

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва**  
**Кафедра харчових технологій**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
бакалавр

на тему: «Удосконалення технології обробки харчових продуктів  
нанооксидами вуглецю та магнію»

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
Харчові технології  
спеціальності 181 Харчові технології  
ступеня вищої освіти Бакалавр  
групи 181ХТ бд 2019 р.н.

**Олеся ІВЕР**

*Прізвище та власне ім'я здобувача вищої освіти*

Керівник:

**к.т.н. Ніна БУДНИК**

*Прізвище та власне ім'я керівника*

Рецензент: **доц. к.т. Людмила ОЛІЙНИК**

*Прізвище та власне ім'я рецензента*

**Полтава – 2023 рік**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет Технології виробництва і переробки продукції**  
**тваринництва**  
**Кафедра Харчових технологій**

Освітньо-професійна програма Харчові технології  
*назва освітньо-професійної програми*  
 Спеціальність 181 Харчові технології  
*код та найменування спеціальності*  
 Ступінь вищої освіти бакалавр  
*бакалавр, магістр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри Харчових технологій**  
к.т.н., доцент Ніна БУДНИК.  
 «28» «вересня» 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**  
**Івер Олесі Олегівни**

*Прізвище, ім'я та по-батькові здобувача вищої освіти*

1. Тема роботи: **«Удосконалення технології обробки харчових продуктів наноксидами магнію та вуглецю»**

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри Харчових технологій Будник Н.В.  
*(наукове звання, посада, прізвище та власне ім'я керівника роботи)*

затверджені наказом ПДАУ від «03» «квітня» 2023 року № «299-ст»

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «25» «травня» 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: *Удосконалити технологію обробки харчових продуктів наноксидами магнію та вуглецю. Дослідити ефективність обробки продуктів харчування цитратом магнію. Вплив електростатичного в'ялення на м'ясопродукти з метою подовження терміну зберігання в умовах військового стану.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Розділ 1. Огляд літератури

1.1 Необхідність подовження терміну зберігання харчових продуктів в умовах військового стану

1.2 Використання нанотехнологій в харчовій промисловості

1.3 Доцільність та необхідність обробки риби та м'ясопродуктів наноксидами вуглецю та магнію

1.4 Доцільність розробки автономних копильних установок з використанням електростатичного поля високої інтенсивності для обробки харчових продуктів

Розділ 2. Матеріали та методи досліджень

2.1 Програма досліджень та планування експерименту

2.2 Об'єкт та предмети досліджень

2.3 Методи та методики експериментальних досліджень

Розділ 3. Результати власних досліджень

3.1 Органолептична оцінка дослідних зразків

3.2 Методи та методики експериментальних досліджень

3.3 Мікробіологічні дослідження зразків оброблених в різний спосіб

Висновки та пропозиції

Список використаних джерел

Додатки

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір і затвердження теми роботи.	26.09.2022 – 02.10.2022	
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	03.10.2022 – 06.10.2022	
3	Опрацювання літературних джерел	07.10.2022 – 07.11.2022	
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	08.11.2022 – 08.12.2022	
5	Виконання теоретичного розділу роботи	09.12.2022 – 09.01.2023	
6	Виконання аналітичних розділів роботи	10.01.2023 – 15.02.2023	
7	Виконання спеціальних розділів	16.02.2023 – 16.03.2023	
8	Оформлення тексту роботи	17.03.2023 – 28.05.2023	
9	Попередній захист роботи на кафедрі	29.05.2023 – 04.06.2023	
10	Нормоконтроль	05.06.2023 – 07.06.2023	
11	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	08.06.2023 – 18.06.2023	
12	Захист кваліфікаційної роботи	19.06.2023 – 21.06.2023	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олеся ІВЕР

(підпис) (прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ніна БУДНИК

(підпис) (прізвище та ініціали керівника)

## АНОТАЦІЯ

Івер Олеся Олегівна

**«Удосконалення технології обробки харчових продуктів наноксидами магнію та вуглецю» - ПДАУ 2023.**

Представлена кваліфікаційна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технології обробки харчових продуктів наноксидами магнію та вуглецю, в якій акцентовано увагу на необхідності збільшення терміну зберігання харчового продукту в умовах військового стану. У вступі роботи обґрунтовано актуальність обраного напрямку досліджень, сформульовані мета і завдання роботи, визначені об'єкти, предмети та методи досліджень, наукова новизна та практична цінність роботи.

В першому розділі проаналізовано доцільність продовження терміну зберігання харчових продуктів в умовах військового стану завдяки використанню технології обробки риби та м'ясопродуктів наноксидами вуглецю та магнію. Застосування нанотехнологій у харчовій промисловості. Впровадження автономних копильних установок з електростатичним полем високої інтенсивності для обробки продуктів харчування.

Другий розділ присвячено матеріалам та методам досліджень. В цьому розділі дано характеристику програми та планування експерименту, об'єкту та предмету, методи і методики досліджень.

У третьому розділі наведені результати мікробіологічних, хімічних, фізико – хімічних та органолептичних досліджень обробки м'ясопродуктів, а також статистична обробка результатів досліджень.

Робота викладена на 75 сторінках містить 40 літературних джерел.

*Ключові слова: харчові продукти, наноксиди вуглецю, м'ясопродукти, наноксиди магнію, нанотехнології, цитрат магнію, електростатичні установки, використання електростатичного поля високої інтенсивності.*

## ANNOTATION

**Iver Olesia Olehivna**

"Improving the technology of processing food products with magnesium and carbon nanooxides" - PDAU 2023.

The presented qualification work consists of an introduction, 3 sections, conclusions and proposals, a list of used sources.

The qualification work is devoted to the improvement of the technology of processing food products with magnesium and carbon nanooxides, which is focused on the need to increase the shelf life of food products in the conditions of military rule. The introduction of the work substantiates the relevance of the chosen direction of research, formulates the purpose and tasks of the work, defines the objects, subjects and methods of research, scientific novelty and practical value of the work.

In the first chapter, the expediency of extending the shelf life of food products in the conditions of martial law due to the use of the technology of processing fish and meat products with nanooxides of carbon and magnesium is analyzed. Application of nanotechnology in the food industry. Implementation of autonomous smoking plants with a high-intensity electrostatic field for processing food products.

The second chapter is devoted to research materials and methods. This section describes the program and planning of the experiment, object and subject, research methods and techniques.

The third chapter presents the results of microbiological, chemical, physico-chemical and organoleptic studies of meat products processing, as well as statistical processing of research results.

The work presented on the 75 pages contains 40 literary sources.

*Key words: food products, carbon nanooxides, meat products, magnesium nanooxides, magnesium citrate, electrostatic installations, the use of an electrostatic field of high intensity.*

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	10
1.1 Необхідність подовження терміну зберігання харчових продуктів в умовах військового стану .....	10
1.2 Використання нанотехнологій в харчовій промисловості .....	19
1.3 Доцільність та необхідність обробки риби та м'ясопродуктів наноксидами вуглецю та магнію .....	27
1.4 Доцільність розробки автономних копильних установок з використанням електростатичного поля високої інтенсивності для обробки харчових продуктів .....	34
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	43
2.1 Програма досліджень та планування експерименту .....	43
2.2 Об'єкт та предмети досліджень.....	44
2.3 Методи та методики експериментальних досліджень .....	44
2.3.1 Органолептична оцінка .....	44
2.3.2 Визначення вмісту мінеральних речовин.....	45
2.3.3 Визначення величини рН .....	46
2.3.4 Визначення жирнокислотного складу. ....	46
2.3.5 Вологозв'язуюча здатність. ....	47
2.3.6 Визначення загальної кількості МАФАМ.....	47
2.3.7 Метод виявлення бактерій групи кишкової палички.....	47
2.3.8 Визначення виходу готового продукту. ....	48
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	49
3.1 Органолептична оцінка дослідних зразків .....	43
3.2 Методи та методики експериментальних досліджень .....	44
3.3 Мікробіологічні дослідження зразків оброблених в різний спосіб .....	44
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ</b> .....	66
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	66
<b>ДОДАТОК А</b> .....	71
<b>ДОДАТОК Б</b> .....	76

## ВСТУП

Харчова промисловість у всьому світі, в тому числі і в Україні, невпинно розвивається шляхом впровадження інноваційних розробок та технологій, які забезпечують продукти харчування високим рівнем якості та харчової цінності, при цьому надаючи продукту подовженого терміну зберігання. Наразі людство приділяє велику увагу здоровому способу життя, основною ланкою якого є збалансоване харчування. Потреба в продуктах тривалого зберігання зі збереженням високої поживності зростає, тому харчова галузь має йти в ногу з часом.

В даний час українським споживачам, під час збройного вторгнення на територію України, вкрай необхідні збалансовані продукти з високим енергетичним і біологічним вмістом, які матимуть довготривалий термін зберігання. Під час ракетних атак, на деокупованих ділянках або на лінії фронту часто відсутня можливість стабільного електропостачання, тому виробництво продуктів харчування майже неможливе. Щоб уникнути продовольчої кризи і забезпечити населення, Збройні Сили України, рятувальників продуктами харчування з високою поживною цінністю, пропонується інноваційні технології – обробка м'ясопродуктів наноксидами вуглецю та магнію, а також обробка продуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності.

М'ясо є джерелом високоякісного тваринного білка, який містить усі незамінні амінокислоти, мінеральні речовини, мікро- та макроелементи. Що в свою чергу насичує організм людини корисними властивостями і надає високу енергетичну цінність. Основною проблемою є швидке псування м'ясопродуктів, що провокує утворення гнилісної мікрофлори на поверхні м'яса, яке вкрай небезпечно для споживання людиною. Традиційні методи обробки продуктів є часозатратними і не завжди можуть зберегти харчову цінність м'ясної сировини.

Тому обробка наноксидами вуглецю та магнію забезпечить довготривале зберігання і високу поживність продукту харчування за рахунок

наночастинок магнію і вуглецю, які додатково насичують продукт корисними макроелементами. Не мало важливо є те, що виробити продукт можливо не тільки у виробничих умовах, а й в «екстремальних», за рахунок доступного технологічного процесу.

Один із інноваційних методів обробки продуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності є абсолютно автономним. Навіть за відсутності електроенергії, м'ясопродукт зможе приготуватись, так як використовується живлення від акумуляторної батареї з гранично малими потужностями. Порівнюючи з стандартними методами обробки, використання електростатичного поля набагато ефективніший, за рахунок прискорення виготовлення продукту майже в 100 разів. Основною перевагою є збереження харчової цінності продукту, а також тривалий термін зберігання готового виробу завдяки іонного вітру при виготовленні, який підсилює боротьбу з патогенами.

**Актуальність теми** полягає в створенні біологічно цінного продукту харчування, який має підвищений термін зберігання без погіршення основних якісних показників.

**Мета і завдання роботи.** Метою є наукове обґрунтування технології обробки харчових продуктів наноксидами вуглецю та магнію, доцільність обробки м'ясопродуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- Провести аналіз існуючих методів обробки продуктів, порівняти традиційні методи обробки харчових продуктів з інноваційними;
- Удосконалити технологію обробки м'яса та риби наноксидами вуглецю і магнію, та визначити їх показники якості, біологічну цінність і мікробіологічну безпеку;
- Розробити оптимальні варіанти рецептури з урахуванням кількості сировини до кількості наноксидів магнію і вуглецю, та визначити

їх вплив на функціонально – технологічні властивості готового виробу;

- Обґрунтувати доцільність обробки м'ясопродуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності;
- Дослідити органолептичні та фізико – хімічні показники виробленого продукту;

**Об'єкт дослідження:** Технологія обробки харчових продуктів наноксидами вуглецю та магнію.

**Предмет дослідження:** М'ясо яловичина, курятина, свинина; наноксид магнію, наноксид вуглецю.

**Методи дослідження:** У кваліфікаційній роботі виконувались аналітичні та експериментальні дослідження з використанням стандартних методів хімічних, фізико – хімічних, мікробіологічних, органолептичних досліджень, а також статистична обробка результатів досліджень.

**Новизна досліджень:**

- Отримано продукт довготривалого терміну зберігання з підвищеними поживними властивостями;
- Доведено доцільність обробки м'ясопродуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності;
- Експериментально обґрунтовано рецептурну кількість компонентів, необхідних для обробки продукту наноксидами вуглецю та магнію. Робота виконана в руслі НДТ кафедри
- «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв».

**Практичне значення** дослідження можуть бути використанні в м'ясній та рибній промисловості.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Необхідність подовження терміну зберігання харчових продуктів в умовах військового стану

Протягом тисячоліть харчова промисловість невпинно розвивалась задля забезпечення людства якісними продуктами харчування, які крім цього мають приносити користь організму. Ритм життя суспільства з кожним роком пришвидшується і часу на приготування дедалі меншає. Тому способи обробки продуктів завжди вдосконалюються з метою збереження максимальної поживності продукту із значним терміном зберігання.

Зараз, в період збройної агресії росії проти України, українські споживачі як ніколи потребують продукти із чималим терміном зберігання. Для запобігання гуманітарної катастрофи на територіях України, які знаходяться під постійними обстрілами з боку країни – терориста, на лінії бойових дій та у ділянках з відсутнім стабільним електропостачанням, вкрай важливо мати при собі продукти тривалого зберігання з високою енергетичною цінністю.

Одним із традиційних способів забезпечення харчових потреб у цій ситуації є постачання м'ясних консерв, а також копчених і сушених м'ясопродуктів. Вони не є вибагливими до умов зберігання, займають небагато місця при собі та задовільняють потреби українських військових, рятуальників та цивільного населення.

М'ясо та м'ясопродукти – найцінніший продукт тваринництва, яке складається з білків та амінокислот, мінеральних речовин, жирів та жирних кислот, вітамінів та інших біоактивних компонентів та невеликої кількості вуглеводів. З поживної точки зору, значення м'яса визначається його високоякісним білком, який практично повністю перетравлюється ферментами шлунково – кишкового тракту, містить усі незамінні амінокислоти, а також його біологічно доступні мінерали та вітаміни [1].

Основне завдання м'ясної промисловості – забезпечити людство великим вибором м'ясопродуктів. Продукт за нинішніми умовами повинен бути

безпечним для споживання, біологічно збалансованим, мати приємний вигляд та притаманним для нього смаком і запахом.

Важлива роль для збереження доброякісності харчових продуктів протягом тривалого часу належить консервуванню.

Консервування - особливий процес обробки продуктів, в результаті здійснення якого створюються умови для тривалого зберігання і виключається можливість псування [2].

Основну потребу у забезпеченні споживачів готовими м'ясними виробами подовженого терміну зберігання задовільняють м'ясні та м'ясомісткі консерви.

М'ясні консерви – це герметично закупорені м'ясопродукти, які попередньо були піддані тепловій обробці, з метою знищення гнилісних мікроорганізмів та забезпечення довготривалого зберігання продукту.

Сировину для виробництва м'ясних і м'ясо-рослинних консервів поділяють на дві групи: основна і допоміжна.

- до основного відносять м'ясо (яловичину, баранину, свинину, оленину, кролятину, свійської птиці, китова), субпродукти та тваринні жири;
- до допоміжного - бобові, круп'яні, макаронні вироби, овочі та рослинні жири, а також кухонну сіль, спеції, прянощі, томатопродукти, цукор та хімікати [2];

Асортимент м'ясних та м'ясо-рослинних консервів різноманітний, налічує понад 180 видів, основні з яких:

- натуральні консерви (яловичина тушкована, індичка у власному соку, конина зі свининою тушковані);
- закусочні (курятини в білому соусі, рагу курине в желе, філе курятини в желе);
- паштетні консерви (паштет печінковий, паштет зі свинини);
- фаршеві консерви (ковбасний фарш «Любительський», сосиски пастеризовані);

- консерви із субпродуктів (печінка в томатному соусі, мізки смажені, субпродукти тушковані);
- Другі м'ясні страви без гарніру («Сніданок туриста», гуляш із яловичини);
- Другі м'ясні страви з гарніром (свинина з овочами і крупою, консерви бобові з м'ясом);

За способом теплової обробки консерви поділяються на стерилізовані та пастеризовані. Пастеризовані консерви по смаковому відношенні і поживності значно вище стерилізованих, але вони менш стійкі при зберіганні. Пастеризовані консерви відрізняються від стерилізованих за органолептичними показниками, оскільки після стерилізації овочі і прянощі (цибуля, перець і лавровий лист) не встигають передати м'ясу ароматичні речовини, тому під час зберігання консервів м'ясо вбирає ці речовини і набуває більш приємного смаку і запаху [2].

Перевага м'ясних і м'ясо-рослинних консервів, що пройшли стерилізацію, полягає в тому, що з них можна приготувати високопоживні перші та другі страви, а також холодні закуски, які не потребують складної кулінарної обробки, тому вони майже готові споживання. При чому смакові якості консервів при зберіганні не знижуються.

Зазвичай м'ясні консерви випускають в металевих та скляних банках (номер 1,3,8,9,12) закупорені кришками. Так як металева тара зазнається зовнішньої і внутрішньої корозії, для запобігання якої використовують досить дороге олово та лаки, а скляна тара має низьку теплопровідність, доволі крихка і має більшу масу ніж металева, винайшли альтернативу тару – полімерну. Як і традиційна тара, вона має бути міцна, термостійка, санітарно гігієнічною та мати порівняно нижчу вартість. Полімерна тара буває м'якою та напівжорсткою. Виготовляється зазвичай у вигляді оболонки та пакетів на яких зображений логотип підприємства, згодом у які закладають продукт.

У міжнародній практиці широко застосовують біотехнології для виробництва сушених і копчених м'ясопродуктів.

Сушіння – процес при якому відбувається видалення вологи з матеріалу шляхом випаровування вологи і вивільнення створеної пари.

У харчовій промисловості процес сушіння використовується для консервування сировини, що забезпечує подовження терміну придатності до вживання продуктів харчування. Цього досягають завдяки припиненню біохімічних процесів, що відбуваються в сировині. Вибір способу сушіння та обладнання залежить від особливостей висушуваної сировини, таких як термостійкість, здатність до втрати товарного вигляду, неоднорідність матеріалу за вмістом води, схильність до окислення, наявність біохімічних активних речовин. Процес сушіння може відбуватися природним або штучним шляхом [3]. Зазвичай для цього методу використовують маложирну сировину таку як філе курятини, окіст або вирізка свинини, задньої четвертини яловичої туші.

Природне сушіння відбувається на відкритому повітрі. Сировину можна висушити до вологості навколишнього середовища, чого буде недостатньо для подальшого її зберігання. Тривалість природного сушіння набагато довше, ніж штучного [4].

Як на великих, так і на малих підприємствах харчової промисловості в основному використовують штучне сушіння. Оскільки здійснюється у спеціальних сушильних камерах, де відбувається зміна температури, тиску, вологості за невеликий проміжок часу.

За способом підведення теплоти до висушуваної сировини розрізняють:

- конвективний спосіб, під час якого сушильний агент контактує із висушуваною сировиною в замкненому просторі [4];
- сублімаційний спосіб, під час якого із замороженої сировини видалається волога у вигляді льоду, минаючи рідкий стан, переходить у пару [5];
- радіаційний спосіб, під час якого тепло, необхідне для виведення рідини і нагрівання висушуваної сировини, передається променевою енергією [4];

- НВЧ спосіб, під час якого на висушувану сировину діє електромагнітне поле надвисоких частот [3];
- комбінований спосіб, під час якого використовують одночасно декілька способів підведення теплоти, що дають змогу використовувати переваги кожного із традиційних способів сушіння [5];
- спосіб сушіння змішаним теплопідводом, під час якого висушувана сировина розміщується у функціональній ємності, де і реалізується процес її зневоднення [6];
- кондуктивний спосіб, під час якого тепло до висушуваної сировини передається від нагрітої металічної пластини [7].

Таблиця 1.1- Питома витрата енергії за різними способами сушіння

Спосіб сушіння	Питома витрата енергії, МДж / кг	Літературне джерело
Кондуктивний	5,0 - 7,0	[6]
Конвективний	6,0 - 12,5	[3]
Сублімаційний	10,0 - 14,0	[4]
Радіаційний	3,0 - 4,5	[3]
НВЧ	8,0 - 13,0	[2]
ЗТП	3,0 - 4,0	[5]

Копчення – один із основних і дієвих способів обробки сировини за якого дим, утворений від згорання деревини, консервує продукт і подовжує його термін зберігання, перешкоджаючи розвитку шкідливих мікроорганізмів.

У процесі копчення м'ясопродукти накопичують речовини неповного згорання деревини, що входять до складу диму або рідких коптільних препаратів, і втрачають певну кількість води. Стійкість м'ясних виробів, які піддають копченню, до впливу мікроорганізмів пов'язана з бактерицидним (що спричинює загибель мікроорганізмів) впливом коптільних речовин, зневодненням продукту і бактериостатичним (що зумовлює пригнічення

життєдіяльності мікроорганізмів) впливом кухонної солі, що міститься у продукті, концентрація якої зростає в результаті зневоднення [8]. Властивий смак і запах копчених продуктів надають леткі речовини, які накопичуються на поверхневому шарі продукту.

Існує декілька способів копчення залежно від температурного режиму:

- холодне копчення (за температури 18-22°C, тривалістю 12-72 год);
- гаряче копчення (за температури 30-50°C, тривалістю 2-12 год);

При холодному копченні сирих виробів процеси, які почалися у період посолу, продовжуються, але з більшою інтенсивністю внаслідок підвищення температури – ферментативна деструкція тканин та їх складових частин, утворення нової просторової структури, кількісний ріст та зміни складу мікрофлори, зневоднення продукту.

При гарячому копченні внутрішні біохімічні процеси прискорюються у початковій стадії, поки температура не перевищує оптимальну для ферментів, та уповільнюються мірою подальшого нагрівання. Із наближенням температури до 50°C починаються процеси, характерні для теплової обробки [9].

За способом використання продуктів неповного згорання деревини копчення буває:

- Димове або звичайне (здійснюється димом, який утворився від неповного згорання деревини);
- Бездимне або мокре (використовуються коптильні препарати, котрі являються екстрактами високотемпературного розкладання деревини);
- Змішане або комбіноване (поєднання двох вищезгаданих методів копчення, за яким сировину обробляють коптильною сумішшю, а потім прокопчують димом);

Для копчення використовують стаціонарні та універсальні камери і автокоптильні. Стаціонарні камери можуть бути одно- і багатоповерхові. Вони мають топку (як правило, у підвалі під камерою), решітчасту підлогу камеру підпирання вгорі з витяжною трубою. Камера підпирання має заслінки для рівномірного розподілу диму по всьому перерізу камери копчення. Рами

розміщують у камерах на підвісних шляхах. Після цього камери герметизують від завантажувального приміщення і дим крізь решітчасту підлогу з топки надходить у камеру. Швидкість проходження диму через камеру регулюють заслінкою у витяжній трубі. Від багатопверхових коптильних камер автокоптильні відрізняються тим, що вони не мають решітчастих підлог. Шахту обладнано вертикально-безперервними ланцюговими конвеєрами, між якими розміщено траверси для навішування продукту. Ланцюгові конвеєри переміщують м'ясопродукти по замкненому контуру в середині шахти. Безперервне зміщення виробу по висоті забезпечує рівномірніше копчення. Недоліком автокоптилень є те, що вони матеріало- та енергомісткі, потребують шахти заввишки не менш як 3 поверхи (25 м) і батарейного підігрівання повітря на верхніх поверхах [8].

Процес копчення в основному відбувається в декілька етапів. Першим є осадження коптильних речовин на поверхні продукту, термін якого залежить від показників температури, швидкості і концентрації диму. Зовнішнє перенесення коптильних речовин пов'язане з явищами агломерації рідких і твердих диспергованих частинок, та механічним осадженням великих частинок. Другим етапом є перехід коптильних речовин з поверхневого шару всередину продукту. Основний чинник для переміщення у продукті коптильних речовин є різниця концентрацій цієї речовини у різних прошарках виробу. Абсолютний результат від копчення можна досягти лише при поглинанні коптильних речовин у продукт. Швидкість вбирання залежить від температури і вмісту вологи в сировині, співвідношені тканин в м'ясі. Чим вище температура, тим вищий ефект насичення продукту коптильними речовинами (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Фото обробки курятини та яловичини до та під час копчення в лабораторних умовах

Коптильні препарати зазвичай використовують для обробки сировини шляхом розпилення або занурення продукту в спеціальних камерах. В складі коптильних препаратів здебільшого присутня вода в межах 20-90%, кислоти 3-10%, карбонільні з'єднання – 3-5%, фенольні сполуки – 0,3-3%. Препарати «Вахтоль» або «Скансмоке РВ» упродовж 10-20 хв розпилюють на поверхню продукту. Вироби перебувають у тумані розпилених розчинів рідкого диму для закріплення крапель на поверхні продукту. Рекоменується здійснювати цей процес за два етапи: 6 хв розпилення, 6 хв закріплення та 6 хв розпилення, 6 хв закріплення при вільному внутрішньому русі розпиленого середовища і ввімкненій системі обігрівання. Загальний цикл копчення триває 30-36 хв [8]. Значна перевага цього методу заключається в коротшому часі обробки, невеликих витратах коптильної рідини (2-4 гр на 1 кг продукту) та в змозі конденсувати коптильні речовини в ході очищення повітря. Метод занурення сировини відбувається за нормованим дозуванням, приблизно у пропорції 1:4 препарату і води, з подальшою тепловою обробкою близько 70°C. Перевагою є

легкість у виконанні та надання продукту не тільки смаку і запаху копчення, а й кольору.

У звичайних умовах виробництво м'ясної продукції традиційними методами потребує виробничих установок, значних витрат часу та електроенергії. В умовах військового стану, коли немає можливості переробити сировину на консерви або використати сушіння та копчення, знаходять альтернативні методи приготування продукту з довготривалим терміном зберігання.

Одним із інноваційних методів є обробка м'ясопродуктів наноксидами магнію та вуглецю. За допомогою нього на продукті знищується гнилісна мікрофлора і збільшується термін зберігання м'ясопродукту. Головне те, що технологія обробки можлива не тільки у виробничих умовах, а й у повсякденних. Так як на деокупованих територіях або у прифронтових зонах майже відсутні виробничі умови, а забезпечення поживними продуктами харчування є вкрай важливими.

Ще одним інноваційним методом є обробка продуктів харчування з використанням електростатичного поля високої інтенсивності. Обробка даним методом в порівнянні із звичайним копченням пришвидшує ефект майже в 100 разів. Замість обробки м'ясопродуктів протягом 1-2 годин за стандартним методом, продукт готовий за 2-3 хв. При чому м'ясопродукт має довготривалий термін зберігання та одразу можливий до споживання. Особливою перевагою є висока автономність, так як можливе виробництво продукту в екстремних умовах і навіть якщо повністю відсутнє електропостачання. Тому що для обробки електростатичним полем високої інтенсивності використовується живлення приладу від акумуляторної батареї з гранично малими потужностями (близько 10-20 Вт за 2-3 хв роботи).

Обробка м'ясопродукту електростатичним полем високої інтенсивності в лабораторних умовах представлено на рис. 1.2

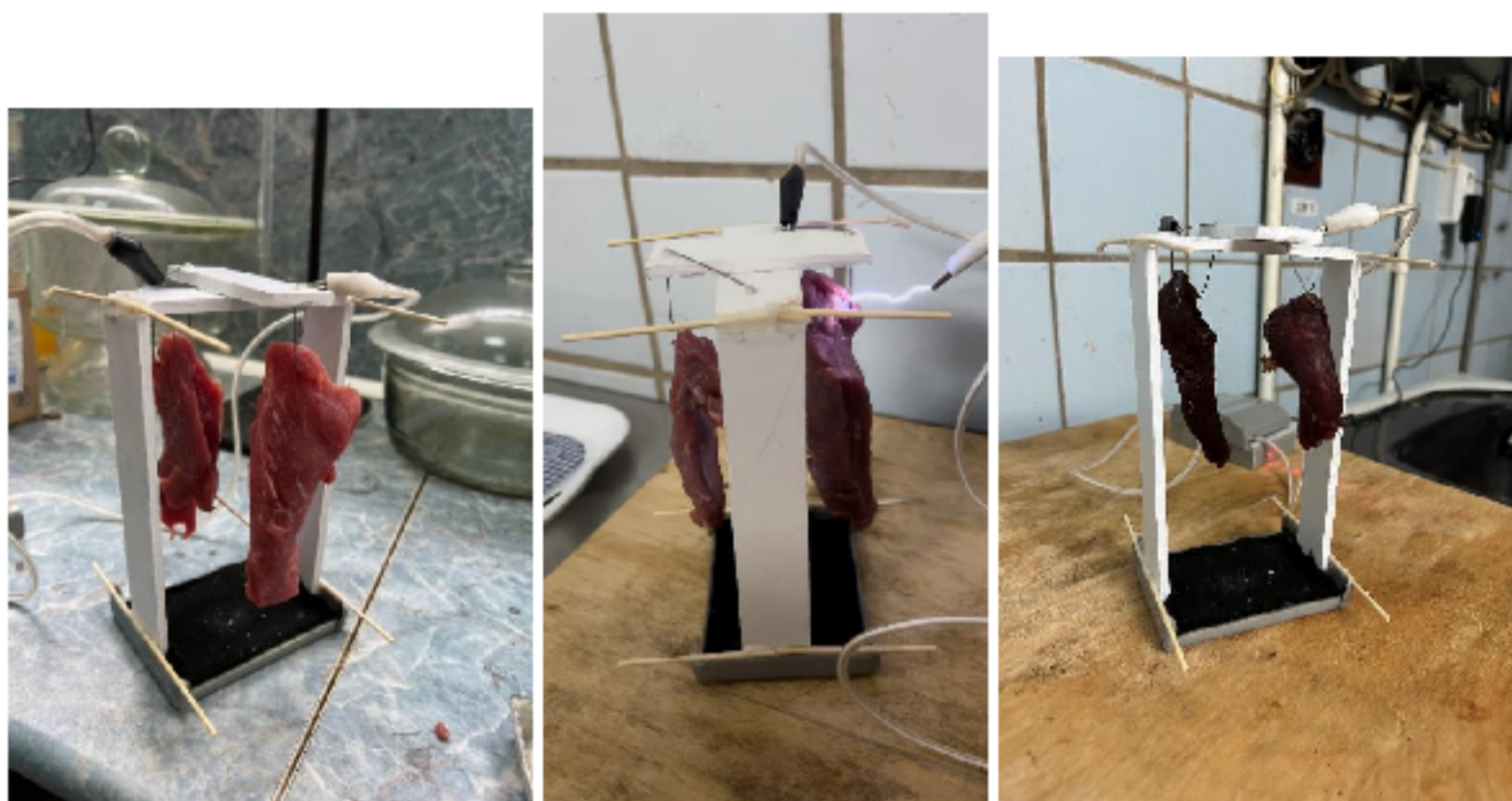


Рисунок 1.2 – Фото обробки яловичини до, під час та після електростатичним полем високої інтенсивності в лабораторних умовах

## 1.2 Використання нанотехнологій в харчовій промисловості

Підвищення ефективності роботи підприємств харчової промисловості є стратегічним завданням для будь-якої розвиненої країни. Один із етапів промислового та економічного розвитку держав є розвиток іноваційних методів виробництва нових продуктів харчування із вдосконаленими характеристиками.

Інновації в харчових виробництвах - це новостворені або вдосконалені конкурентоздатні технології та отримані на їхній основі нові харчові продукти, що істотно поліпшують структуру та якість харчової продукції, позитивно впливаючи на стан здоров'я споживачів, забезпечуючи їм активне творче довголіття. Нові харчові продукти, отримані з використанням інновацій, є іноваційною продукцією. Це конкурентоздатні продукти, які відповідають вимогам Закону України «Про іноваційну діяльність» [10].

Одним із стратегічних напрямків є використання нанотехнологій у виробництві харчових продуктів. Використовуючи дані технології, можна досягти підвищення якості та безпеки харчових продуктів.

Розвиток нанотехнологій у виробництві харчових продуктів має

відбуватися з урахуванням наступних факторів:

- соціально-економічних аспектів харчування;
- урахуванням фундаментальних та прикладних постулатів технології та біотехнології харчових виробництв;
- нутріціологічних аспектів харчування [11].

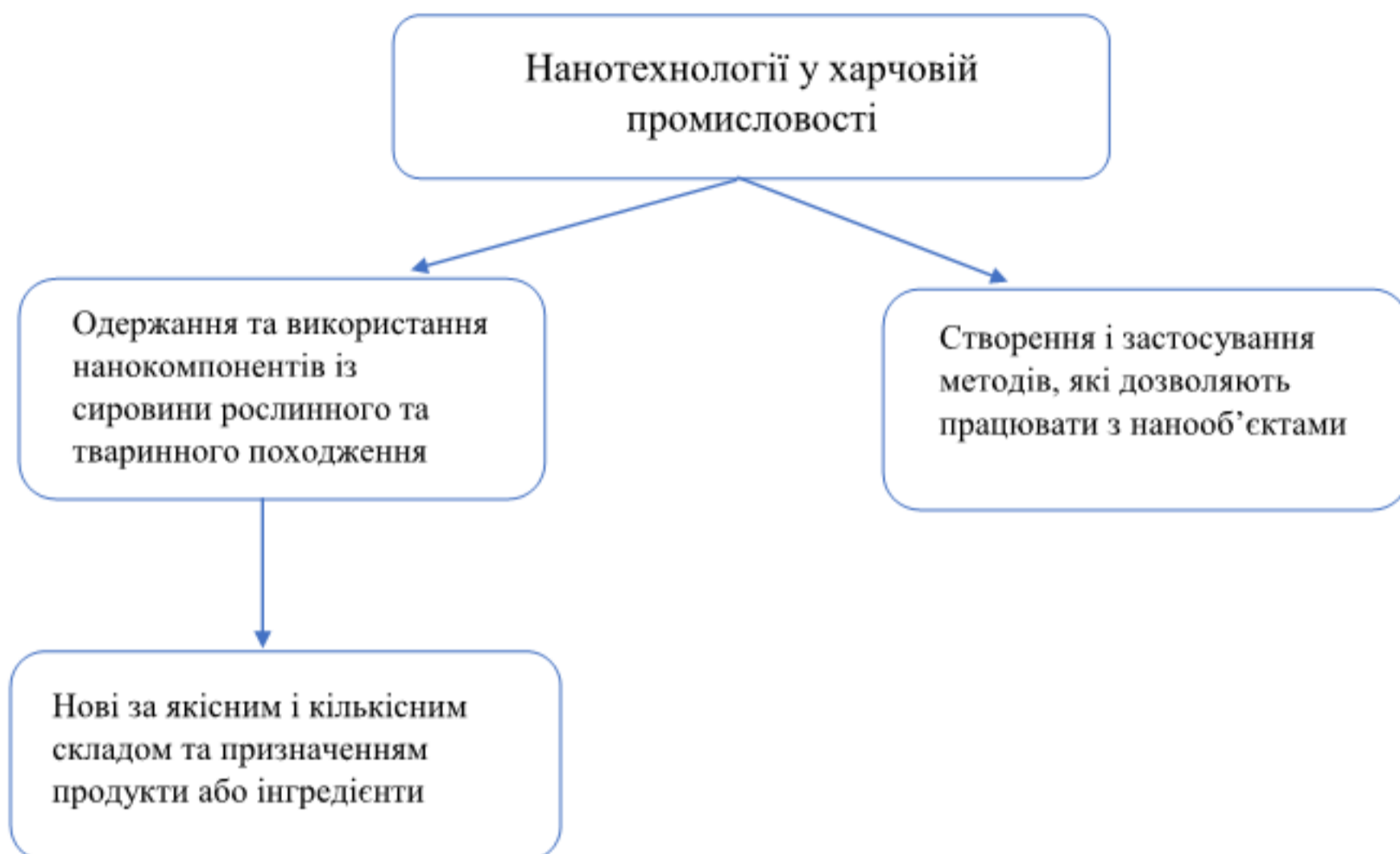


Рисунок 1.3 – Напрямки використання нанотехнологій у харчовій галузі

Використання нанотехнологій створить умови для виготовлення наноконпозицій харчових продуктів з необхідними органолептичними показниками, які забезпечать тривале зберігання готового продукту. На даний час вже доступно понад 300 «nanofood» - продуктів. Оброблення певними наночастинками харчових продуктів поліпшує засвоєння й біодоступність мікроелементів, вітамінів та деяких інших харчових речовин [12].

Основні причини запровадження нанотехнологій у харчовій промисловості:

- зростаюча статистика захворюваностей викликані порушенням метаболізму у суспільства;
- орієнтація людства на здоровий спосіб життя;

- потреба у впровадженні нових рішень для подовження термінів зберігання та підвищення засвоюваності продукції;
- нестача харчових продуктів через вичерпність природних ресурсів;
- збільшення використання хімічних речовин у виробництві продуктів харчування, що в свою чергу провокує онкозахворювання та відхилення у розвитку дитячого організму;

В харчовій галузі нанотехнології набирають швидких обертів у розвитку. Завдяки ньому можливе поліпшення стабільності харчових продуктів під час обробки, покращення властивостей продукту, підвищення біодоступності споживчих речовин та подовження терміну зберігання виробу. Нанотехнології в харчовій промисловості дозволяють розробити інноваційний інгредієнт або продукт з новими корисними властивостями.

Виділяють 3 різновиди наноматеріалів для харчового використання в залежності від їх зустрічаємості, розчинності та метаболізму:

- натуральні харчові структури містять біополімери, які зустрічаються в природі (вуглеводи, білки або ліпіди) та мають щонайменше один вимір в нанометровому діапазоні (використовуються в розробці нових харчових структур, наприклад, емульсії із зниженим змістом жиру) або наноструктури, які вводяться шляхом обробки або під час приготування їжі. Прикладом є обробка м'ясопродукта наноксидами вуглецю та магнію задля підвищення поживності продукту та подовження його терміну зберігання;
- інженерні наноматеріали в формі часток, компоненти яких повністю метаболізуються або виводяться з організму, зокрема, наноемульсії або наноінкапсульовані споживчі речовини (наприклад, вітаміни);
- стійкі або повільно розчинні наноматеріали в формі часток, зокрема, оксид магнію та діоксид титану (харчові добавки). Їх компоненти не розчиняються або повільно розчиняються під час травлення [13].

Провідною ланкою сировинної бази м'ясної промисловості є тваринництво, тому застосування тут нанотехнологій має неабияке значення. Доцільно

використовувати нанотехнології саме у технологічних процесах, наприклад знезараження кінцевої продукції тваринництва, покращення якості та підвищення поживності виробу, консервування продукції харчування.

Джерело впровадження інновацій в галузі можна прирівняти з розробкою функціонального продукту, який може мати лікувальні і профілактичні властивості. Обробка м'яса наноксидами магнію та вуглецю, а особливо цитратом магнію, надає продукту підвищену харчову цінність, за рахунок корисних компонентів в складі наночасточок. В свою чергу наноксиди законсервовують продукт і не дають розвиватись шкідливим мікроорганізмам на поверхні готового виробу. Якщо вживати даний продукт, то посилюється імунітет, підтримується і регулюється здоров'я споживачів, в тому числі зменшується рівень холестерину в крові, захист зубної емалі та кісток, знижується ступінь захворювання деякими формами раку.

Функціональні м'ясопродукти – багатокomпонентні біологічно активні біологічно адекватні стабільні системи призначені для тривалого збереження. Такі властивості реалізуються шляхом створення збалансованих за складом м'ясопродуктів, збагачених комплексами характерних адресною дією функціональних добавок, зокрема, вітамінами, пробіотиками та іншими інгредієнтами цільового призначення. функціональних добавок [11].

У м'ясній галузі здійснюються деякі інноваційні розробки, котрі потребують подальшого розвитку. Слід враховувати ряд важливих факторів у спробах знаходження найкращого способу збереження свіжості м'яса та м'ясопродуктів.

Починаючи з етапу коли парне м'ясо дозріває, під дією ферментів переважно глікогену який розпадається з утворенням молочної кислоти. У результаті ряду хімічних перетворень м'ясо стає ніжним, соковитим, в ньому утворюються азотисті екстрактивні та ароматичні речовини і основна задача технолога полягає у тому, щоб зупинити цей процес в потрібний момент і зберегти продукт у свіжому стані якнайдовше, без втрат його якостей. М'ясо – продукт, що швидко псується і при звичайній температурі (20-25 °C) зберігає

свої споживчі властивості не більше доби. Для того щоб істотно продовжити цей термін, необхідно попередити вплив ряду факторів навколишнього середовища [11].

Забезпечити перешкоджанню гнилісної мікрофлори на м'ясі, тривалий термін зберігання готового продукту і збереження корисних властивостей м'яса має обробка наноксидами магнію та вуглецю.

«Зелені» нанотехнології – це такі технології, в яких використовуються безпечні для довкілля хімічні, технологічні та виробничі процеси, а отримані за їх допомогою наноматеріали не проявляють негативного впливу на організм людини й тварин. Нанотехнології здатні змінити виробничі процеси двома способами:

а) за рахунок швидкого скорочення відходів виробництва й підвищення його ефективності;

б) завдяки використанню наноматеріалів як каталізаторів, що дасть змогу позбутися токсичних і брудних матеріалів, а також кінцевих продуктів.

В ідеалі, «зелені» нанотехнології мають докорінно змінити виробничі процеси, зменшити їх негативний вплив на довкілля, замінити небезпечні матеріали та способи їх отримання на безпечні [14].

Для досягнення поставлених цілей наукові дослідження необхідно проводити за такими напрямками:

- атомний синтез нових інноваційних нанокаталізаторів для виробничих процесів;
- удосконалення виробничих процесів на основі нанотехнологій з метою заощадження енергії;
- зменшення токсичності наноматеріалів шляхом їх функціоналізації;
- обробка наноксидами продукту замість традиційних методів з метою зменшення негативного впливу на організм людини;

В ІБТ НААН було проведено комплексні дослідження з використання наноквацитратів макро- і мікроелементів. За умов *in vitro* проведено оцінку біологічної активності цитратів Mg, Fe, Cu, Zn, отриманих методом

нанотехнології.

- досліджено їхній вплив на культури клітин і білки крові людини (альбуміни, імуноглобуліни) і встановлено, що найбільшу цитотоксичну активність стосовно культури клітин виявляли наночастинки Cu та Zn, найменшу — Mg;
- введення цитратів Cr, Se, Co та Zn до раціону корів поліпшувало функцію печінки, обмін Ca, P та вітаміну E. Мінеральна добавка стимулювала секреторну активність молочної залози, підвищувала середньодобові надії молока у корів на 3,3–7,8%;
- досліджено комплексну дію цитратів мікроелементів на метаболічні процеси в організмі поросят у віці 3-4 тижнів. Установлено виражений вплив цитратів мікроелементів у меншій концентрації (Fe, Zn, Mn, Cu, Co), порівняно з їх неорганічними солями, на показники метаболізму в крові поросят, зокрема зростання антиоксидантної активності еритроцитів, їх кількості, вмісту гемоглобіну та загального білка;
- експериментально доведено високу ефективність дії хром цитрату в організмі тварин на показники вуглеводного, білкового та ліпідного обмінів, активацію антиоксидантної, NO-синтазної, ендокринної та імунної систем. За впливу хром цитрату здійснюється корекція різних ланок метаболізму, зокрема стабілізуються вуглеводний, ліпідний і білковий обміни, нормалізуються антиоксидантна та імунна системи організму.

Установлено, що наноаквацитрати мінеральних елементів є не лише біологічно активними, а й безпечними для здоров'я та дозволені для збагачення кормів, сировини і харчових продуктів [15].

Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» в м. Харків проводив ряд дослідів з приводу ефективності нанооксиду магнію в складі препарату «NanoVigoSan», який є вакциною проти збудника захворювання свійських тварин на носійство збудників мікст-інфекції ХА-ЦВС-АПП, віспи свиней.

Досліджуваний препарат «NanoViroSan» (партія: 98/27-01-2021, загальний об'єм 27540 доз або 12,7л) являється комбінованим ветеринарним препаратом, до складу якого входять ветеринарні препарати українського виробництва. Метизазон» і «Сільгеран», а також інтегруючі добавки з наночастинками оксиду магнію, що посилюють їх дію. Якість композиційних лікарських засобів гарантовано відповідними українськими ТУ (УкрТС / УкрНДНЦ), які відповідають вимогам Належної практики національних фармацевтичних контрольних лабораторій [16].

Наночастинки MgO мають виражену протівірусну дію *in vitro* в дозах, що в 1000 разів нижчі за токсичні, сприяють руйнуванню біоплівки патогенних мікроорганізмів та являються підсилювачами антимікробної активності композиту [17].

На рис. 1.4 показано результати випробувань композиту «NanoViroSan» на промисловій свинофермі для ліквідації віспи свиней у молодняку. Напередодні парувальної кампанії та на початку її проведення двічі внутрішньом'язово вводили одному з чотирьох кнурів-плідників та 5 із 32 свиноматок ядра стада з розрахунку 1 мл препарату на 20 кг маси тіла. З інтервалом 12-14 год. У ході шлюбної кампанії та всього наступного періоду тільності у підданих «NanoViroSan» тварин не зареєстровано жодних відхилень у самопочутті від фізіологічної норми. Після народження поросят захворюваності не виявлено [18].

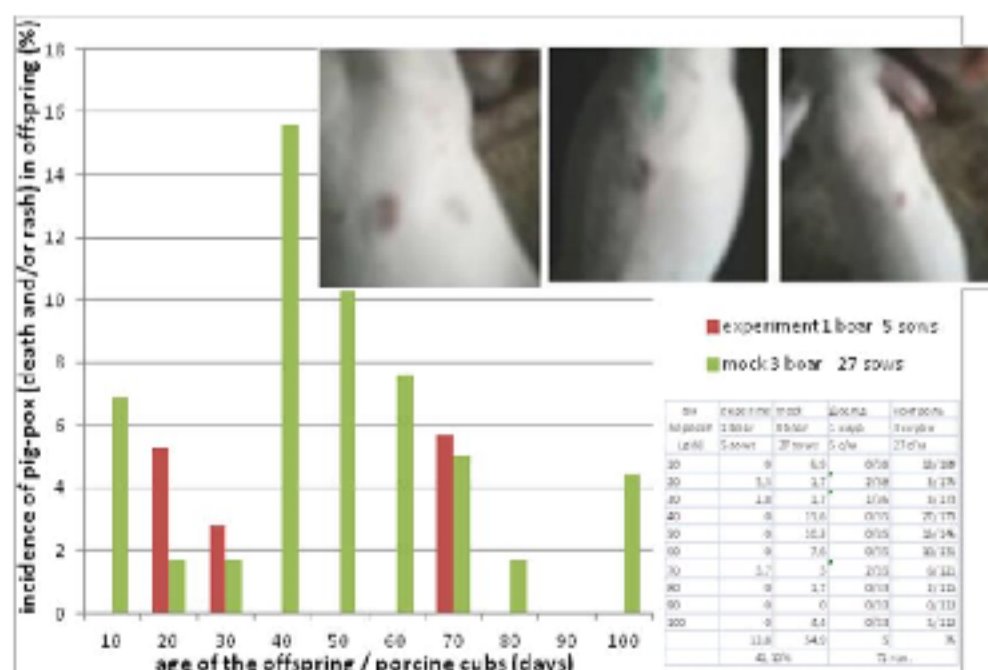


Рисунок 1.4 – Результати обробки стада свиней препаратом

«NanoViroSan» для профілактики віспи свиней у приплоду

За рівня статистичної вірогідності  $p \leq 0,01-0,03$  доведено відсутність цитотоксичної (культури клітин яєчок молочних поросят) та біотоксичної дії, і одночасно - значну антимікробну (віро- та бактеріостатичну) активність препарату в діапазоні концентрацій 1,0-4,0 мг/см<sup>3</sup>. Внутрішньом'язове введення препарату племінним кнурцям у дозах 0,5 та 1,5 см<sup>3</sup>/20 кг тричі, раз на добу, дозволило припинити носійство збудників мікст-інфекції за умов товарного свинарства ( $p \leq 0,02$ ). Подібна обробка препаратом у дозі 2,0 см<sup>3</sup>/20 кг кнура та п'яти свиноматок з іншого товарного господарства дозволила перервати ланцюг вертикальної передачі збудника віспи свиней від племядра стада до потомства ( $n=227$ ,  $p \leq 0,03$ ) [19].

Використання нанотехнологій у харчовій промисловості здійснює чудовий ефект у збагаченні кормів для годівлі сільськогосподарських тварин, що в свою чергу насичує сировину додатковими мікро- та макроелементами, яка буде підвищувати харчову цінність готової продукції.

Позитивний ефект від застосування нанотехнологій у харчовій промисловості [20]:

- насичення харчової сировини біоактивними компонентами (вітамін у вигляді наночастинок);
- подовження терміну зберігання продукту завдяки обробці наноксидами (магнію та вуглецю);
- збагачення продукту додатковими мікро- та макроелементами;
- знезараження та дезінфекція готової продукції;

Позитивний економічний ефект:

- збільшення харчової цінності продукції;
- підвищення рівня рентабельності виробництва;
- підвищення якості обробки продукції;
- більш низька ціна виробництва порівняно з застосуванням традиційних методів обробки продуктів.

### **1.3 Доцільність та необхідність обробки риби та м'ясопродуктів наноксидами вуглецю та магнію**

Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» в м. Харків на чолі з доцентом, кандидатом технічних наук Бузуном А. І. проводили дослідження і розробили препарат «NanoViroSan», котрий перешкоджає захворюваності поголів'я свиней на мікст-інфекції ХА-ЦВС-АПП та свинячу віспу, в основу якого входить наноксид магнію. В свою чергу дані розробки нашою командою на використання наноксидів магнію та вуглецю задля знищення гнилісної мікрофлори на м'ясопродукті та подовження його терміну зберігання.

На практиці, використання наноксидів магнію та вуглецю при обробці риби та м'ясопродуктів, дає позитивний результат. Продукт набуває не тільки консервуючі властивості, що дає змогу довготривалого зберігання, а й підвищує поживність продукту. Яскравим прикладом також є використання цитрату магнію у обробці продуктів харчування. Завдяки цитрату магнію вироби мають досить довгий термін придатності, тому що наногранули цитрату магнію консервують продукт, перешкоджаючи утворенню гнильних мікроорганізмів на поверхні сировини. Ще й продукт отримує підвищену харчову цінність, так як цитрат магнію допомагає підтримувати правильний обмінний процес в організмі людини, регулює засвоєння кальцію для додаткової мінералізації кісток, допомагає синтезувати АТФ і позитивно впливає на нервову систему в цілому.

Цитрат магнію – магнієва сіль лимонної кислоти, яка є харчовою добавкою E345, збільшує термін зберігання продукту, дозволяє підтримувати у продукті певне значення рН та зберігає консистенцію, текстуру і форму харчових продуктів. Хімічна формула  $C_6H_6O_7Mg$ .

При зберіганні риба та м'ясопродукти мають здатність псуватися. Під дією підвищеної температури та зовнішніх чинників продукти окислюються. Як результат відбувається реакція окислення на поверхні м'яса та риби, з утворенням речовин, які можуть бути токсичними для організму людини. Для

того щоб зберегти якнайбільше корисних властивостей і подовжити зберігання риби та м'яса, уникаючи традиційних методів обробки продуктів, а саме копчення, використовується обробка продуктів цитратом магнію шляхом розпилення наночасточок на поверхню виробів.

Обробка наночасточками цитрату магнію м'ясопродуктів до та після в лабораторних умовах представлена на рис. 1.4



Рисунок 1.4 – Обробка до та після наночасточками цитрату магнію яловичини та курятини

М'ясо джерело незамінних амінокислот, яких немає у білках рослинного походження. Крім того, м'ясо містить вітаміни групи В, а також мікро- (залізо, цинк, йод, фтор, хром) та макроелементи (магній, калій, натрій, фосфор).

У м'ясі риб міститься 14-21% білків, від 0,5 до 33% жиру, 0,9-2% мінеральних речовин, 65-85% води, а також вітаміни А, В1, В2, В6, РР, С, Е[21]. Обробка м'яса та риби харчовою добавкою Е345, збагачує харчові продукти додатковими джерелами магнію та зберігає стійкість до псування. Так як цитрат натрію має властивість, яка дозволяє використовувати її в якості:

- антиоксиданта;
- регулятора кислотності;
- стабілізатора;
- фіксатора забарвлення продукту;

- замінник солі;

Природним джерелом цитрату магнію є шкірка цитрусових, листя бавовнику, хвоя та майже у всіх фруктових плодах. Синтетично, цитрат магнію отримують з лимонної кислоти та гідроксиду магнію.

Властивості цитрату магнію наведено у табл. 1.2 [22]

Таблиця 1.2- Властивості харчової добавки E345

Показник	Значення
Зовнішній вигляд	Порошок білого кольору з розмірами наночастинок до 60 нм
Склад	Магнієва сіль лимонної кислоти
Розчинність	Малорозчинний у холодній воді, добрерозчинний у гарячій воді
Смак	Нейтральний, допускається присутність невеликої кислоти
Запах	Без запаху
Склад основних речовин	Співвідношення магнію і лимонної кислоти – 1:1, містить 11,23% магнію за вагою
Молярна маса	214,41 г/моль

Цитрат натрію як добавку використовують у близько 70 стандартів на харчування в якості антиоксиданта і регулятора кислотності. Добавку E345 як стабілізатор додають у олії та жири тваринного і рослинного походження (окрім оливкової олії), м'ясні та рибні вироби. Як регулятор кислотності у хлібобулочні та кондитерські вироби (шоколад, какао), в желе, джеми, варення, нектари (не більше 5 г/л), фруктові соки (не більше 3 г/л). Як солі-плавники для плавлених сирів, а також як замінник солі у м'ясних виробках.

Позитивні споживчі властивості цитрату магнію:

- підтримує необхідний рівень фізичного стану організму;
- має антиаретмічні властивості;
- протисудомна та гіпотензивна властивість;
- сприяє виробленню мелатоніну, гормону, необхідного для нормалізації

циклів сну;

- антидепресивна дія;
- при цукровому діабеті 2-го типу покращує роботу інсуліну у засвоєнні цукру;
- має консервуючі властивості;

Щоб уникнути швидкого псування продукту також використовують наноксиди вуглецю та магнію. Вони консервують продукт, перешкоджаючи утворенню гнилісної мікрофлори на поверхні виробу.

Діоксид вуглецю скраплений – безбарвна рідина без запаху, яка використовується у харчовій галузі як консервант і антиоксидант. Обробка м'ясопродуктів та риби проводиться з спеціальних розпилювачів, які рівномірно обробляють продукт і формують шар на поверхні продукту, який становить антисептичний захист для подальшого в'ялення продуктів харчування.

Фото до обробки м'яса діоксидом вуглецю та після в лабораторних умовах представлені на рис. 1.5



Рисунок 1.5 – Обробка до та після діоксидом вуглецю яловичини та курятини

Спеціальні розпилювачі використовуються портативні та стаціонарні наведені на рис. 1.6



Рисунок 1.6 – Портативний і стаціонарний розпилювач

У харчовій промисловості використовують діоксид вуглецю виключно вищого або першого сортів, наведено в табл. 1.3 [23]

Таблиця 1.3- Фізико – хімічні властивості діоксиду вуглецю скрапленого

Найменування показника	Значення для сорту	
	Вищий сорт	Перший сорт
Запах і смак	Злегка кислуватий присмак без сторонніх запахів	
Об'ємна частка діоксиду вуглецю (CO <sub>2</sub> ), %, не менше ніж	99,9	99,5
Наявність оксиду вуглецю (CO)	Нижче чутливості методу за п. 10.6 ДСТУ 4817:2007	
Масова концентрація сірчистого ангідриду (SO <sub>2</sub> ), г/м <sup>3</sup> , не більше ніж	0,002	0,004
Наявність сірководню (H <sub>2</sub> S)	Повинен витримувати випробування за п. 10.8 ДСТУ 4817:2007	
Наявність аміаку та етанол амінів	Повинен витримувати випробування за п. 10.10 ДСТУ 4817:2007	

## Продовження таблиці 1.3

Масова частка води, %, не більше	Нижче чутливості методу за п. 10.11 ДСТУ 4817:2007	
Масова концентрація водяної пари за температури 20 С и тиску 101,3 кПа (760 мм рт.ст.), г/м <sup>3</sup> , не більше ніж	0,037	0,076
Температура насичення діоксиду вуглецю водяною парою, яка відповідає тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) і температурі, не вище ніж	Мінус 48	Мінус 42
Наявність ароматичних вуглеводнів	Повинен витримувати випробування за п. 10.13 ДСТУ 4817:2007	
Масова концентрація оксидів ванадію (у перерахунку на V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) для скрапленого діоксиду вуглецю мг/кг, не більше ніж	0,02	0,1

Магній оксид – дрібнодисперсний порошок білого кольору, який є емульгатором і має назву E530. Є гігроскопічним, але не розчинний у воді.

Хімічна формула складається з позитивно заряджених іонів магнію і негативно заряджених іонів оксиду між якими існує іонний зв'язок. Отримують шляхом випалу таких мінералів як магнезит та долміт. В харчовій промисловості магній оксид також одержують шляхом спалювання магнію у повітрі :  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

При спаленні утворюється наноксид магнію, який за рахунок утворення диму рівномірно обробляє м'ясопродукт, утворюючи захисний шар, який консервує продукт і збільшує його термін зберігання. Також за рахунок магнію,

продукт набуває додаткових поживних властивостей.

Обробка м'яса наноксидом магнію під час та після в лабораторних умовах наведено на рис. 1.7



Рисунок 1.7 – Фото обробки наноксидом магнію яловичини під час та після

Властивості магній оксиду наведено у табл. 1.4 [24]

Таблиця 1.4- Властивості харчової добавки E530

Показник	Значення
Зовнішній вигляд	Порошок білого кольору з розмірами наночастинок до 80 нм
Густина	3,58 г/см <sup>-3</sup> (25 °С)
Температура плавлення	2852°С
Температура кипіння	3600°С
Розчинність	У воді – 0,086 г/л, у спиртах – не розчинний
Показник заломлення	1,736
Молярна маса	40,3044 г/моль

Корисні властивості:

- нейтралізує вільну хлористоводневу (соляну) кислоту у шлунку;
- знижує пептичну активність шлункового соку;
- зв'язувач надлишкової води у продукті;

- регулятор рН продукту;
- разом з аеросилом виступають як емульгатор

#### **1.4 Доцільність розробки автономних коптильних установок з використанням електростатичного поля високої інтенсивності для обробки харчових продуктів**

У харчовій промисловості застосовують різноманітні фізичні методи обробки продуктів, що основані на використанні електричного струму. Такі методи реалізуються за рахунок електричних полів різноманітної структури: постійної, змінної та тієї, що схрещується (електричні та магнітні поля). Електрична енергія в них без проміжних перетворень використовується як самостійний робочий інструмент. Фізичною основою таких процесів є силовий вплив електромагнітних полів на електрзаряджені частинки харчових продуктів [25].

Переваги електронно-іонних технологій полягають у тому, що більшість харчових продуктів та сировини піддається впливу сил електричних полів; електрична енергія безпосередньо впливає на продукт, що виключає проміжне перетворення на інші види енергії [26].

Технологія швидкого захисту продуктів харчування для довготермінового зберігання можлива завдяки пристрою інтенсивного копчення в електростатичному полі. Пристрій призначений для швидкого приготування продукції холодного копчення (м'ясо, сало, риба, ковбаса і тп). Основною перевагою електростатичного копчення серед інших методів є пришвидшене поглинання частинок диму в м'ясо. Скорочений час виготовлення продукції дозволяє зберегти якість та органолептичні властивості продукту, при цьому термін зберігання виробу залишається досить довгим.

Передбачається, що за рахунок іонізації компоненти димоповітряної суміші з великою швидкістю бомбардують поверхню продукту і осідають на ньому товстим шаром. Це дозволяє скоротити тривалість копчення з декількох діб (традиційний спосіб) до 1-2 год. В основу процесу виробництва продукції холодного копчення з використанням електростатичного поля високої напруги

покладено метод, суть якого полягає в тому, що іонізований газ (повітря), переміщуючись в електричному полі, дає заряд тонкодисперсним частинкам речовини (копильний дим) [27].

Таблиця 1.5- Технічні характеристики приладу інтенсивного копчення в електростатичному полі

Напруга живлення пристрою, В	220 $\pm$ 10% або 12
Частота живильної мережі, Гц	$\approx$ 50
Споживана потужність, Вт	не більше 4000 (для 220В)
Межі регулювання вихідної напруги на робочому електроді пристрою, кВ	до 50
Час приготування продуктів, хв	5-20
Габаритні розміри пристрою, мм	
довжина	2000
ширина	1000
висота	1850
Маса пристрою, кг	не більше 60
Вид виконання	підлогове
Оптимальне разове завантаження продуктом копчення, кг	50
Режим роботи пристрою: повторно-короткочасний	Робота – 3 години Перерва – 15 хв

Пристрій повинен експлуатуватися за температури навколишнього повітря 20 $\pm$ 5 $^{\circ}$ С і вологості до 80%.

Вимоги до техніки безпеки:

У пристрої використовується небезпечна для життя висока напруга до 50 кВ. Тому при експлуатації пристрою необхідно дотримуватись наступних правил техніки безпеки:

- місце експлуатації пристрою слід містити в чистоті.
- експлуатувати пристрій слід у добре провітрюваному приміщенні, що не містить у повітрі парів води, паливно-мастильних матеріалів, пилу тощо.
- забороняється експлуатувати пристрій на похилих площинах більше 15 $^{\circ}$ .
- увімкнений пристрій забороняється штовхати, нахилити або переміщати.

- цей пристрій може бути використаний на малих м'ясопереробних підприємствах та гриль-барах, у кафе та ресторанах [28].

Сучасні інженерні принципи, що лежать в основі процесу копчення та роботи пристрою, забезпечують високу швидкість обробки та гарантовану якість продукції, екологічну чистоту, мінімальні енерговитрати, надійність та простоту експлуатації, можливість автономної роботи та швидкого переходу з одного виду виробу на інший. До складу пристрою входить:

- димогенератор, що забезпечує оптимальний процес горіння тирси та необхідний склад диму з цифровим контролем температури в камері;
- генератор електростатичного поля з елементами компонування та комутації;
- система автоматичного регулювання температурних та технологічних процесів.

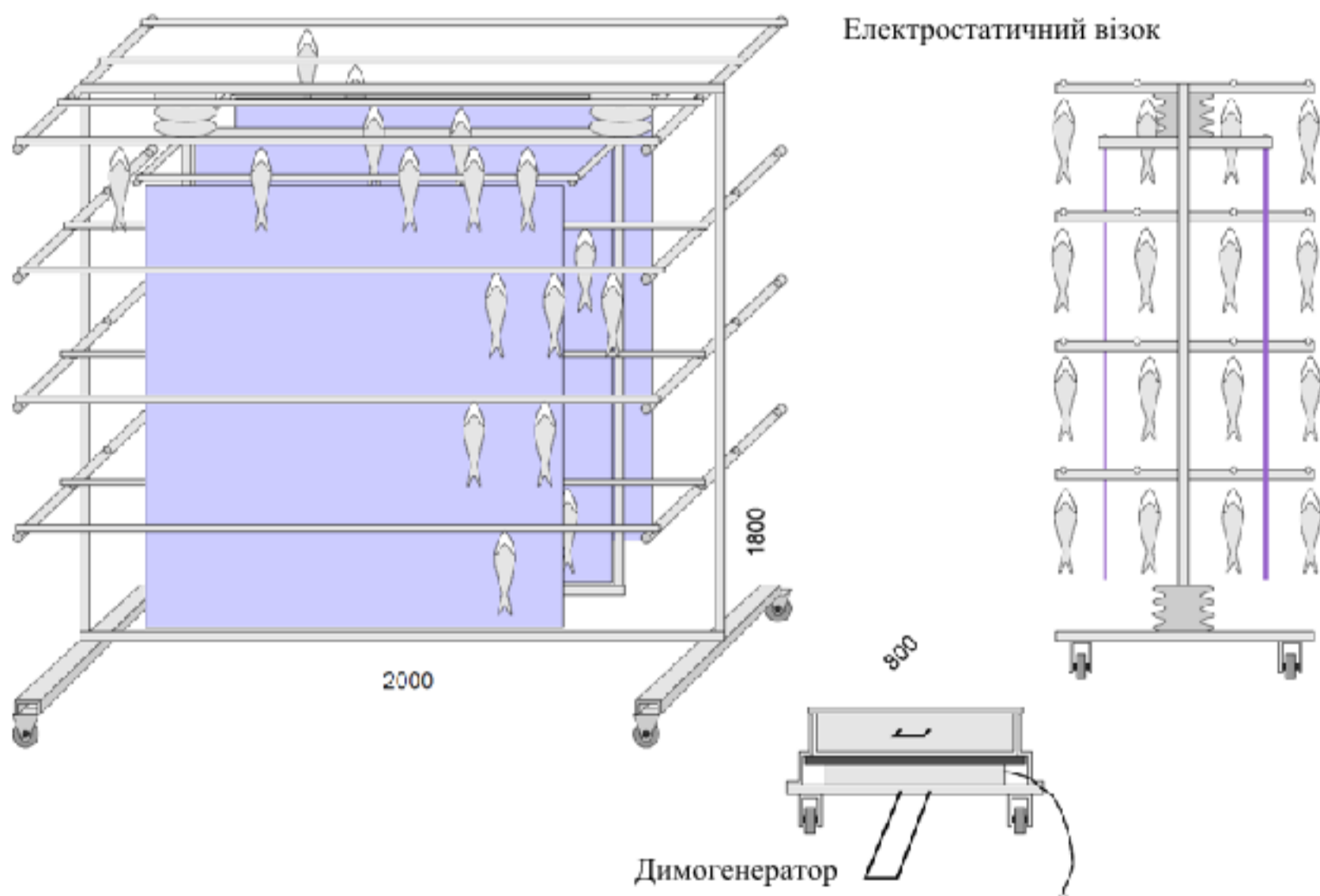


Рисунок 1.8 – Прилад інтенсивного копчення в електростатичному полі

Пристрій для електростатичного копчення містить камеру, в якій

розташовані тримач для оброблюваного продукту, встановлені по обидві сторони тримача електроди, що коронують, спрямовані в бік тримача, димогенератор, блок управління. Корпус камери виконаний у формі прямокутного паралелепіпеда з теплоізолюючими стінками і шарнірно закріпленими дверима з ущільнювальною прокладкою і задрайками, генератор диму встановлений зовні, і отвір, для можливості введення димоповітряної суміші, виконано в нижній частині стінки камери, патрубок, для можливості відводу відпрацьованої димоповітряної суміші, встановлений в даху камери, а не менш ніж один вентилятор, для можливості підведення чистого повітря, розташований у нижній частині стінки, елементи, для розміщення оброблюваних продуктів, використані як електрод і розташовані у верхній частині, а панелі електродів, що коронірують, розміщені вертикально і з'єднані з джерелом високої напруги, також зовні розміщені елементи електрокерування і контролю [29].



Рисунок 1.9 – Автономна коптильна установка електростатичної дії

За допомогою автономних коптильних установок електростатичної дії вирішується проблема порушення роботи або можливого руйнування тваринницьких підприємств чи птахоферм за надзвичайних ситуацій або бойових дій, що може призвести до швидкого мору і в подальшому до екологічної катастрофи. Для оперативного вирішення цього питання і подальшого збереження продукту задля довготермінового його зберігання пропонується технологія автономного копчення завдяки використанню

електростатичного поля високої інтенсивності, коли відбувається адсорбція наноксидів вуглецю, а також срібла та магнію на поверхню продукту. Такий шар формується протягом декількох хвилин і становить антисептичний захист для подальшого безпечного в'ялення з метою довготермінового зберігання.

З технологічної точки зору копчення – це процес просочування харчових продуктів коптильними речовинами, одержуваними у вигляді диму при неповному згорянні деревини спеціальних порід. При цьому парогазова димова суміш містить велику кількість різноманітних органічних та неорганічних сполук, здатних виконувати різноманітні функції, а також частинки золи та сажі. Склад диму залежить від способу його одержання, температури горіння деревини, густоти диму та швидкості його розведення холодним повітрям.

Вплив коптильних речовин і самого процесу копчення на якість продуктів, що виготовляються, проявляється насамперед у наступних аспектах:

- готові вироби набувають приємного смаку і запаху, темно-червоного кольору і блиску на поверхні;
- проникнення в продукт деяких фракцій диму, у тому числі фенольних та інших органічних кислот, що володіють високою бактерицидною дією, пригнічують розвиток гнильної мікрофлори, сприяючи збільшенню стійкості виробів у процесі зберігання, тобто копчення є одним із способів консервування, особливо в поєднанні з посолом м'яса;

Бактерицидна дія копчення проявляється насамперед на поверхні продукту. Так, в результаті копчення бактеріальне обсіменіння поверхні бекону знижується приблизно в 10000 разів.

Одна з фракцій диму - феноли мають спеціальну дію на сполучну тканину, в результаті чого поверхня продукту ніби ущільнюється, підвищуються її захисні властивості. Процес обробки продукту коптильним димом супроводжується випаровуванням з нього частини вологи - виріб зневоднюється, що також перешкоджає розвитку гнильної мікрофлори. Зневоднення продукту в процесі копчення поряд з такими факторами, як підвищення концентрації кухонної солі, обробка виробів бактерицидними

речовинами та іншими компонентами диму, що перешкоджають гіркоті жиру, сприяє підвищенню кондиційної стійкості продуктів при зберіганні [30].

Процес копчення продуктів складається з етапів отримання диму та власного копчення.

Якість та склад коптильного диму змінюються залежно від умов спалювання:

- кількості повітря, що подається до зони горіння;
- швидкості відведення диму;
- температури горіння;
- повноти згоряння;
- вологості;
- ботанічного виду деревини, що застосовується;

Рівномірність утворення диму залежить від розмірів тирси або стружки. При використанні дуже дрібної тирси спалювання відбувається менш рівномірно.

При використанні сухої деревини та відносно малої подачі повітря у зоні горіння створюються умови розпаду деревини, близькі до умов сухої перегонки. Дим, отриманий із сирої деревини, містить багато парів води, сажі, золи та інших незгорілих фрагментів. Такий дим темний, тяжкий, великодисперсний. Технологічні властивості такого диму низькі, а продукти, оброблені ним мають темну, нерівномірно забарвлену поверхню. Крім того, у такому димі вміст кислот підвищений, особливо мурашиною та пропіоновою, що надають продуктам неприємного смаку та запаху, що несприятливо відбивається на якості копчення [31].

Як правило, для обробки м'ясних продуктів найкраще підходить для коптильного диму сировина із листяних порід. Тому частіше за всього використовують дрова або стружку чорного дуба, горіха, ясена, клена, а з плодових – дику вишню, яблуню. Одна із найкращих порід деревини, яка надає м'ясним виробам смак копченості – ялівець. Можна використовувати як деревину рослини, так і плоди. Для кращого ефекту в тліючі дрова можна додати листя лавра, вереску, лушпиння цибулі, розмарин. Уникати краще хвойні породи деревини такі як сосна і ялина, тому що колір продукту потемніє

через відкладання кіпоті, а присмак скипидару загострить смак та аромат виробу. Однак, для деяких специфічних типів копчення м'яса та кров'яних ковбас застосування деревини хвойних порід (ялинові, соснові), так само як і вільха є переважними.

Рекомендовані типи деревини, які допущені до застосування органами охорони здоров'я, широко використовуються при отриманні диму в промислових умовах м'ясної та рибної галузей та забезпечують дотримання встановлених норм на вміст канцерогенних речовин як у димі, так і в готових виробах.

Основні види порід дерев, які використовуються для отримання коптильного диму [31], представлені у табл. 1.6

Таблиця 1.6- Основні застосовувані породи деревини

Вид деревини	Колір	Аромат, смак	Примітки
Тверді породи деревини			
дуб	від темно-жовтого до коричневого	тонкий, приємний	чудове джерело диму для копчення
горіх	від темно-жовтого до різко коричневого	тонкий, приємний	основа для фумеолу
ясен	жовтий	хороший	-
червоне дерево	від золотисто-коричневого до різко коричневого	тонкий, приємний	досягається швидко забарвлення
кедр	блідо-жовтий	тонкий, приємний	-
вишня	коричнево-червоний	тонкий, приємний	-
абрикос	коричнево-помаранчевий	спецефічний, тонкий	-
слива	від жовтого до коричневого	слабкий, тонкий	-

Продовження таблиці 1.6

М'які породи деревини			
Береза, тополя	від жовтого до коричневого	слабкий, тонкий	застосовуються у суміші з димом деревини інших порід
вільха	жовтий	слабкий, тонкий	-
Ялина, сосна	посередній, з відкладенням сажі	різкі, гострі із запахом скипидару	непридатні
ялівець	темно-коричневий	дуже хороший, специфічний, пряний	-
Чагарники та інші рослини			
верес	дуже хороший	спецефічний	доволі рідко використовується
лавр	посередній	з парфумерним відтінком	використовується у невеликій кількості
розмарин	посередній	відмінний, спецефічний, пряний	-
чебрець	посередній	з парфумерним відтінком	-

Зовнішньою ознакою хороших коптильних властивостей диму є його світле забарвлення. Темний, важкий дим характерний для горіння сирої деревини, яку перед використанням слід досушити. Не слід допускати горіння дров у топці: дерево має інтенсивно тліти. Щільність диму залежить від кількості повітря, що подається в топку. Оптимальна вологість диму – 60-65%.

Склад та властивості диму, а також його температура нерівномірні за висотою камери. Концентрація речовин, що формують смак і запах продукту, вища у верхній частині коптильні. У нижній зоні переважають речовини, що

мають консервуючу дію. Таким чином, залежно від мети, можливо отримати необхідний бажаний ефект, розміщуючи виріб в камері на різних рівнях.

Продукти слід розміщувати в камері на деякій відстані один від одного (1-2 см), уникаючи зіткнення.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Програма досліджень та планування експерименту

Експериментальні дослідження були проведені на кафедрі харчових технологій Полтавського державного аграрного університету.

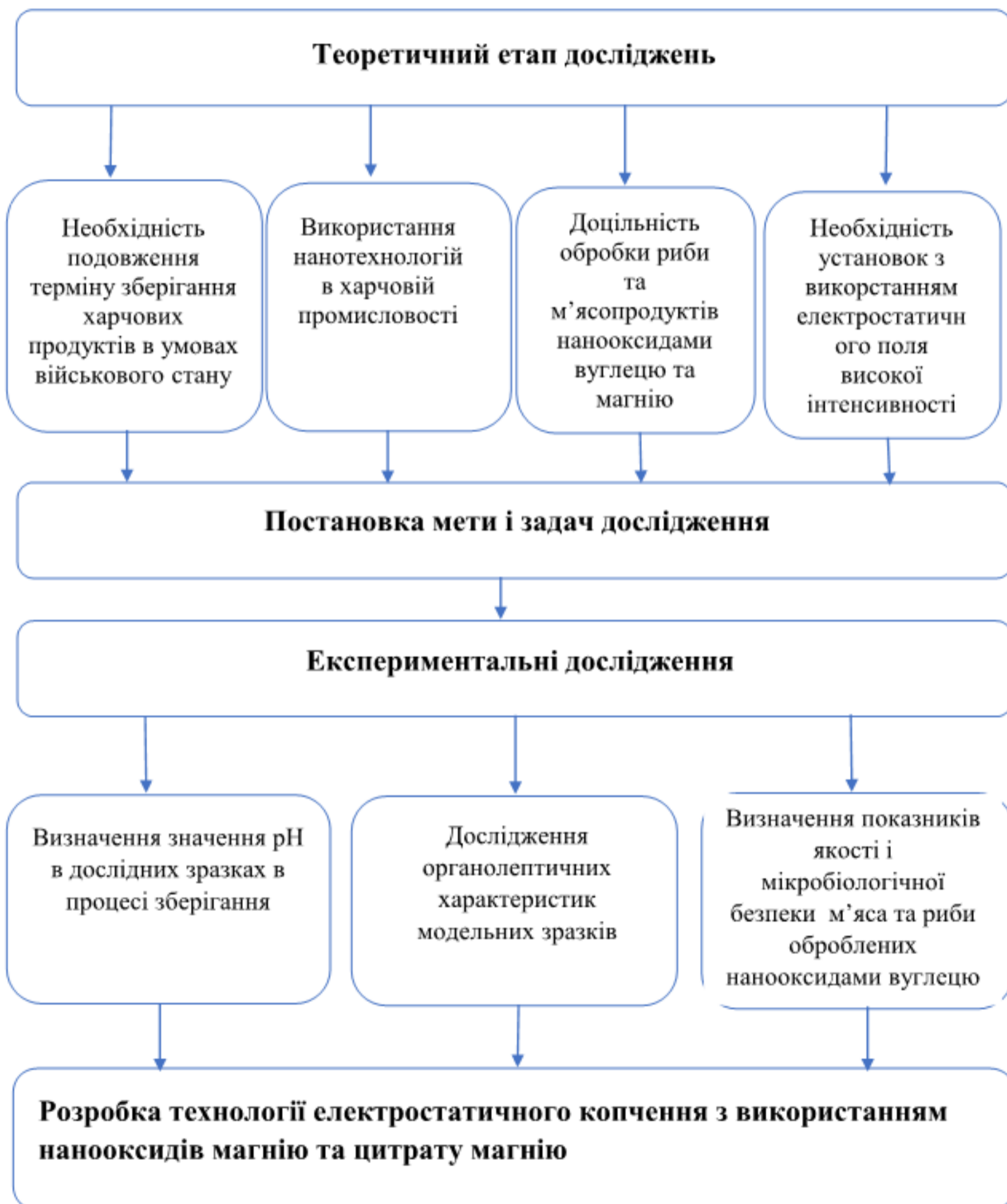


Рисунок 2.1. - Схема проведення експериментальних досліджень

## 2.2 Об'єкт та предмети досліджень

Метою роботи є наукове обґрунтування технології обробки харчових продуктів наноксидами вуглецю і магнію та доцільність обробки м'ясопродуктів з використанням електростатичного поля високої інтенсивності.

Об'єкт дослідження: Технологія обробки харчових продуктів наноксидами вуглецю та магнію.

Предмет дослідження: М'ясо яловичини, курятини, свинини; наноксид магнію, наноксид вуглецю.

Методи дослідження: поставлені в роботі задачі вирішувались аналітичними та експериментальними методами: хімічними, фізико – хімічними, мікробіологічними, органолептичними дослідженнями, а також статистичними обробками результатів досліджень.

## 2.3 Методи та методики експериментальних досліджень

Якість харчових продуктів формується на основі ґрунтовних наукових досліджень складу харчових продуктів, їх структурно-механічних властивостей та інших показників за допомогою інноваційних методів аналізу. Теоретично і експериментально доведено, що комплексне дослідження продуктів харчування дає змогу науковцям визначити структуру хімічних речовин, що входять до складу харчового продукту і зробити комплексну якісну оцінку [32].

У відповідності до мети і завдань роботи застосовувалися стандартні методи дослідження. Всі отримані результати експериментальних досліджень відображено в одиницях міжнародної системи СІ [33]. Відносна похибка експериментальних досліджень в межах встановленого інтервалу варіювання не більше 0,54.

**2.3.1 Органолептична оцінка** [34] була проведена дегустаційною комісією на кафедрі Харчових технологій. Основна перевага сенсорного аналізу, що включає оцінку зовнішнього вигляду, форми, вигляду на розрізі,

запаху, смаку і кольору виробу, як органолептичного методу оцінки якості готової продукції – це можливість відносно швидко визначити придатність продукту до вживання. Органолептична оцінка виробів проводилася за 5-ти бальною шкалою.

**2.3.2 Визначення вмісту мінеральних речовин** [35] проводили в лабораторних умовах кафедри Харчових технологій. Загальну кількість мінеральних речовин визначали озоленням. Органічну частину продукту спалювали при температурі 600 – 650 °С у тиглі, який попередньо прожарювали у муфельній печі протягом 1 год. Потім охолоджували в ексікаторі і зважували. Тигель прожарювали доти, поки він не досяг постійної маси (різниця між двома зважуваннями повинна бути не більшою 0,0002 г).

У прокалений до постійної маси тигель поміщали наважку продукту (2 – 5г), зваженого з точністю до 0,0002 г і ставили у муфельну піч.

Для запобігання втрат продукту спалювали спочатку при слабкому нагріванні поступово збільшуючи температуру. Тривалість озолення становить 1 – 2 год. Після цього тигель охолоджували в ексікаторі, зважували і знову прожарювали протягом ще 30 хв.

Кінцеве прокалювання вважали сталим після 2-х зважувань. Вміст золи, %, розраховували за формулою:

$$Z = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100$$

де  $m_1$  – маса тигля з наважкою;

$m_2$  – маса тигля із золюю, г;

$m$  – маса порожнього тигля, г.

**2.3.3 Визначення величини рН** [36] проводили на кафедрі харчових технологій Полтавського державного аграрного університету. Величину рН визначали на рН-метрі–340 у водяній витяжці, приготовленій у співвідношенні 1:10. Для цього відбирали 10 г подрібненого продукту в конічну колбу місткістю 250 мл, заливали його 100 мл дистильованої води і проводили 30-хвилинну екстракцію при періодичному перемішуванні. Після закінчення екстрагування відфільтровували екстракт через паперовий фільтр і визначали у фільтраті значення рН.

Перед кожним вимірюванням робочі електроди рН-метра промивали дистильованою водою, а залишок води на їх поверхні висушували фільтрувальним папером.

**2.3.4 Визначення жирнокислотного складу** [37] проводилося на базі спеціалізованої лабораторії «Укрметртестстандарту». В колбу поміщали наважку досліджуваного зразка жиру масою 1 г і додавали 10 см<sup>3</sup> 1% розчину метилату натрію в метанолі. Приєднували до колби зворотний холодильник і нагрівали до кипіння на водяній бані протягом 15 хв, потім в колбу додавали 13 см<sup>3</sup> 1М розчину сірчаної кислоти в метанолі і нагрівали ще 15 хв. Після охолодження під струменем води додавали 25 см<sup>3</sup> дистильованої води і вміст колби переносили в ділільну воронку, екстрагували 10 см<sup>3</sup> гексану 2 рази. Об'єднані екстракти промивали дистильованою водою порціями по 7 см<sup>3</sup> до повного видалення кислоти (контролювали за допомогою індикатора метилоранж). Екстракт сушили фільтруванням через шар безводного сульфату натрію і використовували для випробування. В якості стандарту застосовували суміш метилових ефірів індивідуальних жирних кислот.

Поділ та ідентифікацію компонентів проводили на газо-рідинному хроматографі КристалЛюкс 4000М з полум'яно-іонізаційним детектором і капілярної колонкою Zebron WAX довжиною 30 м та внутрішнім діаметром 0,32мм (нерухома фаза складається зі 100% поліетиленгліколю, товщина фази 50 мкм). Газ-носії – гелій (витрата 1 см<sup>3</sup>/хв); програмування температури:

температура  $T_{\text{поч}}$  колонки  $50^{\circ}\text{C}$  (витримка 1 хв),  $T_{\text{кінець}}$   $220^{\circ}\text{C}$ , швидкість  $4^{\circ}\text{C} / \text{хв}$ ; температура випарника і інтерфейсу детектора  $250^{\circ}\text{C}$ .

**2.3.5 Вологозв'язуюча здатність** [38] зразків м'яса обробленого наноксидом магнію та вуглецю визначали в лабораторних умовах на кафедрі харчових технологій Полтавського державного аграрного університету. Показник вологозв'язуючої здатності визначали за методикою Р.Грау і Р.Хамма в модифікації В. Воловинської та Б. Кельман.

Метод ґрунтується на виділенні води з 300мг наважки при десятихвилинному пресуванні гирею масою 1кг. Визначення проводять за розміром плями, що залишається на фільтрувальному папері після сорбції ним виділеної вологи.

Розмір вологої плями (зовнішньої) вираховують за різницею між загальною площею плями і площі плями, утвореної продуктом, яка позначає пластичність продукту.

Вміст зв'язаної вологи розраховують за формулами:

$$\text{ВУЗ}_m = a - 8,4 * b / m * 100;$$

$$\text{ВУЗ}_a = a - 8,4 * b / a * 100,$$

Де  $\text{ВУЗ}_m$  – вміст зв'язаної вологи, % до продукту;

$\text{ВУЗ}_a$  – вміст зв'язаної вологи, % до загальної вологи;

$a$  – загальний вміст вологи в наважці, мг;

$b$  – площа вологої плями,  $\text{см}^2$ ;

$m$  – маса наважки продукту, мг.

**2.3.6 Визначення загальної кількості МАФМ** [39] в 1 г продукту здійснювали методом заливу. В стерильну бактеріологічну чашку Петрі вносять 0,2 мл проби і заливають м'ясо-пептонним агаром. Чашку перевертають і термостатують при температурі  $37^{\circ}\text{C}$  протягом 48 год. Для визначення

загальної кількості МАФМ в 1 г продукту, підраховану кількість колоній помножували на ступінь розведення досліджуваного продукту.

**2.3.7 Метод виявлення бактерій групи кишкової палички [40].** Суть методу полягає у здатності групи бактерій кишкової палички розщеплювати лактозу. В чашку Петрі з середовищем Ендо наносили 0,1 мл проби. Чашки Петрі зберігали у термостаті при температурі 37 °С протягом 16-24 год.

**2.3.8 Визначення виходу готового продукту [41].** Вироби до обробки, а потім і готові м'ясні вироби зважували на технічних вагах з точністю 0,01 г.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Органолептична оцінка дослідних зразків

Органолептична оцінка дослідних зразків була проведена на базі кафедри харчових технологій Полтавського державного аграрного університету. Доцентами кафедри було розглянуто 4 зразки обробленого м'ясопродукта.

Зразок №1 М'ясопродукт (яловичина) оброблений наноксидом магнію. Даний зразок має помітні незначні зміни кольору в бік більш темнішого відтінку порівнянно з початковим зразком. Поверхня продукту має зовнішній щільний шар, при розрізі консистенція щільна та пружна. Смак продукту приємний, характерний в'яленому м'ясопродукту. Запах притаманний даному зразку.

Зразок №2 М'ясопродукт (яловичина) оброблений наноксидом вуглецю. Даний зразок приємний на вигляд, має поверхневий шар білого кольору за рахунок утворення захисного шару при рівномірній обробці димом в складі наноксиду магнію. Всередині м'ясопродукт має пружну консистенцію, за виглядом притаманний в'яленому м'ясу. Смак приємний, без сторонніх присмаків. Запах приємний, злегка димчастий.

Зразок №3 М'ясопродукт (курятина) оброблений цитратом магнію. Даний зразок на поверхні покритий наночасточками цитрату магнію білого кольору, на розрізі продукт має світло-рожеве забарвлення, щільну консистенцію, без сторонніх включень. На смак подібний до в'яленого м'яса, приємний. Без сторонніх запахів.

Зразок №4 М'ясопродукт (яловичина) оброблений електростатичним полем високої інтенсивності.

Даний зразок має приємний зовнішній вигляд схожий на копчене м'ясо. На поверхні продукту утворився підсушений зовнішній шар, який має темно-вишневий колір. На розрізі м'ясо має рівномірне червоне забарвлення, консистенція щільна та пружна. На смак продукт характерний даному виду м'яса, приємний. Запах не різкий, притаманний цьому продукту.

### 3.2. Вплив попереднього способу обробки на рН продукт

Досліджуваний зразок свинина на ребрі пройшов декілька видів технологічної обробки. Було використано традиційний метод обробки – звичайне копчення, інноваційний метод – обробка м'ясопродукту наноксидом магнію, а також поєднання двох методів - копчення з попередньою обробкою наноксидом магнію.

На початку та в ході досліду контролювалась температура м'ясопродуктів (табл., 3.1.)

Таблиця 3.1-Температурний режим дослідних зразків, °С

Досліджуваний зразок	Температура зразка на початку досліду, °С	Температура зразка наприкінці досліду, °С
Контроль	17,4	18,1
Звичайне копчення	17,3	18
Копчення з попередньою обробкою наноксидом магнію	17,5	17,8
Наноксид магнію	17,5	17,8

Проведено дослідження за допомогою рН-метра даних зразків, наведено у табл. 3.2

Таблиця 3.2- Результати рН досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Портативний рН – метр	Стаціонарний рН – метр
Контроль	6,07	6,3
Звичайне копчення	6,05	6,28
Копчення з попередньою обробкою наноксидом магнію	6,30	6,52
Наноксид магнію	6,58	6,85

\*Похибка між портативним рН – метром і стаціонарним рН – метром становить не більше 0,54.

Отримані результати досліджень представлено на рис. 3.1 та рис. 3.2



Рисунок 3.1 – Результати pH досліджуваних зразків

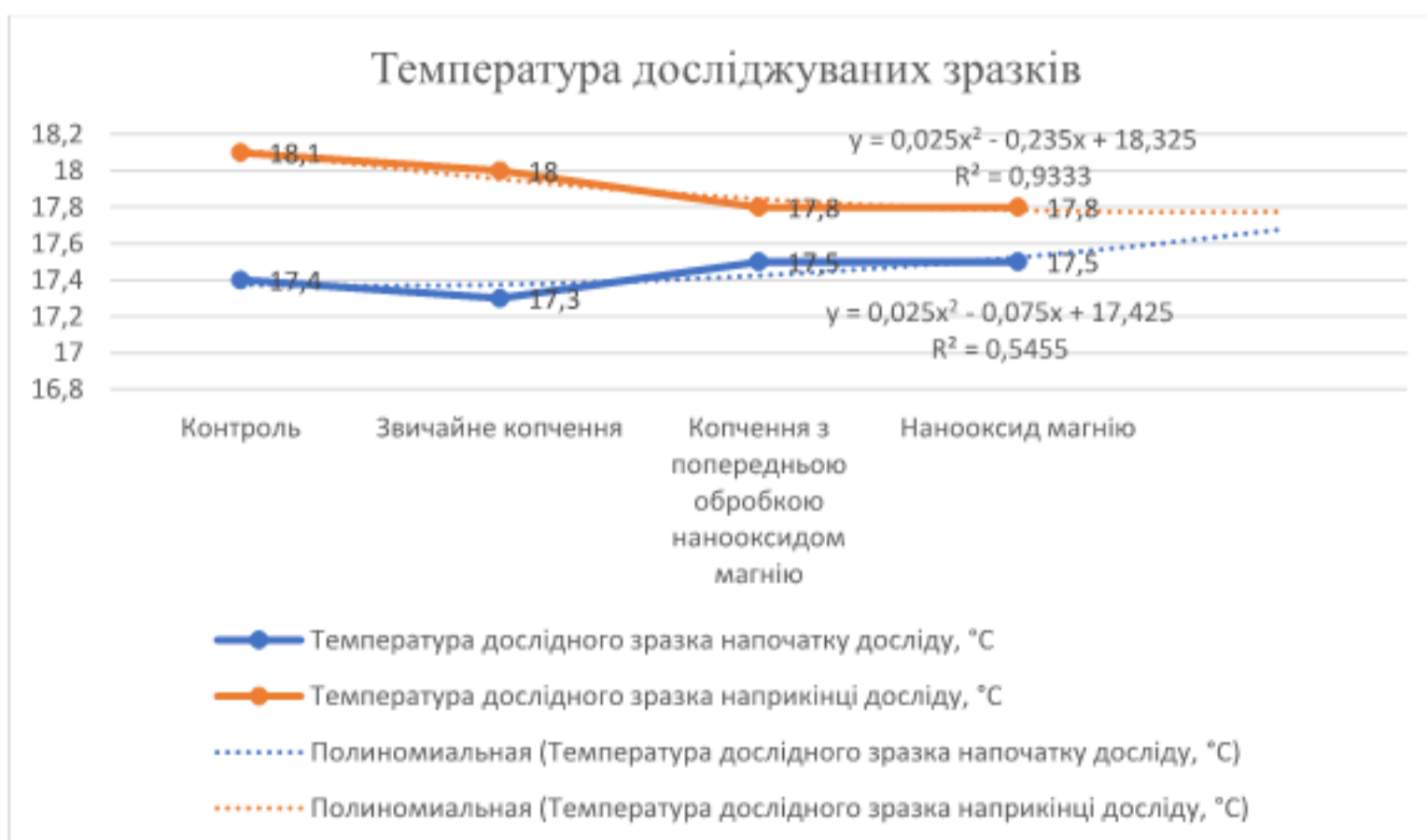


Рисунок 3.2 – Результати температури дослідних зразків

Було проведено звичайне копчення м'ясної сировини, в ході якого були здійснені виміри температури на початку та наприкінці дослідження (табл., 3.3.)

Таблиця 3.3- Температурний режим зразків м'ясопродукту, °С

Досліджуваний зразок	Температура зразка на початку дослідження, °С	Температура зразка наприкінці дослідження, °С
Куряче філе	16,6	16,2
Свиняче ребро	16,5	16,1
Балик свинячий	16,3	16

Також були визначені величини рН дослідних матеріалів (табл., 3.4.)

Таблиця 3.4- Результати рН досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Портативний рН – метр	Стаціонарний рН – метр
Куряче філе	7,1	6,61
Свиняче ребро	7,2	6,72
Балик свинячий	7,1	6,62

\*Похибка між портативним рН – метром і стаціонарним рН – метром становить не більше 0,54.

Отримані результати досліджень представлено на рис. 3.3 та рис. 3.4

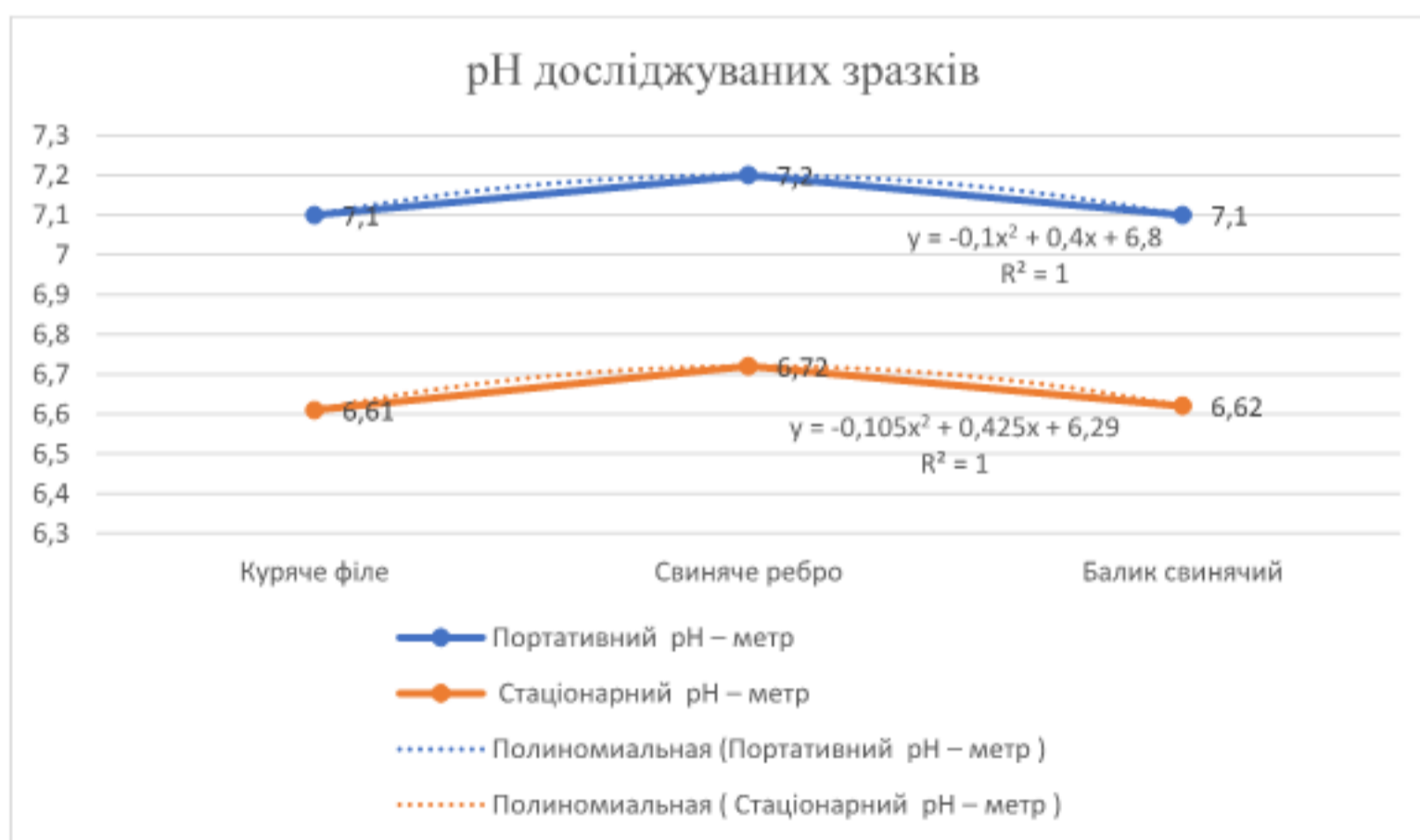
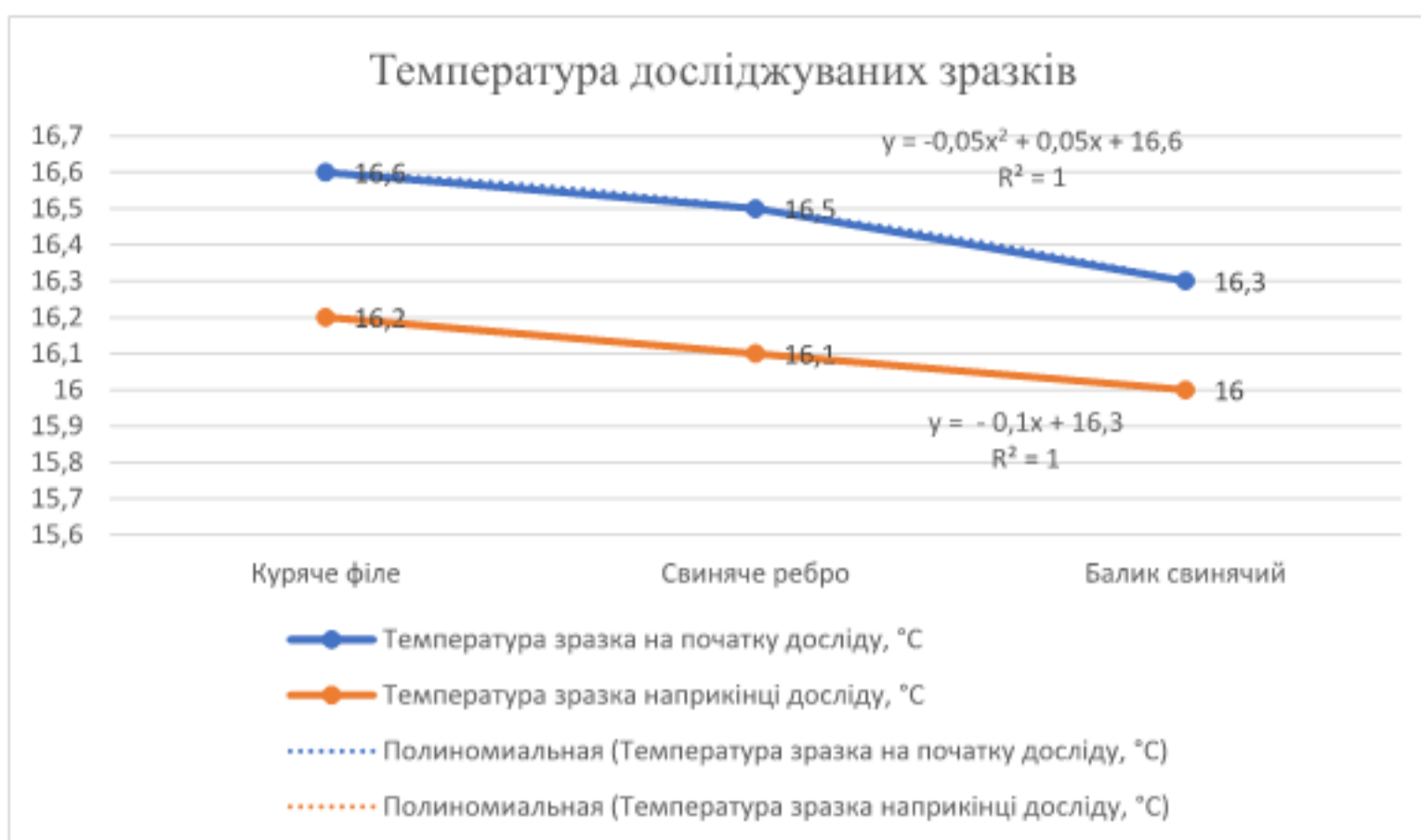


Рисунок 3.3 – Результати рН копчених зразків



**Рисунок 3.2 – Результати температури копчених зарзків**

Також була виконана обробка нанооксидом магнію і цитратом магнію курячого філе, яке попередньо було посолене кухонною сіллю (NaCl). Температурні дані наведено у табл. 3.5

Таблиця 3.5- Температура зразків, °C

Досліджуваний зразок	Температура зразка на початку дослідження, °C	Температура зразка наприкінці дослідження, °C
Контроль	18,2	17,8
Звичайне копчення	18	17,65
Обробка нанооксидом магнію	17,9	17,57
Обробка цитратом магнію	18	17,68

Було виконано дослідження за допомогою рН-метра через 1 добу після обробки м'яса (табл., 3.6.)

Таблиця 3.6 - Результати рН досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Портативний рН – метр (новий)	Стаціонарний рН – метр (старий)
Контроль	6,36	6,87
Звичайне копчення	6,40	6,1
Обробка наноксидом магнію	6,07	5,7
Обробка цитратом магнію	6,03	6,48

\*Похибка між портативним рН – метром і стаціонарним рН – метром становить не більше 0,54.

Дані результати досліджень представлені на рис. 3.5 та рис. 3.6

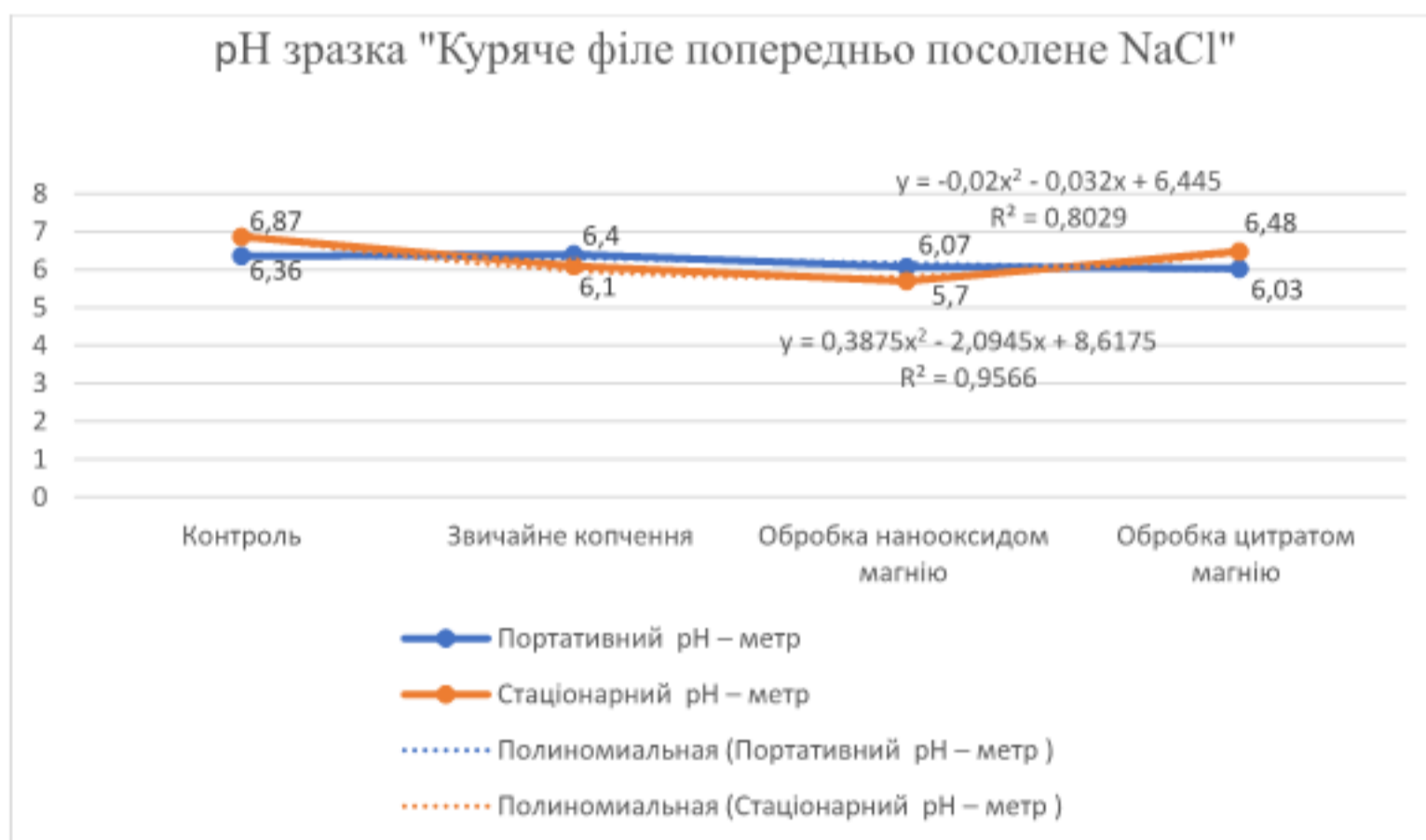


Рисунок 3.5 – Результати рН оброблених зразків

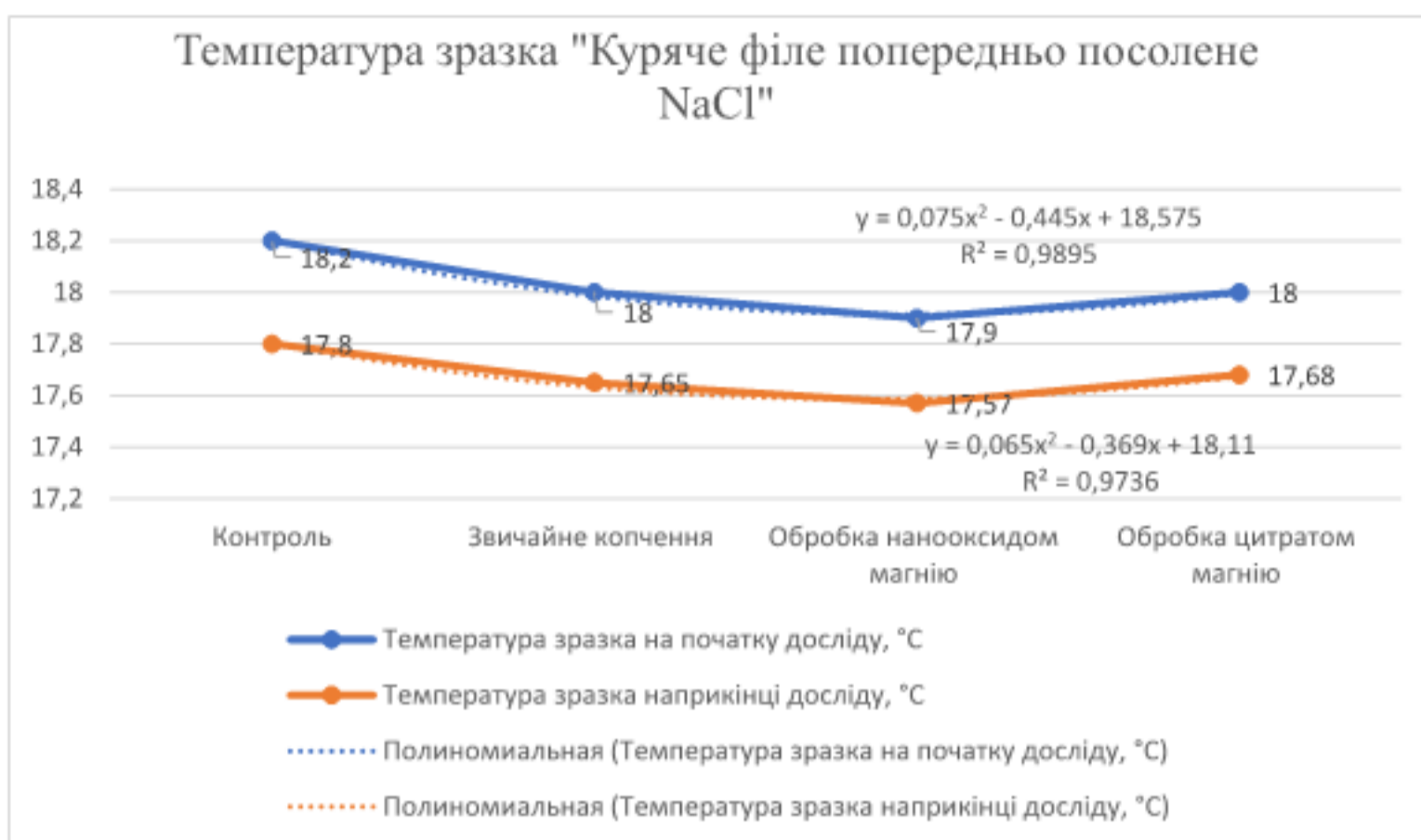


Рисунок 3.6 – Результати температури оброблених зразків

Аналогічне до попереднього дослідження було проведено з яловичим філе, яке також обробили наноксидом магнію і цитратом. Виконано попередній посол кухонною сіллю (NaCl).

Температурні дані наведені у табл. 3.7

Таблиця 3.7- Температура оброблених зразків, °C

Досліджуваний зразок	Температура зразка на початку дослідження, °C	Температура зразка наприкінці дослідження, °C
Контроль	18,4	18
Звичайне копчення	18,1	17,7
Обробка наноксидом магнію	17,8	17
Обробка цитратом магнію	18,1	17,7

Визначено величини рН дослідних зразків (табл., 3.8.)

Таблиця 3.8- Результати рН досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Портативний рН – метр (новий)	Стаціонарний рН – метр (старий)
Контроль	5,83	6,19
Звичайне копчення	6,1	5,7
Обробка наноксидом магнію	5,96	6,4
Обробка цитратом магнію	5,81	6,27

\*Похибка між портативним рН – метром і стаціонарним рН – метром становить не більше 0,54.

Дані результати досліджень представлені на рис. 3.7 та рис. 3.8

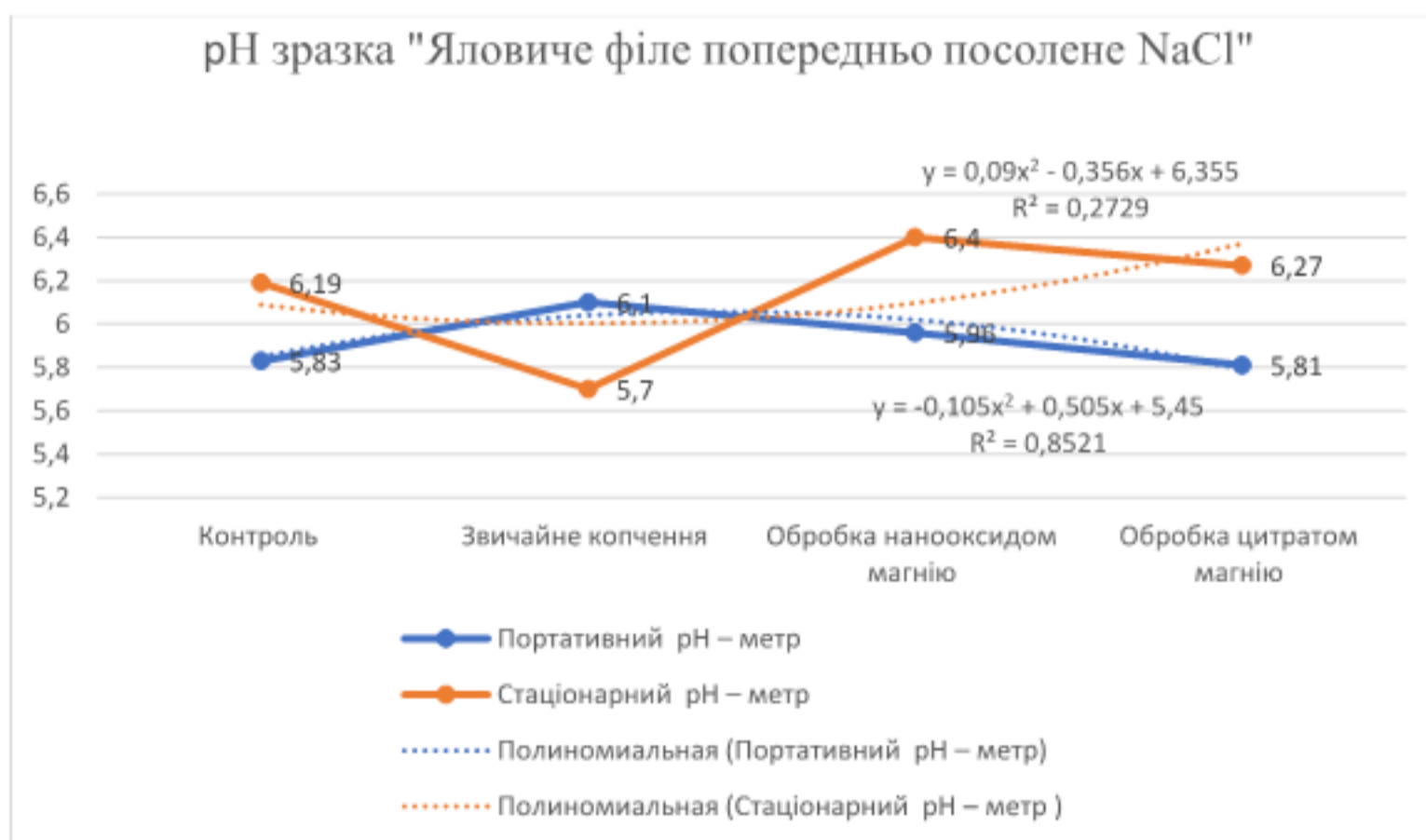


Рисунок 3.7 – Результати рН оброблених зразків

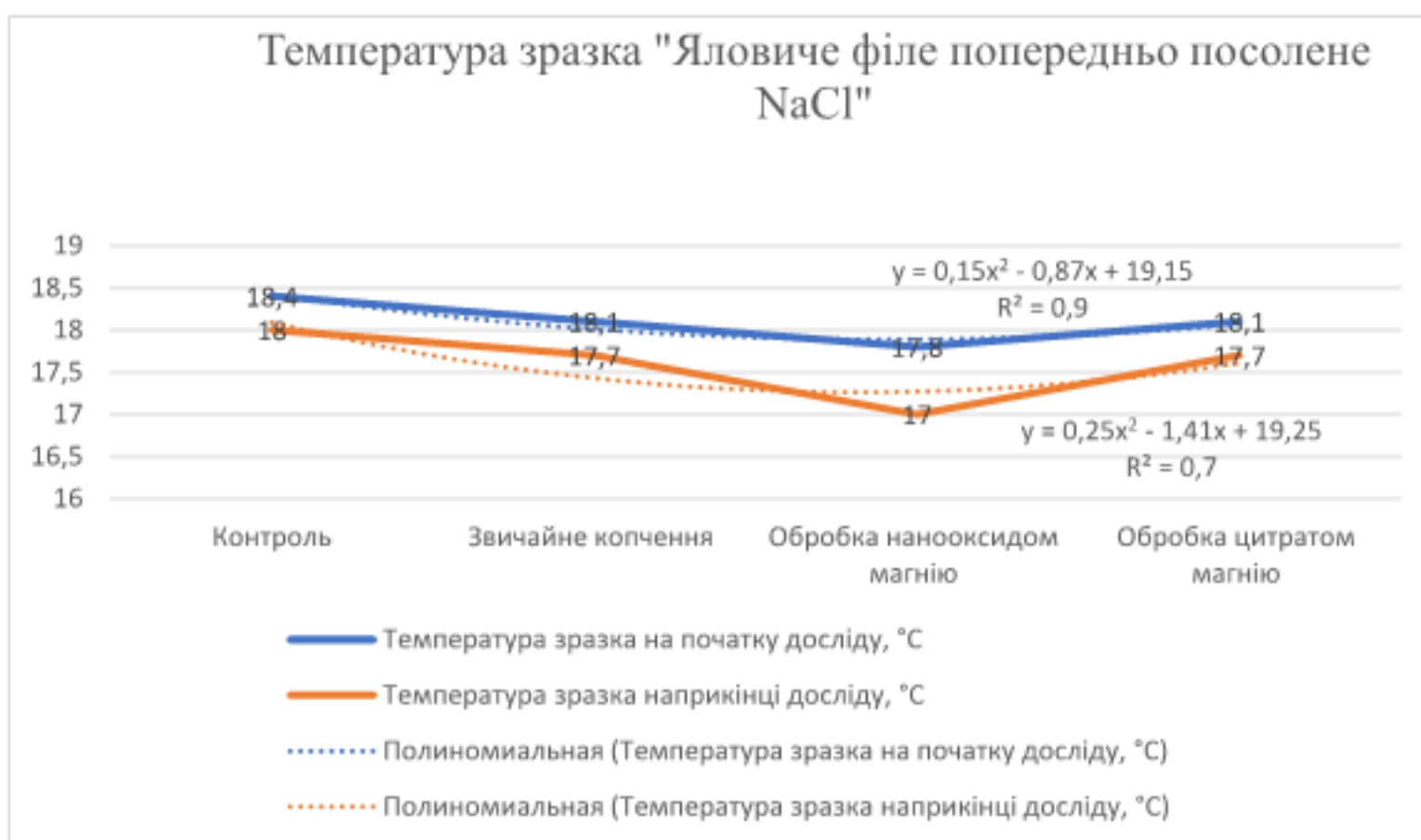


Рисунок 3.8 – Результати температури оброблених зразків

Здійснено порівняння результатів рН досліджуваних зразків: куряче філе і філе яловичини (попередньо посолене NaCl), отримані результати представлено на рис. 3.9 та 3.10

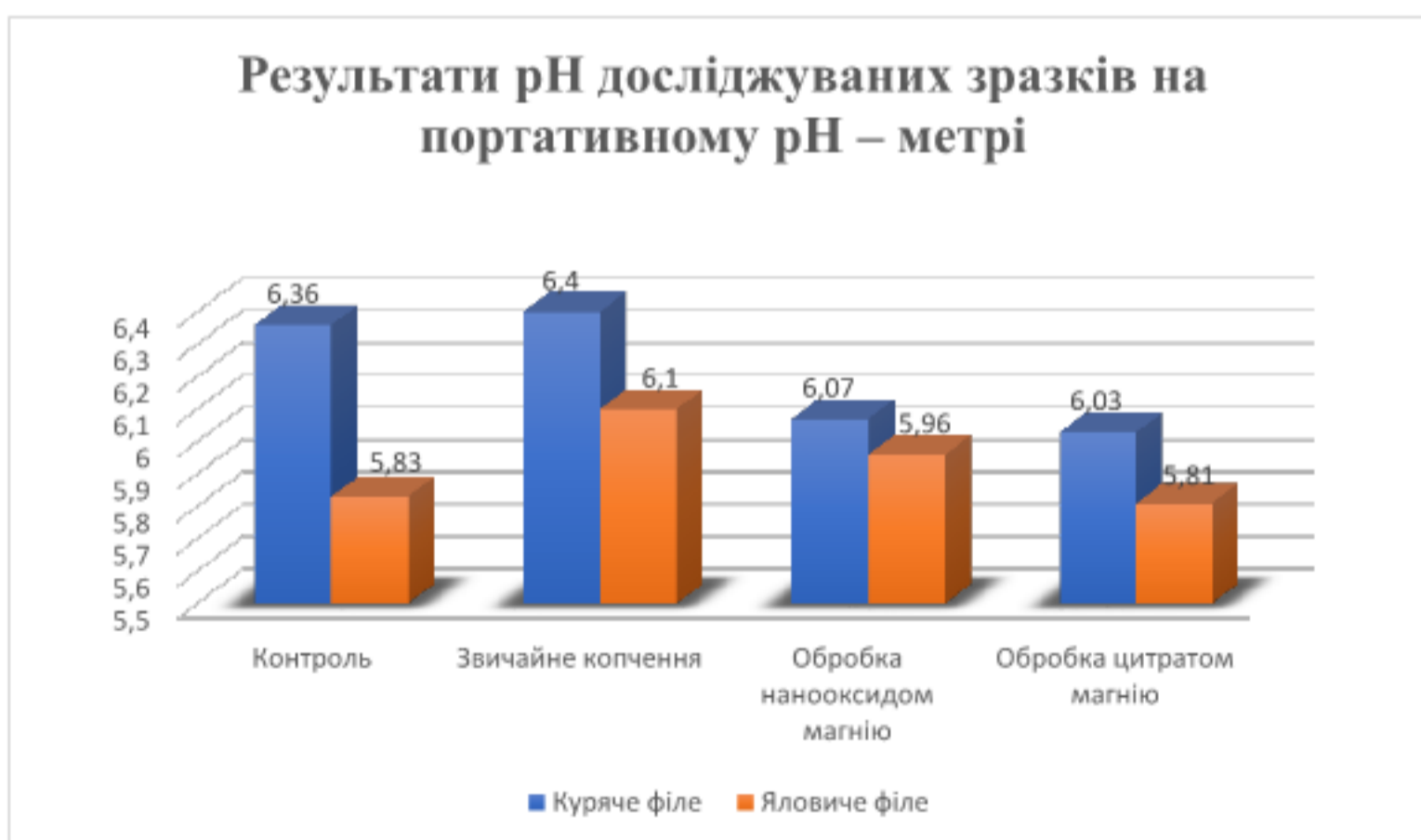


Рисунок 3.9 – Результати порівняння дослідних зразків на портативному рН – метрі

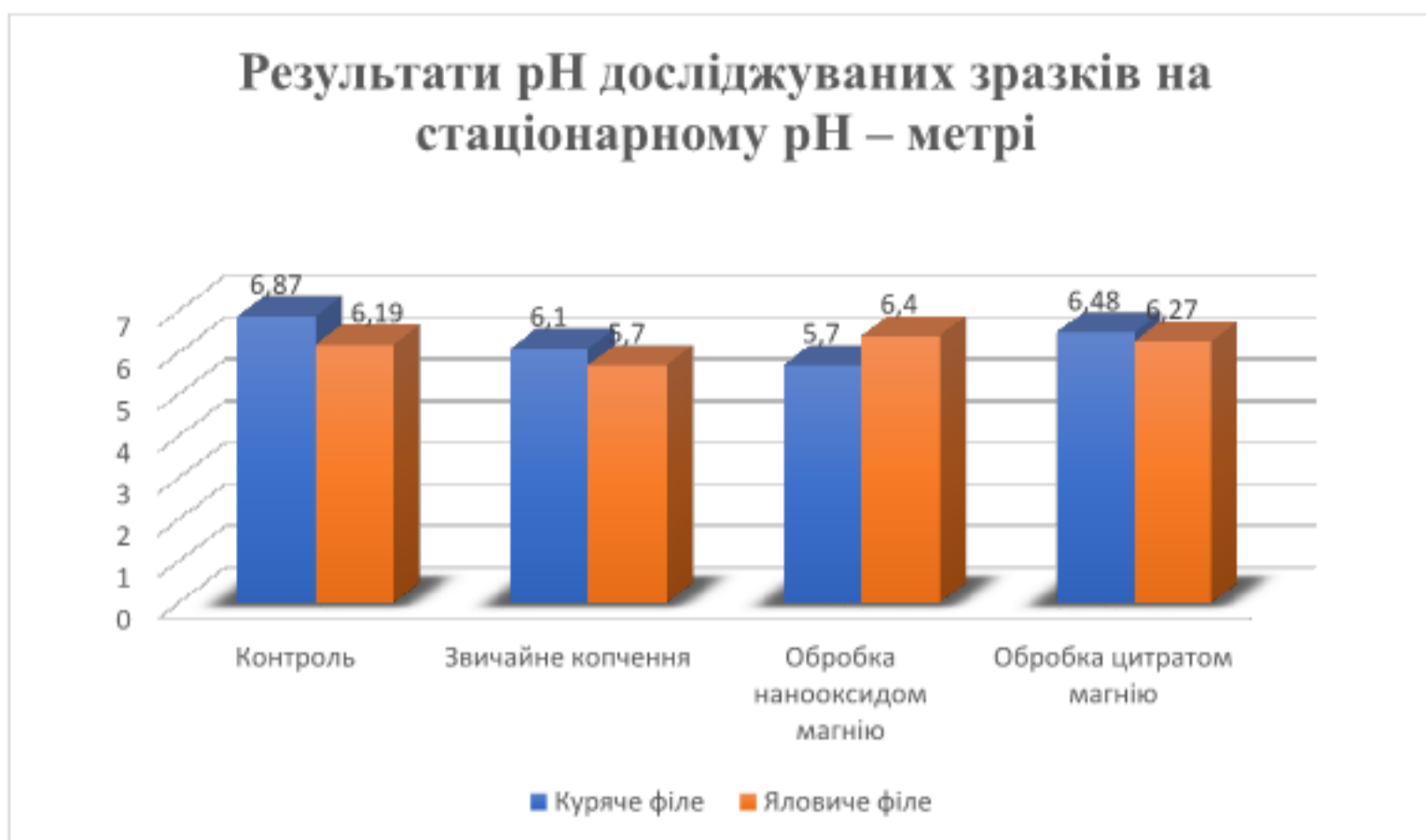


Рисунок 3.10 – Результати порівняння дослідних зразків на стаціонарному рН – метрі

Виконано електростатичне в'ялення філе яловичини, яке було попередньо оброблене спиртом задля знищення шкідливих мікроорганізмів на поверхні м'яса. Результати температурних показників наведено у табл. 3.9

Таблиця 3.9- Температура дослідних матеріалів, °С

Досліджуваний зразок	Температура зразка на початку дослідження, °С	Температура зразка наприкінці дослідження, °С
Контроль	20,9	21,1
Електростатичне в'ялення	22,4	23,3
Обробка наноксидом магнію	21,1	22
Обробка цитратом магнію	21,1	21

Було виконано дослідження за допомогою рН-метра, наведено у табл. 3.10

Таблиця 3.10- Результати рН досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Портативний рН – метр (новий)	Стаціонарний рН – метр (старий)
Контроль	6,43	5,98
Електростатичне в'ялення	5,6	6
Обробка наноксидом магнію	6,6	6
Обробка цитратом магнію	6,2	5,86

\*Похибка між портативним рН – метром і стаціонарним рН – метром становить не більше 0,54.

Дані результати досліджень представлені на рис. 3.11 та рис. 3.12



Рисунок 3.11 – Результати рН дослідних зразків

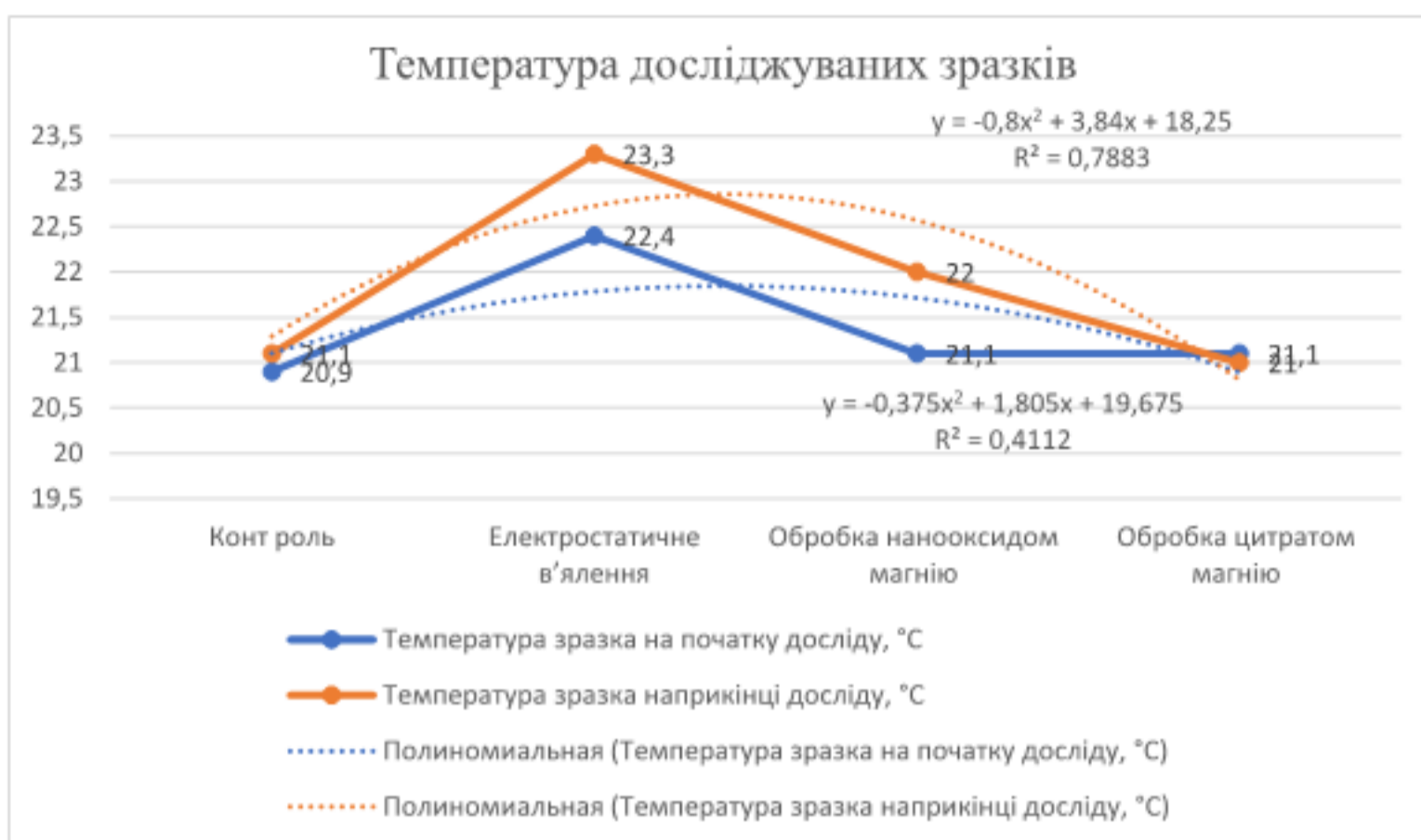


Рисунок 3.12 – Результати температури дослідних зразків

Отримані результати електростатичного в'ялення в порівнянні з результатами контролю, обробки наноксидом магнію та цитратом магнію представлено на рис. 3.13



Рисунок 3.12 – Результати електростатичного в'ялення в порівнянні з іншими видами обробки

### 3.3 Мікробіологічні та фізико- хімічні дослідження зразків оброблених в різний спосіб

На наступному етапі досліджень проводили визначення фізико – хімічних показників дослідних зразків після 7 діб зберігання. Результати досліджень наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11- Фізико-хімічні показники після виготовлення і на 7-ому добу

Назва показнику	Норма д	Дослідні зразки	
	Нормативне значення згідно НД	після виготовлення	після зберігання
Масова частка вологи, %	Не більше ніж 15,0	10,0	8,5
Масова частка білку, %	Не менше ніж 10,0	21,8	22,9
Масова частка кухонної солі, %	Не більше ніж 3,5	3,0	2,9

Досліджено, що обробка нанооксидом магнію та цитратом магнію допомагають забезпечити стабільну якість продукту протягом терміну зберігання.

Таблиця 3.12- Мікробіологічні показники після виготовлення та на 7- ому добу

Назва показнику	Сосиски в/г	Обробка цитратом магнію	
	Нормативне значення згідно НД	Після виготовлення	Після зберігання
МАФAM, КУO в 1 г	Не більше $1 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^2$	$7,0 \cdot 10^2$
БГКП в 1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні м/о в т.ч. сальмонели в 25 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено

Таблиця 3.13. -Мікробіологічні показники після виготовлення та на 7- ому добу

Назва показнику	Сосиски в/г Нормативне значення згідно НД	Обробка наноксидом магнію	
		Після виготовлення	Після зберігання
МАФАМ, КУО в 1 г	Не більше $1 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^4$
БГКП в 1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні м/о в т.ч. сальмонели в 25 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено

Таблиця 3.14- Мікробіологічні показники після виготовлення та на 7- ому добу

Назва показнику	Сосиски в/г Нормативне значення згідно НД	Звичайне копчення	
		Після виготовлення	Після зберігання
МАФАМ, КУО в 1 г	Не більше $1 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$
БГКП в 1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні м/о в т.ч. сальмонели в 25 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено

Дослідження показало, що найкращою в плані пролонгування терміну зберігання є обробка цитратом магнію.

### **3.4.Розробка схеми контролю безпеки виробництва з використанням системи НАССР**

НАССР - (Hazard Analysis and Critical Control Points) означає Аналіз Небезпек та Критичні Контрольні Точки. НАССР став синонімом безпеки харчових продуктів. Система признана на світовому рівні і на сьогоднішній день в країнах Європейського Союзу, США, Канаді, впровадження і застосування

методу НАССР в харчовій промисловості, є обов'язковим. Концепція ККТАОФ признана на міжнародному рівні як ефективний спосіб забезпечення безпеки і придатності харчових продуктів до споживання людиною і в міжнародній торгівлі. Система ККТАОФ виявляє небезпечні специфічні фактори і міри по контролю, щоб забезпечити безпеку харчових продуктів. План ККТАОФ визначається для конкретного харчового продукту і процесу обробки. Система ККТАОФ сприятлива до змін, таких як розробка нового обладнання, нова інформація про джерела небезпеки або ризику для здоров'я, нові процедури обробки або технологічні новації [26, 32].

НАССР сертифікат підтверджує, що система управління безпекою продуктів харчування була оцінена по стандарту і признана такою, яка йому відповідає. Сертифікат, виданий третьою стороною - акредитованим органом (реєстратором), демонструє споживачам, що впроваджено необхідний порядок роботи, який гарантує безпеку продуктів харчування.

НАССР є системою управління безпеки продуктів харчування, яка заснована на попередженні. Вона забезпечує системний підхід для аналізу процесів виробництва продуктів, виявлення можливих небезпечних факторів, визначення критичних контрольних точок, необхідних для попередження попадання до споживача небезпечних продуктів харчування. НАССР засновується на Codex Alimentarius, розробленому Організацією Об'єднаних Націй по Харчам і Сільському Господарству (FAO) та Всесвітній Організації Охорони Здоров'я (WHO) [26].

Режим роботи при складанні системи НАССР будується наступним чином: оцінка поточного стану, навчання на кожному етапі, тимчасові рамки для розробки необхідної документації, консультації і перевірка документації, початок наступного етапу.

Система НАССР повинна розроблятися з урахуванням схеми основних принципів:

1. Ідентифікація потенціального ризику або ризиків, які зв'язані з виробництвом продуктів харчування, починаючи з отримання сировини до

кінцевого споживання, включаючи всі стадії життєвого циклу продукції з метою виявлення умов виникнення потенціального ризику і встановлення необхідних заходів для їх контролю.

2. Виявлення критичних контрольних точок у виробництві для усунення ризиків або можливості їх появи, при цьому дані операції виробництва харчових продуктів можуть охоплювати постачання сировини, відбір інгредієнтів, переробку, зберігання, транспортування, складування і реалізацію.

3. В документах системи НАССР або технологічних інструкціях необхідно встановити і дотримуватися граничних значень параметрів для підтвердження того, що критична контрольна точка знаходиться під контролем.

4. Розробка системи моніторингу, яка дозволяє забезпечити контроль критичних контрольних точок на основі запланованих заходів або спостережень.

5. Розробка коригуючих дій і застосування їх у випадку негативних результатів моніторингу.

6. Розробка процедур перевірки, які повинні регулярно проводитися для забезпечення ефективності функціонування системи НАССР.

7. Документування всіх процедур системи, форми і способів реєстрації даних, які відносяться до системи НАССР.

Група НАССР повинна виявити і оцінити всі види небезпеки, включаючи біологічні (Б), фізичні (Ф), хімічні (Х), та виявити всі можливо небезпечні фактори, які можуть бути присутніми у виробничих процесах.

По кожному потенціальному фактору проводять аналіз ризику з урахуванням вірогідності появи чиннику значущості його наслідків і складають перелік факторів, за якими ризик перевищує допустимий рівень. Група НАССР повинна визначити і задокументувати попереджувальні дії, які усувають ризики і знижують їх до допустимого рівня.

До попереджувальних дій відносять:

- контроль параметрів технологічного процесу виробництва варених

ковбасних виробів;

- контроль параметрів термічної обробки;
- миття і дезинфекцію обладнання.

Критичні контрольні точки визначають, проводячи аналіз окремо по кожному небезпечному чиннику, що враховується і розглядаючи послідовно всі операції, включені в блок-схему виробничого процесу. Необхідною умовою критичної умовної точки є наявність на даній операції контролю ознак ризику.

В залежності від специфіки виробництва і ризиків, пов'язаних з ним, приміщення, обладнання і умови виробництва повинні бути спроектовані, побудовані і розміщені таким чином, що:

- забруднення мінімізовано;
  - схема розташування дозволяють здійснювати відповідну експлуатацію, очищення, дезинфекцію і мінімізує забруднення повітряним шляхом;
  - поверхні і матеріали, особливо ті, які контактують з харчовими продуктами, не токсичні при використанні за призначенням, і де необхідно, достатньо надійні і зручні в експлуатації і чищенні;
  - де необхідно, створені відповідні умови для підтримання температури, вологості та інших параметрів;
  - існує ефективний захист проти доступу і виживання шкідників.

Обладнання повинно бути розташовано таким чином, що:

- допускає адекватну експлуатацію і чищення;
- функціонує у відповідності зі своїм призначенням;
- спрощує наслідування практиці „хорошої гігієни виробництва”.

Обладнання повинно підтримуватися в задовільному стані, щоб гарантувати відсутність потенціальної фізичної і хімічної небезпеки, наприклад, належного ремонту фарби, що відшаровується, і іржі, зайвої кількості мастильних матеріалів.

Перелік критичних точок контролю при виробленні сосисок. Умовні позначення: КТК- критичні точки контролю, які впливають на безпечність продукту .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савченко-Перерва М. Ю., Радчук О.В. (2021). Аналіз сучасних шляхів створення харчових продуктів з підвищеною харчовою цінністю. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 16 (2), с 50–51
2. Гусаковський З. П., Очкін В. А. Технологія м'ясних консервів. 1984 р.
3. Pohozykh, M. I., Potarov, V. O., Pak, A. O., & Zhrebkin, M. V. (2016). Enerhoefektyvni tekhnolohii ta tekhnika sushinnia kharchovoi syrovyny. Kharkiv: KhDUKht [In Ukrainian].
4. Cherevko, O. I., & Poperechniy, A. M. (2015). Protsesi i aparati harchovih virobnitstv. Harkiv: Svit knig [In Ukrainian].
5. Burdo, O. G. (2010). Evolyutsiya sushilnyih ustanovok. Odessa: Poligraf
6. Pak, A. O. (2014). Rozrobka naukovykh osnov indukovanoho teplo masoobminu ta yoho vykorystannia v protsesakh ta obladnanni kharchovykh vyrobnytstv. Doctors thesis. Kharkiv [In Ukrainian].
7. Skrypnyk, V. O., Myronov, D. A., & Latysh, V. S. (2021). Rezultaty poperednikh doslidzhen protsesu konduktyvnoho sushinnia zharenoho miasa. Novi tekhnolohii i obladnannia kharchovykh vyrobnytstv. Mizhvuzivskii naukovo-praktychnyi seminar. Poltava [In Ukrainian].
8. Клименко М. М. Технологія м'яса та м'ясних продуктів. Київ, 2006.
9. Bal-Prylypko L. V. Tekhnolohiia zberihannia, konservuvannia ta pererobky miasa. Kyiv, 2010.
10. Про інноваційну діяльність: Закон України зі змінами, внесеними згідно з Законами України 1991-2005 р.р.// *Голос України*. – 2006. – 21 листопада.
11. Використання модифікованого газового середовища (МГС) в упаковці м'ясних продуктів з подовженим терміном зберігання / В. Т. Марков, В. М. Пасічний, І. І. Шевченко, О. В. Храпачов, М. В. Ковригін, Р. В. Сліпко // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції : програма та тези матеріалів XI Міжнародної

- науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2022. – С. 251–252.
12. Баль-Прилипко Л.В., Слободянюк Н.М., Леонова Б.І., Крижова Ю.П. Підручник «Актуальні проблеми м'ясопереробної галузі», Київ – 2016.
  13. Малишев В., Кущевська Н., Косенко В., Щирська О. Нанотехнології та харчова інженерія: досягнення, перспективи і безпека життєдіяльності. “Development of Countries in Asia, Africa and Europe: Past, Present and Future”, The VIII International Academic Congress (Republic of Korea, Seoul, 3-5 November 2015).
  14. Emerging roles of engineered nanomaterials in the food industry Trends Biotechnol. V.J. Morris. 2011 : веб-сайт. URL: <https://www.scopus.com/record>.
  15. Чекман І. С. «Зелені» нанотехнології й нанопродукти: досягнення та перспективи досліджень. 2011 р.
  16. Наан В. В. Доповідь на засіданні Загальних зборів Національної академії аграрних наук України: «Нанобіотехнології й нанопродукти: досягнення та перспективи досліджень у тваринництві та ветеринарній медицині». 23 березня 2017 р.
  17. Good practices for national pharmaceutical control laboratories. WHO Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations. Thirty-sixth report. Geneva, World Health Organization, 2002 (WHO Technical Report Series, No. 902).
  18. Buzun A., Kychun I., Kovalenko O., Galitsa V., Chornodolskyu Y., Kolchuk O., Stegnyy M., Bobrovytskaya I., Pavlenko B. Antimicrobial composite "nanovirosan" for use in emergency epizootic situations and in ecological pig farming. The "Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety" 177. Müller, M. and Brem, G. 1991. Disease resistance in farm animals. *Experientia* 47: 923–934.
  19. Henryon, M. Berg, P. Christensen, G. Jensen, J. Lund, M.S. and Korsgaard, I.R. 2003. Visual assessment of post-mortem lesions exhibits little additive

- genetic variation in growing pigs. *Livestock Production Science*, Vol. 83, Issue. 2-3, p. 121.
20. Maes D, Nauwynck H, Rijsselaere T, Mateusen B, Vyt P, de Kruif A, Van Soom A: Diseases in swine transmitted by artificial insemination: An overview. *Theriogenology* 2008, 70, 8, 1337- 1345.
21. Прунцева Г. О. Нанотехнології як фактор підвищення рівня виробництва сільськогосподарської продукції у контексті забезпечення продовольчої безпеки країни. ISSN 1562-0905 Регіональна економіка 2018, №3.
22. Полтавченко Т.В., Салата В.З., Парфенюк І.О. Технологія переробки риби та гідробіонтів. Рівне, 2019
23. Magnesium citrate: веб-сайт. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium\\_citrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium_citrate)
24. ДСТУ 4817:2007. Діоксид вуглецю газоподібний і скраплений. Технічні умови
25. Оксид магнію: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/D1%8E> (дата звернення 20.05.22)
26. Технологічні особливості електроконтактних методів обробки харчових продуктів / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, А.О. Шевченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х.: ХДУХТ, 2010.
27. Соколенко А.І. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів: підруч. для студ. ВНЗ / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Гіджеліцький В.М та ін. - К.: Кондор-Видавництво, 2015. - 324 с.
28. Черевко О. І., Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Шевченко А. О., Дьяков О. Г. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини. Монографія, частина 2, ст. 18-19. Харків, 2012.
29. Посібник для малих та середніх підприємств м'ясопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових

- продуктів на основі концепції HACCP. 2011 рік, IFSQ, м.Київ, Україна. Розділ 2, ст. 25-32.
30. Сотников О. В. Патент на корисну модель «Пристрій для електростатичного копчення продуктів», номер UA 105245. МПК А23В 4/056 (2006.01).
31. Петриченко С.В., Лобода О.І. Моделювання процесу електрокопчення риби. ТДАТУ, 2018, УДК 338.4 : 639.2.
32. Баль-Прилипко Л.В. Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса: Підручник./Л.В.Баль-Прилипко.--К.: КВІЦ, 2010-468с.
33. Asar, C., Dincer, I., & Mujumdar, A. (2020). A comprehensive review of recent advances in renewable-based drying technologies for a sustainable future. *Drying Technology*, 40 (6), 1029–1050.
34. Mykhailov, V. M., Severyn, O. A., Babkina, I. V., & Liashenko, B. V. (2004). Pidvyshchennia efektyvnosti pryrodnoho sushinnia kharchovykh produktiv. Prohresyvni Resursozberihaiuchi Tekhnolohii ta yikh Ekonomichne Obgruntuvannia u Pidpryiemstvakh Kharchuvannia. *Ekonomichni Problemy Torhivli*. 1, 355–361.
35. Данилевич, І. О. Наукові проблеми технологій зберігання, консервування, виробництва та управління якістю і безпекою продуктів тваринництва, птахівництва і продуктів з гідробіонтів / І. О. Данилевич, В. М. Пасічний, І. С. Курапова // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції : програма та тези матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р., м. Київ. НУХТ, 2022. С. 170–173.
36. ДСТУ 4823.2:2007 Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги. [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2008.
37. ДСТУ ISO 762:2013 Продукти плодоовочеві. Метод визначення вмісту мінеральних домішок (ISO 762:2003, IDT). [Чинний від 2014-01-10]. Київ, 2013.

38. ДСТУ ISO 2917-2001 М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (контрольний метод) (ISO 2917:1974, IDT). [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2001.
39. ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів. [Чинний від 2017-07-01]. Київ, 2015.
40. Лісіна А. В., Онучін Ю. Н., Вороб'єв В. Ф. Вплив обробок антиоксидантами і високими дозами CO<sub>2</sub> на зміну хімічного складу плодів груші при зберіганні. Садівництво і виноградарство. 2010. № 1. С. 9-11.
41. Сердюк М. Є. Використання антиоксидантних препаратів для запобігання біотичним та абіотичним стресам під час зберігання плодів та ягід. Хімія, агрономія, сервіс. 2010. № 7. С. 52-53.
42. Amiot-Carlin M. J. Fruit and vegetable consumption: what benefits, what risks? *La Revue du praticien*. 2019. Vol. 69 (2). P. 139-142.
43. Effect of tamarindus coating on post-harvest quality of apples and pears stored at different conditions / A. M. Mohite [et al.]. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 10, № 3. P. 17-25.
44. The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production / E. E. Elemike [et al.]. *Applied Sciences*, 2019. 9(3). P. 499. DOI: 10.3390/app9030499. Науковий вісник ТДАТУ Вип. 9, том 1 SBTSATU. 9. 1. 55 15 з 17
45. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector / Q. Chaudhry [et al.]. *Food Addit. Contam.* 2008. Vol. 25. P. 241– 258. DOI: 10.1080/02652030701744538. 8. Chaudhry Q, Castle L. Food applications of nanotechnologies: An overview of opportunities and challenges for developing countries. *Trends Food Sci Technol*. 2011. Vol. 22. P. 595–603.
46. Chen H., Weiss J., Shahidi F. Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol*. 2006. Vol. 60. P. 30– 36.

47. Ozimek L., Pospiech Ed., Narine S. Nanotechnologies in food and meat processing. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2010. Vol. 9. P. 401–412.
48. Senturk Ah., Yalcin B., Otles S. Nanotechnology As A Food Perspective. *Journal of Nanomaterials& Molecular Nanotechnology.* 2013. Vol. 2, № 6. DOI: 10.4172/2324-8777.1000125.
49. Raghupathi K. R., Koodali R. T, Manna A. C. Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanism of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles. *Langmuir.* 2011. Vol. 27 (7). P. 4020– 4028. DOI: 10.1021/la104825u.
50. Brayner R. Toxicological Impact Studies Based on Escherichia coli Bacteria in Ultrafine ZnO Nanoparticles Colloidal Medium. *Nano Lett.* 2006. Vol. 6, № 4. P. 866–870.
51. Вплив наночастинок металів на зброджування пивного сусла / Д. В. Карпенко та ін. *Пиво і напої.* 2012. №. 1. С. 16-17. 23. Ульберг З., Грузина Т., Карпов О. Нанотехнології в медицині: роль колоїднохімічних процесів. *Вісник національної академії наук України.* 2008. № 8. С. 28

## ДОДАТОК А

Фотографічні зображення процесу копчення риби з використанням наноксиду магнію



Рисунок А1 - Процес копчення риби до використання наноксидів магнію та вуглецю



Рисунок А2 - Процес копчення риби під час використання наноксидів магнію та вуглецю



Рисунок А3 - Процес копчення риби по завершенню з використанням нанооксидів магнію та вуглецю



Рисунок А4 – Готові дослідні зразки копчення риби з використанням  
нанооксидів магнію та вуглецю

Фотографічні зображення посівів дослідних зразків на чашках Петрі

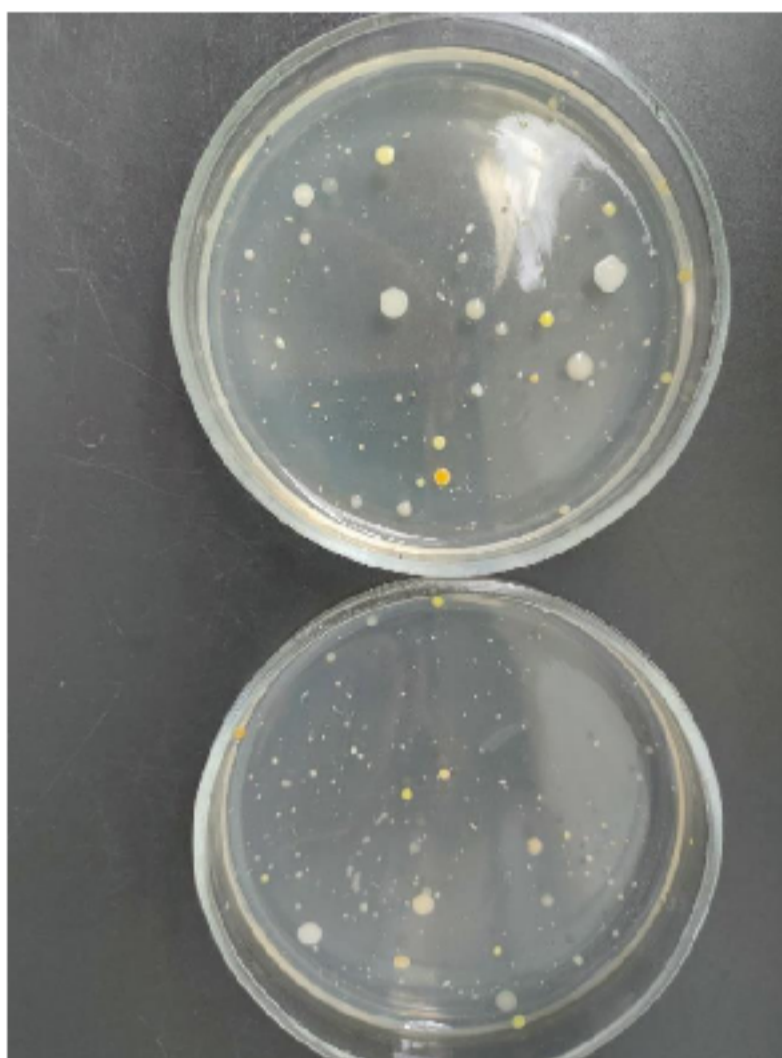


Рисунок А5 – Візуальне зображення мікробіологічних посівів звичайного  
копчення

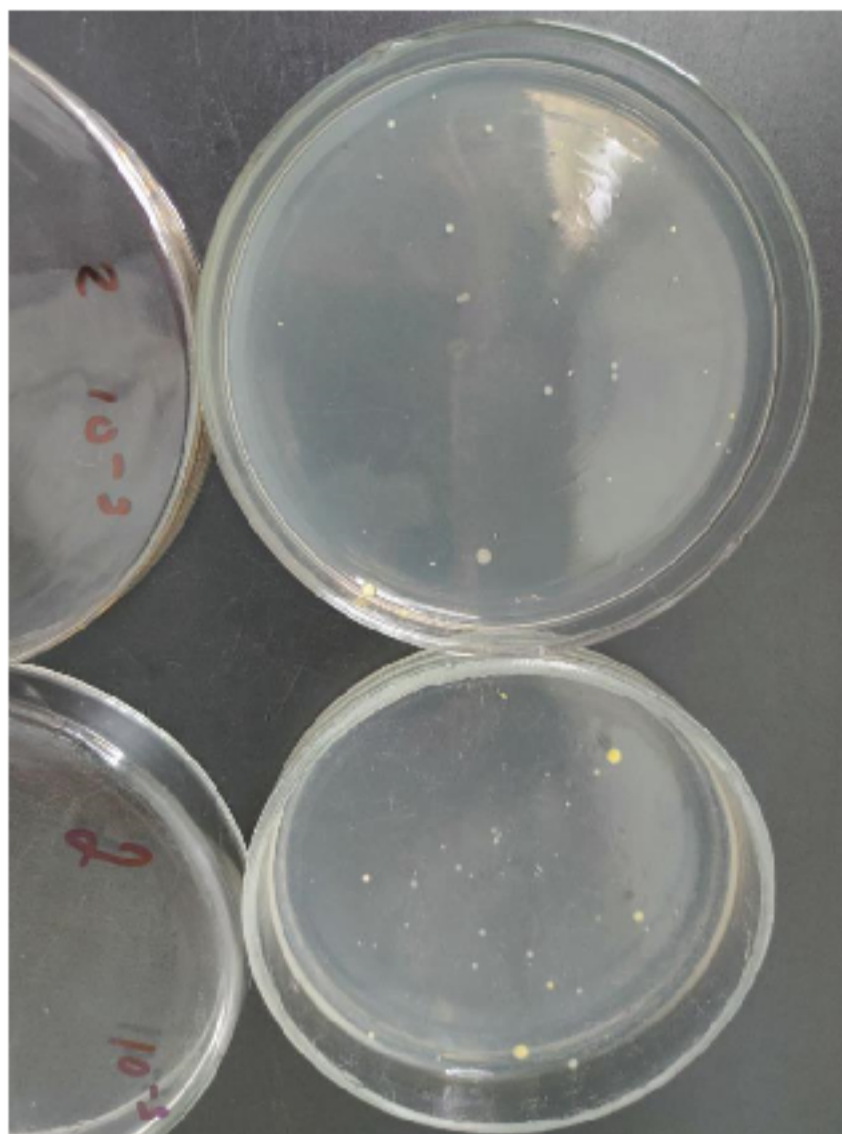


Рисунок А6 – Візуальне зображення мікробіологічних посівів зразків оброблених наноксидами вуглецю



Рисунок А7 – Візуальне зображення мікробіологічних посівів зразків оброблених цитратом магнію

## **ДОДАТОК Б**

### **Перелік публікацій щодо впровадження наукових результатів**

1. Дубова Г. Є., Бузуверя В. Р., Івер О. О. «Розробка рецептури хумусу із нетрадиційної сировини для дієтичного харчування». Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв», 21 грудня 2021 року, м. Полтава.
2. Івер О. О., Будник Н. В. «Підвищення біологічної цінності ліверних ковбас». II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв», 15 грудня 2022 року, м. Полтава.

### **Матеріали конференції:**

1. Участь у засіданні науково-практичного круглого столу «Цукровий діабет. Стратегії захисту». Доповідь на тему «Перспективи використання зеленої гречки для розширення профілактичного раціону харчування з низьким глікемічним навантаженням». Україна, Полтава, 2021

2. Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв». Україна, Полтава, 2021.
3. II Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв». Україна, Полтава, 2022.