два класи. Подібне фракціонування насіння по розмірах дає можливість виділити в прохід через сито насіння з високими кислотними й перекисними числами, а також з більшою активністю ферментів ліпази й ліпоксигенази. Велика фракція (схід із сита), щодо вихідного насіння, характеризується більш низькими кислотними числами, ферменти ліпаза й ліпоксигеназа у великих насіннях менш активні. Така відмінність біохімічних властивостей насіння дозволяє зробити припущення про те, що насіння описаних фракцій і в процесі зберігання будуть поводитися по-різному. Результати проведених досліджень відбито на рисунках 3.2 і 3.3.

Для виключення впливу величини початкового кислотного числа зміна цього показника в процесі зберігання насіння розглядали у відносних величинах (відношення поточного значення до вихідного).

Аналіз отриманих даних (рисунок 3.2) показав, що в період післязбирального дозрівання для насіння сої, не розділених на велику й дрібну фракції, не спостерігається істотної зміни кислотних чисел, при подальшому зберіганні (після 90 доби) відзначається стабільний ріст цього показника.

Для насіння великої фракції період післязбирального дозрівання характеризується зниженням кислотного числа олії в них. Період падіння кислотного числа олії збігається з періодом сплеску активності ліпази. Це дозволяє припускати про прояв ліпазою синтетичної активності на стадії післязбирального дозрівання. При подальшому зберіганні (після 100 доби) кислотне число олії у великій фракції насіння росте, активність ліпази знижується, а до кінця зберігання починає збільшуватися. Як видно з рисунка 3.3, для великого насіння протягом перших 120 діб зберігання характерно незначне збільшення перекисного числа олії, при подальшому зберіганні інтенсивність росту трохи збільшується, але залишається на невисокому рівні. У насінні цієї фракції активність ліпоксигенази зберігається на вихідному рівні близько 100 днів зберігання, а потім повільно росте, причому зі збільшенням строку зберігання інтенсивність росту збільшується.

Для дрібної фракції насіння сої зниження кислотного числа олії в період післязбирального дозрівання не зафіксоване, графік зміни носить експонентний характер (рисунок 3.2). Динаміка росту, у цілому, більш інтенсивна на протязі всього періоду зберігання. Цікавим представляється той факт, що в насіннях дрібної фракції, при післязбиральному дозріванні, сплеск активності ліпази зареєстрований, однак, істотної зміни кислотного числа олії, що втримується в них не відзначене. Очевидно, у таких насіннях фермент проявляє гідролітичну активність [42]. Перекисне число олії в дрібному насінні при зберіганні росте. Інтенсивність росту показника в таких насіннях дуже висока, і із часом вона збільшується. Характер зміни активності ферменту ліпоксигенази в насінні дрібної фракції при зберіганні аналогічний.

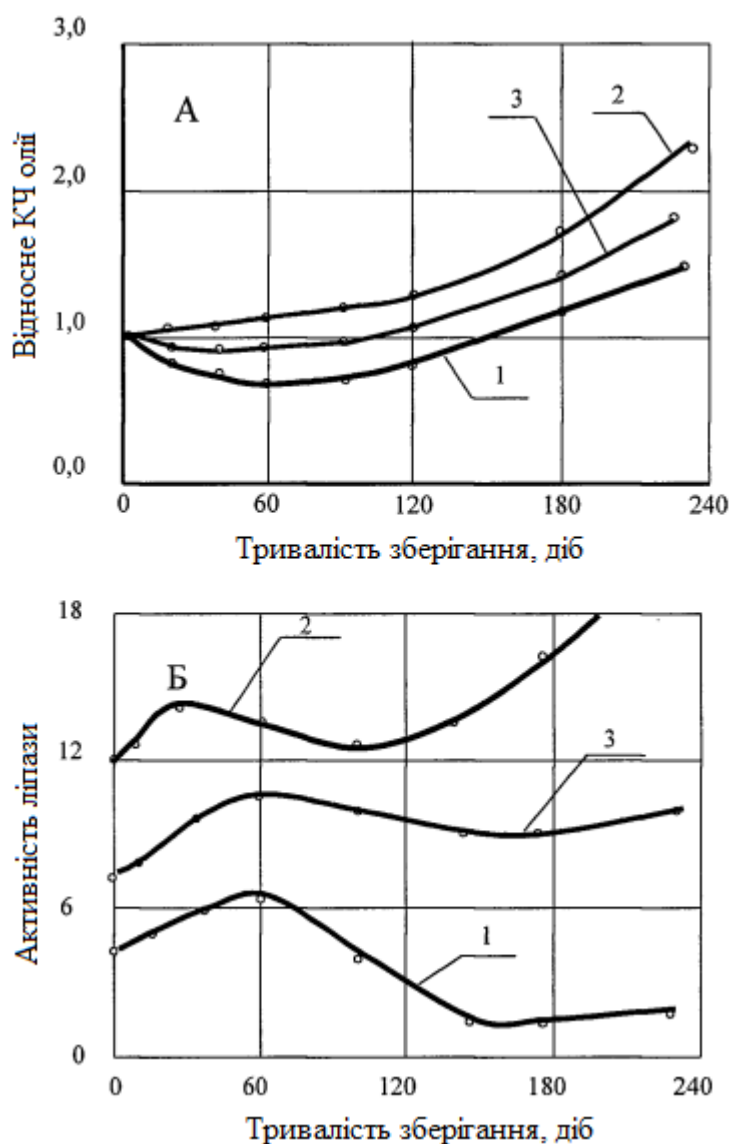


Рисунок 3.2 – Зміна відносних кислотних чисел олії в насінні (А) і активності ліпази (Б) при зберіганні свіжозібраного насіння сої, розділених на фракції по природній неоднорідності:

1 – велика фракція; 2 – дрібна фракція; 3 – вихідна суміш.

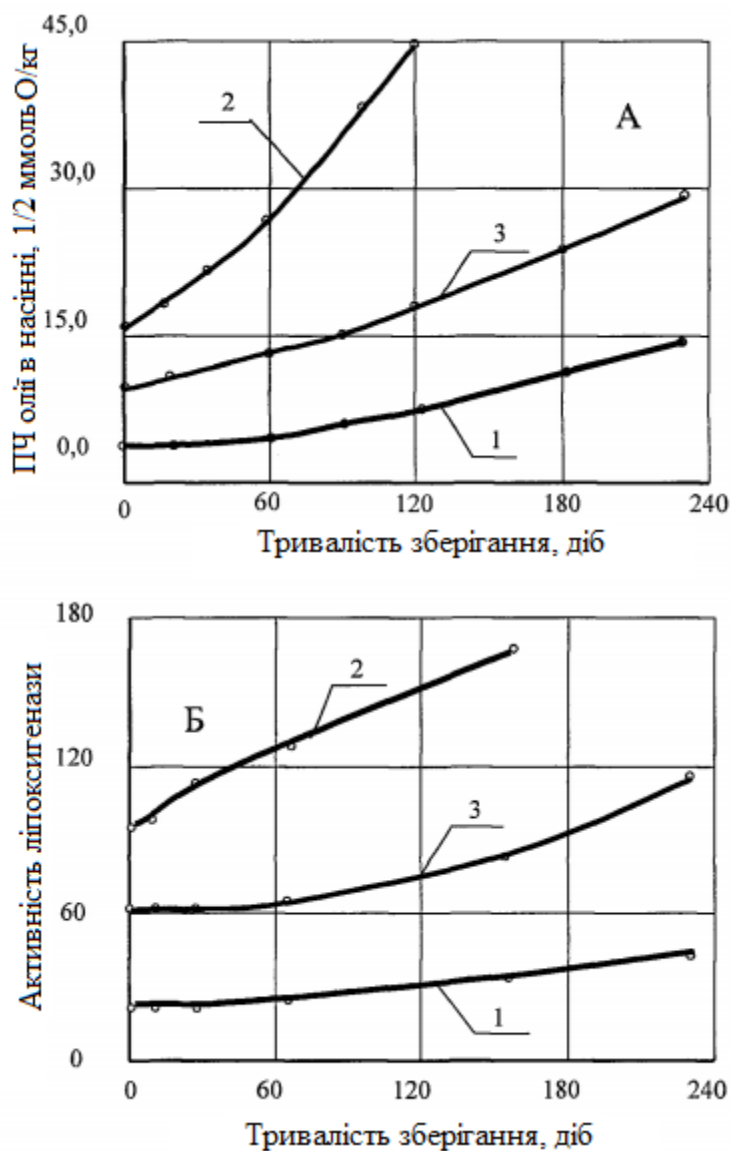


Рисунок 3.3 – Зміна перекисного числа олії в насіннях (А) і активності ліпоксигенази (Б) при зберіганні свіжозібраного насіння сої:

1 – велика фракція; 2 – дрібна фракція; 3 – вихідна суміш.

Аналізуючи характер зміни жирнокислотного складу і якісних показників олій, виділених з насіння сої різних фракцій (таблиця 3.6), можна відзначити, що післязбиральні процеси розглянутих фракцій мають однакову спрямованість, але інтенсивність їх різна. У насіннях дрібної фракції, процеси, що приводять до їхнього псування, починаються дуже рано й період дозрівання для них незначний. Для великого насіння період післязбирального дозрівання більш тривалий ( до 100

діб), при подальшому зберіганні, процеси, що погіршують їхню якість, не мають яскраво вираженого характеру. Вміст коричневих пігментів, по якому судять про забарвлення отриманих олій, у насіннях дрібної фракції до закінчення зберігання більш, ніж в 1,5 рази перевищує аналогічний показник у оліях крупного насіння.

Таблиця 3.6 – Зміна якісних показників олій насіння сої, розділених по природній неоднорідності.

Термін зберігання, діб	Олійність насіння, %	Вміст фосоліпідів, %	Коричневі пігменти, мг/г	Масова доля жирних кислот, % від ваги
Вихідне насіння				
0	17,8	1,01	0,04	24,81
80	18,3	1,04	0,95	19,35
110	18,1	0,93	1,40	18,16
220	17,7	0,89	2,60	16,13
Крупна фракція				
0	18,8	0,97	0,02	24,75
80	19,6	1,05	0,80	18,82
110	19,5	1,00	1,50	17,44
220	19,2	0,94	1,80	19,13
Дрібна фракція				
0	17,0	1,03	0,12	24,56
80	17,1	1,05	0,90	19,47
110	16,8	1,00	1,80	20,08
220	16,3	0,65	3,20	20,11

Зміна вмісту фосфоліпідів носить наступний характер. У міру завершення насінням післязбирального дозрівання йде збільшення виходу фосфоліпідів з наступним їхнім зниженням у процесі подальшого зберігання. По закінченню зберігання вміст фосфоліпідів у крупному насінні вище, ніж у насіннях дрібної фракції. Це, імовірно, можна пояснити тим, що дрібне насіння, як правило, що не дозріли й захисна функція ферментів у них не яскраво виражена. Це сприяє інтенсивному окисненню ліпідної частини фосфоліпідів, як найбільш лабільних

речовин, у результаті чого при тривалому зберіганні в таких насіннях масова частка фосфоліпідів не висока.

Насіння дрібної фракції також характеризується високим вмістом вторинних продуктів окислення, а також їх ростом при зберіганні. Для насіння цієї фракції відзначається знижений відносний вміст лінолевої і ліноленової жирних кислот, масова частка яких у процесі зберігання знижується, що також свідчить про інтенсивність протікання окисних процесів насіння, що приводять до псування.

Таким чином, якщо оцінювати тривалість післязбирального дозрівання насіння по зміні величини кислотного числа олії й активності ліпази, то з отриманих даних випливає, що післязбиральне дозрівання інтенсивніше протікає в дрібному насінні, але цей період дуже короткий. Імовірність завершення дозрівання насіння у такі строки малоімовірна, і не підтверджується рівнем схожості насіння. Можна говорити лише про короткочасність позитивних змін у дозріваючих дрібних насіннях. У період початкового й наступного зберігання дрібного насіння відзначається висока інтенсивність приросту кислотного числа. Ці процеси проходять на фоні зростаючої активності ліпази й ліпоксигенази (рисунок 3.2, 3.3). Такі зміни, спостерігаються у свіжозібраного насіннях дрібної фракції при зберіганні, можна вважати їх дуже нестабільними. Тому, для дрібного свіжозібраного насіння доцільно застосування способів зберігання, що гарантують максимальне гальмування біохімічних процесів.

Для насіння великої фракції період післязбирального дозрівання, оцінюваний по зміні кислотного числа олії в насіннях, він більш тривалий, а інтенсивність змін якості насіння при наступному зберіганні не істотна. Наступне зберігання цього насіння протікає на тлі незначного збільшення активності ліпази й ліпоксигенази. Це дозволяє використовувати ефект післязбирального дозрівання.

Аналізуючи вищесказане, можна зробити наступні висновки:

- встановлено, що процес післязбирального дозрівання протікає як у великій, так і в дрібній фракціях насіння сої, у різних тимчасових рамках цього періоду, однак інтенсивність цих процесів у різних фракціях різна;

- більша тривалість періоду післязбирального дозрівання в насіннях великої фракції дає можливість для керування цим процесом, причому режими зберігання повинні бути спрямовані на підтримку біохімічної активності маси, що зберігається, що дозволяє збільшити вихід олії й поліпшити його якість.

### 3.4 Вплив НВЧ-прогріву на процеси післязбирального дозрівання й зберігання насіння сої

Метою цього розділу є вивчення впливу НВЧ-прогріву свіжозібраного насіння сої на біохімічні процеси, що протікають у них у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання, а також визначення температурної межі НВЧ-прогріву, при якому в насіннях відзначається максимальний ефект сприятливого впливу.

Дослідження проводили зі свіжозібраним насінням сої з вологістю 14 – 15 %. Короткочасний НВЧ-прогрів насіння і традиційний – у сушильній шафі здійснювали до температур 40 – 50 °С, 60 – 70 °С, 80 – 90 °С и закладали на зберігання при температурі  $20 \pm 2$  °С. Контролем служили ті ж насіння, але без обробки у НВЧ-установці (неопрацьовані). Установили, що НВЧ-прогрів насіння при температурі 40 – 50 °С сприяє зниженню вологості до 1 %, при 60 – 70 °С – до 1 – 1,5 %, при 80 – 90 °С – до 2 – 3 %.

Поставлене завдання вирішували по декільком напрямкам. Першим напрямком з'явилося визначення біохімічного показника – схожості насіння сої. По даному показникові визначали тривалість періоду післязбирального дозрівання насіння, використовуючи методику, запропоновану в роботі [51]. Наступний напрямок полягав у вивченні при зберіганні ліпідного комплексу насіння сої, а саме: вмісту олії, його якості, а також жирнокислотного складу. Третім напрямком з'явилося дослідження в період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання білкового комплексу насіння сої. Визначали його фракційний склад і ступінь придушення активності антиживильних речовин – інгібітору трипсину й ферменту уреазу.

Відомо, що одним з головних ознак завершення насінням післязбирального дозрівання є досягнення ними максимальної схожості, яке до кінця розглянутого періоду здобуває значення, близькі до 100 % [3]. Максимальні значення схожості для насіння аналізованих зразків установлювали згідно з методикою [51], побудувавши графік їх змін у координатах, зворотних часу зберігання (1/добу.). Обробивши на ЕОМ отримані в результаті експериментів значення схожості насіння, а, також розв'язавши отримані рівняння, одержимо деяке значення  $a$ , що характеризує ту максимальну схожість, до якої наближаються дані насіння і яка визначає закінчення періоду післязбирального дозрівання.

Установили, що НВЧ-прогрів у досліджуваних температурних інтервалах, у порівнянні з насіннями неопрацьованими, сприяє прискоренню дозрівання (рисунок 3.4). Так, для насіння, прогрітих у НВЧ-установці до температури 60 – 70 °С та 80 – 90 °С, відзначається скорочення періоду післязбирального дозрівання на 11 – 14 діб. Однак, у насіннях, прогрітих у НВЧ-установці до 40 – 50 °С, спостерігається незначне збільшення строків дозрівання в порівнянні з насіннями, прогрітими до температур 60 – 70 °С та 80 – 90 °С.

Підтвердженням можливості скорочення строків дозрівання шляхом НВЧ-прогріву свіжозібраного насіння, є також більш швидке досягнення насіннями, прогрітими у НВЧ-установці, найменших значень КЧ і ПЧ отриманих олій, які відзначаються в них на 45 добу (таблиця 3.7). Це дозволяє стверджувати про завершення в насіннях процесів післязбирального дозрівання. Однак, найменші значення КЧ і ПЧ олій у цей період спостерігаються в насіннях, що були піддані НВЧ-обробці в діапазоні температур – 40 – 50 °С та 60 – 70 °С. При подальшому зберіганні як в оброблених, так і в необроблених зразках насіння сої відзначається ріст КЧ і ПЧ, що цілком закономірно й свідчить про завершення періоду післязбирального дозрівання й початку 2-го періоду – періоду початкового зберігання насіння [42], що характеризується неінтенсивним протіканням у насіннях гідролітичних і окисних процесів. Причому, НВЧ-прогрів у діапазоні температур 40 – 50 °С та 60 – 70 °С не виявлено впливу на значення цих показників. Істотні зміни зафіксовані тільки в насіннях, прогрітих у НВЧ-установці до

температур 80 – 90 °С. Дане температурний НВЧ-вплив не сприяв значному зниженню КЧ виділених олій у період післязбирального дозрівання, що свідчить про перевагу в насіннях гідролітичних і окисних процесів над синтетичними. Для цього насіння спостерігаються підвищені значення КЧ і ПЧ олії при зберіганні, що може бути пов'язане з хімічним окисленням ліпідів на стадії прогріву, що приводить до псування насіння.

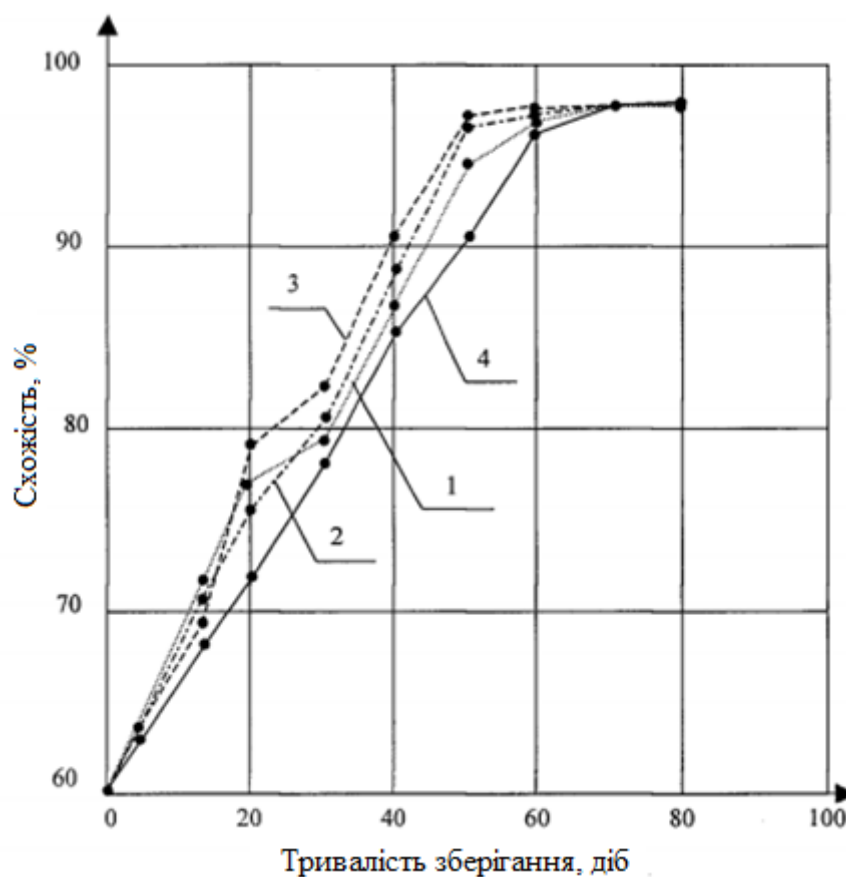


Рисунок 3.4 – Вплив НВЧ-прогріву на схожість насіння сої:

1 – нагрівання до 40 – 50 °С; 2 – 60 – 70 °С; 3 – 80 – 90 °С; 4 – контроль.

Таблиця 3.7 – Вплив НВЧ-прогріву насіння сої на вихід олії і його якість при зберіганні.

Тривалість зберігання,	КЧ, мг КОН				ПЧ ½ ммоль/кг О				Олійність насіння, %			
	Контроль	НВЧ-прогрів, °С			Контроль	НВЧ-прогрів, °С			Контроль	НВЧ-прогрів, °С		
		40 – 50	60 – 70	80 – 90		40 – 50	60 – 70	80 – 90		40 – 50	60 – 70	80 – 90
0	1,45	-	-	-	3,70	-	-	-	18,26	-	-	-
15	1,39	1,31	1,28	1,43	3,69	3,69	3,70	3,77	-	-	-	-
30	1,32	1,17	1,15	1,33	3,70	3,64	3,66	3,80	18,45	18,46	18,48	18,51
45	1,25	1,10	1,09	1,22	3,68	3,51	3,54	3,78	-	-	-	-
60	1,16	1,12	1,13	1,23	3,60	3,61	3,62	3,77	18,87	18,90	18,88	18,92
90	1,17	1,20	1,19	1,38	3,65	3,65	3,67	3,91	18,83	18,83	18,90	18,84
180	1,69	1,67	1,66	1,81	3,87	3,82	3,84	4,48	18,79	18,82	18,80	18,85

У період післязбирального дозрівання, у насінні, прогрітому у НВЧ-печі й не прогрітого, відзначено зростання олійності. Це можна пояснити протіканням двох взаємозалежних процесів: гідролізу фосфоліпідів, за рахунок високої активності фосфоліпази, у результаті чого вивільнюються вільні жирні кислоти; і зв'язування цих вільних жирних кислот з утворенням ТІГ. Це відбувається завдяки високій активності ліпази, що проявляє в цей період синтетичні властивості. Збільшення олійності насіння у період післязбирального дозрівання відзначалося й у раніше проведених дослідженнях [42]. НВЧ-прогрів до температур 60 – 70 °С та 80 – 90 °С сприяв більш інтенсивному нагромадженню олії в насінні у цей період. Аналогічна тенденція спостерігалася й на насінні соняшника. Це, імовірно, можна пояснити зменшенням відносного вмісту полярних ліпідів у зв'язаному стані на фоні збільшення частки тригліцеридів під впливом високих температур, а також зміною клітинних структур, в результаті чого росте проникність оболонок, що теж сприяє кращому вивільненню олії. Однозначного висновку про збільшення олійності при НВЧ-прогріві для насіння сої в період післязбирального дозрівання робити передчасно, необхідні додаткові дослідження.

Аналізуючи вищесказане можна відзначити, що в насінні, прогрітому у НВЧ-установці до температури 60 – 70 °С, найбільше повно й глибоко пройшли процеси

післязбирального дозрівання. Це насіння є найбільш перспективними, з погляду можливої реалізації біохімічного потенціалу, тому для нього були проведені дослідження з жирнокислотного складу й хімічним показникам виділеної олії у порівнянні з контрольними зразками. Результати проведених досліджень показано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 — Вплив НВЧ-прогріву й температури зберігання насіння сої на якість олії і його жирнокислотний склад.

Тривалість зберігання, діб	Йодне число, % I <sub>2</sub>	Коричневі пігменти, мг/г	Масова доля ненасичених жирних кислот, % від суми
Вихідне насіння			
0	123,2	0,01	26,15
Контрольне насіння			
60	127,8	0,04	19,06
150	128,1	0,15	19,77
225	-	0,20	23,68
Оброблене насіння			
60	126,7	0,03	20,22
150	127,0	0,15	22,06
225	-	0,19	26,17

Як видно з таблиці 3.8, у показниках, що характеризують окисну стійкість соєвої олії обробленого насіння і необробленого, істотної різниці не відзначено. Дані цієї таблиці також показують, що при зберіганні жирнокислотний склад олії аналізованих зразків насіння сої зазнає значних змін. У період післязбирального дозрівання (60 діб) для всього насіння відзначається зниження вмісту насиченої жирної кислоти – пальмітинової, мононенасиченої – олеїнової і триненасиченої – ліноленої. При цьому спостерігається значне збільшення масової частки диненасиченої – лінолевої кислоти. НВЧ-прогрів у цей період сприяв збільшенню відносного вмісту насичених і мононенасичених жирних кислот у складі триацилгліцеролів на 2,33 %. Це, імовірно, пояснюється здатністю кліток рослин адаптивно змінювати жирнокислотний склад ліпідів у відповідь на дію високих

температур убік зростання частки більш насичених жирних кислот [10]. При подальшому зберіганні в насінні відзначене збільшення масової частки олеїнової кислоти на фоні зниження ліноленої. Причому, НВЧ-прогрів інтенсифікував процес нагромадження олеїнової на 2,49 % і зниження ліноленої жирної кислоти на 1,36 %, щодо насіння контрольного зразка. Зі зміною жирнокислотного складу соєвої олії корелюють і йодні числа.

Таблиця 3.9 – Вплив НВЧ-прогріву на фракційний склад білка насіння сої в період зберігання.

Термін зберігання, днів	Загальний азот, %			Азотальбумін, %			Азотглобулін, %			Азотглютеїн, %			Небілковий азот, %							
	Контроль	НВЧ-нагрів, °С		Контроль	НВЧ-нагрів, °С		Контроль	НВЧ-нагрів, °С		Контроль	НВЧ-нагрів, °С		Контроль	НВЧ-нагрів, °С						
		40 – 50	60 – 70		80 – 90	40 – 50		60 – 70	80 – 90		40 – 50	60 – 70		80 – 90	40 – 50	60 – 70	80 – 90			
0	40,83	40,80	40,83	40,84	7,31	6,64	6,55	5,71	20,21	20,68	6,55	5,71	9,81	9,87	9,92	10,15	3,50	3,61	3,65	3,96
60	40,85	40,82	40,85	41,83	7,28	6,59	6,45	5,61	20,19	20,62	6,45	5,61	9,84	9,90	10,13	10,21	3,64	3,71	3,74	4,08
180	40,84	40,80	40,84	40,84	7,25	6,55	6,41	5,55	20,17	20,60	6,41	5,55	9,86	10,05	10,18	10,28	3,56	3,60	3,67	4,14
220	40,81	40,78	40,81	40,82	6,07	6,35	6,28	5,42	20,09	20,48	6,28	5,42	9,94	10,05	10,22	10,42	3,71	3,90	3,91	4,32

З таблиці 3.9 видно, що НВЧ-прогрів насіння сої вплинув на фракційний склад виділеного білка. У насіннях, що були піддані НВЧ-впливу, відзначається

зниження вмісту водорозчинного азоту при одночасному збільшенні вмісту азоту солерозчинних білків.

Такі внутрішнмолекулярні перетворення білків насіння, прогрітих у НВЧ-установці, можна пояснити високою термолабільністю водорозчинних білків, у результаті чого відбувається перехід цих білків у групу солерозчинних. Причому, НВЧ-прогрів насіння сої до температури 80 – 90 °С інтенсифікував перетворення водорозчинного білкового азоту в солерозчинний. Підвищені температурні НВЧ-впливу (60 – 70 °С та 80 – 90 °С) сприяли й незначному переходу солерозчинного азоту у фракцію лугорозчинного білка. У насінні, прогрітому у НВЧ-установці до температури 80 – 90 °С, відзначається більш високий вміст небілкового азоту, що, імовірно, відбувається внаслідок теплової денатурації незначної частини білка. Тенденція внутрішнмолекулярного перетворення білкових речовин при НВЧ-прогріві аналогічна виявленим раніше змінам, відзначеним при нагріванні олійного насіння ін. дослідниками [52]. У період зберігання фракційний склад білків насіння сої в досліджуваних зразках значних змін не зазнав. Малоістотні зміни азотовмісних речовин відзначалися й для білків насіння соняшника, що зберігаються при відносній вологості повітря менш 75 %. НВЧ-прогрів до температур 60 – 70 °С та 80 – 90 °С насіння сої сприяв перерозподілу у виділених білках кількості азотовмісних речовин при зберіганні. Це підвищує живильну цінність соєвих білків при використанні їх як складової корму для сільськогосподарських тварин [41]. Однак, у білках, виділених з насіння сої, прогрітих у НВЧ-установці до температури 80 – 90 °С, при зберіганні відзначається підвищений вміст небілкового азоту. Такі зміни носять негативний характер, тому що знижують харчову цінність соєвих білків.

Відомо, що інгібітор трипсину й фермент уреаза є білками-глобулінами й при певній тепловій обробці відбувається їхня денатурація, причому, уреаза є більш термолабільним білком [3]. З таблиці 3.10 видно, що НВЧ-прогрів, при всіх розглянутих температурних режимах, сприяє зниженню активності інгібітору трипсину й уреазу. Причому ефект зниження ТІА й активності уреазу в насіннях сої, після них НВЧ-прогріву, вище, у порівнянні зі значеннями, отриманими при

прогріві в сушильній шафі до тих же температур. При прогріві до температур 60 – 70 °С спостережувана різниця в глибині отриманого ефекту максимальна. Це можна пояснити тим, що крім теплового впливу при НВЧ-прогріві має місце вплив електромагнітного поля (ЕМП), яке впливає на конформацію білкових молекул. Відзначене при НВЧ-прогріві насіння до температур 60 – 70 °С зниження ТІА (16,75 мг/г) і активності уреазі (1,63 ΔрН за 30 хв) більш ніж на 65 % нижче, щодо непрогрітих. НВЧ-прогрів до температури 80 – 90 °С трохи підсилює цей ефект. Зберігання насіння сої аналізованих зразків значно не вплинуло на значення ТІА й активності уреазі, досягнуті ними при розглянутих температурних НВЧ-впливах. Можна відзначити, що зона температур (60 – 70 °С та 80 – 90 °С) інактивації уреазі, досягнутих при НВЧ-обробці насіння сої, приблизно збігається з інтервалом температур НВЧ-прогріву, при якому відбувається інтенсивний перехід азотоальбумінових білків в азотоглютеніві, що ще більш підвищує цінність соєвих білків.

Таблиця 3.10 – Вплив НВЧ-прогріву й традиційного прогріву на активність інгібітору трипсину й уреазі в період зберігання

Трипсин інгібіторна активність (ТІА), мг/г							
Термін зберігання, діб	Контроль	40 – 50 °С		60 – 70 °С		80 – 90 °С	
		НВЧ-прогрів	Традиційний прогрів	НВЧ-прогрів	Традиційний прогрів	НВЧ-прогрів	Традиційний прогрів
0	24,09	19,01	21,94	16,75	21,03	16,37	20,01
60	25,16	18,52	22,07	17,03	21,21	18,16	20,23
180	24,41	17,96	22,12	17,36	21,52	17,40	20,17
220	24,68	18,04	22,06	17,08	21,50	17,13	20,41
Активність уреазі, ΔрН за 30 хв.							
0	2,44	1,85	1,97	1,63	1,90	1,58	1,73
60	2,81	2,01	2,18	1,77	1,99	1,51	1,70
180	2,75	1,96	2,14	1,68	1,93	1,62	1,76
220	2,68	1,87	2,21	1,59	2,03	1,60	1,81

Таким чином, НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої при всіх досліджуваних температурних режимах не виявив впливу на спрямованість біохімічних процесів у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання. Вплив НВЧ-прогріву позначилося на інтенсивності процесів, характерних для розглянутого періоду зберігання, у такий спосіб:

- найменшим строкам періоду післязбирального дозрівання насіння сприяє НВЧ-прогрів насіння до температур 60 – 70 °С та 80 – 90 °С;
- тенденція нагромадження олії в насінні сої в період післязбирального дозрівання збережена, відзначається незначне додаткове збільшення олійності при впливі НВЧ-прогріву при підвищених температурах (60 – 70 °С та 80 – 90 °С);
- найменшій втраті якості виділених масел у період зберігання сприяє НВЧ-обробка насіння сої до температур 40–50°С та 60–70°С;
- найкращій якості білків насіння сої, визначеним по фракційному складу й активності речовин антиживильного характеру (ТІА й ферменту уреазу) відповідають білки, отримані з насіння сої, прогрітих у НВЧ-установки до температури 60 – 70 °С.

Аналізуючи вищесказане, можна стверджувати, що, оптимальним температурним режимом при обробці свіжозібраного насіння сої у НВЧ-полі є їх прогрів до температури 60 – 70 °С, що дозволяє не тільки знизити строки періоду післязбирального дозрівання, але й поліпшити якість цільових продуктів (олії й білка), а також максимально зберегти його в період тривалого зберігання.

### 3.5 Вплив НВЧ-прогріву й температури зберігання на якість насіння сої

Дослідження, проведені раніше на свіжозібраному насінні соняшника показали, що короткочасний НВЧ-прогрів до температури 50 – 80 °С сприяє скороченню періоду післязбирального дозрівання на 10 – 15 діб й збільшенню олійності на 0,4 – 1,4 % (зберігання здійснювалося при температурі 20 °С) [48].

Метою даного розділу є вивчення впливу температури зберігання насіння сої після НВЧ-прогріву на якість ліпідного комплексу. Для цього визначали у

свіжозібраного насінні сої схожість, вихід і якість олії, а також жирнокислотний склад у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання при різних температурах.

Для проведення експерименту, свіжозібране насіння сої з вологістю 14 – 15 % прогрівали у НВЧ-установці до температури 60 – 70 °С протягом 80 с і закладали на зберігання при температурах: 5 °С, 20 °С та 35 °С. Контролем служило свіжозібране насіння, що зберігалось в тих же умовах без обробки у НВЧ-установці (необроблені).

Результати проведених досліджень приведені на рисунках 3.5 – 3.6 і в таблиці 3.11.

Після досягнення насінням максимальної схожості визначали тривалість періоду післязбирального дозрівання. Для цього використовували методику [41], провівши математичні операції, встановлено, що підвищення температури зберігання насіння сої сприяє зменшенню тривалості післязбирального дозрівання, що також погоджується з думкою інших дослідників. Для насіння, обробленого НВЧ-прогрівом, у всіх розглянутих випадках характерне скорочення строків післязбирального дозрівання. Так, НВЧ-прогрів насіння сої, що зберігалися при температурі 20 °С, скорочує період дозрівання на 11 – 14 діб, а, що зберігалися при температурі 5 °С на 15 – 18 діб. В обробленому насінні, що зберігалися при температурі 35 °С, вплив НВЧ-прогріву на тривалість періоду післязбирального дозрівання, нами не виявлено. Це, імовірно, пов'язане з високою швидкістю процесу дозрівання, характерної для насіння як обробленого, так і необробленого, що зберігалися при високих температурах.

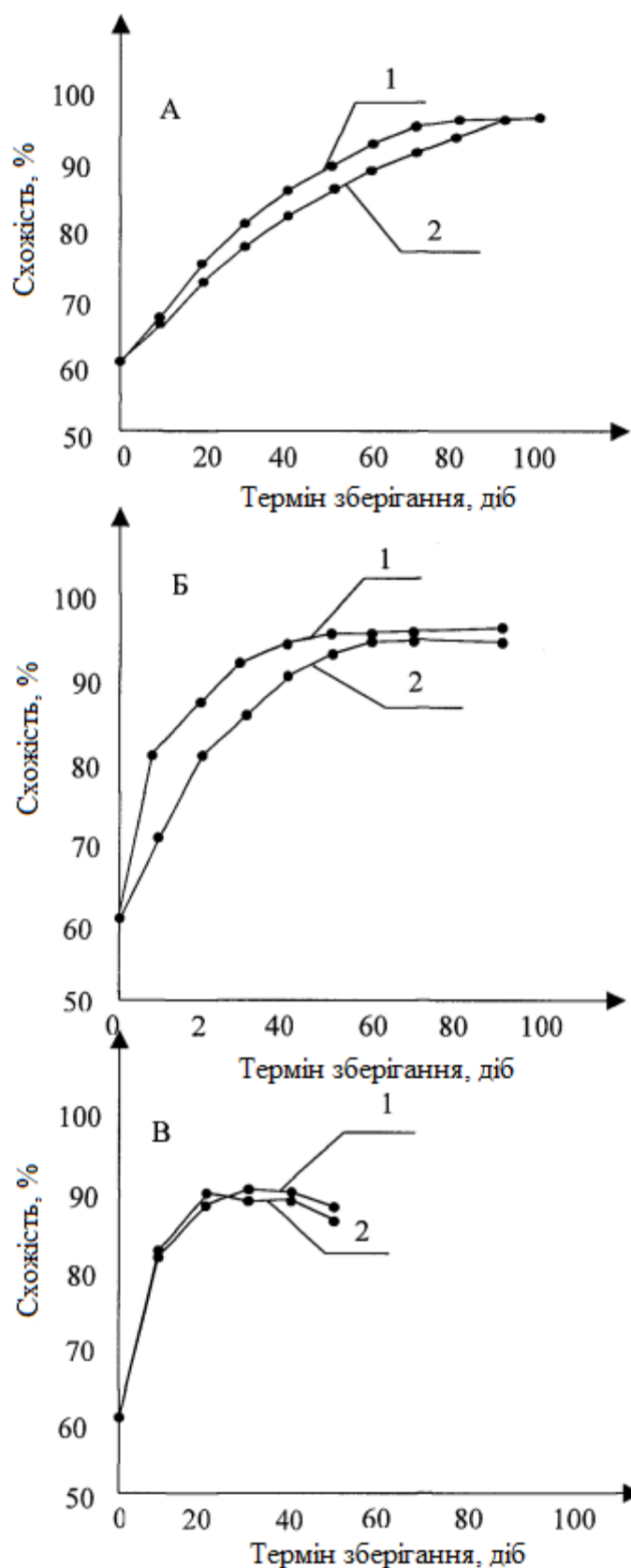


Рисунок 3.5 – Вплив НВЧ-прогріву на схожість насіння сої при зберіганні при температурах:

А – 5 °С; Б – 20 °С; В – 35 °С; 1 – насіння оброблені у НВЧ-установці;  
2 – контроль.

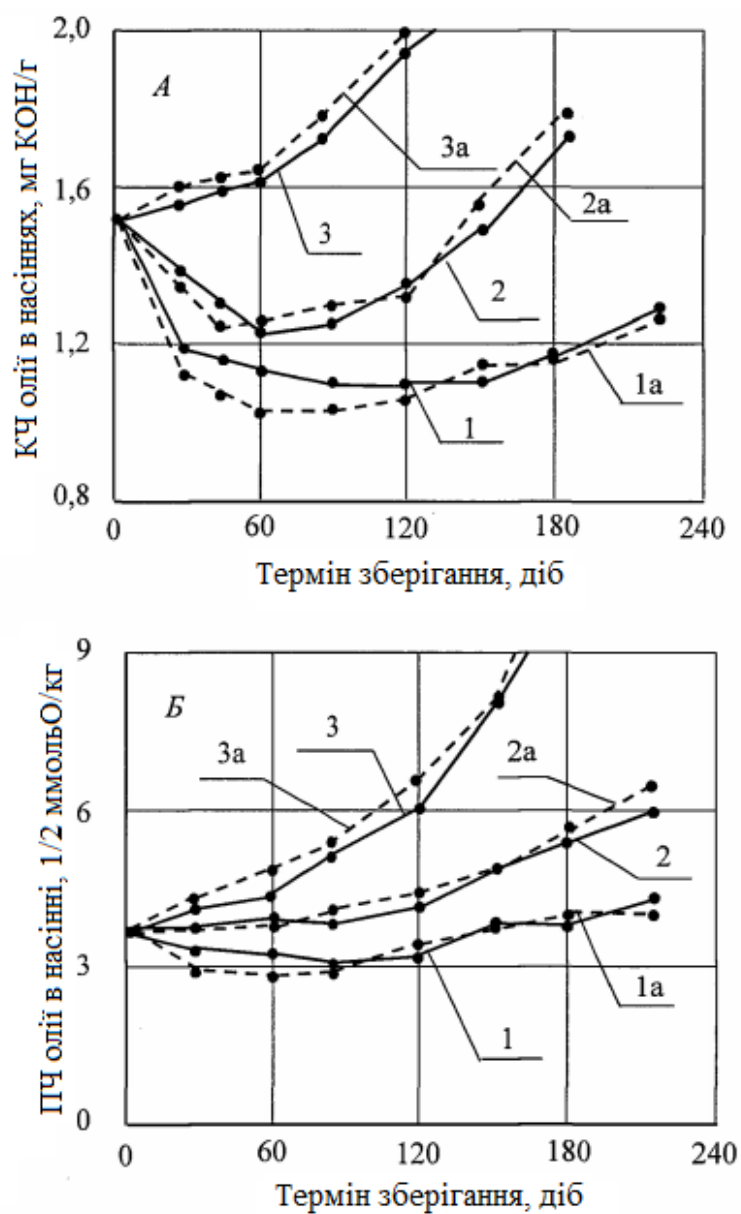


Рисунок 3.6 – Зміна КЧ (А) і ПЧ (Б) олії насіння сої, прогрітих у НВЧ–печі (1а, 2а і 3а) і неопрацьованих залежно від тривалості зберігання при температурах, °С: 1,1а – 5; 2,2а – 20; 3,3а – 35.

Таблиця 3.11 – Вплив НВЧ-прогріву і температури зберігання насіння сої на вміст олії, якість і його жирнокислотний склад.

Тривалість зберігання, дів	Олійність, %	Йодне число, % I <sub>2</sub>	Коричневі пігменти, мг/г	Масова доля ненасичених жирних кислот, % від суми
1	2	3	4	5
Вихідне насіння				
0	18,11	127,5	0,01	24,89
Зберігання насіння при температурі 5 °С				
Необроблене насіння				
30	18,23	-	0,01	-
60	18,34	132,9	0,03	18,01
120	18,23	132,4	0,07	18,62
220	18,19	-	0,14	22,55
Насіння прогріте в НВЧ-установці				
30	18,36	-	0,02	-
60	18,75	132,6	0,02	18,25
120	18,70	131,8	0,07	20,36
220	18,62	-	0,15	24,83
Зберігання насіння при температурі 20 °С				
Необроблене насіння				
30	18,46	131,3	0,12	-
60	18,71	132,2	0,14	17,82
120	18,67	131,5	0,17	18,15
220	18,62	-	0,20	22,42
Насіння прогріте в НВЧ-установці				
30	18,53	-	0,03	-
60	18,74	131,3	0,04	19,86
120	18,64	131,3	0,16	20,04
220	18,61	-	0,22	24,37
Зберігання насіння при температурі 35 °С				
Необроблене насіння				
30	18,01	127,8	0,04	-
60	17,93	-	0,08	-
120	17,80	79,9	1,40	-
220	17,73	-	1,60	-

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5
Насіння прогріте в НВЧ-установці				
30	17,98	126,7	0,04	-
60	17,90	-	0,90	-
120	17,73	79,3	1,45	-
220	17,69	-	1,80	-

Характер змін КЧ і ПЧ олії в насінні у період післязбирального дозрівання й подальшого зберігання при розглянутих температурних режимах підтверджуються роботами й інших дослідників [42] (рис. 3.5, 3.6). Більш швидке досягнення найменших значень КЧ і ПЧ виділених олій у період післязбирального дозрівання відзначається для насіння сої, обробленого у НВЧ-установці й що зберігалися при температурі 20 °С. Очевидно, це відбувається за рахунок короткочасності впливів на насіння сої підвищених температур, що сприяють прискоренню процесів їх дозрівання. Для насіння, прогрітого у НВЧ-установці й що зберігалися при температурі 5 °С, характерні найбільш низькі значення КЧ і ПЧ у період післязбирального дозрівання. Це можна пояснити: по-перше, загальмованістю процесів гідролізу (за рахунок зберігання насіння при низьких позитивних температурах); по-друге, впливом НВЧ-поля, що несе тепловий і електромагнітний ефект. Для насіння, що зберігалося при температурі 35 °С, НВЧ-прогрів ще більше інтенсифікував гідролітичні процеси в насінні, що приводять до псування, що підтверджується більш високими КЧ і ПЧ виділених олій. Необхідно відзначити, що період післязбирального дозрівання для всього насіння, крім того, що зберігалося при температурі 35 °С, характеризується збільшенням їх олійності.

Відповідно проведеним раніше дослідженням [42], зростання олійності насіння сої в цей період пояснювалося протіканням двох взаємозалежних процесів: гідролізу фосфоліпідів, що каталізується високоактивною фосфоліпазою, у результаті чого вивільняються вільні жирні кислоти і сполуки цих вільних жирних кислот з утворенням ТАГ, що відбувається внаслідок високої активності ліпази-синтетази. У результаті проведених нами досліджень було встановлено, що зростання олійності в період післязбирального дозрівання насіння відбувається

також за рахунок утворення гідратуючих форм фосфоліпідів з лізоформ шляхом зв'язування вільних жирних кислот з негідратуючими залишками. Причому, при знижених температурах післязбиральне дозрівання в насінні протікає повільно, що підтверджується як збільшенням строків періоду дозрівання, так і незначним підвищенням олійності насіння (для насіння контрольних зразків при температурі зберігання 5 °С – на 0,2 %, проти збільшення на 0,6 % – при температурі зберігання 20 °С). Однак, у насінні, обробленому у НВЧ-печі, що й зберігається при температурах 5 °С, відзначене збільшення його олійності на 0,4 %. Статистична обробка отриманих результатів досліджень показала, що дана відмінність значима. Таке підвищення можна пояснити, розглянувши НВЧ-прогрів як суму електромагнітного (ЕМ) і теплового впливів.

Дія властива ЕМ поля, його взаємодія із системою полярних молекул не може не позначитися на білках, в тому числі й на ферментах, що мають складну просторову структуру. Раніше було встановлено [10], що змінне ЕМ поле сприяє активації ферментних систем плодів коріандру (за рахунок структурних змін у цитоплазмі клітини), у результаті чого відзначалося збільшення масової частки ефірної олії і схожості насіння. Пізніше іншими авторами [17] було визначено, що з підвищенням вихідної вологості оброблюваного матеріалу, різке нагрівання сприяло інтенсивному переміщенню максимуму активності ліпази в область високих температур, що пояснювалося зміною геометричної конфігурації ферменту внаслідок впливу НВЧ-енергії. Однак, при досить високих вологостях при підведенні НВЧ-енергії відбувається виникнення локального виділення тепла, що може привести до інактивації ферменту. З іншого боку, згідно з дослідженнями, описаними в роботах [16], НВЧ-нагрівання бавовняного і соняшникового ядра сприяло руйнуванню клітинної структури, причому для ядра бавовни більшою мірою, ніж при кондуктивному нагріванні. Це спричиняло руйнування ліпідних сферосом у результаті теплового розширення олії. Аналізуючи вищесказане, можна припустити, що при впливі НВЧ-енергії на свіжозібране насіння сої в області підвищених температур (60 – 70 °С) виникає можливість контакту не інактивованої на даний момент частини ферменту з ліпідами, у результаті чого відзначається

збільшення олії в насінні, а також значне зниження КЧ. Додатково, зростання олійності можна пояснити й тепловим впливом НВЧ-поля на насіння.

У роботі [49] також встановлено, що сушіння насіння високотемпературним агентом дозволяє значно підвищити сумарну кількість фосфатидів, що вилучають разом з олією, при одночасному підвищенні їх гідрофільних властивостей, за рахунок зниження енергії зв'язків окремих фракцій фосфоліпідів з гелевою частиною насіння. Згідно з іншими роботами [59] при сушінні насіння соняшника до 60 – 70 °С кількість фосфоровмісних речовин в олії підвищилося в 2 – 4 рази. Такий шлях збільшення олійності був підтверджений і проведеними нами дослідженнями, у результаті чого в насінні, після НВЧ-прогріву, відзначається відсутність у олії на 60 добу зберігання при температурі 5 °С лізопохідних фосфоліпідів.

Таким чином, оскільки період післязбирального дозрівання, що протікає при низьких позитивних температурах, характеризується низькою швидкістю ферментних реакцій, що не заперечує глибини протікання процесів післязбирального дозрівання, то результат НВЧ-впливу складається з підвищення олійності насіння безпосередньо при їхньому прогріві, а також з активації процесів дозрівання насіння, у результаті чого на 60 добу відзначається найбільше зростання олії в цьому насінні, а також досягнення насінням найменших значень КЧ і ПЧ.

Можна відзначити, що показники, які характеризують окисну стійкість і протікання окисних процесів в соєвій олії досягають кращих, з технологічної точки зору, значень при зберіганні насіння із температурою 5 °С. Зберігання ж насіння сої при підвищеній температурі (35 °С) сприяє різкому погіршенню якості ліпідів: зниженню йодного числа виділеної олії при зростанні вмісту коричневих пігментів. Отримані дані в змінах показників якості олії насіння, що зберігається при розглянутих температурних режимах, узгоджуються з результатами раніше проведених досліджень [42].

Відомо, що при зберіганні насіння сої жирнокислотний склад олій непостійний. Раніше встановлено, що, характерне для періоду післязбирального дозрівання нагромадження лінолевої і зниження вмісту ліноленової жирних кислот,

інтенсивніше протікає при низьких температурах, однак, при тривалому зберіганні знижені температури сприяють більш повільному зниженню рівня лінолевої кислоти в ліпідах насіння сої [42]. Короткочасний НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої вплинув на жирнокислотний склад виділених олій. Так, у період післязбирального дозрівання, що протікав при температурах 20 °С, у насінні, прогрітому у НВЧ-установці, відзначається знижений вміст лінолевої і ліноленової жирних кислот. Це, очевидно, можна пояснити здатністю кліток рослин адаптивно змінювати жирнокислотний склад ліпідів у відповідь на дію температур, що виходять за межі зони толерантності у бік збільшення частки насичених, «тугоплавких» жирних кислот. При подальшому зберіганні в насінні, підданому НВЧ-впливу, у порівнянні з необробленим, відзначалося більш інтенсивне зниження вмісту лінолевої і ліноленової жирних кислот (більш, ніж на 2 %).

#### Висновки до розділу

Опрацювавши даний розділ дипломної роботи, можна зробити наступні висновки:

- короткочасний НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої при всіх досліджуваних температурах зберігання інтенсифікував післязбиральне дозрівання й знизив його строки на 11 – 18 діб;
- НВЧ-прогрів і подальше зберігання насіння сої при температурі 5 °С дозволили збільшити вихід олії і досягти поліпшення її якості по КЧ;
- НВЧ-прогрів вплинув на жирнокислотний склад ліпідів насіння сої в період зберігання при температурі 20 °С, незначно зрушивши його рівновагу у бік збільшення частки більш насичених жирних кислот.

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОЇ З НВЧ-ПРОГРІВОМ

4.1 Дослідження впливу технологічних параметрів процесу НВЧ-обробки на якісні показники насіння сої

Основною метою при розробці технології післязбиральної обробки насіння з'явилося збільшення виходу олії й підвищення якості цільових продуктів – олії й білка, шляхом реалізації біохімічного потенціалу насіння.

Раніше встановлене, що обробка свіжозібраного насіння, з вологістю, на 1 – 2 % перевищуючи критичну, подачами повітря від 30 до 45 м<sup>3</sup>/год·т сприяє значному зниженню КЧ виділеної олії у період післязбирального дозрівання при зниженні невеликого обсягу вологи (1 – 2 %) і найменшого псування насіння у період тривалого зберігання при знижених температурах [41].

Нами визначене, що НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої до температур 65 – 70 °С з наступним зберіганням при температурі 5 °С сприяє активізації післязбиральних процесів і збільшенню олійності на 0,4 %, а тривале зберігання насіння при цій же температурі дозволяє максимально зберегти якість олії в них.

При розробці нової технології для свіжозібраного високоякісного насіння сої (еквівалентний діаметр не менше 5,6 мм і КЧ не менш 1,9 мг КОН) з вологістю, на 1 – 2 % вище критичної було запропоновано використання НВЧ-прогріву по встановлених режимах з наступним активним вентиляванням для того, щоб остудити насінневу масу до найбільш сприятливої температури зберігання, а також одержати позитивний технологічний ефект за рахунок підтримки в насіннях нормальних фізіологічних процесів, шляхом впливу на них оптимального газового складу міжнасінневої атмосфери.

При визначенні найбільш сприятливої температури зберігання, у розділі 3 досліджували спрямованість біохімічних процесів, що протікають у період післязбирального дозрівання й тривалого зберігання насіння при температурах: 5 °С, 20 °С і 35 °С. У результаті проведених досліджень нами було встановлено, що

найбільший ефект від періоду післязбирального дозрівання (найбільше збільшення олійності й найкраща якість виділеної олії) був отриманий при зберіганні насіння сої при температурі 5 °С. Однак, із проведеного аналітичного огляду літературних даних випливає, що температурною межею, що інтенсифікує зміни процесів дозрівання як в окремих бобах, так і в насіннєвій масі в цілому, є температура 10 °С. Виходячи із цього, при рекомендації найбільш сприятливої температури зберігання насіння сої для нової технології, необхідно визначити наскільки значимий вплив зниження температури на процеси дозрівання й зберігання насіння сої в діапазоні температур 5 – 10 °С. Це й з'явилося першочерговим завданням даного розділу. Наступне завдання при розробці більш перспективної технології із застосуванням НВЧ-прогріву для високоякісного насіння із вологістю не більш 15 %, полягала у визначенні питомих подач повітря при активному вентиляванні з метою досягнення насіннями кращої технологічної якості.

Для досліджень використовувалося свіжозібране насіння сої з вологістю до 15 %, відкалібровані по природній неоднорідності (еквівалентний діаметр не менш 5,6 мм) і зі значенням КЧ не більше 1,9 мг КОН. Після прогріву у НВЧ-установці до температури 65 – 70 °С насіння (оброблені), при розв'язку першого завдання, закладали на зберігання при температурах 5 °С і 10 °С. Порівняльний аналіз досліджуваних температур проводили по основних технологічних характеристикам ліпідного комплексу насіння сої, а саме: вмісту олії, його КЧ і ПЧ. Для розв'язку другого завдання, прогріті у НВЧ-установці і насіння піддавали активному вентиляванню щодоби протягом періоду післязбирального дозрівання на спеціально сконструйованій установці. При цьому питомі подачі повітря становили 20, 25, 30, 35, 40 і 45 м<sup>3</sup>/год·т.

Провентильоване насіння закладали на зберігання протягом 180 діб при температурі 5 °С. Контролем служили насіння сої тих же технологічних характеристик, але без попереднього прогріву їх у НВЧ-установці, що й піддавали активному вентиляванню з питомими подачами повітря 40 м<sup>3</sup>/год·т. Функціями відгуку при цьому служили: схожість насіння, їх олійність, КЧ і ПЧ виділеної олії, а також фракційний склад білків, активність інгібіторів трипсину (ТІА) і уреаз. По

ТІА й активності уреазі судили про ступінь інактивації антиживильних речовин. Результати проведених досліджень при визначенні найбільш ефективної температури зберігання насіння сої для нової технології, представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вплив температур зберігання: 5 °С, 10 °С на основні технологічні характеристики ліпідного комплексу насіння сої.

Тривалість зберігання, діб	Олійність, %	КЧ, Мг КОН/г	ПЧ, ½ ммоль/кг·О
Вихідні звччення насіння			
0	18,7	1,38	3,35
Зберігання при температурі 5 °С			
30	18,29	1,16	3,37
60	18,50	0,97	3,28
120	18,47	1,05	3,45
180	18,45	1,20	3,66
220	18,41	1,24	3,78
Зберігання при температурі 10 °С			
30	18,30	1,12	3,32
60	18,51	0,93	3,30
120	18,50	1,15	3,41
180	18,47	1,23	3,73
220	18,40	1,28	3,82

Як видно з таблиці 4.1, спрямованість біохімічних процесів, характерна для ефективного проходження насіннями періоду післязбирального дозрівання й подальшого зберігання й відзначена раніше при зберіганні насіння при 5 °С збережена й для насіння, що зберігаються при температурі 10 °С. Для цього насіння до закінчення періоду післязбирального дозрівання спостерігається максимальне збільшення олійності на фоні досягнення насіннями найменших значень КЧ і ПЧ. Значимих відмінностей між обумовленими показниками насіння сої, що зберігалися при аналізованих температурах, нами не відзначено. Тривале зберігання для насіння розглянутого інтервалу температур характеризується

збільшенням значень КЧ і ПЧ виділених олій, що цілком закономірно при тривалому зберіганні, що відрізняється перевагою гідролітичних і окисних процесів. Однак, нами не зафіксоване значимого впливу температур у досліджуваному діапазоні на ці процеси. Це дозволяє рекомендувати для нової технології післязбиральної обробки насіння сої із застосуванням їх НВЧ-прогріву, температуру зберігання 5 – 10 °С.

При розв'язку другого поставленого завдання, результати проведених досліджень для різних подач повітря представлено в таблиці 4.2.

Як видно із представлених даних таблиці 4.2, НВЧ-прогрів і подальше активне вентилявання сприяють активізації процесів післязбирального дозрівання насіння сої. При вентиляванні з питомими подачами повітря 30 м<sup>3</sup>/год·т і більш, досягнення насіннями максимальної схожості (98 %) спостерігається в найкоротший термін. При цьому в аналізованому насінні спостерігається істотний приріст вмісту сирого жиру в насіннях. Так, на 60-у добу зберігання в обробленому насінні, що було піддано активному вентиляванню з подачею повітря 30 м<sup>3</sup>/год·т і більш, зафіксоване максимальне значення показника – 19,02 % при вихідному значенні 18,41 %. Розглядаючи вплив активного вентилявання на якість олії, що видаляється, з насіння, прогрітиму у НВЧ-установці, слід зазначити, що в період післязбирального дозрівання вентилявання по різному впливає на значення КЧ і ПЧ олії в насіннях залежно від питомих подач повітря. Більш високі подачі повітря (40 і 45 м<sup>3</sup>/год·т) провокують, як у контрольних насіннях, так і в оброблених, зростання ПЧ олії в насіннях при тривалому зберіганні. Це можна пояснити тим, що підвищена концентрація кисню в міжнасіннєвій атмосфері сприяє активному окисненню олії, що вкрай небажане.

Для з'ясування оптимальної величини подачі повітря в насіння після НВЧ-прогріву, визначали ефективність обробки по максимальному зниженню КЧ олії в насіннях при післязбиральному дозріванні й мінімальному його росту при наступному зберіганні насіння при температурі 5 – 10 °С (рисунок 4.1).

Таблиця 4.2 – Вплив питомих подач повітря на технологічні якості насіння сої.

Питома подача повітря, м <sup>3</sup> /год·т	Срок зберігання, діб	Схожість, %	Олійність, %	КЧ, мг КОН/г	ПЧ, 1/2ммоль О/кг
1	2	3	4	5	6
Контрольне насіння					
40	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	81	18,52	1,28	3,84
	60	96	19,63	1,22	3,69
	90	98	18,61	1,23	3,71
	120	98	18,60	1,25	3,90
	180	97	18,57	1,32	4,21
Оброблене насіння					
20	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	82	18,68	1,24	3,82
	60	97	19,96	1,13	3,63
	90	98	18,95	1,14	3,64
	120	97	18,90	1,19	3,69
	180	97	18,88	1,23	3,98
25	0	60	18,41	1,53	3,81
	30	83	18,71	1,25	3,81
	60	97	18,97	1,15	3,64
	90	98	18,98	1,15	3,66
	120	97	18,96	1,19	3,69
	180	97	18,90	1,22	3,99
30	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	85	18,74	1,23	3,82
	60	98	19,02	1,11	3,65
	90	98	19,01	1,12	3,66
	120	98	19,98	1,15	3,75
	180	97	19,93	1,21	4,01

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
35	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	85	18,72	1,22	3,83
	60	98	19,02	1,11	3,67
	90	98	18,97	1,13	3,68
	120	98	18,93	1,17	3,75
	180	97	18,92	1,23	4,02
40	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	85	18,75	1,25	3,82
	60	98	19,02	1,15	3,69
	90	98	19,00	1,18	3,71
	120	98	18,99	1,21	3,83
	180	97	18,30	1,26	4,17
45	0	60	18,41	1,59	3,81
	30	85	18,76	1,25	3,85
	60	98	19,02	1,16	3,81
	90	97	19,02	1,18	3,84
	120	97	18,96	1,22	3,97
	180	97	18,94	1,26	4,24

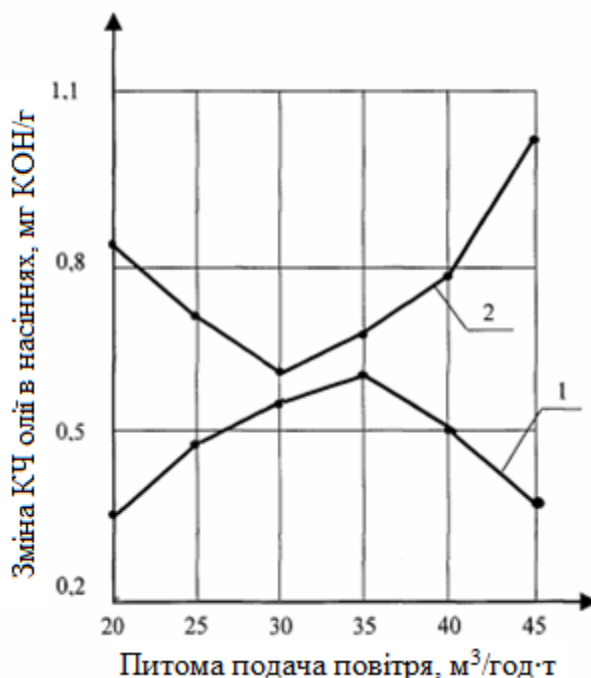


Рисунок 4.1 – Вплив питомих подач повітря при вентиляванні насіння сої на зниження їх кислотних чисел у період післязбирального дозрівання (1) і збільшення при тривалому зберіганні (2)

Як видно з рисунка 4.1, для насіння сої, обробленого повітрям з питомими подачами  $35 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{т}$ , відзначене найбільше зниження КЧ отриманих олій у період післязбирального дозрівання. Найменший приріст КЧ олії при тривалому зберіганні спостерігається в насіння, підданого активному вентиляванню з питомими подачами повітря  $30 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{т}$ .

Таким чином, виявлені зміни дозволяють рекомендувати для технології післязбиральної обробки високоякісного насіння із вологістю не більш 15 % – НВЧ-прогрів до температури  $60 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$  з наступним зниженням їх температури в процесі зберігання до  $5 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$  шляхом вентилявання з питомими подачами повітря  $30 - 35 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{т}$ .

Для визначення ефективності розробленої технології післязбирального дозрівання, провели порівняльну характеристику основних технологічних показників якості насіння пропонованої й використовуваної традиційної технологій при зберіганні протягом 180 діб (таблиця 4.3).

З таблиці 4.3 видно, що ефект від післязбирального дозрівання може проявлятися як на насіннях, що зберігаються за традиційною технологією, так і із застосуванням розробленої. Це виражається в збільшенні олійності насіння на фоні зниження КЧ виділених олій у період післязбирального дозрівання, що свідчить про протікання процесів післязбирального дозрівання, при яких досягається синтетична спрямованість обміну речовин у насіннях. Необхідно відзначити, що для насіння сої, що зберігаються за розробленою технологією в період післязбирального дозрівання, спостережуване збільшення олійності на 0,4 % вище, ніж для насіння, що зберігаються за традиційною технологією. При цьому значних відмінностей по ПЧ виділеної олії з насіння сої, що зберігаються по традиційній і новій технологіями, у період післязбирального дозрівання не виявлено, тоді як по КЧ можна відзначити його зниження. Тривале зберігання насіння сої за розробленою технологією також сприяє кращій схоронності якості олії, про що можна судити по більш низьких значеннях КЧ і ПЧ отриманих олій. Розроблена технологія сприяє одержанню білка з насіння сої з більш високою живильною цінністю для корму тварин, оціненого по фракційному складу й активності речовин

антиживильного характеру (ТІА й фермент уреазу). Так, у білках, виділених з насіння, що зберігаються за розробленою технологією, спостерігається перерозподіл кількості азотовмісних речовин у бік більшого збільшення вмісту глютелинової фракції (до 10,13 % проти 9,83 % у насіння, що зберігаються за традиційною технологією), що й підвищує їхню живильну цінність при використанні в якості корму для ряду тварин [61]. При цьому значного збільшення вмісту небілкового азоту не спостерігається. Нова технологія сприяє й значному зниженню активності інгібітору трипсину, яка до закінчення зберігання становить 17,95 мг/г, що на 7,07 мг/г менше, ніж у насіннях, що зберігаються за традиційною технологією. Застосування розробленої технології спричиняє й зниження активності уреазу більш ніж на 65 %.

Таблиця 4.3 – Основні показники якості ліпідного й білкового комплексу насіння сої при зберіганні розглянутих технологій

Показники	Вихідне насіння	Термін зберігання насіння, діб		
		30	60	180
Традиційна технологія				
Схожість, %	60	81	96	97
Олійність, %	18,41	18,52	18,63	18,58
КЧ олії в насінні, мг КОН/г	1,59	1,28	1,22	1,32
ПЧ олії в насінні, ½ ммольО/кг	3,81	3,84	3,69	4,21
ТІА, мг/г	24,63	-	25,71	25,02
Активність уреазу, ΔрН за 30 хв	2,52	-	2,89	2,83
Розроблена технологія				
Схожість, %	60	85	98	97
Олійність, %	18,41	18,47	19,02	18,92
КЧ олії в насінні, мг КОН/г	1,59	1,23	1,11	1,21
ПЧ олії в насінні, ½ ммольО/кг	3,81	3,82	3,66	4,01
ТІА, мг/г	24,63	-	18,66	17,95
Активність уреазу, ΔрН за 30 хв	2,52	-	1,80	1,75

Таким чином, можна затверджувати, що розроблена технологія для високоякісних насіння сої з КЧ не більш 1,9 мг КОН, що полягає у НВЧ-прогріві до температури 60 – 70 °С и подальшого зберігання при температурі 5 – 10 °С в умовах активного вентилявання з подачами повітря 30 – 35 м<sup>3</sup>/т·год, сприяє максимальному поліпшенню комплексу технологічних властивостей насіння сої в період післязбирального дозрівання: відзначається скорочення строку періоду післязбирального дозрівання на 11 – 18 діб, збільшення олійності на 0,4 %, зниження КЧ на 0,11 мг КОН. При цьому спостерігається поліпшення якості виділених білків, оцінених по збільшеному вмісту азотглютелинової фракції на 30 % і ступеню придушення активності антиживильних речовин більш, ніж на 65 %. Тривале зберігання насіння сої за розробленою технологією сприяє більшій схоронності якості білка й олії. Це дозволяє рекомендувати для післязбиральної обробки й наступного зберігання свіжозібраного високоякісного насіння сої короткочасний НВЧ-прогрів.

#### 4.2 Розробка принципової схеми післязбиральної обробки насіння сої

Узагальнюючи усе вище сказане, розробили принципову технологічну схему для нової технології післязбиральної обробки насіння сої. При цьому виходили з наступних позицій:

- безпосередньо після збирання, коли насіння ще не зазнало різних технологічних операцій (сушіння, вторинне очищення) поділ насіння на фракції слід робити по природній неоднорідності;
- після проведення технологічних операцій кондиціювання насіння, що викликають значні зміни в рівні неоднорідності насінної маси, поділ на фракції слід проводити по значенням КЧ;
- найменш якісні насіння, зберігати які недоцільно, слід відправляти на переробку в першу чергу;
- насіння високої якості слід піддавати НВЧ-прогріву з подальшим їхнім вентиляванням і зберіганням при знижених температурах.

На рисунку 4.2 представлена принципова технологічна схема післязбиральної обробки насіння сої із застосуванням нової технології.

Свіжозібране насіння з вологістю до 15 % після очищення піддають фракціонуванню по лінійних розмірах, що дозволяє найбільш ефективно розділити їх по природній неоднорідності. Далі дрібні насіння з діаметром менш 5,6 мм відправляються на переробку. Велика фракція насіння із кислотним числом 1,9 мг КОН і менш зазнають НВЧ-прогріва до температури 60 – 70 °С і закладають на зберігання при температурі 5 – 10 °С у умовах щодобового активного вентилявання з питомими подачами повітря 30 – 35 м<sup>3</sup>/год·т. У насіннях з високим кислотним числом поліпшення якості не представляється можливим, і вони направляються на переробку

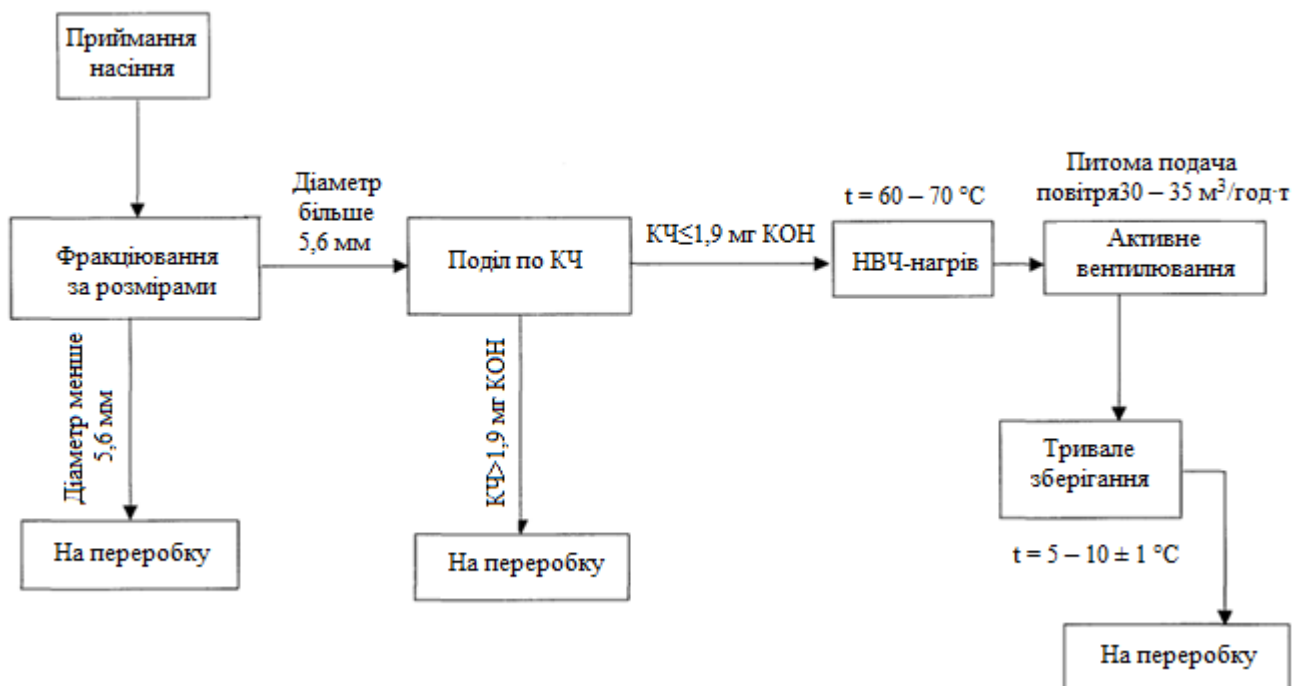


Рисунок 4.2 – Принципова схема післязбиральної обробки свіжозібраного насіння сої.

## Висновки до розділу

Визначено, що короткочасний НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої до температури 60 – 70 °С і подальше зберігання при температурі 5 – 10 °С дозволяє побільшати вихід олії на 0,6 % і поліпшити його якість по КЧ олії в насінні.

Розроблена вдосконалена комплексна технологія післязбиральної обробки насіння сої першого класу, що включає фракціонування по природній (еквівалентний діаметр не менше 5,6 мм) неоднорідності, НВЧ-прогрів до температури 60 – 70 °С и подальше зберігання при температурі 5 – 10 °С у умовах активного вентилявання з подачами повітря 30 – 35 м<sup>3</sup>/т год.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Організація охорони праці в ТОВ «ДАлекс»

Директор створює ефективну систему управління охороною праці; розробляє разом з структурними підрозділами заходи по забезпеченню норм безпеки, гігієни праці і виробничого середовища або їх підвищення.

Служба охорони праці товариства з обмеженою відповідальністю підпорядковується безпосередньо директору. Керівником служби охорони праці на даному підприємстві є інженер з охорони праці, який здійснює організаційно-методичне керівництво охороною праці та за пониження виробничого травматизму та професійних захворювань, а також за виконанням на підприємстві правил, інструкцій і наказів з питань охорони праці

Спеціаліст з охорони праці проводить з працівниками вступний інструктаж з охорони праці. Він забезпечує працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами, а також проводить розслідування, облік, аналіз нещасних випадків, професійних захворювань та аварій.

Служба охорони праці забезпечує працівників колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих та небезпечних факторів виробництва, лікувально-профілактичним харчуванням.

Відповідальними за дотримання безпеки у виробничих цехах є начальники цехів, змін. На даному підприємстві виробничі цехи мають куточки з охорони праці, які призначені, для пропаганди заходів з охорони праці, направлених на усунення причин травматизму та професійних захворювань на даній виробничій ділянці.

Для забезпечення безпеки на підприємстві постійно проводиться пропаганда безпечного виробництва, вона полягає в переконанні персоналу в необхідності при виконанні робіт враховувати інструкції з охорони праці, в поширенні інформації про охорону праці за допомогою плакатів, листівок, каталогів та інших засобів

наочної агітації. З використанням цих простих, але ефективних, засобів, керівник підприємства досягає значного підвищення безпеки всіх працівників виробництва.

Кабінет з охорони праці оснащений великою кількістю інформаційних матеріалів різних видів. Відповідні матеріали не завжди створюються власними силами підприємства, все частіше керівництво воліє замовляти виготовлення буклетів, брошур, листівок у спеціалізованих компаніях.

На кожне робоче місце на підприємстві складена карта умов праці. Карта складається в двох екземплярах, що зберігаються у керівника структурного підрозділу.

Стан промислової санітарії на підприємстві знаходиться на належному рівні. Працівники підприємства забезпечені кімнатами особистої гігієни, душовими, переодягальнями.

## 5.2 Аналіз стану охорони праці в ТОВ «Далекс»

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^u = \frac{K_{\delta} + K_{\sigma} + K_{впр}}{3} \leq 1 \quad (5.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_{\delta} = \frac{C_{\delta}}{C}, \quad (5.2)$$

де  $K_{\delta}$  – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

$C_{\delta}$  – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

$C$  – загальна кількість працівників.

$$K_{\partial 2020} = \frac{56}{59} = 0,95$$

$$K_{\partial 2021} = \frac{60}{62} = 0,97;$$

$$K_{\partial 2022} = \frac{58}{61} = 0,95.$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік знизився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\bar{\sigma}} = \frac{n_{\bar{\sigma}}}{n}, \quad (5.3)$$

де  $K_{\bar{\sigma}}$  – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

$n_{\bar{\sigma}}$  – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

$n$  – загальна кількість обладнання.

$$K_{\bar{\sigma} 2020} = \frac{9}{15} = 0,6;$$

$$K_{\bar{\sigma} 2021} = \frac{11}{15} = 0,73;$$

$$K_{\bar{\sigma} 2022} = \frac{11}{15} = 0,73.$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки на елеваторі за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{впр} = \frac{m_{cp}}{m}, \quad (5.4)$$

де  $K_{впр}$  – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{cp}$  – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

$m$  – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{впр2020} = \frac{18}{18} = 1;$$

$$K_{впр2021} = \frac{18}{18} = 1;$$

$$K_{впр2022} = \frac{12}{18} = 0,67.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{сн2020}^ч = \frac{0,95 + 0,6 + 1}{3} = 0,85;$$

$$K_{сн2021}^ч = \frac{0,97 + 0,73 + 1}{3} = 0,9;$$

$$K_{сн2022}^ч = \frac{0,95 + 0,73 + 0,67}{3} = 0,78.$$

Розрахунки показують, що рівень стану охорони праці останнього року дещо знизився.

### 5.3 Аналіз виробничого травматизму та захворювань

Для проведення розрахунку взято данні по виробничому травматизму і захворюванням річного звіту підприємства за формою 7-ТНВ, актів про нещасні випадки в господарстві за формами Н-1, Н-5, Н-9, НПВ, НТ.

Для кількісної характеристики виробничого травматизму в основному використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти травматизму

$$K_q = \frac{T}{P} \cdot 1000 ; \quad (5.5)$$

- коефіцієнт важкості травматизму

$$K_B = \frac{D}{T} ; \quad (5.6)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу

$$K_{BT} = \frac{D}{P} \cdot 1000 ; \quad (5.7)$$

де  $T$  – кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;

$P$  – середня (за списком) кількість працівників, чол.;

$D$  – сумарна втрата днів непрацездатності в результаті нещасного випадку, днів.

Оскільки нещасні випадки траплялися тільки в 2021 році то подальші розрахунки будемо проводити тільки для 2021 року.

- коефіцієнт частоти травматизму

$$K_q = \frac{1}{62} \cdot 1000 = 16,1 ;$$

- коефіцієнт важкості травматизму

$$K_B = \frac{10}{1} = 10 ;$$

- коефіцієнт втрат робочого часу

$$K_{BT} = \frac{10}{62} \cdot 1000 = 161,3.$$

Основні показники виробничого травматизму за 2020 – 2022 роки представлений в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні показники виробничого травматизму по підприємству за 2020 – 2022 роки

Показники	Роки		
	2020	2021	2022
1	2	3	4
Кількість працюючих, чол.	59	62	61
Кількість нещасних випадків, од.	-	1	-
Кількість днів непрацездатності від травматизму	-	10	-
Коефіцієнт частоти травматизму	-	16,1	-
Коефіцієнт важкості травматизму	-	10	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	-	161,3	-

Але з наведеного аналізу можна зробити висновок про те, що загальний стан охорони праці на підприємстві необхідно і надалі покращувати.

#### 5.4 Розробка організаційно-технологічної карти

Організаційно-технологічна карта з охорони праці для оператора зерноочисного сепаратора з каналом для відокремлення легких домішок приведена на рис. 5.1.



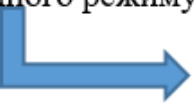


<p>1. Характеристика процесу та умови праці</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Місце роботи – ділянка приймання та обробки насіння сої.</li> <li>2. Вид робіт – очищення насіння сої за пружними властивостями.</li> <li>3. Кваліфікація – оператор сепаратора для очистки насіння сої.</li> <li>4. Умови праці – нормальні.</li> </ol>
<p>2. Технічні умови забезпечення безпеки праці</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Застосувати засоби індивідуального захисту: костюм бавовняний пілзахисний; черевики шкіряні; рукавиці комбіновані; шолом захисний; при роботі взимку – куртка та брюки утеплені.</li> <li>2. Освітленість робочого місця – не менше 150 лк.</li> <li>3. Повітряний обмін – не менше 1000 м<sup>3</sup>/год.</li> </ol>
<p>3. Показники технологічного режиму</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Захисні загородження повинні бути надійно закріплені та пофарбовані в яскравий колір.</li> <li>2. Електрозахисні і блокувальні пристрої справні і відповідають нормативним параметрам.</li> <li>3. На пульту керування сепаратора повинна бути попереджувальна табличка, що буде попереджувати про можливість враження струмом.</li> </ol>
<p>4. Шкідливі небезпечні і виробничі фактори на робочому місці</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зерновий пил (аерозолі), частинки мінеральних домішок та соломи.</li> <li>2. Обертальні частини обладнання;</li> <li>3. Сита сепаратора, що здійснюють зворотно-поступальний рух;</li> <li>4. Підвищене значення електричної напруги.</li> <li>5. Підвищений рівень шуму та вібрації.</li> </ol>
<p>5. Основні вимоги безпеки при роботі оператора сепаратора очистки зерна</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Роботи повинні виконуватись згідно заходів безпеки встановлених ДНАОП та існуючої на підприємстві документації.</li> <li>2. До роботи на сепараторі допускаються, що досягли 18 років, пройшли навчання та всі види інструктажу з охорони праці, стажування і мають досвід роботи на даному обладнанні.</li> <li>3. Забороняється проводити ремонтні роботи і очистку сепаратора не вимкнувши його від мережі і без повної зупинки робочих органів.</li> <li>4. Постійно здійснювати контроль стану робочого органу, аспіраційного каналу.</li> <li>5. Дотримуватися правил електробезпеки, здійснювати контроль допоміжних захисних пристроїв та захисних огорожень.</li> <li>6. Підтримувати чистоту і порядок на робочому місці.</li> </ol>

Рисунок 5.1 – Організаційно-технологічна карта з охорони праці для оператора зерноочисного сепаратора

## Висновки до розділу

Досліджено стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху з підготовки насіння сої до зберігання. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва було розроблено карту безпеки праці при роботі на зерноочисному обладнанні.

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація проведення дослідження

На даний час актуальною є розробка технології прискореного післязбиральної дозрівання насіння сої сортів сучасної селекції, на основі нових технологічних прийомів, що дозволяють прискорити процеси дозрівання насіння і сприяють збереженню якості їх білкового і ліпідного комплексу при зберіганні.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з обґрунтування технології післязбирального обробітку і зберігання насіння сої обробленої в електричному полі надвисокої частоти, наведений у табл. 6.1.

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано графічну модель процесу – сітьовий графік (рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1-2	Вибір напрямку НДР	1
2-3	Написання літературного огляду	15
3-4	Розробка послідовності НДР	3
4-5	Розробка методик досліджень	5
5-6	Підготовка зразків насіння сої для проведення досліджень	2
6-7	Підготовка дослідного устаткування	10
7-8	Дослідження якості насіння сої	3
7-9	Визначення природньої неоднорідності насіння сої	3
7-10	Дослідження процесу зберігання насіння сої	10
7-11	Визначення впливу НВЧ-обробки на процес післязбиральної обробки насіння сої	10
7-12	Визначення впливу НВЧ-нагріву і температури зберігання на якість зберігання насіння сої	15
8-13	Обробка отриманих дослідних даних	1
9-13		1
10-13		5
11-13		5
12-13		5
13-14	Підготовка матеріалів досліджень для публікації	8

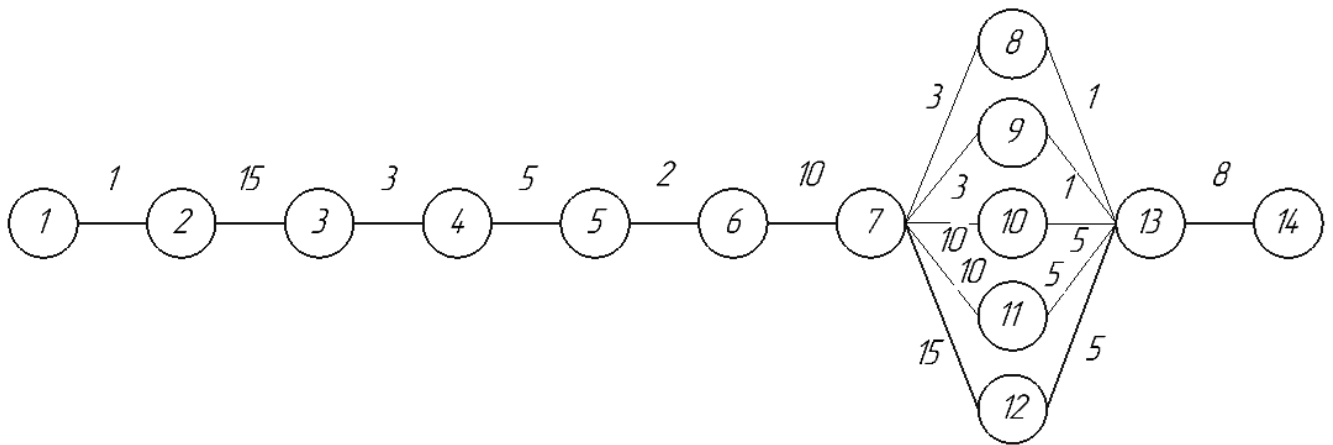


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення НДР

## 6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Насіння сої, кг	100	15,30	1530,00
Всього			1530,00

Результати розрахунку витрат на заробітну плату наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник НДР	8001	47,63	20	953,40
Всього				953,40

Нарахування на заробітну плату визначаються за наступною формулою:

$$H = \frac{952,40 \cdot 22}{100} = 209,53 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

$T$  – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на НВЧ-нагрів насіння сої складають:

$$E_{\text{НВЧ}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 32 \cdot 1,68 = 106,44 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на роботу ПК та принтера:

$$E_{\text{комп}} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 352 \cdot 1,68 = 585,45 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{НВЧ}} + E_{\text{комп}} = 106,44 + 585,45 = 691,89 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію дослідного устаткування розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.7)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Витрати на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Устаткування для НВЧ-обробки насіння сої	3341,00	20	4	8,32
Персональний комп'ютер та принтер	9101,00	20	44	229,40
Всього				237,72

Накладні витрати складають:

$$\frac{(952,40 \cdot 80)}{100} = 761,92 \text{ грн.}$$

Вартість проведення дослідження наведена в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Вартість проведення наукових дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1530,00
Заробітна плата	953,40
Нарахування на заробітну плату	209,53
Електроенергія	691,89
Амортизація	237,72
Накладні витрати	761,92
Всього	4384,78

Найбільшими витратами при проведенні досліджень є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату.

### 6.3 Розрахунок вартості дослідження

Вартість досліджень розраховуємо за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

$P$  – нормативна рентабельність ( $P = 30$ ), %.

$$Ц = 4384,78 + \frac{30 \cdot 4384,78}{100} = 5700,21 \text{ грн.}$$

Вартість дослідження становить 5700,21 грн.

### Висновки до розділу

У відповідності до розрахунків встановлено, що найбільшими є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1530,00 грн та 953,40 грн відповідно. Загальна вартість досліджень складає 5700,21 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що якість насіння сої сортів ранньої селекції за останні роки перетерпіло зміни. Змінилися фізико-механічні й технологічні показники насіння – зменшився середній еквівалентний діаметр насіння і їх олійність, збільшилася лушпинність, а також зросло кислотне й перекисне числа отриманих олій. Одночасно відбулося зниження масової частки каротиноїдів у насіннях і збільшення вмісту коричневих пігментів і хлорофілу А в олії.

2. Насіння сої сортів сучасної селекції по основних фізико-механічних і технологічних показниках перевершують насіння сортів ранньої селекції. У білках насіння нових сортів відзначена знижена активність інгібіторів трипсину.

3. Експериментально обґрунтована доцільність поділу насіння по біохімічних і технологічних показниках на дві фракції по величині еквівалентного діаметра. Насіння з еквівалентним діаметром 5,6 мм і більше віднесені до 1-го класу, менш 5,6 мм – до другого. Показано, що в насіннях першого класу можливе поліпшення технологічних характеристик у період післязбирального дозрівання.

4. Визначено, що в насіннях з КЧ не більш 1,9 мг КОН у період післязбирального дозрівання спостережуване збільшення олійності відбувається не тільки в результаті додаткового синтезу з вільними жирними кислотами, але й за рахунок утворення гідратованих форм фосфоліпідів з лізоформ шляхом зв'язування вільних жирних кислот з негідратованими залишками.

5. Установлене, що короткочасний НВЧ-прогрів свіжезібраного насіння сої до температур 60 – 70 °С інтенсифікує післязбиральне дозрівання насіння сої: дозволяє знизити строки дозрівання й поліпшити якість цільових продуктів: олії – по КЧ і ПЧ, і білку, оціненому по його фракційному складу й активності інгібіторів трипсину.

6. Визначене, що короткочасний НВЧ-прогрів свіжозібраного насіння сої до температури 60 – 70 °С і подальше зберігання при температурі 5 – 10 °С дозволяє побільшати вихід олії на 0,6 % і поліпшити його якість по КЧ олії в насінні.

7. Розроблена вдосконалена комплексна технологія післязбиральної обробки насіння сої першого класу, що включає фракціонування по природній (еквівалентний діаметр не менше 5,6 мм) неоднорідності, НВЧ-прогрів до температури 60 – 70 °С и подальше зберігання при температурі 5 – 10 °С у умовах активного вентилявання з подачами повітря 30 – 35 м<sup>3</sup>/т год.

8. Досліджено стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху з підготовки насіння сої до зберігання. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва було розроблено карту безпеки праці при роботі на зерноочисному обладнанні.

9. У відповідності до розрахунків встановлено, що найбільшими є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1530,00 грн та 953,40 грн відповідно. Загальна вартість досліджень складає 5700,21 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Перкінс Е. Склад та фізичні характеристики соєвого насіння та соєвих продуктів / Посібник з переробки та використання сої // Під ред. В.В. Ключкіна та М.Л. Доморощенко. – К: Колос, 2008. – 40 с.
2. Характеристика районуваних сортів сої селекції ВНПМК: Рекомендації . – Київ, 1988. – 8 с.
3. Щербаков В.Г. Біохімія та товарознавство олійної сировини. – К.: Харчова промисловість. – 2009. – 336 с.
4. Підвищення біологічної цінності насіння сої харчового призначення / В.С. Петібська, О.М. Шабалта, А.В. Кочегура та ін. // Харчова технологія. – 1997. – № 2 – 3. – С. 19 – 22.
5. Rosenberg U., Bogl W. Microwave thawing, drying and baking в food industry // Food Technol. 1987. 41. № 6. pp. 86 – 91.
6. Посібник з технології отримання та переробки рослинних олій та жирів / ред. кол.: А.Г. Сергєєв та інших. – Л.: ВНИИЖ. – Т.1, кн. 1. – 1975. – 728 с.
7. Вплив біологічних особливостей сорту та умов вирощування сої на біохімічний склад насіння / В.С. Петібська, С.В. Назаренко, В.Ф. Баранов та інших. // Харчова технологія. – 2000, – № 4. – С.14 – 18.
8. Лішаєва Л.М., Турчина Т.М. Економічні аспекти виробництва та переробки сої // Олія-жир. пром-сть. – 2000. – с. 34 .
9. Арутюнян Н.С., Корнена Є.П. Фосфоліпіди рослинних олій. – К.: Агропромвидат, 1986. – 256 с.
10. Попов П.С. Активність деяких ферментів у соняшнику у зв'язку з жирутворенням / Сб.: Питання фізіології олійних рослин у зв'язку із завданнями селекції та агротехніки . – Київ. – 1975. – С.28 – 33.
11. Біохімія рослинної сировини В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.М. Пруднікова та ін; За ред. В.Г. Щербакова. – Харків.: Експрес, 1999. – 376 с.
12. Influence of storage on enzymes in rise grains / Chrastil Joseph // J. Agr. and Food Chem. – 1990. – 38. – № 5. – С. 1198 – 1202.

13. Lipoxygenases / Aildebrandt David F. // *Physiol, plant* - 1989. – 76. – № 2. – С. 249 – 253.
14. Modification of fats and oils by lipases / Kurashige S., Matsuzaki N., Makabe K. // *S. Dispers. SCI. and Technol.* – 1989. – 10.– N 4 – 5.– С. 531 – 559.
15. Голдовський А.М., Іванова О.В. Дія ліпази та ліпооксигенази насіння при різному вмісті води // *Вісті вузів. Харчова технологія.* – 1979 . – № 6. – С. 123 – 124.
16. Лобанов В.Г., Мінакова А.Д., Лебедев Є.В. Локалізація ліпази у тканинах насіння високоолійного соняшника. *Вісті ВНЗ. «Харчова технологія», 1981 № 3, с. 113 – 114.*
17. Ксандопуло С.Ю., Ключкін В.В., Арутюнян Н.С. та ін. Післязбиральне дозрівання та зберігання високоолійного соняшника // *Олія-жир. пром-сть.* – 1980. – № 11.
18. Ксандопуло С.Ю., Кошовий Є.П., Копейковський В.М. Формування технологічних та фізико-механічних властивостей насіння соняшнику при дозріванні // *Вісті вишів. Харчова технологія.* – 1985. – № 7.
19. Щербаков В.Г., Гаманченко О.І., Лобанов В.Г. Зміна активності окислювально-відновних ферментів насіння сортового та гібридного соняшника за різних умов старіння. // *Вісті вишів. Харчова технологія* – 1994. – № 3 – 4, С. 11 – 12.
20. Григор'єва В.М., Миронова О.М., Петрова О.М. Вивчення гідролітичних ферментів олійного насіння. // *Праці ВНІЖирів.*– 1977.– вип. 33. – С. 3 – 12.
21. Романова Л.В., Сазикіна Н.А. Дія теплового сушіння на якість насіння соняшнику. – *праці / ВНІЖирів, 2010, вип. 22, С. 26 – 51.*
22. Class RL, Ponte JG, Chrestenseu SM, Ceddes WF. *Chem.* – 1959. – № 36. – р. 341.
23. Barton LV Longevity в Seeds і в Propagules of Fungi. «У *Encyclopedia of Plant Physiology, en.W. Ruhland. Sprigler*» - Verlag, Berlin, 1965, v. 15 № 2, p. 1058 - 1085.

24. Копійківський В. М. , Трубіцин Н. В. \_ Біохімічні зміни при зберіганні насіння соняшнику у вуглекислоті та в повітрі // Вісті вишів. Харчова технологія. – 1961. – № 3. – С. 7 – 14.
25. Зберігання насіння соняшнику серед з підвищеним вмістом азоту / А.П. Нечаєв, В.Д. Диктату, С.Д. Терешкіна, Н.А. Теребуліна // Олійножирова промисловість. – 1980. – № 12. – С. 32 – 35.
26. Koresky A. Ovliveni oxidace tuce білковинну eleskou polravin. – Průmysel polravin. – 1972. – № 2. – 60 – 63.
27. Девіс Д., Джованеллі Дж., Рис Т. Біохімія рослин / Пер. з англ. А.А. Бундель, А.В. Вакара та ін. За ред. В.Л. Кретовича. – К.: Світ. – 2015. – 512 с.
28. Гідролітична та трансалкілююча функції фосфоліпази Д з насіння бавовнику / Рахімов М.М., Валіханов М.М. // Фізіол. рос . – 1989. – 36. – № 3. – С. 502 – 511.
29. M.Konger Kanani et.al Lebeusmittel Wisseuschatt Technola – giel8. – № 3. – 1985. – p. 170 – 173.
30. Phospholipases: old enzymer with new meaning / Mansbach Charles M. // Gastroenterology. – 1990. – 98. – № 5. – Pr.1. – 1369 – 1382.
31. Класифікація та номенклатура ферментів/За ред. А.Є. Браунштейн. – К.: Іноземна література 1992. – 200 с.
32. Акулова Є.А., Смолів А.А. Про дві форми каталази в хлоропластах і листі гороху // Фізіологія та біохімія культурних рослин . – 1974. – 6. – вип. 4. – С. 418 – 422.
33. Кретович В.А., Флоренська Т.Г. Вплив нагрівання на білки та ферменти пшеничного зерна.– К.: Наука.– 2008.– № 4.–С. 56 – 85.
34. Вплив сушіння на насінневі та технологічні властивості свіжоприбраного зерна пшениці / Кретович В.А. та ін – Біохімія зерна. – М.: Наука. – 2004. – № 2. – С. 45 – 111.
35. Козаков Є.Д., Сулімцев Є.П. Активність каталази насіння кормових бобів у період післязбирального дозрівання та зберігання // Вісті вузів. Харчова технологія. – 2001. – № 6. -- С. 167 – 168.

36. Oxidation of lipids by enzymes / Gamer HW // J. Amer. Oil Chem. Soc. – 2008. – № 4. – С. 482.
37. Лапшина Г.Є., Нечаєв А.П. Кисневе та ферментативне окислення ліпідів у зерні // Вісті вишів. Харчова технологія. – 1998. – № 1. – С. 26 – 38.
38. Draprou R. Intervention de la lipoxygenase en panification. – Rev. franc, corps gras. – 1993. – № 2, p. 83 – 87.
39. Романова Л.В., Вишнепольська Ф.А., Сазикіна І.А. Ферментна активність соєвого шроту, отриманого різними способами // Праці ВНІЖ. – 1993. – Вип. 24 – С. 90 – 93.
40. Мартинов С.В. Чинники, що лімітують використання сої у раціонах тварин і шляхи їх усунення // Сільське госп-во там. – 1984. – №9. – З. 41 – 45.
41. Ксандопуло С.Ю. Біохімічні зміни олійного насіння при післязбиральному дозріванні // Вісті вишів. Харчова технологія. – 2006. – №3 – 4. – С.5 – 8.
42. Копейковський В.М., Рязанцева М.І. Зміна якості насіння високоолійного соняшника при самозігріванні. // Олійножирова промисловість. – 1965. – № 4, С. 6 – 9.
43. Романова Л.В., Сазикіна Н.А., Іванова Л.Б. Активність ліпооксигенази насіння соняшнику та методи її визначення. – Праці / ВНДІЖирів, 2003. – Вип. 23. – С. 5 – 13.
44. Ключкін В.В., Пілюк Н.І. Отримання високоякісного соєвого шроту // Тр. ВНІЖ. – 1993. – Вип. 23. – С. 184 – 195.
45. Бенкен І.І., Томіліна Т.Б. Антипоживні речовини білкової природи в насінні сої / Наук.-техн. бюл. – 1985. – Вип. 149. – С.3 – 10.
46. Продовольче зерно та харчові продукти. Гігієнічні вимоги до якості та безпеки продовольчої сировини та харчових продуктів. СанПіН 2.3.2.560-2006. – К.: Вид-во стандартів, 2007. – 270 с.
47. Овчаров К.Є., Кізілова О.Г. Різноманітність насіння та продуктивність рослин. – К.: Колос, 1996. – 160с.
48. Громова А.І. Біологічна різноманітність насіння сої на рослині // «Наука

– сільському господарству». Сб с/г інформації наукових установ. – Київ, – 2005. – 81 с.

49. Chen X. X., Ban H. M., etc. Evaluation del influence delà cuisson par les microondes sur les propriétés physiochimiques et nutritionnelles de la farine entière de soyi . – Sei. alim. 2006. 6. № 2. pp. 267 – 282.

50. Keigley PJ, Mullen RE Зміни в soybean seed quality з високої температури під час seed fill and maturation // Crop. Sci. – 1986. – V. 26. – № 6. – P. 1212 – 1215.

51. Беліков І.Ф., Сазоненко М.К. Про різноякісність насіння у сої // Фізіологія рослин . – К.: Наука – Т.14 – Вип.2 – С. 337 – 340.

52. Неділько Є.Я., Шадріна Т.П., Беліков І.Ф. Різноякісність насіння сої сорту Приморська 529 // Матеріали 19 конференції – Київ. – 2001. – С. 128 – 129.

53. Алейніков В.І. Післязбиральна обробка насіння соняшника. – К.: Колос 1999. – 143 с.

54. Заводцова Л.М., Ключкін В.В. Про доцільність проведення післязбирального дозрівання свіжозібраного насіння сої перед їх переробкою / Київ. – 1991. – Вип. 28. – С. 152 – 155.

55. Щербаков В.Г., Журавльов А.І. Про умови зберігання насіння соняшнику в елеваторах силосного типу // Вісті вишів. Харчова технологія. – 2015. – № 1. – С. 55 – 58.

56. Трисвятський Л.А., Мельник Б.Є. Технологія прийому, обробки, зберігання зерна та продуктів його переробки. – К.: Колос. – 1993. – 351 с.

57. Мельник Б.Є., Лебедев В.Б., Малін Н.І. Виробництво зернової сировини на елеваторах / За ред. Б.Є. Мельника. – М.: Колос, 1996. – 496 с.

58. Рогов І.А., Некрутман С.В. Надвисокочастотне нагрівання харчових продуктів . – М.: Агропромвидат, 1996. – 351 с.

59. Мустафаєв С.К. Вплив НВЧ-прогріву свіжозібраного насіння соняшнику на вміст та якість олії // Вісті вишів. Харчова технологія. – 1997. – № 6. – С. 7 – 9.

60. Казакова І.Є. Оцінка технологічної якості зерна методом факторного аналізу. – К.: Колос, 1999. – 144с.

61. Фомічов М.М. Метод діагностики фізіологічних станів зерна та перспективи його реалізації / Моделі та автоматизація технологічних процесів – М., 2012. – С. 54 – 59.