

**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 переробки шротів з  
застосуванням плазмохімічно активованих  
водних розчинів**

**Виконала:** здобувача вищої освіти 2 курсу,  
групи МгХТ-1-21  
освітньо-професійної програми «Харчові технології»  
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Антон МАРКІН

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олександр ПІВОВАРОВ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Ельчин АЛІЄВ

Дніпро 2022

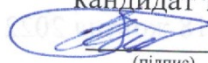
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

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**







Маркіну Антону Миколайовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології переробки шротів з застосуванням плазмохімічно активованих водних розчинів».  
Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, 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. Наукова та патентна література, періодичні видання. 2. Методичні рекомендації для виконання розрахунків. 3. Нормативно-технічна документація на шрот.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1. Аналітичний огляд літературних джерел. 2. Характеристика сировини і методів дослідження. 3. Експериментальна частина. 4. Організаційно-економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Визначення проблеми. 2. Обґрунтування способу вирішення проблеми. 3. Мета, об'єкт та предмет дослідження. 4. Представлення сировини. 5. Порівняння фізико-хімічних показників зі стандартом. 6. Представлення результатів дослідження. 7. Кошторис витрат на проведення дослідження. 8. Загальні висновки і пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	професор ПІВОВАРОВ Олександр	 18.10.2022	 06.12.2022
4	доцентка ПАВЛЕНКО Олена	 18.10.2022	 06.12.2022
5	доцент ДЕРКАЧ Олексій	 18.10.2022	 06.12.2022

7. Дата видачі завдання 18 жовтня 2022 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

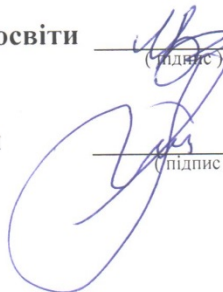
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.10-19.10.22	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	20.10-09.11.22	виконано
3	Характеристика сировини і вибір методів дослідження	10.11-14.11.22	виконано
4	Підготовка сировини та проведення досліджень	15.11-20.11.22	виконано
5	Аналіз та представлення отриманих даних	21.11-24.11.22	виконано
6	Організаційно-економічна частина	25.11-28.11.22	виконано
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	29.11-03.12.22	виконано
8	Загальні висновки і пропозиції, список використаних джерел	04.12.-05.12.22	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	06.12.22	виконано

Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Антон МАРКІН

Керівник роботи

  
(підпис)

Олександр ПІВОВАРОВ

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології переробки шротів з застосуванням плазмохімічно активованих водних розчинів».

**Дипломна робота магістра:** 92 сторінки друкованого тексту, 19 рисунків та ілюстрацій, 12 таблиць, 8 додатків, 66 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** соняшниковий шрот, як потенційне джерело патогенних мікроорганізмів у раціоні тварин; плазмохімічно активовані водні розчини, як перспективний засіб зменшення патогенної мікрофлори.

**Мета роботи:** перевірити гіпотезу, що соняшниковий шрот має зараження сальмонелою, кишковою паличкою та стафілококом, яке здатне зменшити оборобка плазмохімічно активованими водними розчинами.

**Методи дослідження:** фізико-хімічні і органолептичні показники якості та показники безпеки визначалися згідно відповідних нормативно-технічних документів.

Мікроорганізми відіграють важливу роль у нашому житті і людство знайшло спосіб їх корисного використання, проте є інший бік такого співіснування – патогенні мікроорганізми, які здатні викликати захворювання та навіть призводити до летальних наслідків.

У даній кваліфікаційній роботі було досліджено один з нових способів інактивзації мікрофлори соняшникового шроту за участю плазмохімічно активованих розчинів. Оцінено його фізико-хімічні і органолептичні показники якості та показники безпеки, а також представлено результати мікробіологічних досліджень. Проведено аналіз причинно-наслідкового зв'язку отриманих результатів та запропоновані перспективи для майбутніх досліджень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ШРОТ, СОНЯШНИКОВИЙ ШРОТ, ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНА ВОДА, ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНИЙ ВОДНИЙ РОЗЧИН ГІПОХЛОРАТУ НАТРІЮ, ПАТОГЕННА МІКРОФЛОРА.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	7
1.1 Характеристика шротів та їх застосування у годівлі сільськогосподарських тварин.....	7
1.2 Опис технології виробництва шроту.....	16
1.3 Характеристика плазмохімічно активованих водних розчинів та їх застосування.....	19
1.3.1 Що таке плазмохімічно активовані водні розчини, хімічний склад, механізм дії?.....	19
1.3.2 Виготовлення плазмохімічно активованих водних розчинів, фактори впливу.....	22
1.3.3 Застосовування плазмохімічно активованих водних розчинів.....	24
1.4 Виробництво плазмохімічно активованих водних розчинів у лабораторних умовах.....	34
Висновки до розділу 1.....	43
2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
2.1 Мета, об'єкт, предмет та етапи проведення дослідження.....	44
2.2 Сировина та обладнання, задіяне у проведенні дослідів.....	44
2.3 Методика проведення дослідження.....	46
2.4 Методика визначення фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки соняшникового шроту.....	50
Висновки до розділу 2.....	53
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	54
3.1 Порівняння показників якості контролю з вимогами нормативних документів.....	54
3.2 Мікробіологічні показники якості досліджуваних зразків.....	59

3.3 Структурна схема обробки шроту плазмохімічно активованими водними розчинами.....	62
Висновки до розділу 3.....	63
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	65
4.1 Організація проведення дослідження.....	65
4.2 Побудова сітьового графіка.....	66
4.3 Витрати, що пов'язані з проведенням дослідження.....	69
4.4 Розрахунок вартості дослідження.....	74
Висновки до розділу 4.....	75
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	76
5.1 Організація охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій.....	76
5.2 Аналіз стану охорони праці в навчальній лабораторії.....	78
5.3 Вимоги безпеки при роботі з електричною духовою піччю.....	79
5.4 Заходи з поліпшення охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій.....	82
Висновки до розділу 5.....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88
ДОДАТКИ.....	96

## ВСТУП

У сучасному світі присутність мікроорганізмів не можливо не помітити. Вони знаходяться повсюдно, кожного року виявляють чи створюють нові штами або види, які допомагають людині спрощувати свою повсякденну діяльність або є збудниками нових хвороб. Найкращим прикладом є пандемія COVID-19, яка нагадала людям, який вплив мікроорганізми можуть здійснювати на життя людей і як важливо мати ефективний засіб для боротьби з ними.

Для протистояння викликам життя важливо підтримувати, в першу чергу, базове здоров'я організму, на яке впливає спосіб життя людини, а відповідно і раціон харчування. Проте мікроорганізми можуть знаходитися уже в харчових продуктах, це є однією з важливих проблем сьогодення і продовжується розробка методів ефективної дії на них.

Ряд мікроорганізмів здатні потрапляти разом з кормом до тварини, а від неї, через продукти харчування, до людини. І одним з таких кормів – є шрот. Оскільки він має високу концентрацію білків, а отже є гарним субстратом для розмноження бактерій.

Тому ми вважаємо доцільним проводити дослідження у напрямку зменшення контамінації шроту бактеріями, а саме з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів. Плазмохімічно активовані водні розчини створені відносно нещодавно, проте уже є ряд робіт, які підтверджують їх незаражуючий та дезінфікуючий ефекти і негативний вплив на патогенну мікрофлору.

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1 Характеристика шроту та його застосування у годівлі сільськогосподарських тварин

Корми – це продукти, що містять у своєму складі поживні речовини здатні засвоюватися у організмі тварин і не впливають негативно на їх здоров'я чи якість продукції. В свою чергу, вони класифікуються за походженням і за вмістом енергії та клітковини в одиниці маси корму.

Шрот є концентрованим кормом рослинного походження. Його отримують під час добування олії з насіння олійних культур після процесу екстрагування жиророзчинниками, саме тому олійність шроту становить до 1 %.

Він багатий на протеїн (30–40 %), фосфор, вітаміни групи В, але відсутні каротин і вітамін D. Кількість клітковини залежить від підготовки насіння – із нелущеного насіння соняшнику, бавовнику, конопель та інших культур, містить 15–20 % клітковини, а з лущеного – 6–7 %.

Згодовують тваринам як у чистому вигляді, так і в суміші з іншими концентрованими кормами або в складі комбікормів. Якщо виявляють алкалоїди, отруйні та наркотичні речовини, перед згодовуванням пропарюють, а з раціонів молодняку раннього віку, вагітних маток і плідників вилучають зовсім.

Найрозповюдженішими видами шроту є соняшниковий, соєвий та льняний, але також використовують бавовняний, ріпаковий, конопляний, в південних районах – арахісовий, кунжутувий, коріандровий та ін. [1].

Тобто його можна виготовити з будь-якої рослинної сировини, в складі якої міститься олія, але потрібно враховувати рентабельність такого виробництва і безпечність отриманого шроту.

Ляний шрот має гарні кормові якості і містить 30–35 % протеїну, більше 30 % безазотистих екстрактивних речовин і 8–9 % клітковини.

Недозріле насіння містить глікозид лінамарин і під дією ферменту лінази при розмочуванні шроту вивільняється синильна кислота, що спричинює отруєння тварин. Проте в сухому вигляді він нешкідливий для організму.



Молочним коровам шроту можна давати до 4 кг на добу, при переробці молока на масло – 2–3, свиням у першу половину відгодівлі – 0,5–1 кг. Птиці вводять не більше 3 %, ймовірно, причиною є утворення клейкої маси на дзьобі, що зумовлює його деформацію і некроз [1].

Шрот низькоглюкозинолатних сортів ріпаку може повністю замінити соєвий у годівлі тварин, так як не поступається за вмістом незамінних амінокислот і містить 38–45 % білка [2]. Белл і ін. визначають біологічну цінність білка ріпакового шроту як 95 % соєвого, проте це вище ніж у бавовняного, соняшникового, арахісового чи білків зерна. Припускають, що його ефективність знижується наявністю глюкозинатів [3].

Він виготовляється без волого-теплової обробки паром при відділенні розчинника, бо насіння не містить інгібіторів трипсину.

Крім того, у нього більше холіну, біотину, фолієвої кислоти, ніацину, рибофлавіну і тіаміну, ніж у соєвому.

Згідно досліджень Носенко Т., Кот Т., шроти з озимого та ярого ріпаку не токсичні, високопоживні, з хорошими функціональними властивостями і збалансованим амінокислотним складом [2].

У раціоні тілапії використовується соєве борошно та риба – як основні джерела білка, проте Davies S.J., McConnell S. і Bateson R.I. встановили практичну межу заміни соєвого борошна на ріпаковий шрот, що буде ефективним при годуванні, ця межа склала 15 % [4].

Вміст полісахаридів в середньому 38 %. Вміст сирової клітковини у ньому вище, ніж у арахісовому чи соєвому, але схожий на соняшниковий і бавовняний.

Вміст олії зазвичай не перевищує 1,5 % і має більше пальмітинової, олеїнової та лінолевої кислот.

Негативним фактором для годівлі є наявність сірчистих сполук, що пригнічують діяльність щитовидної залози, їх називають гойтрогенними речовинами і вони залишаються в шроті майже в початкових кількостях та присутні в шроті у формі глюкозинолатів.

Жуйні тварини є найбільш стійкими до зобогенних факторів ріпаку, тому його дозування залежить від смаку готового комбікорму і реальних потребах у годуванні.

Свині навпаки, є досить чутливими, тому дослідним шляхом встановлено максимальну частку ріпакового шроту, яка становить 4 %.

Для птиці рекомендовані більш суворі норми, так для стартових і кормів для вирощування – 10–15 % від маси, 10 % для несучок, племінних курей та індиків і лише 5 % у вирощуванні бройлерів.

Проте зобогенні речовини не впливають на харчова цінність продуктів тваринного походження і не містяться у кінцевих продуктах або присутні у дуже малих кількостях, що не несуть шкоду організму [3].

Але в яйцях може бути «рибний» або «крабовий» присмак і може пошкоджуватися печінка птиці з масивною кровотечею. Встановлено причину забруднення і компоненти насіння ріпаку, які беруть участь – генетичний дефект перешкоджає синтезу триметиламіноксидази у сприйнятливих курей, а гоїтрин і дубильні речовини інгібують фермент. Таке біохімічне ураження серйозно порушує метаболізм триметиламіну, який виділяється із синапіну та інших харчових джерел холіну кишковими бактеріями. Тому, надмірна кількість переходить у жовток і створює пляму.

Крововилив у печінку пов'язаний з дегенерацією гепатоцитів, аномаліями жовчних шляхів системи та витоку клітинних ферментів у плазму. Токсична речовина(и), відповідальні за такі наслідки ще не встановлено [5].

Основними експортерами ріпакового шроту за липень-квітень 2016/17 р. були:

1. «Вектор-М» – 18,58 % від загального експорту;
2. «Агроінвест» – 13,03 % від загального експорту;
3. «Захід-Агроінвест» – 11,74 % від загального експорту;
4. «Перша логістична компанія» – 11,61 % від загального експорту;
5. Агропромгрупа «Пан Курчак» – 8,00 % від загального експорту [6].

Шрот соняшника містить близько 40 % протеїну. Його поживність становить 1,03 к. од. та 386 г перетравного протеїну. Кормова якість шроту залежить від вмісту лушпиння, якого не повинно бути більше 14 %. До складу комбікормів для птиці його додають 8–10 % [1].

Середній склад соняшникового шроту наведений у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Середній склад соняшникового шроту [7]

Компонент	Середній склад (%)	Дані з різних видань* (%)
Вологість	9	8,0-9,0-10,4
Суша речовина	91	91,0-92,0-89,6
Сирий протеїн	32,0	29-34-32
Сира олійність	1,5	1,15-2,00
Зола	6,5	6,0-4,3-6,6-7,1
Загальна кількість фенолів	3,5	3,4-2,4-4,7
Клітковина	41,0	29-50-43
Лігнін	26,8-8,4	
Геміцелюлози	13,0	12,6-12,9
Целюлоза	23,0	22,9-22,5
* Boni і ін. (1987), Bautista і ін. (1990), Parrado і Bautista (1993), Dominguez і ін. (1995), Ramachandran і ін. (2007) та Geneau-Sbartai і ін. (2008)		

Проте потрібно враховувати, що ці дослідження проводилися за кордоном, тому у наших умовах цифри можуть варіюватися в більшу або меншу сторону.

79 % фенольних сполук шроту є розчинними і 21 % – зв'язаними з білком. Хлорогенова і кавова кислота становлять 70 % усіх фенольних сполук (включаючи хлорогенову, кавову, п-гідроксибензойну, п-кумарову, кінамічну, м-гідроксибензойну, ванільну, сирингінову, транскоричну, ізоферулову та синапову кислоти) [7].

Соняшниковий шрот, порівнянно з соєвим, є значно кращим у емульгуванні, поглинанні і утриманні води та збиванні. Ці характеристики є важливими при складанні рецептур харчових продуктів, збагачених ним [8].

Соняшниковий шрот є гарним джерелом білка і містить амінокислоти, які схожі з соєвими, і їх вміст більший, ніж у бавовнику та ріпаку. Хоч вміст лізину у ньому відносно не високий, проте це питання вирішується його додатковим

збагаченням [9]. Індекс незамінних амінокислот у ньому 68, у соєвому – 79, а у цільному яйці – 100. Сам білок представлений наступними фракціями – глобуліни (55–60 %), альбуміни (17–23 %), глютеліни (11–17 %), проламіни (1–4 %). Проте відсоток тієї чи іншої фракції коливається залежно від факторів, що впливають на насіння чи продукти його переробки, які містять білок. Помічено наступну закономірність – будь-яке збільшення співвідношення альбумін:глобулін покращує якість білка.

Cegla і Bell (1977) з'ясували, що з соняшникового шроту можна виділити 83 г/кг цукру. Diesterhoff та ін. (1992) визначили, що в 1 кг соняшникового шроту міститься 420 г целюлози, 240 г пектинових речовин, 240 г (4-О-метил)-глюкуроноксианів, 50 г глюкоманнанів та 45 г фукоксилоглюканів [10].

При цьому вміст клітковини варто зменшувати до мінімальних значень, так як вона при значенні > 12 % може спричиняти об'ємність корму, а, відповідно, може відбутися розрідження поживних речовин у раціоні (особливо у бройлерів). Зменшення вмісту клітковини досягається шляхом лущення насіння соняшнику при переробці.

Однією з важливих переваг соняшникового шроту є відсутність антипоживних факторів, що присутні у соєвому, бавовняному та ріпаковому шротах. Його можна ефективно застосовувати в раціонах несучок, бройлерів і водоплавної птиці для заміни 50–100 % соєвого шроту в залежності від типу раціону і характеру інших інгредієнтів [9].

Він є джерелом Са і Р, порівняно з іншими олійними. У ньому відсутні дефіцитні або токсичні кількості мінералів. Також він є джерелом водорозчинних вітамінів групи В [10].

За результатами роботи A. Sanz, A.E. Morales, M. de la Higuera і G. Cardenete, можна говорити про гарне перетравлення білка і, можливо, жиру з соняшникового шроту у райдужної форелі, незважаючи на низьку засвоювану енергію через фракцію вуглеводів. Проте, після заміни 40 % білка рибного борошна в раціоні, показники продуктивності форелі досягли потрібно рівня. Вагомою перевагою

соняшникового шроту є нижча ціна, що може знизити собівартість раціонів і підвищивши комерційну прибутковість [11].

Більшість методів знезараження насіння соняшнику, як поверхневих, так і більш глибоких, засновуються на використанні хімічних дезінфікуючих речовин. Наприклад, як у наступному дослідженні, де було встановлено, що найкращим варіантом є комбінований спосіб – 5 % комерційного відбілювача і сухе нагрівання за 45 градусів за Цельсія [12].

Основними експортерами соняшникового шроту за вересень-квітень 2016/17 р. були:

1. «Кернел» – 24,30 % від загального експорту;
2. «Бунге Україна» – 7,74 % від загального експорту;
3. «Каргілл» – 5,24 % від загального експорту;
4. «Агроінтер» – 4,99 % від загального експорту;
5. «ТЕП Транско» – 4,66 % від загального експорту [13].

Соевий шрот містить багато протеїну, тому за біологічною цінністю наближається до білків тваринного походження. Поживність 1 кг шроту – 1,21 к. од. і 400 г перетравного протеїну. Його згодують молодняку великої рогатої худоби, свиням і птиці, плідникам і високопродуктивним тваринам. Для інактивації антитрипсину та інших антипоживних речовини, проводять нагрівання у тостерах [1].

Білок сої має велику кількість лізину (6,2 г/16 гН), але його цінність обмежується наявністю метіоніну і цистину (2,9 г/16 гН). Соевий шрот зазвичай використовується у раціонах птиці (може досягати 40 % у кормі) та свиней. На ринку кормів він стандартизований – 44 і 49 % протеїну.

У табл. 1.2 приведено основні поживні речовини, що містяться у соєвому шроті.

Таблиця 1.2 – Основні поживні речовини соєвого шроту

Поживна речовина	Соєвий шрот	
	44 % СР	49 % СР
1	2	3
1	2	3
Сирий протеїн	43,8-49,9	52,8-56,3
Сира зола	5,6-7,2	5,2-9,1
Сирий жир	0,55-3,0	1,0-3,3
Клітковина	4,3-7,2	3,1-4,1
NDF	12,3-18,9	7,4-12,2
ADF	8,9-11,9	5,2-6,7
Вільноекстрактивний нітроген	34,3	33,2
Крохмаль	5,51	5,46

У соєвому білку має у своєму складі велику кількість лізину, триптофану, ізолейцину, валіну та треоніну, проте сірчаних кислот менше ніж у ріпаку. Вміст амінокислот у білку гарно поєднується з протеїном зерна і забезпечує потреби тварин у білках.

У сої містяться інгібітори протеази, які активні проти трипсину та хімотрипсину, вони заважають перетравлюванню білків і у тварин знижуються темпи росту. Активність цих інгібіторів коливається у межах 100–184 TUI/мг білка. Для соєвих продуктів їх межа – 0,4 уреазних одиниць. Тварини мають різну чутливість щодо них, наприклад гусенята і курчата більш чутливі, ніж поросята і телята. Активність антитрипсину можливо зменшити до 90 % шляхом підсмажування чи нагрівання.

Відомо про алергічний вплив сої, це пов'язано з переважаючим вмістом (80–90 %) глобулінової фракції серед білків сої. Її антигенні білки можуть стимулювати чутливу імунну систему телят, свиней і людини [14].

Соєвий шрот найчастіше використовується у раціонах птиці і свиней. У США близько 66 % білка для бройлерів і 27 % білка для свиней надходять саме з соєвого шроту [15].

Досліджувався вплив соєвої макухи на кишкову мікробіоту курчат-бройлерів, виготовленої з 2 різних сортів сої і підданої різній тепловій обробці (110

та 120 градусів Цельсія), так як при надмірному нагріванні знижується перетравність білків через реакцію Майєра. Було з'ясовано, що існує різниця мікробіоти між різними відділами кишечника, але на роди або родини це не впливає [16].

Chou R. L., Her B. Y., Su M. S., Hwang G., Wu Y. H. та Chen H. Y. провели дослідження, де заміняли у раціоні молоді кобії *Rachycentron canadum* рибне борошно на соєвий шрот. Результати демонструють, що білок рибного борошна можна замінити білком сої до 40 %, при більшому відсоткові спостерігається зниження приросту ваги, коефіцієнту ефективності протеїну та чистого використання протеїну.

Найбільший ріст ваги був у групі з відношенням рибне борошно:соєвий шрот як 80:20. Вміст ліпідів у м'язах риби збільшувався прямопропорційно збільшенню вмісту соєвого шроту у раціоні, а от концентрація білка мала оберненопропорційну залежність. Вміст всіх вільних незамінних амінокислот у м'ясі кобії, крім треоніну та гістидину, не змінювався [17].

Ферментація шроту – є одним із способів позбутися від антипоживних факторів, олігосахаридів та полісахаридів соєвого шроту, підвищити вміст білка і його всмоктуваність. У даному патенті, розроблено спосіб виробництва, що ґрунтується на застосуванні штаму *Bacillus subtilis* TP6 [18].

Використовуючи соєві продукти потрібно пам'ятати, що вона вже давно вважається кормовим матеріалом високого ризику через часте зараження сальмонелою.

За статистичними даними, сальмонела є основним харчовим патогеном і кожного року спричиняє 93 мільйони кишкових інфекцій і 155 тисяч смертельних випадків від діареї. Найпоширенішими джерелами зараження є м'ясо та продукти тваринного походження. Ключовий шлях її передачі – пероральний, у тому числі свиням і птиці через заражені корми.

Для зменшення ймовірності зараження корму, найбільш ефективно себе зарекомендувала система контролю сировини і проміжних продуктів в процесі виробництва.

На самих дробильних установках, що використовуються при виробництві шроту, та комбікормових заводах є великий ризик повторного зараження через недотримання гігієнічних норм. Дослідження вказують, що соєві боби часто бувають заражені сальмонелою вже тоді, як тільки потрапляють на дробильний завод.

Не можна сказати, що є якийсь один спосіб чи процес, який сприяє усуненню зараження, це завжди комплекс кількох запобіжних заходів.

Фактором, який негативно впливає на мікроорганізм є температура (80–82 градуси за Цельсієм на 30 с, але залежно від різних факторів ці цифри можуть змінюватися). Фактором, який запобігає можливому розмноженню, є сушіння. Для контролю рівня сальмонел проводять хімічну обробку, переважно органічними кислотами. Також застосовують опромінення.

А от факторами, що викликають розмноження бактерії є наявність шкідників та гризунів, утворення холодної зони у шроті при охолодженні, наявність місць конденсації пари. Одним з джерел зараження є перехресне зараження через пил і розлиті речовини.

Мета гранулювання і термічної обробки при ньому – не гігієнічна якість корму, а покращення його конверсії.

На рівень сальмонели у кормі потрібно звертати увагу у першу чергу при годуванні птиці, так як вона є більш чутливою. Той факт, що штам сальмонели у кормі тварин, які викликають захворювання людей, відносно мало, не означає, що можна не контролювати її вміст, так як навіть незвичайна сальмонела після перорального прийому твариною викликає активну дію інфекції, часто зі швидким розмноженням мікроба на відміну від пасивного забруднення [19].

Загалом, Комісія з біологічних небезпек визначила *Salmonella* spp. основною небезпекою для кормів. *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7 та *Clostridium* sp. ідентифіковано як менш менш важливі джерела. Варто сказати, що бактерії, які є стійкими до антимікробних препаратів чи їх гени резистентності здатні передаватися через корм. Шрот олійних та тваринний білок є основними кормами, які мають найвищий ризик.



Важливо, що доведений шлях передачі сальмонел від кормів до тварин і далі до продуктів, отриманих від них.

На заводах рекомендовано використовувати принципи HACCP та GHP/GMP, які показали свою ефективність у зменшенні рівня зараженості. Також використання вологого тепла або органічних кислот чи формальдегіду може ефективно зменшити кількість бактерій, хоча є багато нюансів при застосуванні цих методів, що обмежує їх використання [20].

Станом на 2018 рік, основними виробниками соєвого шроту є:

1. Глобинский перерабатывающий завод («Астарта-Киев») – 26,2 % ринку;
2. «Виктор и К» – 15,24 % ринку;
3. Пологовский маслоэкстракционный завод – 15,19 % ринку;
4. Клов – 5,07 % ринку;
5. Винницкий масложировой комбинат (ViOil) – 4,91 % ринку;
6. Грин Экспресс (МЭЗ «Адампольсоя», группа АТК) – 3,99 % ринку;
7. Фалькон-Агро – 3,31 % ринку;
8. Катеринопольский МЭЗ (МХП) – 3,29 % ринку;
9. Ставчанский маслоэкстракционный завод («Олияр») – 3,13 % ринку;
10. Сангрант плюс – 2,91 % ринку [21].

Переглянувши класифікацію і характеристики шротів, було обрано для подальшого дослідження саме соняшниковий шрот, оскільки соняшник – це основна олійна культура України і тому він є найбільш розповсюдженим, порівняно з іншими видами.

## 1.2 Опис технології виробництва шроту

Шрот – це побічний продукт переробки насіння олійних культур в олію. Він утворюється після етапу екстракції олії органічними розчинниками.

Екстрагування олії може бути як прямим, тобто з «сирої м'ятки», так і в поєднанні з пресовим віджимом. Для екстрагування застосовують спеціальні форми безину [22].

Шрот на підприємствах олійножирового комплексу гранують. Основне призначення цього процесу – підвищити об’ємну масу. В результаті зменшуються витрати на зберігання і, відповідно, транспортування.

Загальна схема гранулювання шроту представлена у блок-схемі (рис.1.1)

Для гранулювання шроту мають бути наступні умови:

- температура – близько 85 %;
- вологість – близько 15 %.

Найбільш економний підхід – це подача шроту на гранулювання одразу після тостера з десольвантайзером.

Для зменшення крихкості гранул їх необхідно подавати на охолодження [23].

Патока додається як зв’язуючий компонент.

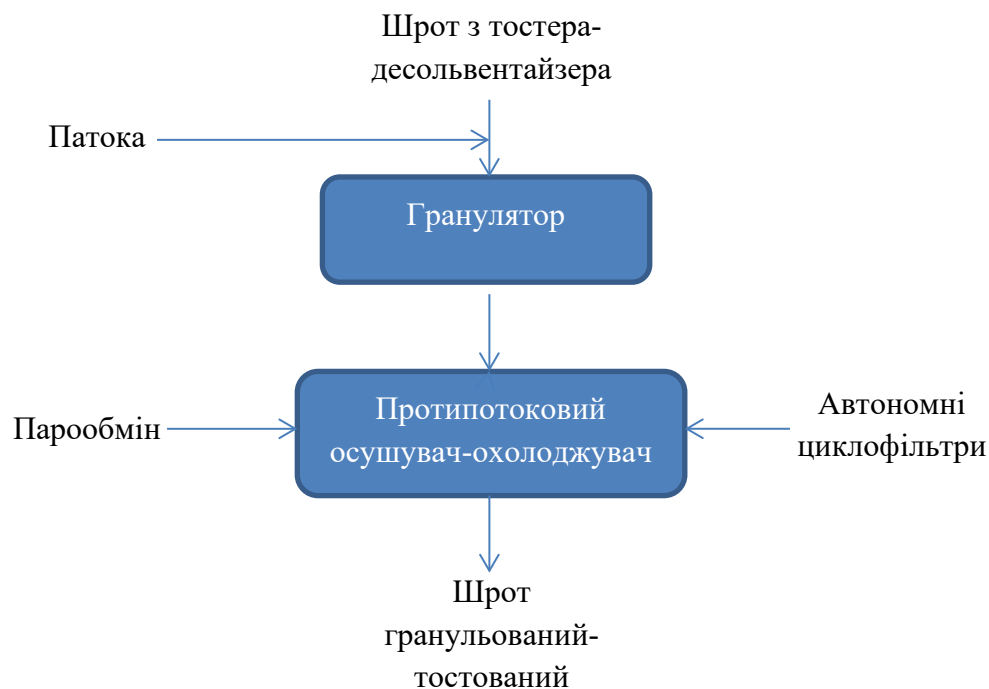


Рисунок 1.1 – Блок-схема гранулювання шроту [23]

Stojanov V. запропонував нову технологічну схему виробництва, де реалізується додаткове відділення оболонки насіння і на виході отримується низькоцелюлозний шрот.

Згідно проведених досліджень, він володіє кращими кормовими властивостями, порівняно зі старою технологією виробництва. Такі переваги забезпечуються зниженою денатурацією білків та меншим руйнуванням лізину, цілком можливі і інші причини.

Після проведеного опробування на пташенятах канадського леггорна, був зроблений висновок, що низькоцелюлозний соняшниковий шрот дає майже однакові результати при порівнянні з результатами від соєвого шроту і навіть трохи кращий ріст. Дослідник припускає, що це пов'язано з вищим вмістом метіоніну [24].

Sredanović S., Lević J. i Đuragić O. також удосконалювали технологію виробництва шроту, було запропоновано подробити макуху на валковій дробарці перед її подальшим фракціонуванням на відцентровому сепараторі.

Таким чином можна отримати 48,75–59,33 % фракцій макухи з високим вмістом білка (мається на увазі вміст 40,12–43,37 %) та не високим вмістом клітковини (10,83–13,61 %) [25].

Тобто це дозволить підвищити відсоток продукції високобілкового соняшникового шроту, який є більш поживним для тварин, а отже більш вигідним для продажу.

J. Holld, J. Peredi, A. Borddi i J. Kovari (1989) змогли покращити якість шроту за рахунок луцення насіння в луцильних барабанах за принципом збивання і/чи центрифугування, а розділення рушанки реалізується сортуванням та аспірацією.

В результаті вміст лушпиння в шроті було зменшено з 46–48 % до 20–22 % і отримано вміст білка близько 40 %. Також приведено дослідження на тваринах і зроблено висновок, що отриманий соняшниковий шрот з додаванням добавок можна використовувати у годівлі одношлункових [26].

Однією з причин обмеженого використання шроту в раціонах, особливо молодняку, є високий вміст клітковини (до 21 %). Цю проблему намагалися вирішити наступним способом: шрот з екстракційного цеху, через магнітний сепаратор подавали на молоткову дробарку з D отворів 2 мм. Після фракціонування

дрібну фракцію подають на гранулятор – температура – 60–70 градусів Цельсія, тиск – 0,2–0,3 МПа, витрата пари – 50–60 кг/т.

На виході отримуємо 55–65 % фракції з великим рівнем протеїну (22 %) та меншим вмістом клітковини (зменшується більше ніж на 41 %). Такий шрот доцільно використовувати замість соєвого у раціонах свиней [27].

1.3 Характеристика плазмохімічно активованих водних розчинів та їх застосування

1.3.1 Що таке плазмохімічно активовані водні розчини, хімічний склад, механізм дії?

Плазмоактивована вода (скорочена міжнародна назва – PAW) – це вода, що утворюється внаслідок реакції нетеплової плазми (скорочена англійська назва – NTP) з водою. В результаті даної реакції утворюються високо реактивні форми кисню (скорочено – ROS) та активні форми азоту (RNS) – зараз ці два компоненти вважаються головними хімічними компонентами, що забезпечують знезараження харчових продуктів.

Ефективність інактивації мікроорганізмів нею залежить від:

- часу експозиції;
- хімічного складу;
- органічної речовини;
- мікробного штаму;
- поверхні мікроорганізму.

Плазмоактивована вода має розгалужений хімічний склад і досі тривають дослідження та суперечки який саме компонент сприяє інактивації мікроорганізмів, але загалом можна зробити виновок, що це наступні речовини:

- активні форми кисню (ROS);
- активні форми азоту (RNS);
- рН;
- окислювально-відновний потенціал (ОВП);
- УФ-випромінювання.

Механізм інактивації мікроорганізмів PAW пов'язаний з дією на біологічні компоненти, що викликає руйнування мембрани, перекисне окислення ліпідів, витік мембрани, зміну морфології, ушкодження ДНК і модифікацію білка [28].

Гідроксильні радикали OH – це високореактивні сполуки з високим окисно-відновним потенціалом, але вони існують короткий проміжок часу. OH у рідині реагує з органікою та утворює нові радикали, таким чином запускаючи інші реакції.

Озон ( $O_3$ ) – не дуже стабільний і розчинний у рідині, стабільність його залежить від рН.

$H_2O_2$  – є відносно стабільною частиною плазмохімічно активованої води і його концентрація збільшується прямопропорційно до часу обробки та не змінюється досить тривалий період часу.

Ці частинки, а також  $O^{2-}$ , відносяться до активних форм кисню. До активних форм азоту, що утворюються при при контакті плазми з водою, відносяться оксид азоту (NO), пероксинітрат ( $O_2NOO^-$ ), пероксинітрит (ONOO) і радикали діоксиду азоту ( $NO_2$ ) [26]. Частинки RNS реагуючи з киснем утворюють азотну (HNO) і азотисту кислоти ( $HNO_2$ ) [29].

У дослідженнях Zhou, R. і ін. продемонстровано, що пероксинітрит утворюється під час реакції  $H_2O_2$  з  $NO_2$  при концентрації 20 мкМ та при 30-ти хвилинній плазмі, та вирішальною речовиною у біоактивності PAW [30].

І ONOOH, і ONOO<sup>-</sup> існують дуже малий проміжок часу, але вони відіграють важливу роль у бактерицидній дії плазмоактивованої води, оскільки мають потужні окислювальні властивості.

Внаслідок хімічних реакцій, плазмоактивована вода має кислий рН, у неї підвищується електропровідність та окислювально-відновний потенціал (ОВП). Розчин підкислюється через поглинання форм  $NO_3$  і  $NO_2$ , що утворюються у плазмі, та через подальше їх виробництво у рідкій фазі. Варто відмітити, що негативний розряд надає більшого зниження рН, ніж позитивний [29].

Електропровідність – здатність матеріалу проводити електричний струм. Присутній частинок ROS та RNS підвищує електропровідність водного розчину [31].

Зазначається, що електропровідність на пряму пов'язана з рН розчину та демонструє зворотну кореляцію, тобто коли рН зменшується, електрична провідність розчину зростає, що, у свою чергу, пов'язане з підвищенням рухливості  $H^+$  по відношенню до іонів  $OH^-$ .

ОВП показує здатність розчину окислювати або відновлювати речовину. Зазначається, що ОВП спричинює руйнування мембран мікроорганізмів і впливає на внутрішні та зовнішні клітини. Головною речовиною, що визначає ОВП – є  $H_2O_2$ , так як може поводити себе і як окисник, і як відновник.

Згідно досліджень, основними механізмами дії є:

- окислювальний стрес;
- фізичний ефект.

ОВП призводить до пошкодження клітинної структури і мембрани мікроорганізму, внаслідок цього внутрішньоклітинні компоненти витікають назовні і, відповідно, вільні протони та ROS можуть надходити всередину та пошкоджувати їх, але руйнування мембрани не є необхідною умовою для надходження реактивних видів у клітину. Ще одним наслідком обробки PAW є деградація ДНК/РНК клітини, яка спричиняється внутрішньоклітинними реактивними видами [29]. Розрив мембрани клітини-мішені може спричинити окисний стрес, викликаний RONS, що прозводить до перекисного окислення ліпідів мембрани. Електричні поля високою інтенсивності у PAW теж викликають утворення пор у мембрані, через які забезпечується доступ до внутрішнього середовища клітини [31].

Фізичний ефект включає дію рН, ОВП, УФ-випромінювання та ударні хвилі.

УФ-випромінювання вносить вагому роль (40 %) в загальне знезараження бактерій через прямий розряд плазми. Варто зазначити, що провідність води позитивно корелює з інтенсивністю УФ-випромінювання [29].

Ці два механізми інактивації бактерій представлені на рис. 1.2.

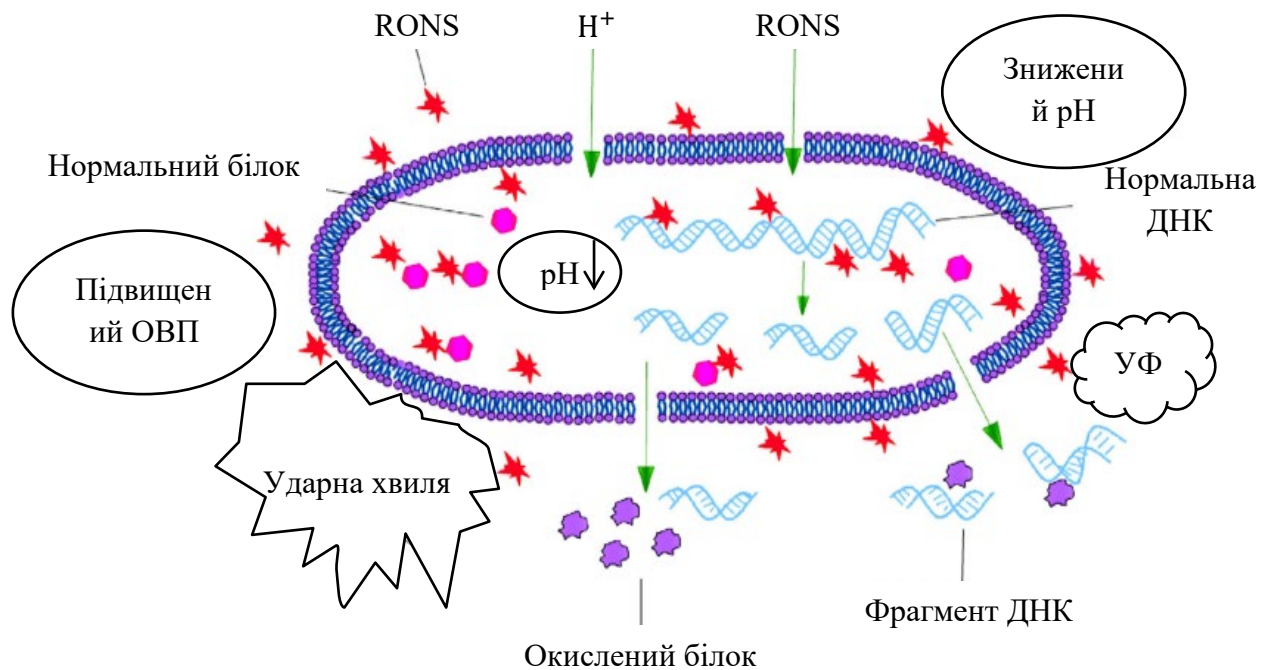


Рисунок 1.2 – Окисний та фізичний механізм дії RAW на бактерію [29]

### 1.3.2 Виготовлення плазмохімічно активованих водних розчинів, фактори впливу

Є кілька основних способів, що дозволяють отримати RAW, серед них є такі:

- плазмовий потік атмосферного тиску APPJ (плазмовий шлейф – використовує плазму розряду, яка діє за межами області генерації);
- діелектричний бар'єрний розряд DBD (використовує розряди між двома електродами для генерації);
- ковзаючий дуговий розряд;
- імпульсний коронний розряд;
- розряд плазмової пари.

Найбільш простими і розповсюдженими є APPJ та DBD.

RAW утворюється при взаємодії частинок навколишнього повітря, таких як УФ, електрони, вільні радикали, іони і збуджені молекули, які виникають після взаємодії з електричною енергією, та частинок води.

У DBD плазмі використовується ланцюг великої ємності для коливання струму, тобто утворюється природний пробій, а у APPJ плазмі – струменеві сопло з меншим діаметром [31].

До факторів, що впливають на виникнення RAW, відносять:

- джерело води;
- потужність;
- час активації;
- відстань і положення між електродом і водою;
- робочий газ.

Для виготовлення RAW можуть використовувати стерильну дистильовану воду, деіонізовану воду, воду зворотного осмосу, водопровідну воду. Найбільшу ефективність для знешкодження мікроорганізмів продемонстрували стерильна дистильована (SDW) та деіонізована вода (DIW).

Потужність і час активації впливають на фізико-хімічні властивості RAW. Взагалі, 6,5 хв активації при способі APPJ при швидкості потоку газу Ar 3 л/хв. дозволяє зменшити *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus* на 7,14 та 3,10 log КУО/мл, відповідно.

Для виробництва RAW можуть використовуватися такі гази, як Ar, He та Ar/O<sub>2</sub>. Розряд аргону демонструє більшу інгіцію бактерій, порівняно з іншими, проте найчастіше застосовується повітряно-плазмовий, через дешевизну і доступність.

Виявлено, що вплив плазми під водою надає RAW кращі фізико-хімічні параметри та проявляє більшу антимікробну активність. А стабільність хімічних сполук у плазмоактивованій воді залежить від температури зберігання [28].

### 1.3.3 Застосовування плазмохімічно активованих водних розчинів



На ефективність зменшення зараження у продуктах впливає текстура поверхні, час взаємодії, потужність плазми при виготовленні плазмоактивованої води та органічні речовини [31].

Поверхнєве знезараження.

Дослідження показали ефективність при знезараженні свіжих паростків бобів мунг, які були заражені *E. coli* K12, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*, *Pectobacterium carotovorum* і *Listeria innocua*.

PAW активована протягом 20 хв здатна зменшити кількість *S. Aureus* на полуниці. Вона також здатна зменшити гниття китайських ягід приблизно на 50 %. Крім того, 60-ти хвилинна плазма ефективно зменшує кількість дріжджів на винограді на 0,53 log КУО/мл.

Проводили досліди зі знезараження виноградних помідорів, лаймів і колючих гарбузів. Вона також ефективно знезаражувала свіжорізаний салат айсберг, ендівія, селери, радиккіо, свіжорізані груші, ківі, яблука.

Обробка 20-ти хвилинною PAW дозволяє зменшити кількість *P. Chrysogenum* і *Candida albicans* приблизно на -2,0 log КУО/г. Для обробки бобового сиру варто використовувати 90-ти секундну плазмоактивовану воду 30 хв. А для обробки грибів – вистачить 15-хвилинної [28].

Liao та ін. (2018) запропонував використовувати лід з плазмоактивованої води і, таким чином, було досягнуто збільшення терміну зберігання свіжих креветок з 4 до 8 днів, порівняно з терміном зберігання у льодові зі звичайної водопровідної води.

При дослідженні зменшення кількості *E. coli* і *S. aureus* на куриних м'язах були отримані наступні числа – 1,33 та 0,83 log-зменшення, відповідно.

Після обробки PAW було помічено збільшення вмісту супероксиддисмутази (СОД) та вітаміну С в грибах та свіжообприсканих грушах, така реакція спричинена бажанням живого організму захистити власні клітини від дії стресових факторів.

Було помічено також підвищене окислення ліпідів у креветок, розмороженої та свіжої яловичини після обробки плазмоактивованою водою.

Варто зазначити, що, наприклад, у курячому м'ясі більша частина пошкоджень була через взаємодію плазмоактивованої води з мембраною бактеріальної клітини, а не з куриною [29].

При 20-ти хвилинній обробці варених курячих грудок зафіксовано зменшення метицилін-резистентних бактерій *Staphylococcus aureus* і бактерії *S. aureus*, чутливих до метициліну.

Відзначається ефективність плазмоактивованої води при розкладанні пестицидів і інших хімічних забруднень. Наприклад, при обробці винограду, ячменю та помідорів спостерігалось зменшення забруднення на 73,60, 51,97 та 34,6 % відповідно.

Нон і ін. встановили, що плазмоактивована вода згенерована за допомогою двох струменів плазми, є ефективнішою при обробці томатів – більше ніж на 5 log зменшується кількість бактерій *E. coli*, *L. Monocytogenes* та *S. Typhimurium* після 210, 30 і 180 с обробки.

При поєднанні РАВ з помірним теплом – 60 градусів за Цельсієм, спостерігається більша ефективність у знезараженні солоної пекінської капусти.

Обробка шампінйонів та шиїтаке 7 днів за 20 градусів Цельсія зменшило кількість грибків на 0,5 log КУО/г та бактерій на 1,5 log КУО/г.

При обробці філе коропа річки Yellow зафіксовано зменшення бактерії *Shewanella putrefaciens* на 1,03 log КУО/г. При цьому показник освітленості підвищився, показник червоності – знизився, а жовтизни – не змінився у порівнянні з використанням стерильної деіонізованої води.

При обробці яєць було встановлено зменшення на 4,41 log КУО/яйце (60 і 90 с обробки) та на 5,51 log КУО/яйце (120 с обробки) *Salmonella Enteritidis* у яєчній шкаралупі [31].

О. Pivovarov, О. Kovalova та V. Koshulko провели дослідження, метою якого було знезараження поверхні яйця від сальмонел і інших небезпечних мікроорганізмів дією плазмоактивованої води. В результаті було з'ясовано, що РАВ ефективно інактивує патогенну мікрофлору, при концентрації пероксидів у ній 300 мг/л поверхня яєць майже повністю стерильна, а при 400 мг/л – знищує

навіть придатні до реалізації мікроорганізми. Крім того, шкаралупа залишалася стерильно протягом 30 діб зберігання, що є важливим технологічним результатом [32].

*Saccharomyces cerevisiae* пов'язують з псуванням свіжих фруктів та овочів. Тому виноград обробляли плазмоактивованою водою з помірним підігріванням 50–55 градусів Цельсія для дослідження виживання *S. cerevisiae*. З 5,85 log<sub>10</sub> КУО/г, після 30 хвилин обробки, кількість дріжджів зменшилася до невизначеного рівня. При чому рН, загальна кількість розчинених СР, фенолів, вітамін С, стан поверхні та антиоксидантні властивості не погіршилися [33].

Плазмовий струмінь коронного розряду (1,5 А) використовували для знезараження висушених шматочків мінтая (довжина між зразками – 25 мм). Після 3 хвилин обробки зафіксовано зниження рівня забруднення аеробними і морськими бактеріями та на 2,5, 1,5 та більше 1,0 log. Забруднення пліснявою та дріжджами теж було зменшено.

У загальному числі зразків не було значущих змін у кольорі, леткому основному азоті, пероксидному числі та сенсорних характеристиках [34].

#### Пророщування насіння та ріст рослин

Sivachandiran та Khacef (2017) замочували насіння редьки, томатів і солодкого перцю у RAW-15 і RAW-30, було помічено значний позитивний ефект на все насіння, щоправда, при RAW-30 ріст та життєдіяльність були меншими за контроль, це показує необхідність індивідуально підбору параметрів для кожного виду.

При зрошуванні сочевиці отримали збільшення довжини розсади до 34,0 % і 128,4 % через 3 та 6 днів відповідно [29].

Соняшник звичайний (*Helianthus annuus* L.) був оброблений електромагнітним полем (5, 10 і 15 хв), нетепловою плазмою 5,28 МГц (2-во, 5-ти і 7-ми хвилинною) та вакуумом 200 Па (7 хв). 7-ми хвилинна холодна плазма і 15-ти хвилинне електромагнітне поле пришвидшили проростання на 19–24 % *in vitro*, проте листки рослин після обробки електромагнітним полем мали більшу вагу.

Обробка вакуумом привела до зменшення зеатину на 39 %, обробка холодною плазмою підвищило гіберелін, інші ефекти не впливали на проростання. Електромагнітна обробка знизилася вміст абсцизової кислоти на 55–60 %.

Підсумовуючи можна сказати, що обробка електромагнітним полем чи холодною плазмою спричинює експресію генів у листі, зокрема білків, що приймають участь у фотосинтезі [35].

При дії RAW на мікрозелень було помічено краще та рівномірніше проростання рослин, а також усунення патогенної мікрофлори, що в результаті збільшує терміни зберігання та якість отриманого продукту, який можна вживати у свіжому вигляді та у суміші салатів [36]. У іншій роботі Ковальвої О.С. теж відмічається подібний ефект на паростки зернової сировини [37].

Також були проведені дослідження дії плазмоактивованої води на швидкість пророщування кількох сотрів пивоварного ячменю. Результати, отримані у ході експериментів, демонструють, що індекс проростання насінин збільшується, причому навіть для насінин з низькою життєвою активністю. Автор наголошує, що такого ефекту вийшло досягти без використання хімії, а лише за допомогою природних речовин води, що утворюються після дії контактної плазми [38]. Дана технологія є вигіднішою для промислового використання, навіть у порівнянні з озонуванням [39].

Проте при «попінгу зерна» амаранту не спостерігалася будь-якого впливу плазмоактивованої води на процесу, що ймовірно пов'язано з малою її кількістю у самому зерні [40].

В'ялення м'яса.

Консервування м'яса RAW можливе через присутність у воді NO. Jung і ін. (2015) обробляли контрольний зразок свинини при 80 градусах Цельсія протягом 30 хв, а експериментальний – плазмоактивованою водою з концентрацією 46 частинок на мільйон NO<sub>2</sub>. Експериментальний зразок продемонстрував більше почервоніння.

При зберіганні ковбаси, обробленої плазмоактивованою водою, за 4 градусів Цельсія 28 днів не було помічено впливу на колір, загальну аеробну кількість та

значення пероксиду, на відміну від зразків оброблених порошком селери і нітритом натрію. Крім того, у експериментального зразка встановлена менша концентрація  $\text{NO}_2$ .

Inguglia, Oliveira, Burgess, Kerry та Tiwari (2020) тек отримали краще почервоніння в'яленої яловичини, а також 0,85 log-зменшення *L. Inpouca* без погіршення якості [29].

Вплив на компоненти харчової сировини та харчових продуктів

- Вітаміни

Вітаміни є нестійкими під час обробки плазмоактивованою водою. Проте вона сприятливо впливає на вміст вітаміну С при зберіганні шампінйонів. При зберіганні яблук концентрація вітаміну С була знижена, але не значно.

- Антиоксиданти

Не спостерігалось їх змін після обробки свіжозрізаних яблук, груш і грибів. При обробці томатів також не було виявлено зміни вмісту антиоксидантів.

Для іншого дослідження обрано виноград і виноградний сік, які містять значну кількість антиоксидантів. Після обробки PAW також не спостерігалось суттєвої різниці у їх вмісті між необробленим і обробленим зразками.

- Білки

Після обробки курячих гомілок не спостерігалось руйнування білка, такі самі висновки зроблено після обробки і дослідження яловичини. Поєднання ультразвуку з PAW теж не впливає на білки.

- Ферменти

Для ківі та винограду виявлено підвищення активності супероксиддисмутази (SOD), для грибів – супероксиддисмутази (SOD), поліфенолоксидази (PPO) та пероксидази (POD).

- Вуглеводи

Найбільше існує досліджень стосовно зміни цукру після обробки, в усіх прийшли до висновку щодо відсутності будь-яких змін.

- Ліпіди

В цілому можна говорити про відсутність або незначне окислення ліпідів та їх похідних. Відсутність їх змін, при наявності АФК можливе через зменшення росту мікробів.

- Сенсорні властивості

На ряд продуктів не фіксувалося зміни кольору після обробки плазмоактивованою водою. В той же час ті чи інші зміни забарвлення спостерігалися у листі руколи, помідорах, шампінйонах, ряді м'ясних та рибних продуктів.

Не було виявлено значних змін у текстурі або твердості досліджуваних об'єктів після обробки PAW [31].

- Стан клейковини пшеничного тіста

Визначено, що плазмоактивована вода володіє окисною дією на білки клейковини. Тобто вона змінює пружні властивості клейковини (зміцнює) залежно від характеристики борошна та тривалості дії, тобто змінює якісний склад, не впливаючи на кількісний.

Таким чином можна зробити висновок, що PAW є гарною альтернативою хімічним поліпшувачам тіста [41].

- Вплив на тістові напівфабрикати

У роботі Миклоленко С.Ю. та Півоварова О.А. доведено вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на газоутворення в тістових напівфабрикатах, а саме підвищення його на 10–30 % без додавання будь-якого роду хімічних речовин [42].

Миклоленко С.Ю., Півоваров О.А. та Тищенко Г.П. продемонстрували методом математичного моделювання, що використання PAW замість водопровідної води у пшеничних напівфабрикатах здатне створити продукції гарної якості при правильних параметрах вологості і концентрації пероксидних сполук у воді [43].

- Вода

Згідно з результатами роботи зроблено висновок, що холодна плазма діє на розчини NaCl, AgNO<sub>3</sub> та AgCl з утворенням продуктів, що згубно діють на

мікроорганізми, зокрема підтверджена така дія на *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophibicus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, порявніно з розчинами лізоформу та стериліуму [44].

Можна говорити про перспективне використання RAW у харчових продуктах у якості затверджувача, середовища відтавання, консерванта та синергетичного агента у медицині [45].

Інактивація вірусів.

Aboubakr H. і ін. провели дослідження, де інактивували збудник котячого каліцивірусу дистанційною радіочастотною плазмою холодного атмосферного тиску (інактивує віруси та бактерії через утворення активних форм кисню і азоту (RONS)). Було ідентифіковано 2 шляхи дії – на синглетному кисні (кращий при застосуванні кисню) і на пероксинітристій кислоті (краще при застосуванні у повітряному середовищі – викликає зниження рН).

В даній статті зазначається про менший вплив на вірус  $H_2O_2$ ,  $O_3$  та  $NO_2$  [46].

Взагалі віруси не вважаються «живими», оскільки це субмікроскопічні частинки, які реплікуються лише у клітині-господарі. Більшість з них складається з нуклеїнової кислоти – генетичного матеріалу потрібного для реплікації, покритої капсидом (білок). Вірус може бути без оболонки або з оболонкою, утвореною фосфоліпідами клітини-господаря та глікопротеїнами, що необхідні для проникнення клітини.

Доведено, що нетеплова плазма (NTP) зменшує вірусне забруднення на поверхнях та у повітрі. В той час, як безпосередній вплив плазми на вірус та його реплікацію розглядається як похідне використання, перспективним є напрямок імунотерапії проти вірусних інфекцій.

При впливі на локалізовані прояви інфекцій важливий саме прямий вплив нетеплової плазми, у той же час лікування вірусних патогенів у організмі залежатиме більше від непрямой імунотерапії, спричиненої NTP, що буде підсилювати противірусну відповідь [47].

Volun P. і ін. провели дослідження протиракового ефекту плазмоактивованої води, виготовленої методом APPJ при різних початкових температурах води (4, 25, 40 та 70 градусів Цельсія). В якості мішені було обрано рак легенів A549.

ОВП та провідність плазмоактивованої води спочатку збільшується, а потім йде на спад з підвищенням температури. В свою чергу, при зростанні температури, рН теж змінюється на протилежне значення. Варто зазначити, що вища температура призводить до підвищення швидкості проникнення  $H_2O_2$  та  $NO_2$ .

Протипухлинний ефект можна обґрунтувати наявністю комплексу RONS та фізико-хімічними властивостями, а також їх синергетичною дією [48].

Віруси можуть жити у воді шляхом мутації, перегрупування або ж рекомбінації. Це було завжди важливо пам'ятати, а зараз з приходом епідемії COVID-19 тим паче варто знаходити нові ефективні способи знезараження води, оскільки вони можуть зберігати життєздатність як у морській, так і прісній воді, і вражати клітини нашого організму.

Вживання коронавірусу у воді залежить від температури, типу води, зважених частинок, концентрації органічних речовин, рН розчину, а також наявності і дози дезінфікуючої речовини. Такими підходами можна знищити від 20 до 80 % вірусів, тому потрібні нові ефективніші підходи.

У даній роботі розглядалася дезінфекція води плазмоактивованою водою методом діелектричного бар'єрного розряду (DBD) та пропонувалися нові комбіновані методи.

Зокрема було приведено фактори, які мають вплив на ефективність нетеплової плазми при дезінфекції води (рис. 1.3) [49].



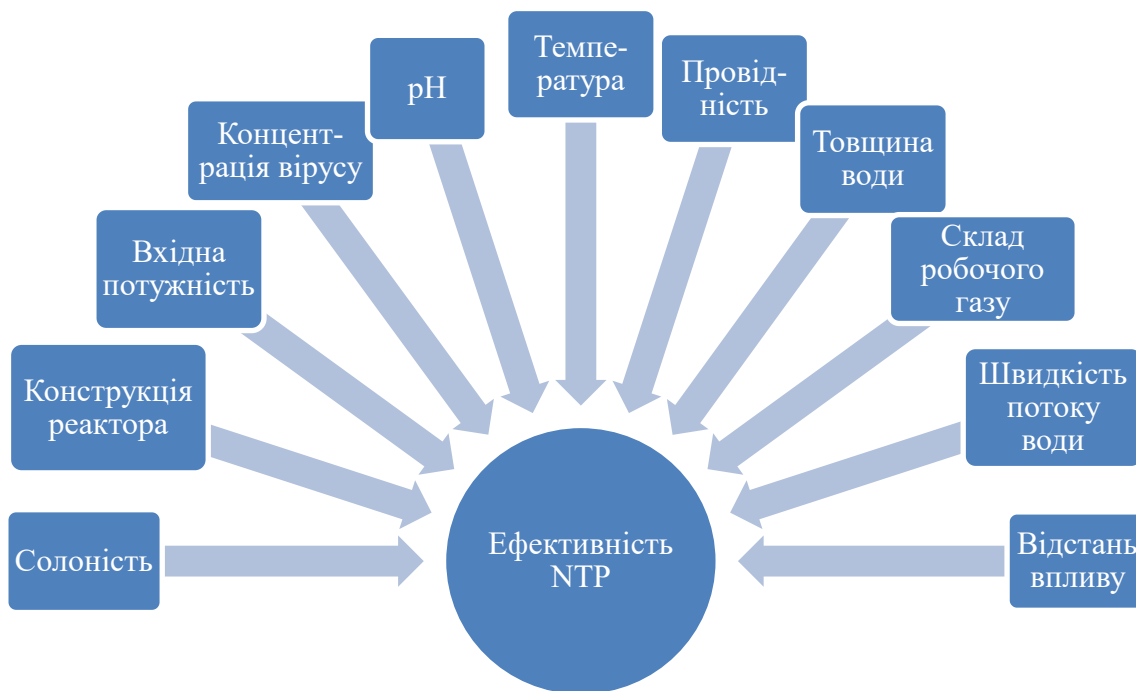


Рисунок 1.3 – Фактори, які мають вплив на ефективність нетеплової плазми при дезінфекції води [49]

D. Ghernaout та N. Elboughdiri також вивчали методи дезінфекції води від вірусів, зокрема SARS-Cov-2, та інших забруднювачів.

Були зроблено ряд висновків. По-перше, необхідне розширення матеріальної бази для полегшення виробництва озону при дії плазми. По-друге, електричні розряди над поверхнею води потребують менше енергії для створення, проте електричні розряди у товщі води простіше встановити та вони утворюють хімічно активні речовини, здатні негайно взаємодіяти із забрудненнями. По-третє, плазмовий розряд показує хороші результати при боротьбі з вірусами, його поєднання з магнітним полем та електрокоагуляцією може підвищити ефективність. На останньому етапі необхідно використовувати активоване вугілля для адсорбції органічних речовин знищеної клітини [50].

Вірус SARS-Cov-2 викликав глобальну пандемію через його важкі наслідки для організму людини та високу швидкість розповсюдження. Його механізм

взаємодії пов'язаний з клітинним рецептором людини – hACE-2, до якого він кріпиться через рецептор-зв'язуючий домен (RBD) спайкового білка.

Саме унеможливлення цього механізму і дасть змогу розбріти вірус. Дослідники використовували плазмоактивовану воду, яка, в результаті, пригнічувала активність зв'язування RBD через його модифікацію, а такі компоненти води як ONOO зіграли вирішальну роль. Крім того, після зберігання PAW протягом 30 днів при кімнатній температурі, вона ще була здатна достатньо сильно зменшувати зв'язування RBD з hACE-2 [51].

Yan B. і ін. дослідили *Bacillus cereus* – це аероб, що викликає харчові отруєння, здатний до утворення спор та якого можна виявити в продуктах і рослинного, і тваринного походження.

В результаті, після їх взаємодії з плазмоактивованою водою, кількість спор була знижена з 10 КУО/мл на 1,62–2,96 log КУО/мл при 55 градусах Цельсія. Ефект PAW підвищився при збільшенні температури, менші концентрації спор та меншої кількості сироваткового альбуміну, а також при меншій кількості активованої води. Механізм їх інактивації був пов'язаний з розривом структури спори за допомогою ROS та RNS із плазмоактивованої води [52].

Був проведений експеримент зі збереження інактиваційної здатності плазмоактивованої води (PAW) та плазмоактивованого фізіологічного розчину (PAS) до *S. aureus* та *E. Coli* після зберігання протягом 18 місяців при різних температурах (4, -16, -80, -150 градусів Цельсія). Після виробництва даних рідин було зафіксовано їх дію у 6 log зниження вище вказаних мікроорганізмів після 60-ти хвилин дії. Цей результат змогли зберегти лише рідини, що зберігалися при найнижчих температурах. Тривале зберігання так чи інакше впливало на хімічний склад рідин [53].

Samantha S. P. P. і ін. відібрали та проаналізували 14 досліджень, які були пов'язані з ефективність гіпохлориту натрію у зменшенні або запобіганні інфекцій, що потребують медичної допомоги.

Більшість досліджень продемонстрували зниження інфекції, а також резистентності і колонізації мікроорганізмів. Тому дослідники дійшли висновку,

що гіпохлорит натрію можна вважати ефективним дезінфікуючим засобом, проте зв'язок зі зниженням саме інфекцій, що потребують медичної допомоги, є не точним. Так як не було забезпечено контроль за змішуючими змінними, результати метааналізу не можна вважати адекватними. Тому є необхідність у спеціальному протоколі для оцінки подібних досліджень [54].

#### Застосування у хімічній промисловості

Півоваровим О.А. та Воробйовою М.І. було розроблено на основі плазмоактивованої води ціаністі розчини для вилуговування золота та срібла з рудних концентратів. Дані розчини показали свою ефективність, тому було створено блок-схему для процесу ціанування рудного концентрату [55].

#### 1.4 Виробництво плазмохімічно активованих водних розчинів у лабораторних умовах

Плазма – це іонізований стан речовини, у якій присутні як позитивні (іони), так і негативні (електрони) вільні зарядженні частинки. Саме наявність цих частинок є умовою проходження плазмохімічних реакцій. Вони проходять наступні стадії:

- збудження;
- дисоціація;
- іонізація;
- дезактивація;
- рекомбінація.

Є різні види плазми – повністю та частково іонізована, гаряча і холодна, низько- і високотемпературна, рівноважна і нерівноважна. Найбільше варіюється за своїми значеннями іонна та електронна температури, оскільки мають найбільшу вагу. Міра відмінності цих температур залежить прямопропорційно від тиску у системі – при високому тиску частинки зтикаються часто і їх температури вирівнюються, тобто вона стає рівноважною і навпаки для нерівноважної.

Контактна нерівноважна низькотемпературна плазма була вироблена на лабораторній установці навчальної лабораторії Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Принцип методу полягає у тому, що один з електродів знаходиться у рідині, а інший – над поверхнею рідини. Після проходження фарадеевого струму, на межі поділу газ-рідина проходять унікальні електрохімічні та плазмохімічні реакції.

Загальна схема лабораторної установки представлена на рис. 1.4.

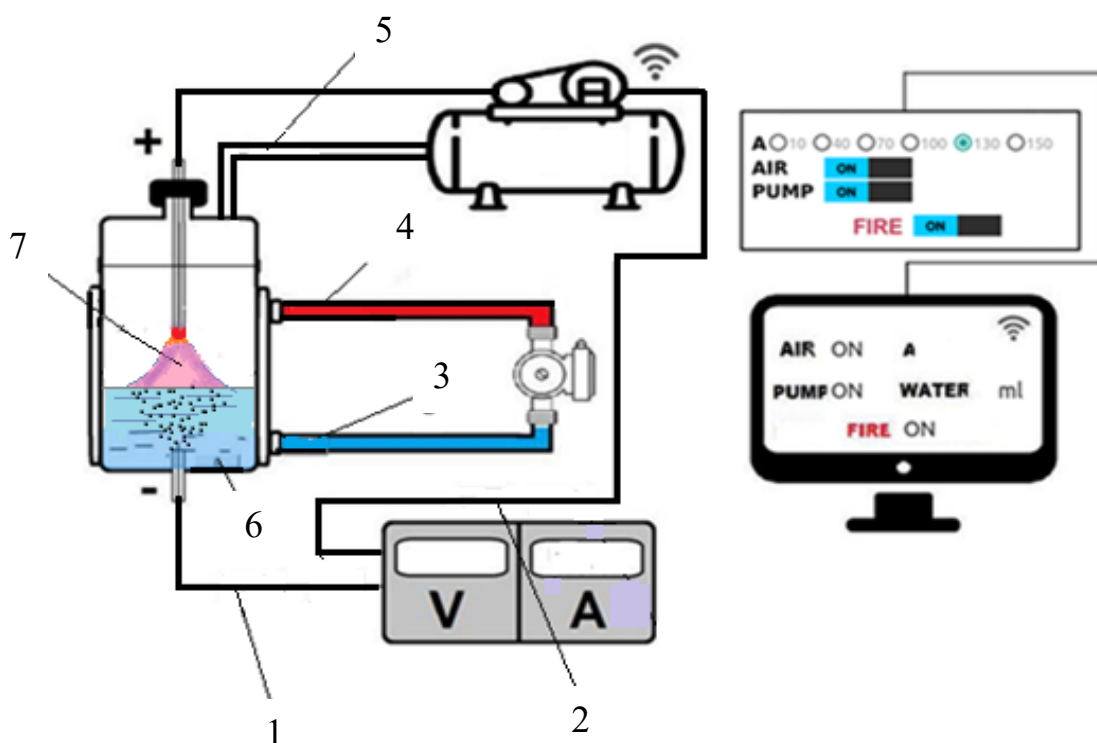


Рисунок 1.4 – Загальна схема лабораторної установки для виробництва контактої нерівноважної низькотемпературної плазми:

1 і 2 – електроди і прилади вимірювання напруги та струму; 3 і 4 – система охолодження реактора; 5 – вакуум насос з лінією вакуумування; 6 – вода або водний розчин; 7 – плазмовий розряд [56]

На електроди реактора надходить пульсуюча напруга. До анода приєднано пристрій підпалу, що видає напругу 15 кВ на 1,5 мс. Імпульси синхронізовані з фазою пульсуючої напруги, а у реакторі підтримується вакуум. При утворенні

імпульсу підпалу, опір падає і проходить анодний струм, який створює розряд з напругою 750–900 В у зоні горіння, величина струму у ній залежить від опору плазми та напруги.

Реактор виготовлений з молібденового скла і має об'єм –  $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ , діаметр –  $3,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ , висота – 0,2 м.

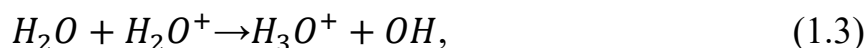
Занурений у воду електрод зроблений з нержавіючої сталі, а той, що знаходиться над поверхнею рідини – з тугоплавкого матеріалу. Відстань між ними –  $(5-7) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Сама плазма виникає в пульсації анодної напруги, тобто підпалу. Струм розряду змінюється за рахунок різного моменту підпалу відносно фази [56].

При активації води виникають фізико-хімічні перетворення і головну роль у них відіграють плазмові електрони. Внаслідок іонізації, дисоціації і дисоціативного прилипання плазмових електронів до молекул води, термічної дисоціації і дисоціації через збуджені коливальні рівні молекул води в зіткненнях  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$  виникають такі частинки як  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2$ , які є рушійною силою іонно-молекулярних реакцій і утворюють нові компоненти.

Внаслідок активації води виникає часткова переорієнтація молекул. Спочатку виникають іони, збудженні молекули води і вторинні електрони (1.1–1.2).



Далі частинки зникають (1.3–1.5):



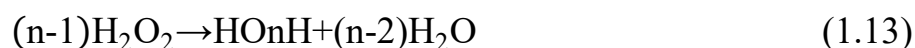
Через їх велику кількість виникають реакції рекомбінації радикалів з утворенням продуктів активації (1.6–1.9):



Через радикал-реакції, відбувається ланцюгове розкладання молекул води та утворення пероксидних і надпероксидних сполук. Велика кількість гідроперекисних радикалів виникає у воді, де є велика кількість розчиненого кисню і навпаки – сам гідроперекисний радикал сприяє утворенню кисню (1.10–1.12):



$\text{H}_2\text{O}_2$ , що накопичується, схильний до утворення поліоксидів водню (рис. 1.5), внаслідок полімеризації, сумарне рівняння (1.13) та інші реакції (1.14–1.18) представлені нижче:



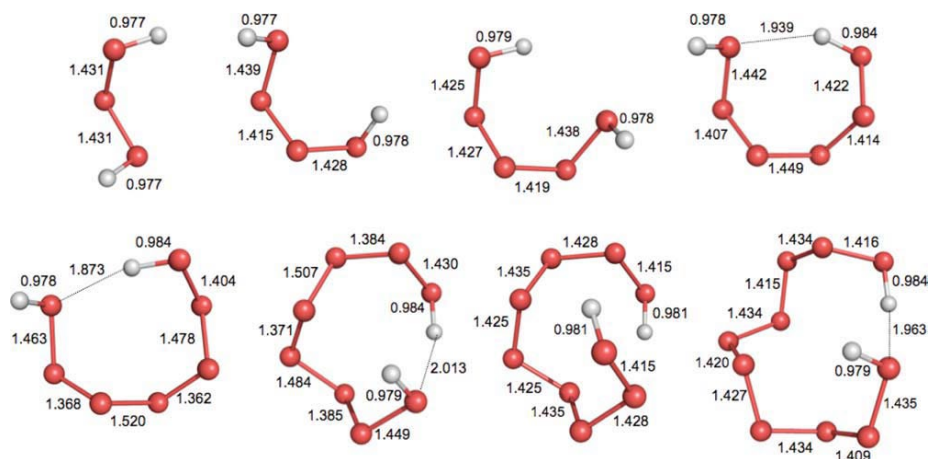
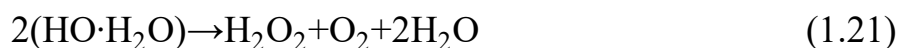
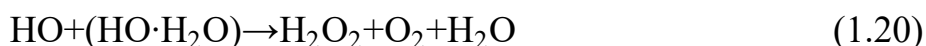


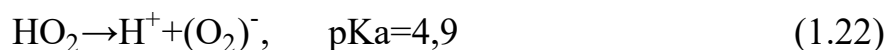
Рисунок 1.5 – Структура поліоксидів водню

Використавши термодинамічний підхід, було з'ясовано, що реакції є екзотермічними з мінімальним виділенням тепла.

Гідродіоксил-радикал – це основний реагент, що бере участь в утворенні пероксиду водню. Він створює комплекс з водою, що дозволяє легше утворювати пероксид водню (1.19–1.21):



Гідродіоксил-радикал має властивості слабкої кислоти і утворює при дисоціації супероксид іон-радикал (1.22):



Внаслідок зростання рН, цей іон-радикал приймає участь у хімічних перетвореннях з утворенням пероксиду водню (1.23–1.25):





Кінетичні криві зміни водневого показника і накопичення  $\text{H}_2\text{O}_2$  у воді і водних розчинах при обробці контактною плазмою представленні на рис. 1.6 і 1.7, відповідно.

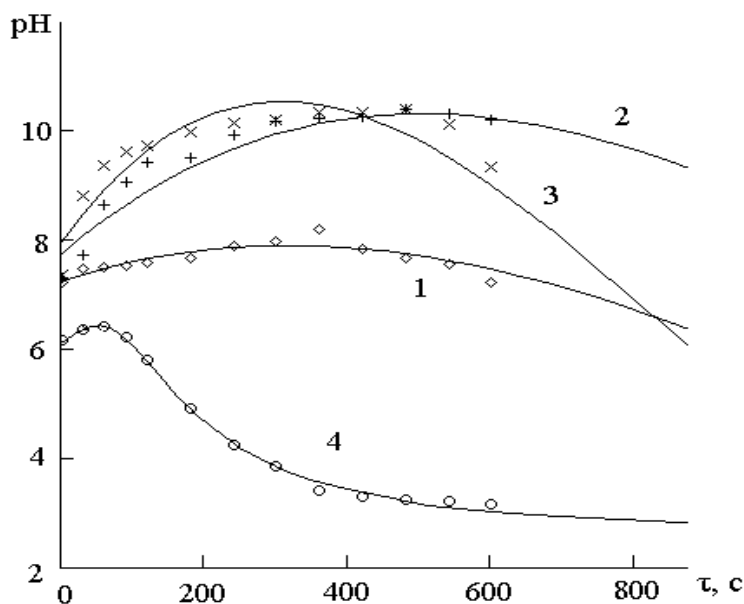


Рисунок 1.6 – Кінетична крива зміни водневого показника у воді і водних розчинах при обробці контактною плазмою

Водопровідна вода: 1 – сила струму  $I = 20$  мА; 2 –  $I = 60$  мА; 3 –  $I = 120$  мА;  
4 – дистильована вода [56]

Проаналізувавши рисунок 1.6, можна зробити висновок, що рН водних розчинів при обробці низькотемпературною плазмою спочатку підвищується, а з більшим часом обробки – зменшується. Після 800 с обробки, найнижчий рН мала дистильована вода, а найбільший – водопровідна вода, яку активували при силі струму  $I = 60$  мА.



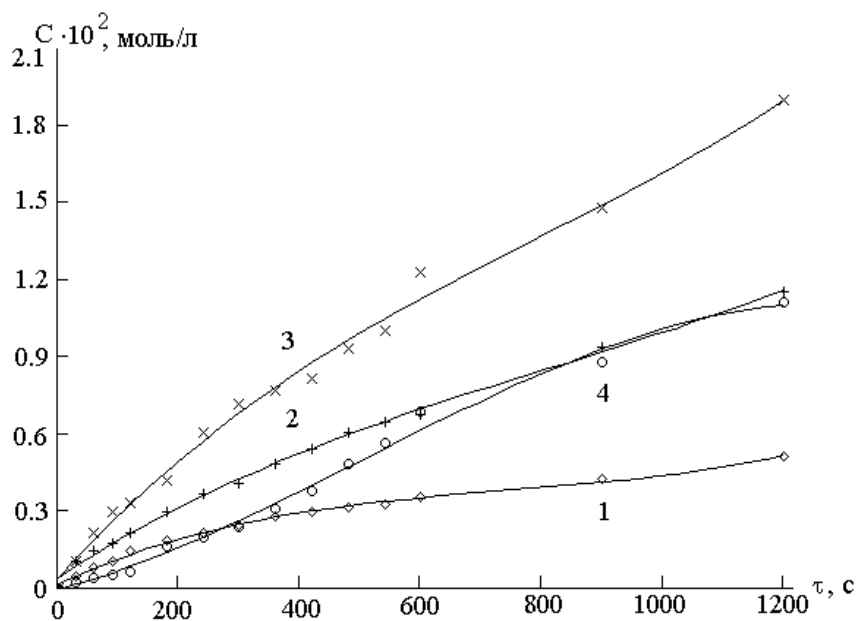


Рисунок 1.7 – Кінетична крива зміни накопичення  $\text{H}_2\text{O}_2$  у воді і водних розчинах при обробці контактною плазмою

Водопровідна вода: 1 – сила струму  $I = 20$  мА; 2 –  $I = 60$  мА; 3 –  $I = 120$  мА;  
4 – дистильована вода [56]

З рисунку 1.7 можемо зробити висновок, що зі збільшенням сили струму при обробці контактною плазмою збільшується і концентрація  $\text{H}_2\text{O}_2$  у фінальному розчині.

Обробка хімічно чистої води контактною нерівноважною холодною плазмою

Водневі зв'язки, що існують між атомами гідрогену та оксигену, здатні утворювати структури-асоціати, так звані кластери. Кластерна модель (рис. 1.8) не є суцільною, тобто це окремі кластери, що знаходяться серед вільних молекул води.

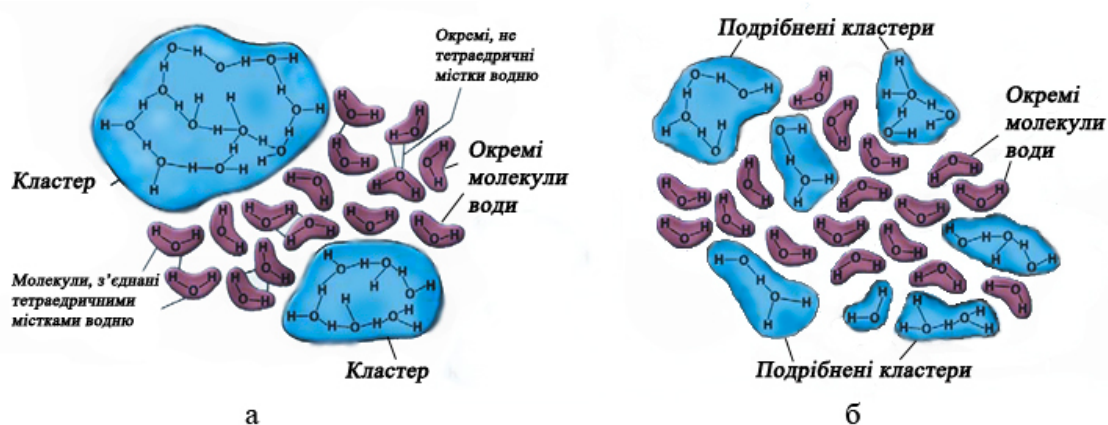


Рисунок 1.8 – Кластерна модель та зміна структури води під дією фізико-хімічних факторів [57]

Утворення та розпадання кластерів підпорядковується схемі:  $x \cdot \text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow (\text{H}_2\text{O})_x$ . Їх стабільність залежить від зовнішніх чинників, а саме електричних полів, температури і т.д. Наш зовнішній дестабілізатор – це холодна плазма [57], яка руйнує майже всі кластери з утворенням вільних молекул води [58].

Подрібнення кластерів під дією плазмоактивованої води спостерігається уже за  $680\text{--}714\text{ см}^{-1}$  випромінюванні хвиль інфрачервоного спектра, що звісно означає і зміну фізико-хімічних характеристик води.

За рахунок подрібнення великих кластерів та утворення мікрокластерів, частинки плазмоактивованої води набагато інтенсивніше проникають у структуру продукту і проявляють знезаражуючі, пророщувальні та газоутворюючі (у хлібобулочних виробках) ефекти.

Обробка водних розчинів хлориду натрію контактною нерівноважною холодною плазмою

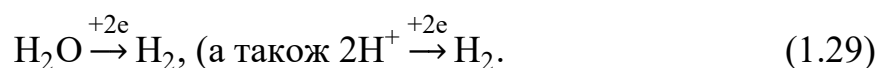
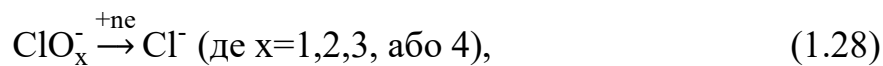
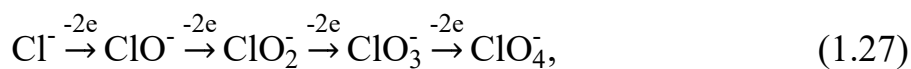
Виробництво здійснювали у газорідинному реакторі періодичної дії з внутрішнім діаметром – 45 мм і висотою – 85 мм. Охолоджували – циркуляцією холодної води в зовнішній сорочці. Електроди виготовлені із нержавіючої сталі, той, що занурений у розчин з діаметром 4,0 мм, а над поверхнею розчину (10 мм) – з діаметром 2,4 мм. Напруга на електродах – 500–1000 В, тиск – 0,85 кПа, час обробки – 2–20 хв. Об'єм розчину – 50 мл.

Для виключення втрат летких речовин при окисленні, розчин хлориду натрію підлогували до рН=11 гідроксидом натрію. Встановлено, що при збільшенні часу дії плазми, концентрація перекису водню зростає, а хлорид-іонів – спочатку збільшується, а згодом перестає змінюватися або взагалі падає. Такий результат актуальний для розчинів NaCl з концентрацією 1/3 г/л.

Створення окисників з подібних розчинів найкраще проводити під розрядженням, таким чином забезпечується високий вихід окисників при найбільшій кількості натрію діоксохлорату (III), а вміст натрію хлориду має бути 3 г/л.

Найбільш вірогідними продуктами окиснення води і хлорид-іонів є  $\text{H}_2\text{O}_2$  і  $\text{ClO}^-$ . При дії низькотемпературної плазми в розчинах NaCl утворюються обидва окисники. Так як молекул води більше, ніж хлорид-іонів, то логічно, що вміст  $\text{H}_2\text{O}_2$  буде більше, ніж вміст  $\text{ClO}^-$ . Проте молекула  $\text{H}_2\text{O}$  та іон  $\text{Cl}^-$  мають різні потенціали іонізації, а тому ефективність процесу відриву електрона також різна. Враховуючи це можна зробити висновок, що при дії низькотемпературної плазми на концентрований розчин NaCl можливе швидше утворення  $\text{ClO}^-$ , ніж  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Загальна схема хімічних перетворень, що при цьому відбуваються, представлена рівняннями (1.26–1.29) [56]:



Таким чином, внаслідок обробки низькотемпературною плазмою розчину натрій хлору з концентрацією 3 г/л, утворюється гіпохлорит натрію і пероксид водню зі співвідношенням 1:1.

Висновки до розділу 1

У даному розділі було проаналізовано шрот як корм для тварин, було описано його види, а саме соняшниковий, ріпаковий, соєвий і лляний, їх хімічний склад та застосування у годівлі різних видів тварин. Описано загальну блок-схему гранулювання шроту, оскільки саме у такому вигляді його реалізують, та зроблено вибір на користь соняшnikового шроту, так як він є найбільш розповсюдженим та використовуваним в Україні.

Було показано, що проблема забруднення шроту бактеріями, особливо сальмонелою є актуальною. Зараз основними методами боротьби з нею є унеможливлення перехресного зараження при виробництві шроту та його транспортуванні, проте, на наш погляд, важливо також мати ефективний спосіб знезараження його безпосереднім впливом.

Плазмохімічно активована вода показала свою ефективність у зменшенні контамінації *Saccharomyces cerevisiae*, *L. Monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*, *Pectobacterium carotovorum*, *Listeria innocua*, *P. Chrysogenum*, *Candida albicans*, вірусів, грибків і плісень та, що найважливіше для нас, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* і *Salmonella Enteritidis*.

Тому метою нашого дослідження є перевірка гіпотези, що плазмохімічно активована вода здатна зменшити зараження соняшникового шроту сальмонелою, кишковою паличкою та стафілококом. А також визначити найбільш ефективний спосіб знезараження – з гіпохлоритом натрію чи без нього.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Мета, об'єкт, предмет та етапи проведення дослідження

Мета дослідження – перевірити гіпотезу, що соняшниковий шрот має наявне зараження сальмонелою, кишковою паличкою та стафілококом, яке здатне зменшити оборобка плазмохімічно активованими водними розчинами.

Об'єкт дослідження – соняшниковий шрот, як потенційне джерело патогенних мікроорганізмів у раціоні тварин; плазмохімічно активовані водні розчини, як перспективний засіб зменшення патогенної мікрофлори.

Предмет дослідження – фізико-хімічні, органолептичні показники якості та показники безпеки соняшникового шроту.

Місце проведення – навчальна лабораторія з харчових технологій кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Етапи проведення дослідження:

- підготувати дослідні зразки соняшникового шроту та плазмохімічно активованих водних розчинів;
- провести обробку зразків шроту та направити їх на аналіз у науково-дослідний центр біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center», який є структурним підрозділом ДДАЕУ;
- порівняти фізико-хімічні, органолептичні та показники безпеки шроту з ДСТУ; порівняти мікробіологічні показники якості контрольного та дослідних зразків;
- розрахувати кошторис проведеного дослідження.

## 2.2 Сировина та обладнання, задіяне у проведенні досліду

Для даного дослідження використано наступну сировину:

- шрот соняшниковий високопротеїновий тостований гранульований за ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови» компанії «Kernel» (рис. 2.1);
- плазмохімічно активованих вода (магістральна);
- плазмохімічно активований водний розчин гіпохлориту натрію.

Приготовано 3 дослідні зразки – контроль (необроблений), зразок, оброблений плазмохімічно активованою водою, та зразок, оброблений плазмохімічно активований водний розчин гіпохлориту натрію.

При проведенні дослідження було використано наступне обладнання:

- лабораторний млин;
- сито з отворами 3 мм;
- лабораторна установка для виробництва контактої нерівноважної низькотемпературної плазми;
- ваги лабораторні;
- духовна шафа;
- лабораторний посуд, пергамент.



Рисунок 2.1 – Шрот соняшниковий високопротеїновий тостований гранульований

Його фізико-хімічні, органолептичні показники якості і показники безпеки представлені та проаналізовані у експериментальній частині.

### 2.3 Методика проведення дослідження

Шрот соняшниковий високопротеїновий тостований гранульований було подрібнено на лабораторному млинку до проходу через сито з отворами діаметром 3 мм (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Шрот соняшниковий високопротеїновий тостований гранульований подрібнений

Плазмохімічно активовану воду було виготовлено на лабораторній установці для виробництва контактої нерівноважної низькотемпературної плазми з трьохдуговим реактором (рис.2.3) при наступних умовах: сила струму – 170 мА, робоча напруга – 550 В, час обробки – 0,5 л – 20 хв. Отриманий робочий розчин мав рН = 9,5 і концентрацію  $\text{H}_2\text{O}_2 = 500\text{--}600$  мг/л.

При виготовленні плазмохімічно активованого водного розчину гіпохлориту натрію, як вихідний розчин використовували магістральну воду з додаванням 3 г/л NaCl. Після плазмової обробки водний розчин мав рН = 9,3, концентрацію  $\text{H}_2\text{O}_2 = 350\text{--}400$  мг/л, активного хлору – 0,3–0,4 г/л, час обробки 0,5 л – 20 хв.

Відважили з зразки подрібненого шроту по 250 г на лабораторних вагах з точністю до десяткового знака та помістили 2 дослідні зразки у скляну тару (рис. 2.4).



Рисунок 2.3 – Трьохдугвий реактор для виробництва контактої нерівноважної низькотемпературної плазми



Рисунок 2.4 – Зразки подрібненого шроту у скляній тарі

Плазмохімічно активовану воду у кількості 700 мл було додано у ліву тару (див. рис. 2.4), а плазмохімічно активований водний розчин гіпохлориту натрію у праву тару (див. рис. 2.4). Витримували дослідні зразки у закритій скляній тарі при



температурі 15,9 градусів Цельсія 20 годин. Зовнішній вигляд отриманої суміші представлений на рис. 2.5.

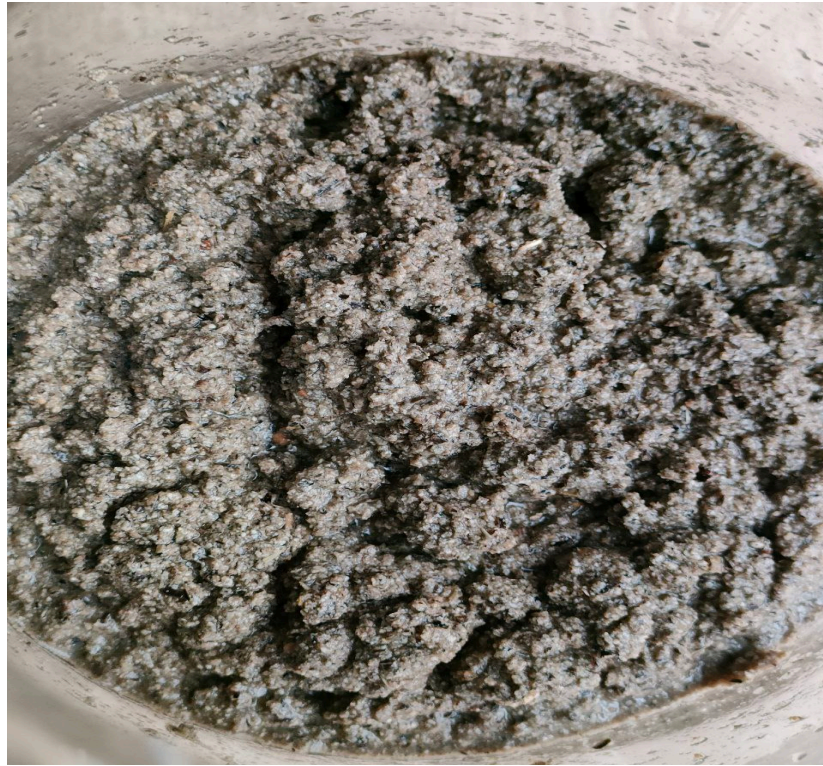


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд дослідного зразку, замоченого у плазмохімічно активованих водних розчинах

Підсушування зразків шроту проводилося на пергаменті (рис. 2.6) у електричній духовій шафі AseI (рис.2.7) при 105 градусах Цельсія 8 годин з періодичним перемішуванням через кожні 30 хв.



Рисунок 2.6 – Підготовлений до підсушування зразок шроту



Рисунок 2.7 – Електрична духовка шафа AseI

Висушений зразок (рис. 2.8) і контроль (необроблений зразок) було направлено на виявлення рівня патогенної мікрофлори до науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center».



Рисунок 2.8 – Висушений дослідний зразок шроту

2.4 Методика визначення фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки соняшникового шроту

Фізико-хімічні, органолептичні показники якості та показники безпеки визначалися згідно наступних нормативно-технічних документів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Нормативно-технічна документація на методики визначення фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки

Показник	Нормативно-технічний документ на метод випробувань
1	2
Зовнішній вигляд	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Колір	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Запах	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Температура	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»

## Продовження табл. 2.1

1	2
Діаметр гранул	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Довжина однієї гранули	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка гранул, що пройшла через сито 2,0 мм	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка вологи та летких речовин	ДСТУ 7621:2014 «Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроти. Метод визначення вмісту вологи та летких речовин»
Масова частка золи, не розчиненої в 10 % HCl, в перерахуванні на а.с.р.	ГОСТ 13979.6 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения золы»
Масова частка жиру та екстрактивних речовин в а.с.р.	ГОСТ 13496.15 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира»
Вміст сторонніх домішок	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка металодомішок: частинки розміром до 2 мм включ.	ДСТУ 4600:2006 «Макухи та шроти. Методи визначення металевих домішок»
Масова частка металодомішок: частинки розміром більше 2 мм із гострими краями	ДСТУ 4600:2006 «Макухи та шроти. Методи визначення металевих домішок»
Зараженість шкідниками / наявність слідів зараження	ГОСТ 13496.13 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов»
Масова частка залишкової кількості розчинника	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка сирого протеїну в перерахунку на а.с.р.	ДСТУ 7169:2010 «Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну»
Масова частка сирої клітковини в перерахунку на а.с.р.	ДСТУ 8844:2019 «Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення сирої клітковини»
Сумарна масова частка розчинених протеїнів у шроті до загальної кількості протеїну	ДСТУ 7802:2015 «Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроти. Метод визначення індексу розчинності протеїну у воді»
Масова частка загальної золи	ГОСТ 13979.6 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения золы»

Продовження табл. 2.1

1	2
Загальна енергетична поживність у перерахуванні на суху речовину	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Мікотоксини:	
Афолотоксин В1	ИК-8-2.4.ИПЛ/19-00-2019
Зеараленон	ИК-8-2.4.ИПЛ/19-00-2019
Пестициди:	
Гексахлоран	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»
Гептахлор	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»
ДДТ	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»
Токсичні елементи:	
Свинець	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Миш'як	ДСТУ 8050:2015 «Корми для тварин, сировина для виготовлення повнораціональних сумішей, виділення тварин. Визначення вмісту миш'яку та ртуті методом атомно-абсорбційної спектроскопії»
Кадмій	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Ртуть	ДСТУ 8050:2015 «Корми для тварин, сировина для виготовлення повнораціональних сумішей, виділення тварин. Визначення вмісту миш'яку та ртуті методом атомно-абсорбційної спектроскопії»
Мідь	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Цинк	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Радіонукліди:	
Цезій (Cs) – 137	МІ 12-08-99. МВВ№07-119:2011

Стронцій (Sr) – 90	МІ 12-08-99. МВВ№07-119:2011
--------------------	------------------------------

## Продовження табл. 2.1

1	2
Мікробіологічні дослідження:	
Escherichia coli	ДСТУ ГОСТ 30726-2002 «Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду Escherichia coli»
Коагулазо-позитивні стафілококи (S. Aureus та інші види)	ДСТУ ISO 6888-1:2003 «Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підраховування коагулазо-позитивних стафілококів (STAFYLOCOCCUS AUREUS та інших видів). Частина 1. Метод з використанням агарового середовища Беард-Паркера»
МАФАНМ	ДСТУ 8446:2015 «Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів»
Бактерії роду Salmonella	ДСТУ EN 12824:2004 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення Salmonella»

## Висновки до розділу 2

У даному розділі визначено мету, об'єкт, предмет та етапи проведення дослідження. Представлено сировину (шрот соняшниковий високопротеїновий тостований гранульований, плазмохімічно активовані водні розчини) та обладнання, яке було використане при проведенні дослідження.

Описано методику проведення дослідження та надано графічний матеріал, що фіксує основні етапи експерименту. А також вказаний перелік нормативно-технічної документації, згідно яких визначали фізико-хімічні, органолептичні показники якості та показники безпеки зразків.

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Порівняння показників якості контролю з вимогами нормативних документів

Оцінку фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки було проведено згідно наведених вище нормативно-технічних документів і результати представлено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки контролю з вимогами нормативних документів

Показник	Од. вим.	Допустимі значення за НД	Фактичні значення контролю	Нормативно-технічний документ на метод випробувань
1	2	3	4	5
Зовнішній вигляд	-	Гранули	Гранули циліндричної форми	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Колір	-	Сірий	Сірий	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Запах	-	Властивий	Властивий	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Температура	°C	Не вище 35	4	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Діаметр гранул	мм	6,0-20,0	8,0	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Довжина однієї гранули	мм	10,0-26,0	22,0	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»



Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Масова частка гранул, що пройшла через сито 2,0 мм	%	Не більше 5,5	5,5	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка вологи та летких речовин	%	9,0-11,0	10,50	ДСТУ 7621:2014 «Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроти. Метод визначення вмісту вологи та летких речовин»
Масова частка золи, не розчиненої в 10 % HCl, в перерахуванні на а.с.р.	%	Не більше 1,0	0,30	ГОСТ 13979.6 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения золы»
Масова частка жиру та екстрактивних речовин в а.с.р.	%	Не більше 1,5	1,12	ГОСТ 13496.15 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира»
Вміст сторонніх домішок	-	Не дозволено	Не виявлено	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Масова частка металодомішок: частинки розміром до 2 мм включ.	%	Не більше 0,01	0,00030	ДСТУ 4600:2006 «Макухи та шроти. Методи визначення металевих домішок»
Масова частка металодомішок: частинки розміром більше 2 мм із гострими краями	%	Не дозволено	Не виявлено	ДСТУ 4600:2006 «Макухи та шроти. Методи визначення металевих домішок»
Зараженість шкідниками / наявність слідів зараження	-	Не дозволено	Не виявлено	ГОСТ 13496.13 «Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов»
Масова частка залишкової кількості розчинника	%	Не більше 0,08	0,04	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Масова частка сирого протеїну в перерахунку на а.с.р.	%	Не менше 39,0	40,84	ДСТУ 7169:2010 «Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну»
Масова частка сирої клітковини в перерахунку на а.с.р.	%	Не більше 23,0	19,9	ДСТУ 8844:2019 «Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення сирої клітковини»
Сумарна масова частка розчинених протеїнів у шроті до загальної кількості протеїну	%	Не менше 68,0	70,60	ДСТУ 7802:2015 «Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроти. Метод визначення індексу розчинності протеїну у воді»
Масова частка загальної золи	%	Не більше 6,5	6,5	ГОСТ 13979.6 «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения золы»
Загальна енергетична поживність у перерахуванні на суху речовину	к.о.	Не менше 0,968	1,01	ДСТУ 4638:2006 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»
Мікотоксини:				
Афлотоксин В1	мг/кг	Не більше 0,005	< 0,0025	ИК-8-2.4.ИПЛ/19-00-2019
Зеараленон	мг/кг	Не більше 1,0	< 0,1500	ИК-8-2.4.ИПЛ/19-00-2019
Пестициди:				
Гексахлоран	мг/кг	Не більше 0,20	< 0,050	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Гептахлор	мг/кг	Не дозволено	< 0,050	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»
ДДТ	мг/кг	Не більше 0,10	< 0,050	ГОСТ 13496.20 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов»
Токсичні елементи:				
Свинець	мг/кг	Не більше 1,50	< 0,1200	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно- абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Миш'як	мг/кг	Не більше 0,30	< 0,08	ДСТУ 8050:2015 «Корми для тварин, сировина для виготовлення повнораціонних сумішей, виділення тварин. Визначення вмісту миш'яку та ртуті методом атомно- абсорбційної спектрометрії»
Кадмій	мг/кг	Не більше 0,50	0,2100	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно- абсорбційний метод визначення токсичних елементів»

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Ртуть	мг/кг	Не більше 0,10	< 0,001	ДСТУ 8050:2015 «Корми для тварин, сировина для виготовлення повнораціональних сумішей, виділення тварин. Визначення вмісту миш'яку та ртуті методом атомно-абсорбційної спектрометрії»
Мідь	мг/кг	Не більше 70,00	25,1500	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Цинк	мг/кг	Не більше 150,00	89,1500	ГОСТ 30178-96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів»
Радіонукліди:				
Цезій (Cs) – 137	Бк/кг	Не більше 600,00	< 0,00	МІ 12-08-99. МВВ№07-119:2011
Стронцій (Sr) – 90	Бк/кг	Не більше 100,00	4,65	МІ 12-08-99. МВВ№07-119:2011

Провівши аналіз фактичних значень показників з нормативними можна зробити висновок, що даний зразок соняшникового шроту повністю відповідає вимогам нормативно-технічної документації і може входити до раціону тварин у якості джерела білків.

Проте варто зауважити, що деякі з показників доходять до своїх критичних нормативних значень, а саме: масова частка гранул, що пройшли через сито 2,0 мм, масова частка вологи та летких речовин, масова частка загальної золи і ДДТ. А також гептахлорану хоч і знайдено < 0,050 мг/кг, але згідно технічної документації, його вміст у шротові взагалі не допускається.

### 3.2 Мікробіологічні показники якості досліджуваних зразків

Після проведення досіду, зразки були направлені до науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center» для перевірки зміни вмісту патогенної мікрофлори. Результати цих визначень представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Мікробіологічні показники якості досліджуваних зразків

Мікробіологічні дослідження:						
Показник	Од. вим	Допустимі значення за НД	Контроль	Плазмохіміч но активована вода	Плазмохімічно активована вода з гіпохлоритом натрію	Нормативно- технічний документ на метод випробувань
1	2	3	4	5	6	7
Escherichia coli	К- сть в 1,0 г	Не допускаєть ся	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ ГОСТ 30726-2002 «Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду Escherichia coli»

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Коагулазо- позитивні стафілокок и (S. Aureus та інші види)	К- сть в 1,0 г	Не допускаєть ся	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ ISO 6888- 1:2003 «Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування коагулазо- позитивних стафілококів (STAFYLOCOC CUS AUREUS та інших видів). Частина 1. Метод з використовуван ням агарового середовища Беард-Паркера»
МАФАНМ	КУ О в 1,0 г	$5,0 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^4$	$<1,0 \cdot 10^4$	$<1,0 \cdot 10^4$	ДСТУ 8446:2015 «Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно- анаеробних мікроорганізмів »
Бактерії роду Salmonella	К- сть в 25,0 г	Не допускаєть ся	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ EN 12824:2004 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення Salmonella»

З таблиці видно, що і у контрольного, і у дослідних зразків не виявлено патогенного зараження *Escherichia coli*, *S. Aureus* та інших видів стафілококів і

бактерій роду *Salmonella*, тобто за цими показниками шрот повністю відповідає нормативним вимогам.

Відсутність такого роду зараження пов'язане з уведення на виробництві принципів HACCP та дотримання вимог GHP/GMP, за якими сертифіковано підприємство. Зразки для аналізу були взяті безпосередньо після гранулятора виробничої лінії, тому можна зробити висновок про відповідність шроту показникам безпеки одразу після виготовлення. Проте для того, щоб гарантувати безпечність продукту при вживанні твариною, необхідно дослідити зразки після зберігання в силосах і після доставки транспортом на місце призначення.

Рівень вмісту мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікробів (МАФАНМ) не перевищує норму у  $5,0 \cdot 10^5$  КУО в 1,0 г, але після обробки плазмохімічно активованими водними розчинами спостерігається його зменшення з  $4,5 \cdot 10^4$  у контрольного зразку до меншого значення ніж  $1,0 \cdot 10^4$  у експериментальних зразків (рис3.1).

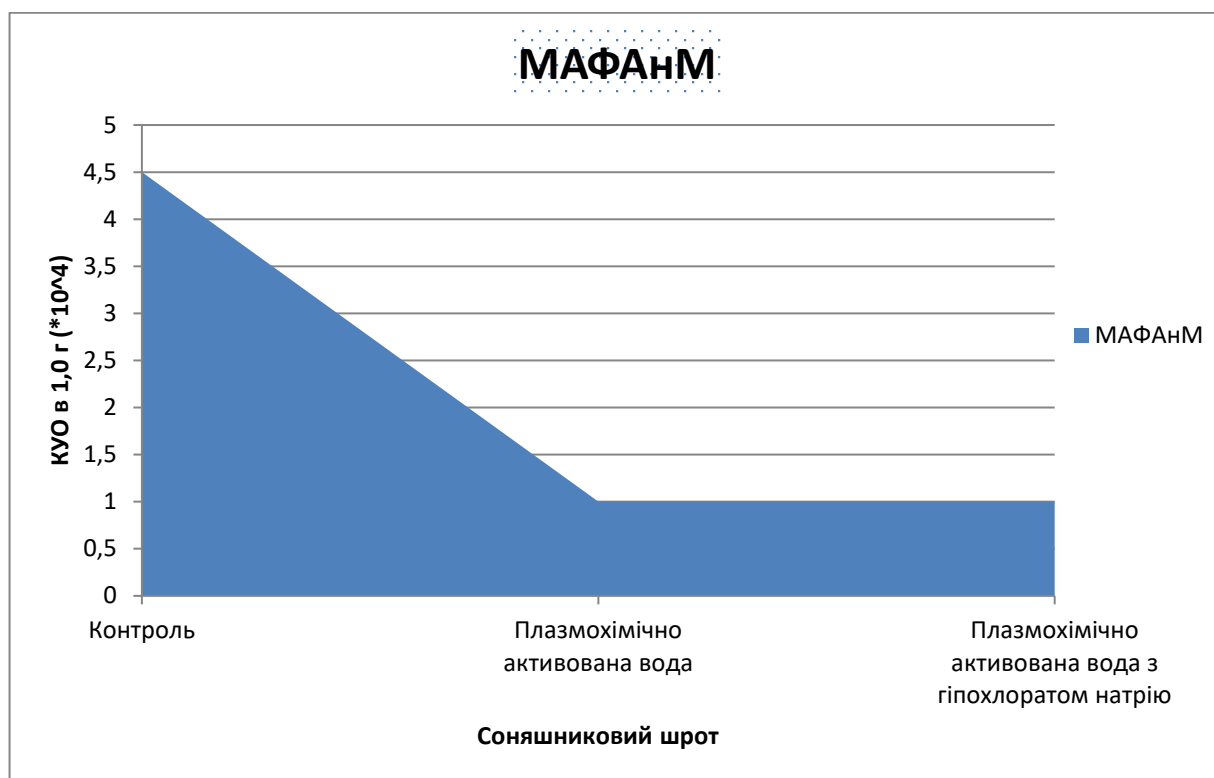


Рисунок 3.1 – Зміна вмісту мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікробів

На наш погляд, такий спосіб оброблення буде актуальний і для оброки соєвого та ріпакового шротів. В першу чергу це стосується соєвого шроту, як вказано у розділі 1, він давно вважається кормовим матеріалом високого ризику через часте зараження сальмонелою (сальмонела є основним харчовим патогеном і кожного року спричиняє 93 мільйони кишкових інфекцій і 155 тисяч смертельних випадків від діареї), а ключовий шлях її передачі – пероральний, у тому числі свиням і птиці через заражені корми. Крім того, необхідно пам'ятати, що мета гранулювання і термічної обробки при ньому – не гігієнічна якість корму, а покращення його конверсії [13].

Загалом необхідно провести додаткові дослідження, де будуть присутні зразки, зараженні бактеріями роду *Salmonella*.

### 3.3 Структурна схема обробки шроту плазмохімічно активованими водними розчинами

На основі проведеного дослідження, розроблено загальну структурну схему за якою можна проводити обробку шротів плазмохімічно активованими водними розчинами (рис. 3.2).



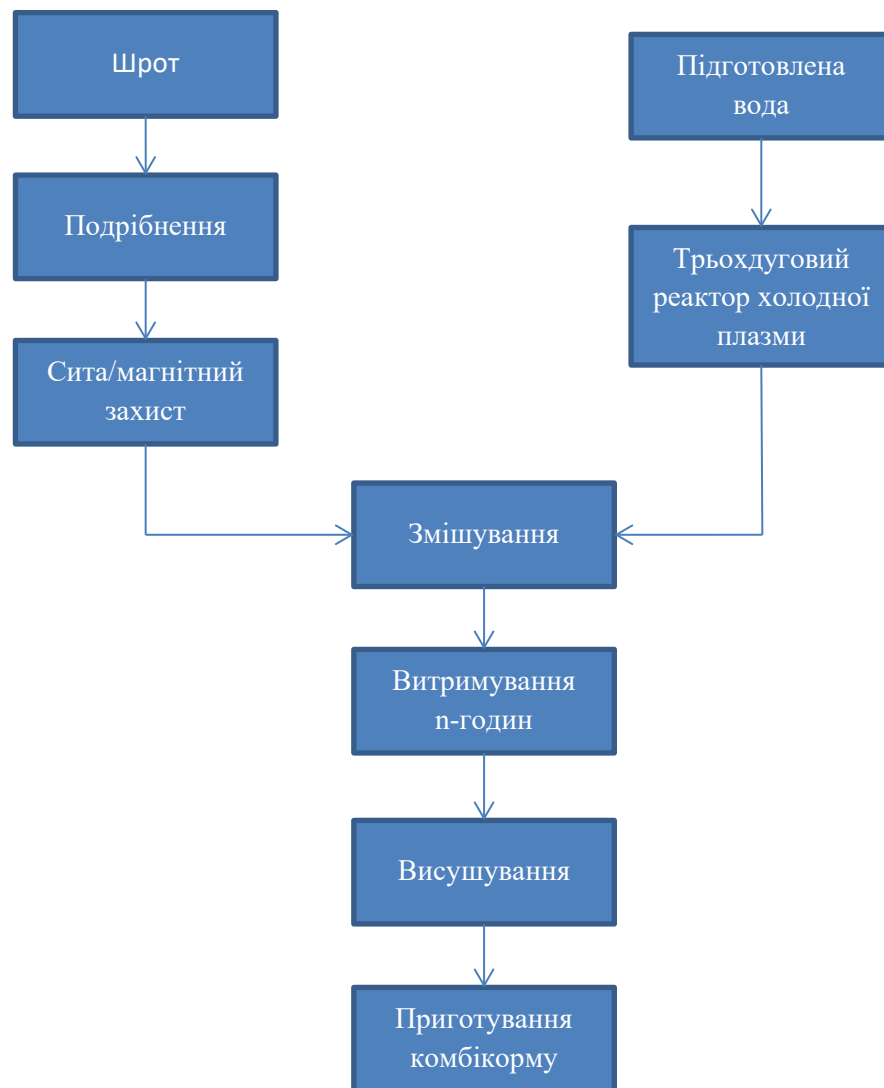


Рисунок 3.2 – Структурна схема обробки шроту плазмохімічно активованими водними розчинами

### Висновки до розділу 3

1. Проведено оцінку фізико-хімічних, органолептичних показників якості та показників безпеки соняшникового шроту, він повністю відповідає вимогам нормативно-технічної документації і допускається до споживання тваринами.

Але деякі з показників, а саме масова частка гранул, що пройшли через сито 2,0 мм, масова частка вологи та летких речовин, масова частка загальної золи і ДДТ доходять до своїх критичних нормативних значень.

2. І у контрольного, і у дослідних зразків не виявлено патогенного зараження *Escherichia coli*, *S. Aureus* та інших видів стафілококів і бактерій роду *Salmonella*, а рівень зараження МАФАНМ не перевищує норму у  $5,0 \cdot 10^5$  КУО в 1,0 г.

Після обробки плазмохімічно активованими водними розчинами спостерігається зменшення зараження МАФАНМ з  $4,5 \cdot 10^4$  у контрольного зразку до  $1,0 \cdot 10^4$  у експериментальних зразків.

Ми вважаємо, що отримані результати показують позитивну дію плазмоактивованих розчинів на зменшення мікроорганізмів, проте необхідно проводити більш масштабне дослідження з використанням зразків шроту після зберігання у силосах та після доставки до споживача з коригуванням режимів обробки.

3. Розроблено та побудовано структурну схему обробки шротів плазмохімічно активованими водними розчинами, яку можна використовувати при подальших дослідженнях.

#### 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Організація проведення дослідження

Для виконання кваліфікаційної роботи за темою обґрунтування технології переробки шротів з застосуванням плазмохімічно активованих водних розчинів було обрано та розроблено сітковий метод планування та управління.

Перший етап – складання плану проведення дослідження, який наведений у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , (дні)
1	2	3
0-0	Отримання завдання на роботу	0
0-1	Пошук подібних досліджень та перевірка актуальності обраної теми	5
1-2	Пошук методики виконання дослідження	3
2-3	Створення плану проведення дослідження	1
3-4	Огляд та характеристика шротів, їх застосування	16
3-5	Пошук інформації про плазмохімічно активовану воду, її аналіз	17
3-6	Пошук та підготовка зразків шроту	3
3-7	Виготовлення зразків плазмохімічно активованої води	5
4-8	Ознайомлення з робочим місцем, його підготовка	2
5-8	Проведення дослідження: замочування шроту та його сушіння	2
6-8	Лабораторний аналіз зразків на вміст патогенної мікрофлори	5
7-8	Аналіз отриманих результатів, побудова таблиць і графіків	5

## Продовження таблиці 4.1

1	2	3
8-9	Виконання розділу «Охорона праці»	7
8-10	Виконання розділу «Організаційно-економічна частина»	6
9-11	Оформлення дипломної роботи	5
10-11	Отримання рецензійного відгуку	4
11-12	Підготовка тез за виконаною роботою	5
12-13	Створення презентації у MS PowerPoint	3
13-14	Захист дипломної роботи	1
Всього:		95

## 4.2 Побудова сітьового графіка

На основі складеного плану робіт, будуємо сітьовий графік (рис. 4.1).

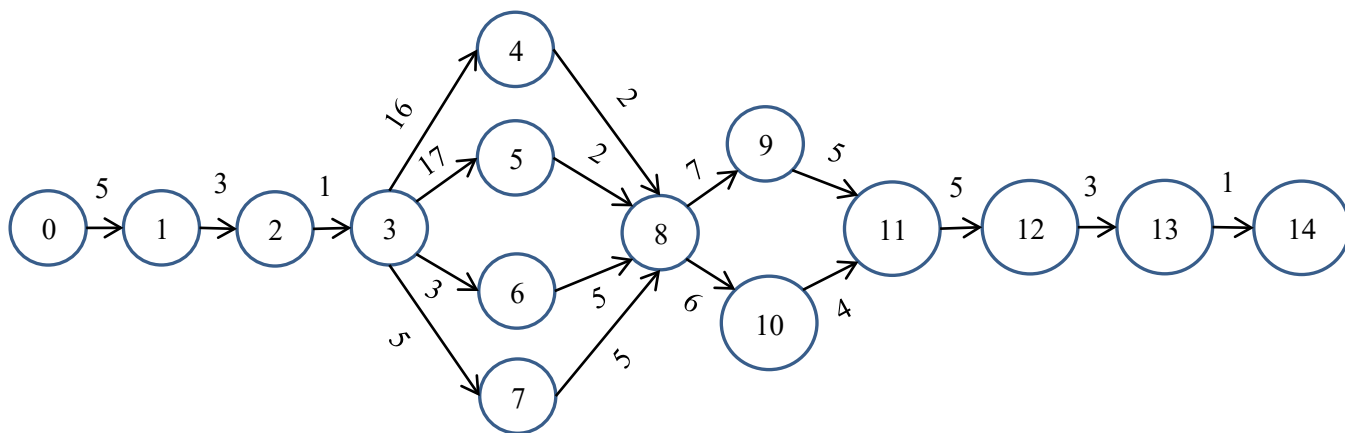


Рисунок 1 – Сітьовий графіки проведення дослідження

На основі створеного сітьового графіку знаходимо всі повні шляхи – тривалості робіт від початку до кінця, що виконуються послідовно.

$$L_{0-1-2-3-4-8-9-11-12-13-14}^1 = 5+3+1+16+2+7+5+5+3+1=48$$

$$L_{0-1-2-3-5-8-9-11-12-13-14}^2 = 5+3+1+17+2+7+5+5+3+1=49$$

$$L_{0-1-2-3-6-8-9-11-12-13-14}^3 = 5+3+1+3+5+7+5+5+3+1=38$$

$$L_{0-1-2-3-7-8-9-11-12-13-14}^4 = 5+3+1+5+5+7+5+5+3+1=40$$

$$L_{0-1-2-3-4-8-10-11-12-13-14}^5 = 5+3+1+16+2+6+4+5+3+1=46$$

$$L_{0-1-2-3-5-8-10-11-12-13-14}^6 = 5+3+1+17+2+6+4+5+3+1=47$$

$$L_{0-1-2-3-6-8-10-11-12-13-14}^7 = 5+3+1+3+5+6+4+5+3+1=36$$

$$L_{0-1-2-3-7-8-10-11-12-13-14}^8 = 5+3+1+5+5+6+4+5+3+1=38$$

Згідно розрахованих даних, критичним шляхом є шлях № 2, що дорівнює 49 дням.

Далі проводимо розрахунок параметрів сітьового графіка (табл. 4.2).

За допомогою плану дослідження та сітьового графіка, визначаємо пізній ( $T_i^n$ ) та ранній ( $T_i^p$ ) терміни здійснення події.

Резерв шляху ( $R_l$ ) розраховуємо за формулою (4.1):

$$R_l = T_i^n - T_i^p, \quad (4.1)$$

де,  $R_l$  – резерв шляху, дні;

$T_i^n$  – пізній термін здійснення події, дні;

$T_i^p$  – ранній термін здійснення події, дні.

Таблиця 4.2 – Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шляху

Номер події	Ранній термін здійснення події ( $T_i^p$ ), дні	Пізній термін здійснення події ( $T_i^n$ ), дні	Резерв шляху ( $R_l$ ), дні
1	2	3	4
0	0	0	0
1	5	5	0
2	8	8	0
3	9	9	0
4	12	26	14

## Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
5	17	28	11
6	23	35	12
7	27	40	13
8	32	45	13
9	35	48	13
10	36	49	13

Далі знаходимо повний і вільний резерв часу та коефіцієнт напруженості робіт, заносимо отримані дані у табл. 4.3.

Повний резерв часу роботи ( $R_{ij}^n$ ) – максимальна кількість часу, на значення якого можна збільшити тривалість роботи без впливу на довжину критичного шляху. Розраховується за формулою (4.2):

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (4.2)$$

де,  $t_{ij}$  – тривалість роботи, днів.

Вільний резерв часу роботи ( $R_{ij}^B$ ) – максимальна кількість часу, на значення якого можна збільшити тривалість робіт чи відтермінувати його початок без зміни ранніх термінів початку наступних робіт. Розраховується за формулою (4.3):

$$R_{ij}^B = T_j^P - T_i^P - t_{ij}, \quad (4.3)$$

Коефіцієнт напруженості робіт ( $K_{ij}^H$ ) – показує наскільки вільно ми можемо управляти наявними резервами. Розраховується за формулою (4.4):

$$K_{ij}^H = \frac{L_{\max ij} - t_{ij}}{L_{кр} - t_{ij}}, \quad (4.4)$$

де,  $L_{\max ij}$  – довжина максимального шляху, що проходить через роботу;

$L_{кр}$  – критичний шлях.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку повного і вільного резерв часу та коефіцієнту напруженості робіт

Шифр події, і-і	Вільний резерв часу роботи ( $R_{ij}^B$ ), дні	Повний резерв часу роботи ( $R_{ij}^n$ ), дні	Коефіцієнт напруженості робіт ( $K_{ij}^H$ )
0-1	0	0	1
1-2	0	0	1
2-3	0	0	1
3-4	0	1	0,97
3-5	0	0	1
3-6	0	14	0,76
3-7	0	12	0,80
4-8	1	1	0,98
5-8	0	0	1
6-8	11	11	0,75
7-8	9	9	0,80
8-9	0	0	1
8-10	0	1	0,95
9-11	0	0	1
10-11	2	1	0,96
11-12	0	0	1
12-13	0	0	1
13-14	0	0	1

Можна зробити висновок, що для успішного виконання всіх робіт необхідно витратити 49 днів. Деякі з робіт мають гнучкі календарні терміни через достатній резерв часу.

#### 4.3 Витрати, що пов'язані з проведенням дослідження

Розрахуємо витрати, які пішли на проведення дослідження. До таких витрат можна віднести:

- витрати на основні матеріали;

- витрати на електроенергію;
- витрати на нарахування заробітної плати;
- витрати на амортизацію;
- накладні витрати.

Витрати на основні матеріали розраховуємо по формулі (4.5):

$$M = \sum m_i * C_i, \quad (4.5)$$

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

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

Результати розрахунку потрібної кількості матеріалів та їх вартість наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку потрібної кількості матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Соняшниковий шрот	2 кг	35	70
Плазмохімічно активована вода	1,4 л	100	140
Скляні ємності	2	40	80
Пергамент	1 м	5	5
Ємності для вимірювання рН	2	5	10
Всього			305

Заробітна плата визначається множенням середньочасового заробітку на кількість витраченого часу. Результати її розрахунку наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Виконавець проекту	10573,82	62,57	51	3191,07
Всього				3191,07



Відповідно до діючого законодавства, на заробітну плату працівника накладаються відрахування, які у сумарному розмірі складають 22 %. Від загальної суми заробітної плати вони складають:

$$H = \frac{3191,07 \cdot 22}{100} = 702,04 \text{ грн}$$

Для розрахунку витрат на електроенергію, скористаємося наступною формулою (4.6):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (4.6)$$

де,  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

$T$  – час роботи на установці, год.;

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

$a = 1,44$  грн./(кВт/год.).

При обробці соняшникового шроту плазмохімічно активованими водними розчинами було використано наступне електрообладнання:

- ваги лабораторні;
- млинок лабораторний;
- духовка шафа;
- персональний комп'ютер.

Витрати електроенергії на роботу вагів лабораторних склали:

$$E_1 = 0,012 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 1,68 = 0,0036 \text{ грн}$$

Витрати електроенергії на роботу млинка лабораторного склали:

$$E_2 = 0,32 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 1,68 = 0,73 \text{ грн}$$

Витрати електроенергії на роботу духової шафи склали:

$$E_3 = 1,4 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 16,93 \text{ грн}$$

Витрати електроенергії на роботу персонального комп'ютера склали:

$$E_4 = 0,03 \cdot 0,9 \cdot 503 \cdot 1,68 = 22,82 \text{ грн}$$

Загальні витрати електроенергії на роботу обладнання склали:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 0,0036 + 0,73 + 16,93 + 22,82 = 40,48 \text{ грн}$$

Затрати на амортизацію для задіяного устаткування (А, грн.) знаходимо за формулою (4.7):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (4.7)$$

де,  $\Phi$  – вартість устаткування, грн.;

$H$  – норма на річну амортизацію, %;

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

365 – кількість днів у році.

Затрати на амортизацію для вагів лабораторних становитимуть:

$$A = \frac{7500 \cdot 10 \cdot 0,0003}{100 \cdot 365} = 0,0006 \text{ грн}$$

Затрати на амортизацію для млинку лабораторного становитимуть:

$$A = \frac{3850 \cdot 10 \cdot 0,002}{100 \cdot 365} = 0,002 \text{ грн}$$

Затрати на амортизацію для духової шафи становитимуть:

$$A = \frac{3500 \cdot 15 \cdot 0,01}{100 \cdot 365} = 6,39 \text{ грн}$$

Затрати на амортизацію для персонального комп'ютера становитимуть:

$$A = \frac{4300 \cdot 15 \cdot 0,7}{100 \cdot 365} = 1,24 \text{ грн}$$

Результати проведених розрахунків представлено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунків амортизаційних витрат

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Час роботи, місяці	Витрати на амортизацію, грн.
Ваги лабораторні	7500,00	10	0,0003	0,0006
Млинок лабораторний	3850,00	10	0,002	0,002
Духова шафа	3500,00	15	0,01	6,39
Персональний комп'ютер	4300,00	15	0,7	1,24
Всього				7,63

Розраховуємо накладні витрати, які пов'язані з затратами на обслуговування устаткування, приймаються як 80 % від заробітної плати виконавців дослідження і дорівнюють:

$$\frac{3191,07 \cdot 80}{100} = 2552,86 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження представлений у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	305
Заробітна платня	3191,07
Нарахування на заробітну платню	702,04
Енергетичні витрати	40,48
Амортизація	7,63
Накладні витрати	2552,86
Додаткові витрати (на лабораторні аналізи)	3105
Всього	9904,08

З таблиці видно, що найбільшу частину витрат на дослідження займають заробітна платня і додаткові витрати (лабораторні аналізи) – 3191,07 та 3105 грн., відповідно.

#### 4.4 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому вартість (Ц, грн.) визначалась на основі витрат на дослідження і його рентабельності за формулою (4.8):

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (4.8)$$

де, С – витрати на дослідження, грн.;

Р – нормативна рентабельність, %; Р=30 %.

Тож ми отримуємо:

$$Ц = 9904,08 + \frac{30 \cdot 9904,08}{100} = 12875,30 \text{ грн}$$

Вартість дослідження з урахуванням 30 % рентабельності становлять: 12875,30 грн.

#### Висновки до розділу 4

Згідно плану дослідження було побудовано сітьовий графік, критичний шлях якого склав 49 днів. Визначена тривалість менша за терміни виконання дослідження і навіть надає запас у часі для непередбачених подій, тому сітьовий графік виконаний правильно.

Найбільшу частину витрат на дослідження зайняли – витрати на заробітну плату і додаткові витрати (лабораторні аналізи), які становлять 3191,07 і 3105 грн., відповідно. Після врахування нормативної рентабельності у 30 %, загальні затрати на проведення дослідження становлять 12875,30 грн.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В Україні діє законодавство про охорону праці, яке ґрунтується на Конституції України, Законі України «Про охорону праці», Кодексі законів про працю, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та інших підзаконних актах, розроблених на їх основі.

Виконувати вимоги законодавства про працю зобов'язані всі юридичні та фізичні особи, що використовують найману працю, та всі працівники.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, які покликані зберегти життя, здоров'я і працездатність людини протягом трудової діяльності [59].

### 5.1 Організація охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій

Відповідно до Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та безпеки життєдіяльності в закладах, установах, організаціях, підприємствах, що належать до сфери управління Міністерства освіти і науки України, в університеті провадиться навчання з охорони праці і здійснюється ознайомлення студентів з законодавством з охорони праці [60].

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», відповідальним за охорону праці на підприємстві є роботодавець [59], а у нашому випадку – завідувач кафедри «Харчових технологій», до підпорядкування якої відноситься лабораторія.

Навчальна лабораторія з харчових технологій призначена для проведення лекційних та лабораторних занять з ряду дисциплін. Вона укомплектована відповідними робочими поверхнями, приладами і обладнанням, хімічним і кухонним посудом та мийкою, необхідними для виконання ряду операцій, характерних для роботи харчових технологів.

Правила поведення в лабораторії розроблені відповідно до типових інструкцій з охорони праці і пожежної безпеки.

Проведення дослідів та робота з обладнанням дозволена лише у присутності працівників лабораторії чи/та викладачів, які мають відповідну кваліфікацію та пройшли навчання і перевірку знань з охорони праці, а саме вступний, первинний, повторний і, за необхідності, позаплановий та цільовий інструктажі.

Вступний інструктаж – проводиться спеціалістом з охорони праці або будь-якою іншою особою, на яку покладено дані повноваження наказом керівництва і яка має відповідну кваліфікацію.

Вступний інструктаж зобов'язані проходити працівники, що приймають на тимчасову або постійну роботу, незалежно від попереднього досвіду, а також особи, що знаходяться у закладі освіти чи установі і безпосередньо приймають участь у освітньому або виробничому процесі.

Первинний інструктаж – проводиться перед початком роботи з самим працівником, що виконуватиме цю роботу, або з групою осіб, задіяних у її виконанні, за чинними в установі інструкціями з охорони праці.

Повторний інструктаж – проводиться для перевірки засвоєння первинного інструктажу з окремим працівником або групою працівників, що виконують однотипні роботи.

Навчальна лабораторія університету не відноситься до робіт з підвищеною небезпекою, тому повторний інструктаж проводиться 1 раз на 6 місяців [60] (Перелік робіт з підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-4.12-2005) затверджений наказом Держнаглядохоронпраці і складається зі 137 видів робіт [61]).

Позаплановий інструктаж – проводиться у обсязі залежно від причини його проведення (введення в дію чи заміна актів з охорони праці, зміна технологічного процесу або його складових, порушення вимог з охорони праці працівником або при перерві у роботі – для навчальної лабораторії, понад 60 днів) у лабораторії або у кабінеті інженера з охорони праці.

Цільовий інструктаж проводиться у 2 випадках – ліквідація аварії чи стихійного лиха та проведення робіт, на які необхідний наряд-допуск чи розпорядження.

До роботи у навчальній лабораторії не допускають особи, що не пройшли інструктаж та перевірку знань з охорони праці [60]. Для контролю за проведенням інструктажів серед працівників університету та студентів створено журнал контролю.

## 5.2 Аналіз стану охорони праці в навчальній лабораторії

Навчальна лабораторія з харчових технологій, в разі настання небезпечних ситуацій, обладнана первинними засобами пожежогасіння, відповідно до Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України [62], засобами надання домедичної допомоги при кровотечах, опіках чи пораненнях та планом евакуації.

Крім того, інструкція о охорони праці в лабораторії розміщена на видному місці, так, що кожен може мати до неї доступ за потреби.

У процесі роботи на викладача або студента можуть діяти як шкідливі, так і небезпечні виробничі фактори.

Шкідливі виробничі фактори – це фактори навколишнього середовища чи трудового процесу, при дії яких у працівника може виникати професійне захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищення частоти соматичних та інфекційних захворювань, а також погіршуватися його здоров'я та здоров'я нащадків.

До шкідливих факторів лабораторії можна віднести: запиленість та недостатню освітленість робочої зони, а також температурні умови у зимову пору року.

Небезпечні виробничі фактори можна описати як чинники навколишнього середовища і/чи трудового процесу, які здатні призвести до неочікуваного і різкого захворювання (отруєння), погіршення здоров'я або смерті.

До таких факторів у навчальній лабораторії можна віднести:



- вплив температурних чинників (висока температура, джерелом якої є сушильна та духова шафи);
- вплив електричних чинників (будь-який електричний прилад є джерелом подібної небезпеки, якщо він виконаний і/або встановлений без заземлення і/або занулення);
- вплив обертових частин приладів і/або механізмів (наприклад, частини лабораторного млина або пресу, що обертаються);
- вплив дії токсичних речовин (ртутний термометр з порушеним зовнішнім скляним захистом) [63].

### 5.3 Вимоги безпеки при роботі з електричною духовою піччю

Більша частина експериментальної роботи була пов'язана з електричною духовою піччю, де проводилося підсушування зразків шроту, тому було розроблено інструкцію на даний вид роботи.

#### Загальні положення

Електрична духова піч працює від мережі 220 В. На працівника можуть діяти наступні фактори ураження:

- електричний струм;
- висока температура.

До роботи допускають особи, що успішно склали перевірку знань з охорони праці та досягли 18-річного віку. Вони мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту, а саме – бавовняний халат, капелюх, захисні рукавиці та окуляри.

#### Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно одягти засоби індивідуального захисту, підготувати робоче місце та саму піч, а саме:

- прибрати все зайве з робочої поверхні і підготувати зразки;
- перевірити справність витяжного обладнання;

- перевірити наявність та стан заземлення/занулення для даної установки;
- ввімкнути її та переконатися у відсутності непритаманних звуків, запахів або/і світлових ефектів.

Заборонено залишати працюючу електричну піч без нагляду.

#### Вимоги безпеки під час роботи

При роботі необхідно використовувати рукавиці для того, щоб завантажувати та розвантажувати зразки з печі.

Не допускати потрапляння води чи/і інших рідин на струмопровідні частини обладнання.

Не дозволяється поміщати всередину печі зразки, здатні спалахнути при встановленій температурі сушіння.

Після доставання зразку дати йому охолонути до кімнатної температури у спеціально відведеному місці.

#### Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи необхідно вимкнути піч та дочекатися її повного охолодження.

Прибрати інструменти, матеріали та інше обладнання, що використовувалося на робочому місці.

Вимкнути витяжну вентиляцію та перевірити справність індивідуальних засобів захисту (ЗІЗ). Використання пошкоджених ЗІЗ не допускається.

Вимити руки з милом.

Заборонено залишати без нагляду робоче місце, де залишилося працююче лабораторне обладнання.

#### Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При роботі на електричній духовій печі можуть статися наступні аварійні ситуації:

- закорочення електроприладу внаслідок потрапляння будь-якого роду рідини або порушення струмопровідного захисту;

- виникнення пожежі.

При закороченні електроприладу необхідно знеструмити піч, повідомити керівнику робіт про інцидент та викликати чергового електрика. Не починати роботу не отримавши дозволу від електрика.

При виникненні пожежі необхідно вимкнути витяжну шафу, для попередження поширення полум'я витяжною вентиляцією, та знеструмити електричні прилади. Повідомити керівника робіт та викликати пожежну службу за номером 101. Самостійно приступити до гасіння полум'я первинними засобами пожежогасіння.

Заборонено гасити водою дроти та електроустановки, що знаходяться під напругою, для цього використовувати порошкові вогнегасники, а також легкозаймисті рідини, що горять, для них використовувати порошкові вогнегасники, сукно, пісок і ін. При загорянні рідин, що змішуються з водою можна використовувати будь-які засоби пожежогасіння, а при загорянні речовин, що не змішуються з водою, заборонено використовувати воду для гасіння пожежі.

Якщо має місце термічний опік, то потрібно негайно зупинити контакт з джерелом опіку та обробити рану прохолодною водою (не льодом, а саме водою). Заборонено обробляти уражену ділянку будь-якими кремами або розчинами. Далі необхідно звільнити шкіру навколо місця ураження від одягу, який легко відділяється, та накласти стерильну пов'язку. Дати випити води, за необхідності – надати знеболююче та викликати лікарів за номером 103 [64].

При ураженні електричним струмом, необхідно звільнити постраждалого від дії небезпечного чинника та оцінити його стан. При відсутності у нього дихання і пульсу або при затухаючому його характері потрібно почати робити непрямий масаж серця та штучне дихання за схемою 30:2. Екстрена медична допомога після ураження струмом викликається завжди, не залежно від того чи потерпілий у свідомості, чи ні, дихає він або ні, так як електричний струм може діяти з відкладеним ефектом.

При нещасному випадку, який спричинив виникнення кровотечі, необхідно спочатку впевнитися, що місце безпечно як для Вас, так і для потерпілого, за наявності – одягнути латексні рукавички та захисні окуляри. Далі знайти джерело кровотечі та здійснити прямий тиск на рану, перевірити свідомість пацієнта, покликати на допомогу оточуючих та попросити викликати екстрену медичну допомогу.

За наявності джгута – накладити його максимально високо на пошкоджену кінцівку, за наявності перев'язувальних гемостатичних стерильних засобів або стерильного/чистого перев'язувального матеріалу – проводити щільне тампонування рани та продовжувати тиснути на неї мінімум 3-х хвилини, доки кровотеча не зупиниться. Якщо кровотеча триває після накладання джгута – перевірити правильність його накладання [65].

#### 5.4 Заходи з поліпшення охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій

У навчальній лабораторії відсутній виробничий травматизм, тому було прийнято рішення оцінити параметри, які є ключовими при проведенні дослідження, а саме температура та рівень запиленості.

Для визначення температури користувалися звичайним спиртовим термометром. У день проведення дослідження отримали значення – 15,9 градусів за Цельсієм. Оцінку відповідності температурного рівня проводимо згідно «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99» [66].

Для визначення запиленості у лабораторії під час перемелювання шроту був використаний ваговий метод, який полягає у пропусканні 1 м<sup>3</sup> повітря через фільтр АФА (аналітичний фільтр аерозольний). Різниця у вазі між пустим і відпрацьованим фільтром, поділена на об'єм повітря, показує скільки мг пилу знаходиться у робочій зоні.

У робочій зоні на аспіраторі проводилося два паралельних досліди – відстані 1,5 м від підлоги.

Вага фільтрів до визначення становила:

$$P_{0(1)}=74,7 \text{ мг}$$

$$P_{0(2)}=74,9 \text{ мг}$$

Вага фільтрів після аспіратора становить:

$$P_1=196,9 \text{ мг}$$

$$P_2=213,2 \text{ мг}$$

Концентрація пилу соняшникового шроту ( $X$ ) в  $1 \text{ м}^3$  повітря ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) знаходимо за формулою (5.1):

$$X_n = \frac{P_n - P_0}{V_n}, \quad (5.1)$$

де,  $P_n, P_0$  – вага фільтра після і до дослідів відповідно, мг;

$V_n$  – об'єм просоченого повітря через фільтр, л; визначається за формулою (5.2):

$$V_n = V \cdot T, \quad (5.2)$$

де,  $V$  – об'ємна швидкість, показання поплавця ротаметра аспіратора, л/хв.; для наших дослідів  $V_1=8$  л/хв, а  $V_2=10$  л/хв.

$T$  – час дослідів, хв.; у нашому випадку  $T_1=5$  хв і  $T_2=5$  хв.

Тож отримуємо:

$$V_1=8 \cdot 5=40 \text{ л/хв.}$$

$$V_2=10 \cdot 5=50 \text{ л/хв.}$$

Концентрація пилу становитиме:

$$X_1 = \frac{196,9 - 74,7}{40} = 3,1 \text{ мг/м}^3$$

$$X_2 = \frac{213,2 - 74,9}{50} = 2,8 \text{ мг/м}^3$$

Концентрація пилу соняшникового шроту в  $1 \text{ м}^3$  за нормальних умов ( $X_0$ ) знаходимо за формулою (5.3):

$$X_0 = \frac{P_n - P_0}{V_0}, \quad (5.3)$$

де,  $V_0$  – об'єм просоченого повітря, приведеного до нормальних умов (об'єм за температури  $0$  градусів Цельсія та  $760$  мм рт. ст.) і визначається за формулою (5.4):

$$V_0 = \frac{V_n * 273 * B}{(273 + t) * 760}, \quad (5.4)$$

де,  $B$  – барометричний тиск у місці відбору проби, мм рт. ст.;  $B = 768$  мм рт. ст.;

$t$  – температура повітря у місці відбору проби, градуси Цельсія;  $t = 15,9$  градусів Цельсія.

Об'єм просоченого повітря становить:  $10\ 483\ 200\ 219\ 564$

$$V_{0(1)} = \frac{40 * 273 * 768}{(273 + 15,9) * 760} = 38,2 \text{ л}$$

$$V_{0(2)} = \frac{50 * 273 * 768}{(273 + 15,9) * 760} = 47,7 \text{ л}$$

Тоді концентрація пилу в  $1 \text{ м}^3$  за нормальних умов становитиме:

$$X_{0(1)} = \frac{196,9 - 74,7}{38,2} = 3,2 \text{ мг/м}^3$$

$$X_{0(2)} = \frac{213,2 - 74,9}{47,7} = 2,9 \text{ мг/м}^3$$

Середнє значення концентрація пилу в 1 м<sup>3</sup> за нормальних умов становить:

$$X_{0\text{сер.}} = \frac{X_{0(1)} + X_{0(2)}}{2} = \frac{3,2 + 2,9}{2} = 3,1 \text{ мг/м}^3$$

Оцінку відповідності умов роботи проводимо згідно СН 245-71 і ГОСТ 12.1.005.

#### Висновки до розділу 5

Проведено оцінку стану охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій та розглянуто положення, за якими вона працює.

Можна зробити висновок, що навчальна лабораторія має прийнятні умови для проведення занять та виконання досліджень.

Було проведено оцінку факторів, найбільш важливих для даного дослідження, а саме – температури та запиленості. Температура у лабораторія становила 15,9 градусів за Цельсієм, що є нижче затвердженої норми у 21–23 градусів за Цельсієм відповідно до «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99». Тому рекомендовано збільшити температурний режим за рахунок придбання електричних нагрівальних панелей.

Розраховано середню концентрацію пилу соняшникового шроту в 1 м<sup>3</sup> за нормальних умов, яка становила 3,1 мг/м<sup>3</sup>. Згідно СН 245-71 і ГОСТ 12.1.005, максимальна концентрація пилу шроту і макухи у робочій зоні досягає 6 мг/м<sup>3</sup>, тому рівень запиленості цілком відповідає нормі. Проте лабораторія повинна бути обладнана витяжною шафою, тому рекомендовано придбати її.

#### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз хімічного складу та кормової цінності шротів, як відходу олійноекстракційного виробництва. Для подальшого дослідження було обрано соняшниковий шрот, так як він є одним з найпоширеніших в Україні, є гарним компонентом кормів та у середньому містить від 29 до 32 % сирого протеїну.

Знайденні дані, що проблема перехресного зараження кормів патогенними мікроорганізмами, особливо бактеріями групи *Salmonella*, є актуальною і призводить як до погіршення загального стану тварини, яка вживає заражений корм, так і до захворювань людини, яка вживає заражені продукти, отримані від цієї тварини.

2. Рядом закордонних та вітчизняних досліджень підтверджено інактиваційний вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на мікроорганізми, у тому числі на патогенні. Вони зменшували зараженість *Saccharomyces cerevisiae*, *L. Monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas marginalis*, *Pectobacterium carotovorum*, *Listeria innocua*, *P. Chrysogenum*, *Candida albicans*, вірусами, грибками і пліснями та, що найважливіше, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* і *Salmonella Enteritidis*.

3. Проведено обробку соняшникового шроту плазмохімічно активованими водними розчинами і складено загальну структурну блок-схему.

За фізико-хімічними і органолептичними показниками якості та показниками безпеки, контрольний зразок повністю відповідав вимогам нормативно-технічної документації. Але у показників масової частки гранул, що пройшли через сито 2,0 мм, масової частки вологи та летких речовин, масової частки загальної золи і ДДТ фактичні значення доходили критичних нормативних значень.

4. Після проведення лабораторного визначення патогенної мікрофлори, контрольний та дослідні зразки не мали зараження *Escherichia coli*, *Staphylococcus Aureus* та іншими видами стафілококів і бактеріями роду *Salmonella*. Можливою причиною його відсутності є впровадження на виробництві принципів НАССР та дотримання вимог GHP/GMP. Проте, отримані результати дають нам змогу говорити лише про стан самого виробництва шроту, для більш повної картини



необхідно дослідити зразки після зберігання у силосах, після транспортування до споживача та перед згодовуванням тваринам.

Рівень зараження МАФАНМ, що від початку становив  $4,5 \cdot 10^4$  КУО в 1,0 г, після проведеного експерименту був зменшений до значення, меншого за  $1,0 \cdot 10^4$ . Такий результат можна вважати позитивним, проте ми вважаємо, що необхідні додаткові дослідження, де замість висушування при високій температурі буде застосовано активне вентилявання при низьких температурах, що дасть змогу більш точно стверджувати про ефективність плазмохімічно активованих водних розчинів для обробки шроту.

5. Після проведення розрахунків, вартість дослідження з урахуванням 30 % рентабельності склала 12875,30 грн. З фінансової точки зору, найбільшу частину витрат зайняли витрати на заробітну платню і додаткові витрати, тобто лабораторні аналізи, – 3191,07 та 3105 грн., відповідно.

6. Аналіз стану охорони праці у навчальній лабораторії з харчових технологій показав, що лабораторія має прийнятні умови для проведення занять та виконання досліджень. Проте температура у приміщенні (15,9 °C) не відповідає вимогам нормативно-технічної документації, тож рекомендовано придбати електричні панелі. Також проведено оцінку показника запиленості, він відповідав встановленим нормам, але все ж рекомендовано придбати витяжну шафу, яка має бути у лабораторії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія виробництва продукції тваринництва: Підручник / О.Т. Бусенко, В.Д. Столюк, О.Й. Могильний та ін.; За ред. О.Т. Бусенка. — К.: Вища освіта, 2005. — 496 с.: іл.

2. Кот, Т. О. Ріпаковий шрот – цінне джерело кормових білків / Т. О. Кот, Т. Т. Носенко // Інноваційні аспекти в питаннях технології, безпеки харчової продукції та екології : матеріали студентської наукової конференції факультету харчових технологій та екології, 23–24 травня 2013 р. – Львів : ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького, 2013.

3. Rutkowski, A. (1971). The feed value of rapeseed meal. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 48(12), 863–868. doi:10.1007/bf02609300

4. Davies, S. J., McConnell, S., & Bateson, R. I. (1990). Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture*, 87(2), 145–154. doi:10.1016/0044-8486(90)90271-n

5. Butler, E. J., Pearson, A. W., & Fenwick, G. R. (1982). Problems which limit the use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(9), 866–875. doi:10.1002/jsfa.2740330909

6. ТОП-5 експортерів ріпаку і продуктів його переробки. Agravery : веб-сайт. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/top-5-eksporteriv-ripaku-i-produktiv-jogo-pererobki12> (дата звернення: 23.10.2022).

7. Lomascolo, A., Uzan-Boukhris, E., Sigoillot, J.-C., & Fine, F. (2012). Rapeseed and sunflower meal: a review on biotechnology status and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 95(5), 1105–1114. doi:10.1007/s00253-012-4250-6

8. Huffman V. L., Lee C. K., & Burns E. E. (1975). Selected functional properties of sunflower meal (*Helianthus annuus*). *Journal of Food Science*, 40(1), 70–74. doi:10.1111/j.1365-2621.1975.tb03738.x

9. Senkoylu, N., & Dale, N. (1999). Sunflower meal in poultry diets: a review. *World's Poultry Science Journal*, 55(02), 153–174. doi:10.1079/wps19990011

10. Schneiter, A. A., Gordon Dorrell, D., & Vick, B. A. (1997). Properties and Processing of Oilseed Sunflower. *Agronomy Monograph*. doi:10.2134/agronmonogr35.c15

11. Sanz, A., Morales, A. E., de la Higuera, M., & Gardenete, G. (1994). Sunflower meal compared with soybean meals as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization. *Aquaculture*, 128(3-4), 287–300. doi:10.1016/0044-8486(94)90318-2
12. Taski-Ajdukovic, K., & Vasic, D. (2005). Different sterilization methods for overcoming internal bacterial infection in sunflower seeds. *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke*, (109), 59–64. doi:10.2298/zmspn0519059t
13. ТОП-5 експортерів соняшнику і продуктів його переробки. Agravery : веб-сайт. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/top-5-eksporteriv-sonasniku-i-produktiv-jogo-pererobki> (дата звернення: 25.10.2022).
14. Banaszkiwicz T. Nutritional value of soybean meal. *Soybean and Nutritions* / ed. By Hany El-Shemy. Rijeka, Croatia, 2011. P. 1–18.
15. Dozier W.A., Hess J.B. Soybean meal quality and analytical technics. *Soybean and Nutritions* / ed. By Hany El-Shemy. Rijeka, Croatia, 2011. P. 111–121
16. F. Hemetsberger, B. Zwirzitz, N. Yacoubi, W. Kneifel, K. Schedle, and K. J. Domig. Effect of Two Soybean Varieties Treated with Different Heat Intensities on Ileal and Caecal Microbiota in Broiler Chickens. *Animals (Basel)*. 2022 May; 12(9): 1109. doi: 10.3390/ani12091109
17. Chou, R. L., Her, B. Y., Su, M. S., Hwang, G., Wu, Y. H., & Chen, H. Y. (2004). Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229(1-4), 325–333. doi:10.1016/s0044-8486(03)00395-8
18. Method for preparing a fermented soybean meal using *Bacillus* strains : WO 2011/031020 A2 Seoul : A23L 1/20 (2006.01), A23K 1/14 (2006.01), PCT/KR2010/005683. Filing date 25.08.2010, publ. date 17.03.2011.
19. Wierup, M. (2017). Production of Soybean-Derived Feed Material Free from Salmonella Contamination: An Essential Food Safety Challenge. *Soybean – The Basis of Yield, Biomass and Productivity*. doi:10.5772/66332
20. Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards on a request from the Health and Consumer Protection, Directorate General, European Commission on

Microbiological Risk Assessment in feedingstuffs for foodproducing animals. The EFSA Journal (2008) 720, 1-84

21. ТОП-10 експортерів соєвого шрота из України. Latifundist : веб-сайт. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-eksporterov-soevogo-shrota-iz-ukrainy>

22. Нікончук Н. В. Виробництво рослинної олії : курс лекцій / Н. В. Нікончук. – Миколаїв : МНАУ, 2014. 58 с.

23. Le Clef, E., & Kemper, T. (2015). Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. *Sunflower*, 187–226. doi:10.1016/b978-1-893997-94-3.50014-3

24. Stojanov, V. (1975). Einfluß von verschiedenen technologischen Prozessen auf die Fütterungseigenschaften von Sonnenblumenextraktionsschrot. *Archiv Für Tierernaehrung*, 25(9–10), 707–716. doi:10.1080/17450397509423237

25. Sredanovic, S., Levic, J., & Đuragic, O. (2011). Upgrade of sunflower meal processing technology. *Helia*, 34(54), 139–146. doi:10.2298/hell1154139s

26. Holló, J., Perédi, J., Boródi, A., & Kövári, J. (1989). Production of Special Quality Sunflower Meal. *Fett Wissenschaft Technologie/Fat Science Technology*, 91(6), 219–224. doi:10.1002/lipi.19890910603

27. Барвінко Ю.О., Мінакова Є.Ю. Соняшниковий шрот підвищеної кормової цінності. Одеська національна академія харчових технологій : збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2020. С. 16–18.

28. Herianto, S., Hou, C., Lin, C., & Chen, H. (2020). Nonthermal plasma activated water: A comprehensive review of this new tool for enhanced food safety and quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. doi:10.1111/1541-4337.12667

29. Zhao, Y., Patange, A., Sun, D., & Tiwari, B. (2020). Plasma activated water: Physicochemical properties, microbial inactivation mechanisms, factors influencing antimicrobial effectiveness, and applications in the food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3951–3979. doi:10.1111/1541-4337.12644

30. Zhou, R., Zhou, R., Prasad, K., Fang, Z., Speight, R., Bazaka, K., & Ostrikov, K. (2018). Cold atmospheric plasma activated water as a prospective disinfectant: the crucial role of peroxyxynitrite. *Green Chemistry*. doi:10.1039/c8gc02800a

31. Rahman, M.; Hasan, M.S.; Islam, R.; Rana, R.; Sayem, A.; Sad, M.A.A.; Matin, A.; Raposo, A.; Zandonadi, R.P.; Han, H.; et al. Plasma-Activated Water for Food Safety and Quality: A Review of Recent Developments. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 6630. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116630>

32. Pivovarov O., Kovalova O., & Koshulko V. (2022). Disinfection of marketable eggs by plasma-chemically activated aqueous solutions. *Food Science and Technology*. 2022, 16(1). <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2289>

33. Xiang, Q., Zhang, R., Fan, L., Ma, Y., Wu, D., Li, K., & Bai, Y. (2020). Microbial inactivation and quality of grapes treated by plasma-activated water combined with mild heat. *LWT*, 126, 109336. doi:10.1016/j.lwt.2020.109336

34. Choi S., Puligundla P., & Mok C. (2016). Microbial Decontamination of Dried Alaska Pollock Shreds Using Corona Discharge Plasma Jet: Effects on Physicochemical and Sensory Characteristics. *Journal of Food Science*, 81(4), M952–M957. doi:10.1111/1750-3841.13261

35. Mildažienė V., Aleknavičiūtė V., Žūkienė R., Paužaitė G., Naučienė Z., Filatova I., Baniulis D. (2019). Treatment of Common Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds with Radio-frequency Electromagnetic Field and Cold Plasma Induces Changes in Seed Phytohormone Balance, Seedling Development and Leaf Protein Expression. *Scientific Reports*, 9(1). doi:10.1038/s41598-019-42893-5

36. Ковальова О.С. Перспективи виробництва мікрозелені з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів // Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: матер. ІХ Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. – (Прага, 30 квітня 2021 р.) – Прага: Oktan Print s.r.o., 2021. С. 42–43. – URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/5308>

37. Ковальова О.С. Виробництва харчових паростків з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів. *Innovative development of hotel and*

restaurant industry and food production: proceedings of II International scientific and practical Internet conference. Prague, Oktan Print, 2021, P. 188–190.

38. Ковальова О. С. Корегування індексу проростання пивоварних ячменів шляхом використання плазмохімічно активованих водних розчинів. Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 14–15 листопада 2019 р. – К.: НУХТ, 2019. С. 87–89.

39. Ковальова О. С., Савітченко К., & Перкова А. Пророщування зернової сировини з використанням прогресивних технологій (Doctoral dissertation). Національний університет харчових технологій, 2018.

40. Біленко А. О. Обґрунтування технології повітряного зерна амаранту з використанням плазмохімічного оброблення розчинів. Пояснювальна записка до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр», 2020. 97 с.

41. Піоваров О. А., & Миколенко С. Ю. Вплив плазмохімічно активованих розчинів на стан клейковини в складі пшеничного тіста. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2011. № 1. С. 38–42.

42. Миколенко С. Ю., Піоваров О. А. Застосування плазмохімічно активованих розчинів для інтенсифікації процесу газоутворення в тістових напівфабрикатах. Вопросы химии и химической технологии, 2010. № 5. СС. 22–25.

43. Піоваров О. А., Миколенко С. Ю., & Тищенко Г. П. Математичне моделювання та оптимізація технологічних параметрів виробництва хліба з використанням плазмохімічно активованих розчинів. 2012. УДК 664.64:681.5.015.23.

44. Скиба М. І., Піоваров О. А., Макарова А. К., Воробйова В. І., & Гнатко, О. М. Плазмохімічно оброблена вода та водні розчини для знезараження питної води. Технічні науки та технології. 2017. № (3(5)). С. 240. URL: <http://tst.stu.cn.ua/article/view/93246>

45. Піоваров О.А., Ковальова О.С. Застосування активованих нерівноважною плазмою водних розчинів в харчових виробництвах. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної

конференції, м. Дніпро, 18 травня 2022 р. : у 2 ч. / за заг. ред. А. С. Кобця. Дніпро, 2022. Ч. 1. С. 298–300.

46. Aboubakr H. A., Gangal U., Youssef M. M., Goyal S. M., & Bruggeman P. J. (2016). Inactivation of virus in solution by cold atmospheric pressure plasma: identification of chemical inactivation pathways. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 49(20), 204001. doi:10.1088/0022-3727/49/20/204001

47. Mohamed H., Nayak G., Rendine N., Wigdahl B., Krebs FC., Bruggeman PJ. and Miller V. (2021) Non-Thermal Plasma as a Novel Strategy for Treating or Preventing Viral Infection and Associated Disease. *Front. Phys.* 9:683118. doi: 10.3389/fphy.2021.683118

48. B. Pang, Z. Liu, H. Zhang, S. Wang, Y. Gao, D. Xu, D. Liu, M. G. Kong. Investigation of the chemical characteristics and anticancer effect of plasma-activated water: The effect of liquid temperature. *Plasma Processes Polym.* 2022;19:e2100079. <https://doi.org/10.1002/ppap.202100079>

49. Guesmi A., Cherif M.M., Baaloudj O. et al. Disinfection of corona and myriad viruses in water by non-thermal plasma: a review. *Environ Sci Pollut Res* 29, 55321–55335 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21160-7>

50. Ghernaout D. and Elboughdiri N. (2020) Disinfecting Water: Plasma Discharge for Removing Coronaviruses. *Open Access Library Journal*, 7, 1–29. doi: 10.4236/oalib.1106314.

51. Li Guo, Zhiqian Yao, Lu Yang, Hao Zhang, Yu Qi, Lu Gou, Wang Xi, Dingxin Liu, Lei Zhang, Yilong Cheng, Xiaohua Wang, Mingzhe Rong, Hailan Chen, Michael G. Kong. Plasma-activated water: An alternative disinfectant for S protein inactivation to prevent SARS-CoV-2 infection. *Chemical Engineering Journal*. Volume 421, Part 2, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127742>.

52. Bai Y., Idris Muhammad A., Hu Y., Koseki S., liao X., chen S., Ding T. (2020). Inactivation kinetics of *Bacillus cereus* spores by Plasma activated water (PAW). *Food Research International*, 109041. doi:10.1016/j.foodres.2020.109041

53. Tsoukou E., Bourke P., & Boehm D. (2020). Temperature Stability and Effectiveness of Plasma-Activated Liquids over an 18 Months Period. *Water*, 12(11), 3021. doi:10.3390/w12113021

54. Pereira S. S. P., Oliveira H. M. de, Turrini R. N. T. & Lacerda R. A. (2015). Disinfection with sodium hypochlorite in hospital environmental surfaces in the reduction of contamination and infection prevention: a systematic review. *Revista Da Escola de Enfermagem Da USP*, 49(4), 0681–0688. doi:10.1590/s0080-623420150000400020

55. Півоваров О. А., Воробйова М. І. Вилуговування дорогоцінних металів з упорних рудних концентратів розчинами, виготовленими на основі плазмохімічно активованої води. *Вопросы химии и химической технологии*. 2012. № 5. С. 150–154.

56. Півоваров О.А., Скиба М.І. Обробки води та водних розчинів контактною нерівноважною плазмою: теорія і практика : монографія. Дніпро : УДХТУ, 2021. 447 с.

57. Maheshwary S., Patel, N., Sathyamurthy N., Kulkarni A. D., & Gadre S. R. Structure and stability of water clusters (H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>, n=8–20: An ab initio investigation. *The Journal of Physical Chemistry A*. 2001. № 105(46). С. 10525-10537.

58. Larson M. A., Garside J. Solute clustering in supersaturated solutions. *Chem.Eng.Sci.* – 1986. – Vol.41, №5. – P. 1285–1289.

59. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 р. № 2695-ХІІ. Дата оновлення: 19.08.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 29.11.2022).

60. Про затвердження Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та безпеки життєдіяльності в закладах, установах, організаціях, підприємствах, що належать до сфери управління Міністерства освіти і науки України від 18.04.2006 р. № z0806-06. Дата оновлення: 30.01.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0806-06#n15> (дата звернення: 30.11.2022).



61. Перелік робіт з підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-4.12-2005) від 26.01.2005 р. № z0232-05. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-05#Text> (дата звернення: 30.11.2022).

62. Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України: наказ МОН України від 15.08.2016 р. № 974. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-16#Text> (дата звернення: 01.12.2022).

63. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: наказ МОН України від 08.04.2014 р. № 248. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text> (дата звернення: 01.12.2022).

64. Як надати першу допомогу при термічних опіках. Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/jak-nadati-pershu-dopomogu-pri-termichnih-opikah> (дата звернення: 02.12.2022).

65. Уніфікований клінічний протокол екстреної медичної допомоги: Масивна кровотеча з кінцівок. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 21.06.2016 р. № 612. URL: [https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/2016\\_612\\_ukpmd\\_krov\\_kinciv.pdf](https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/2016_612_ukpmd_krov_kinciv.pdf) (дата звернення: 02.12.2022).

66. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: постанова від МОН України від 01.12.1999 р. № 42. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 03.12.2022).

# ДОДАТКИ