

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ  
СПРАВИ

«Допущено до захисту»  
протокол засідання кафедри  
№\_7 від «30\_» січня 2026\_ року  
Зав. кафедрою ХТГРС  
д.т.н, професор \_\_\_\_\_ О.П. Прісс

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

*СВО «Магістр»*

*за освітньо-професійною програмою «Індустрія здорового харчування» зі спеціальності 181 «Харчові технології»*

(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

**на тему:** Удосконалення технології виробництва дегідратованих напівфабрикатів

**23 ХТ Д 5700851.02.26**

Виконав: студентка 21 Мб ХТ групи

(підпис)

Микита СЕМЕНОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ к.с.-г.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Микола  
АНДРУЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Михайло ЗОРЯ

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль к.с.-г.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Людмила КЮРЧЕВА

(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології

Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи  
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Магістр

Галузь знань 18 «Виробництво та технології»

(шифр і назва)

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма Індустрія здорового харчування  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ХТГРС  
д.т.н., професор О.П. Прісс  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**ЗАВДАННЯ**  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Семенову Микиті Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва дегідратованих напівфабрикатів

керівник роботи канд. с.-г. наук, доцент Андрущенко М.В.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 24 » жовтня 2025 р. № 573-С  
Строк подання студентом роботи «20» січня 2026 р.

2. Вихідні дані до роботи дегідратор, м'ясо курей, м'ясо свиней, транс-ферулова кислота

3. Перелік питань, які потрібно розробити вступ, аналітичний огляд літератури Сучасний стан виробництва напівфабрикатів в Україні. Існуючі способи виробництва напівфабрикатів; Характеристика тваринної сировини як перспективної сировини для виробництва напівфабрикатів. Об'єкти, методика та умови проведення досліджень; результати досліджень та їх узагальнення, технологічна частина; SWOT-аналіз конкурентних переваг та перспектив інноваційної технології, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки, список літературних джерел.

## 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Михайло Зоря, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналітичний огляд науково-технічної літератури за обраною темою	вересень	<i>виконано</i>
Розділ 2. Об'єкти, методика та умови проведення досліджень	жовтень	<i>виконано</i>
Розділ 3. Результати досліджень та їх узагальнення	жовтень	<i>виконано</i>
Розділ 4. Технологічна частина	листопад	<i>виконано</i>
Розділ 5. <u>SWOT-аналіз</u>	грудень	<i>виконано</i>
Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	січень	<i>виконано</i>
Висновки	січень	<i>виконано</i>

Студент

(підпис)

М.О. Семенов

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

М.В. Андрущенко

(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

**Семенов М. О.** Удосконалення технології виробництва дегідратованих напівфабрикатів – Кваліфікаційна робота. Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026.

Текст викладений на 50 сторінок, містить 6 розділів, 7 таблиць, 10 рисунків, 18 літературних джерел, додаток А.

Метою кваліфікаційної роботи було обумовлено потребою у м'ясних напівфабрикатах тривалого зберігання із стабільними органолептичними та безпечними показниками за умов енергоощадного виробництва.

У роботі проведено дослідження та обґрунтування технологічних параметрів конвективної дегідратації м'ясних напівфабрикатів з м'яса курей та м'яса свиней із використанням природної антиоксидантної сполуки — транс-ферулової кислоти. Розроблено рецептурне рішення та запропоновано оптимізований температурний режим сушіння, що забезпечують збереження якісних характеристик продукту та підвищення його окиснювальної стабільності.

Експериментальна частина передбачала внесення 0,1 г транс-ферулової кислоти, попередньо розчиненої у 10 мл харчового етанолу, на 100 г м'ясної сировини з подальшим конвективним сушінням і оцінюванням показників якості. Проведено порівняльний аналіз контрольних та дослідних зразків за органолептичними показниками, масовими втратами та сенсорною оцінкою ознак окиснення під час зберігання.

Отримані результати підтверджують доцільність поєднання оптимізованих режимів дегідратації з використанням природних антиоксидантів для виробництва м'ясних напівфабрикатів тривалого зберігання.

Ключові слова: *дегідратація, м'ясні напівфабрикати, м'ясо курей, м'ясо свиней, транс-ферулова кислота, конвективне сушіння, кінетика сушіння, окиснення ліпідів, якість продукції.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ	9
1.1. Природні антиоксиданти у м'ясних системах	9
1.2. Технології сушіння м'ясної сировини	10
1.3. Аналітичні моделі сушіння	13
1.4. Обґрунтування сучасних технологій дегідратації	15
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ	17
2.1. Об'єкти дослідження	17
2.2. Методика дослідження	18
2.3. Схема дослідження	20
2.4. Методи визначення показників якості	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ	27
3.1. Розробка рецептури та моделювання процесу сушіння	27
3.2. Порівняльний аналіз впливу транс-ферулової кислоти на кінетику дегідратації	30
3.3. Органолептична оцінка дегідратованих зразків	33
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	34
4.1. Розробка принципової технологічної схеми виробництва	34
4.2. Опис технологічної схеми	35
РОЗДІЛ 5. SWOT- АНАЛІЗ	37
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	41
6.1. Організаційні принципи системи управління охороною праці	41
6.2. Заходи охорони праці та вимоги безпеки	41
6.3. Дії персоналу в надзвичайних ситуаціях	45
ВИСНОВКИ	47
ДОДАТКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останнім часом як в Україні, так і в усьому світі спостерігається зростання інтересу до здорового харчування, що передбачає споживання продуктів із мінімальним ступенем технологічної обробки, зокрема свіжих та сушених харчових продуктів. Така тенденція зумовлена підвищеною увагою споживачів до харчової цінності, безпеки та функціональних властивостей продуктів харчування. У цьому контексті особливого значення набувають технології переробки, які дозволяють зберегти біологічно активні речовини сировини та забезпечити стабільну якість готової продукції протягом тривалого терміну зберігання.

Важливим завданням сучасної харчової промисловості є забезпечення населення м'ясними напівфабрикатами тривалого зберігання з високими органолептичними показниками та гарантованим рівнем безпеки. Актуальність цього завдання посилюється необхідністю впровадження енергоощадних та ресурсоефективних технологій, що відповідають принципам сталого розвитку та зменшення екологічного навантаження. У зв'язку з цим дегідратація м'ясної сировини розглядається як один із перспективних способів консервування [1], який дозволяє значно знизити вологість продукту та сповільнити розвиток мікробіологічних і окиснювальних процесів.

Водночас процеси сушіння м'яса можуть супроводжуватися погіршенням якісних показників, зокрема змінами кольору, смаку, аромату, а також окиснювальним руйнуванням ліпідів і білків. Тому актуальним науково-практичним завданням є удосконалення технології дегідратації шляхом оптимізації режимів сушіння з урахуванням температурних і часових параметрів, що дозволяє мінімізувати негативний вплив теплової обробки на харчову та біологічну цінність продукту.

Перспективним напрямом підвищення стабільності сушених м'ясних напівфабрикатів є застосування природних антиоксидантних сполук. Зокрема, транс-ферулова кислота, яка належить до фенольних сполук рослинного

походження, характеризується вираженою антиоксидантною активністю та здатністю інгібувати процеси перекисного окиснення ліпідів [2]. Її використання у технології сушеного м'яса може сприяти збереженню органолептичних показників, підвищенню харчової цінності та потенційному подовженню терміну зберігання готової продукції без застосування синтетичних консервантів. Варто зазначити, що транс-ферулова кислота потребує додаткового обґрунтування відповідності чинним вимогам до харчових інгредієнтів/добавок та документального підтвердження походження і безпеки.

Таким чином, удосконалення технології дегідратації м'ясної сировини шляхом поєднання оптимальних режимів сушіння та використання природних антиоксидантних добавок є актуальним напрямом досліджень, що має важливе наукове та практичне значення для розвитку виробництва м'ясних напівфабрикатів тривалого зберігання.

**Зв'язок роботи з програмами, планами, темами:** роботу виконано в межах тематичного плану кафедри ХТГРС ТДАТУ; результати можуть бути використані у науково-дослідних темах кафедри.

**Мета роботи:** удосконалення технології виробництва дегідратованих напівфабрикатів шляхом оптимізації режимів конвективної дегідратації м'ясної сировини та впровадження антиоксидантної обробки транс-феруловою кислотою для підвищення окиснювальної стійкості, збереження харчової цінності та покращення органолептичних показників готової продукції.

Для досягнення мети виконували наступні завдання:

- проаналізувати наукові джерела щодо технологій дегідратації м'ясної сировини та застосування природних антиоксидантів у м'ясних системах;
- розробити рецептуру дегідратованих м'ясних напівфабрикатів із введенням транс-ферулової кислоти та обґрунтувати спосіб її внесення;
- встановити вплив транс-ферулової кислоти на показники якості продукту при конвективному сушінні за температури 70 °С;

- дослідити кінетику дегідратації та побудувати експериментальні криві зневоднення;
- здійснити математичне моделювання процесу сушіння із застосуванням моделей Page та Henderson–Pabis;
- провести оцінювання перспектив упровадження технології на основі SWOT-аналізу;
- сформулювати висновки та практичні рекомендації щодо вдосконалення технології.

**Об'єкт дослідження:** технологія виробництва дегідратованих м'ясних напівфабрикатів.

**Предмет дослідження:** вплив параметрів сушіння та введення транс-ферулової кислоти на якісні показники напівфабрикатів.

**Методи дослідження:** системний аналіз, модельно-аналітичні методи, розрахункові та органолептичні методи контролю якості.

**Наукова новизна:** уперше для умов конвективної дегідратації при 70 °С обґрунтовано поєднання рецептурного введення транс-ферулової кислоти з математичним моделюванням кінетики сушіння.

**Практичне значення:** розроблено технологічні рекомендації щодо приготування маринаду та режимів сушіння, які можуть бути адаптовані у малих і середніх виробництвах

**Апробація та публікації:** буде подано результати на профільні конференції та у фахові видання.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА СТАН ПРОБЛЕМИ

#### 1.1. Природні антиоксиданти у м'ясних системах

Однією з ключових проблем при виробництві дегідратованих м'ясних напівфабрикатів є інтенсифікація окиснювальних процесів під час сушіння та зберігання. Зниження масової частки вологи та дія підвищених температур створюють умови для активації перекисного окиснення ліпідів, що супроводжується утворенням первинних (гідроперекиси) та вторинних продуктів окиснення (альдегіди, кетони), які негативно впливають на аромат, смак і безпечність продукту. Крім того, окиснювальні перетворення можуть торкатися білкових компонентів, спричиняючи зміни структури м'язової тканини, зниження водоутримувальної здатності та погіршення текстурних характеристик.

У м'ясних системах ініціація окиснення пов'язана з наявністю ненасичених жирних кислот, іонів перехідних металів та впливом кисню повітря. Ланцюговий механізм перекисного окиснення включає стадії ініціації, пропагації та термінації, при цьому швидкість процесу істотно зростає за підвищених температур сушіння. Саме тому для дегідратованих продуктів особливо актуальним є застосування речовин, здатних гальмувати розвиток вільнорадикальних реакцій.

У сучасних дослідженнях дедалі більша увага приділяється використанню природних антиоксидантів як альтернативи синтетичним сполукам. До таких речовин належать екстракти прянощів, рослинні фенольні сполуки, флавоноїди та фенольні кислоти. Їхня антиоксидантна дія пов'язана зі здатністю донувати атом водню або електрон, стабілізуючи вільні радикали та перериваючи ланцюгові реакції окиснення ліпідів. Крім того, деякі фенольні сполуки можуть хелатувати іони металів, знижуючи каталіз окиснювальних процесів.

Особливий інтерес у м'ясних системах становлять фенольні кислоти,

зокрема транс-ферулова кислота, яка характеризується вираженими антиоксидантними властивостями. Її структура містить фенольне кільце з гідроксильною групою та ненасичений бічний ланцюг, що забезпечує ефективну стабілізацію вільних радикалів шляхом резонансного розподілу заряду. У харчових системах транс-ферулова кислота здатна зменшувати інтенсивність перекисного окиснення ліпідів, сприяти збереженню природного кольору та уповільнювати формування небажаних летких сполук.

Для дегідратованих м'ясних напівфабрикатів застосування природних антиоксидантів має подвійне значення. По-перше, воно дозволяє підвищити стабільність продукту під час термічного впливу в процесі сушіння. По-друге, сприяє подовженню терміну зберігання за рахунок гальмування вторинних окиснювальних змін у готовому продукті. Разом із тим, ефективність антиоксидантів у м'ясних системах залежить від способу їх внесення, концентрації, рівномірності розподілу та взаємодії з білково-ліпідним матриксом.

Незважаючи на наявність досліджень щодо застосування природних антиоксидантів у м'ясних продуктах, обмеженою залишається інформація про їх комплексний вплив на кінетику дегідратації та показники якості саме дегідратованих напівфабрикатів, отриманих методом конвективного сушіння. Це обумовлює необхідність дослідження впливу транс-ферулової кислоти не лише на окиснювальну стабільність, а й на технологічні параметри процесу та кінцеві органолептичні характеристики продукту.

## **1.2. Технології сушіння м'ясної сировини**

Дегідратація м'ясної сировини є одним із ефективних способів консервування, що спрямований на зниження масової частки вологи та, як наслідок, уповільнення розвитку мікроорганізмів і перебігу ферментативних та окиснювальних процесів. Для м'ясних систем сушіння є складним з точки зору тепломасоперенесення процесом, оскільки видалення вологи відбувається з

неоднорідного біополімерного матриксу (м'язова тканина), який містить білки, ліпіди, солі та низькомолекулярні сполуки, що впливають на зв'язування води та дифузійні характеристики.

Вибір технології сушіння визначається вимогами до якості готового продукту (колір, аромат, текстура), безпечності та стабільності при зберіганні, а також техніко-економічними параметрами процесу (енерговитрати, продуктивність, складність обладнання). У практиці виробництва дегідратованих м'ясних продуктів найбільш поширеними є конвективне сушіння гарячим повітрям, вакуумне сушіння, сублімаційне сушіння та комбіновані схеми, які поєднують кілька механізмів видалення вологи.

### **Конвективне сушіння.**

Конвективне сушіння полягає у видаленні вологи з поверхні продукту під дією потоку підігрітого повітря з примусовою циркуляцією. Такий спосіб є технологічно простим і доступним для малих та середніх виробництв, оскільки може реалізовуватися у дегідраторах конвективного типу. Перевагами методу є відносно низька вартість обладнання, масштабованість та можливість стабільного відтворення режимів (температура, швидкість повітряного потоку, тривалість процесу).

Разом із тим, конвективна дегідратація м'ясної сировини має низку обмежень. За підвищених температур можливе прискорення небажаних реакцій, зокрема окиснення ліпідів, потемніння поверхні, зміни пігментів та структурні перетворення білків, що відображається на кольорі й текстурі готового продукту. Крім того, для м'ясних систем характерний перехід процесу у дифузійно обмежену стадію: після початкового періоду видалення вологи швидкість сушіння знижується через ускладнення масоперенесення з внутрішніх шарів до поверхні. Вказане зумовлює необхідність оптимізації технологічних параметрів конвективного сушіння (температура, товщина скибки, швидкість потоку повітря, тривалість) з метою забезпечення компромісу між швидкістю дегідратації та збереженням якості.

### **Вакуумне сушіння**

Вакуумне сушіння реалізується за умов зниженого тиску, що сприяє зменшенню температури кипіння води та інтенсифікації видалення вологи при нижчих температурних навантаженнях на продукт. Такий підхід потенційно зменшує термічні пошкодження м'язової тканини, сприяє кращому збереженню кольору та ароматичних речовин порівняно з конвективним сушінням.

Недоліками вакуумного сушіння є вища вартість і складність обладнання, потреба в герметичних камерах та системах підтримання вакууму, що обмежує застосування методу у виробництвах із простим технологічним оснащенням. Крім того, вакуумні режими потребують точного контролю параметрів процесу, оскільки порушення теплового балансу може призводити до нерівномірності дегідратації та дефектів структури.

### **Сублімаційне (freeze-drying) сушіння**

Сублімаційне сушіння передбачає видалення вологи з попередньо замороженого продукту шляхом сублімації льоду у вакуумі. Цей метод характеризується максимальною здатністю зберігати форму, структуру та сенсорні властивості продукту, оскільки відсутня рідка фаза води та мінімізується термічний вплив. Для м'ясної сировини сублімаційне сушіння дозволяє отримувати продукти з пористою структурою, високою здатністю до регідратації та мінімальними змінами природного кольору.

Водночас сублімаційне сушіння є одним із найбільш енергоємних і капіталомістких методів, що потребує складного обладнання та значних витрат на заморожування і підтримання вакууму. Тому його застосування здебільшого обмежується виробництвом високовартісних продуктів або спеціалізованими сегментами ринку, тоді як для масового та крафтового виробництва частіше обирають доступніші способи дегідратації.

### **Комбіновані технології сушіння**

Комбіновані методи дегідратації поєднують переваги різних способів сушіння для інтенсифікації процесу та зменшення негативного впливу на якість продукту. Зокрема, у технологічній практиці застосовують поєднання попереднього осушування з подальшим вакуумним етапом, ступінчасті

температурні режими конвективного сушіння, а також комбінування дегідратації з попередньою обробкою сировини (маринування, внесення солі, спецій, антиоксидантів), що впливає на зв'язування води та швидкість масоперенесення.

Для м'ясної сировини перспективними є саме комбіновані підходи, оскільки вони дозволяють керовано впливати на кінетику сушіння та стабілізувати показники якості. З огляду на це, у даній роботі обрано конвективне сушіння як базовий, технологічно доступний спосіб дегідратації, доповнений рецептурним рішенням із введенням природної антиоксидантної сполуки (транс-ферулової кислоти), що має потенціал зменшення інтенсивності окиснювальних процесів і підвищення стабільності готового продукту.

### 1.3. Аналітичні моделі сушіння

Математичне моделювання процесу дегідратації є важливим інструментом кількісного опису кінетики видалення вологи з харчових систем. Для м'ясної сировини, яка має складну білково-ліпідну структуру та обмежений внутрішній масоперенос, використання аналітичних моделей дозволяє прогнозувати тривалість сушіння, оцінювати швидкість процесу та оптимізувати технологічні параметри.

Кінетика дегідратації тонких скибок м'яса при конвективному сушінні характеризується переважно спадною швидкістю видалення вологи. Після короткої початкової стадії інтенсивного поверхневого випаровування процес переходить у дифузійно обмежену фазу, де швидкість визначається внутрішнім перенесенням вологи з центру зразка до поверхні. У таких умовах для опису процесу широко застосовують емпіричні та напівемпіричні моделі, зокрема Page та Henderson–Pabis [3].

Для нормування вологісного стану використовують показник відносної вологості (Moisture Ratio, MR):

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e},$$

де

$M_0$  — початкова масова частка вологи,

$M_t$  — масова частка вологи у момент часу  $t$ ,

$M_e$  — рівноважна масова частка вологи.

У практичних дослідженнях за відсутності точного визначення  $M_e$  допускається спрощення  $MR = m_t / m_0$ , якщо кінцева вологість є малою порівняно з початковою.

У межах даної роботи для побудови кінетичних кривих використовували спрощений підхід, що базується на нормуванні маси зразка ( $MR = m_t / m_0$ ).

### **Модель Page**

Модель Page має вигляд [4]:

$$MR = \exp(-kt^n),$$

де

$k$  — коефіцієнт швидкості сушіння,

$n$  — показник, що враховує нелінійність процесу.

Модель Page є модифікацією простої експоненційної залежності та забезпечує високу точність апроксимації для біологічних матеріалів, зокрема м'ясної сировини. Значення параметрів  $k$  і  $n$  визначають методом найменших квадратів за експериментальними даними.

### **Модель Henderson–Pabis**

Модель Henderson–Pabis має форму [5]:

$$MR = A \exp(-kt),$$

де

$A$  — емпірична константа,

$k$  — коефіцієнт швидкості сушіння.

Ця модель є спрощеним експоненційним описом процесу та використовується для оцінки середньої швидкості видалення вологи. Порівняння результатів апроксимації за моделями Page і Henderson–Pabis дозволяє визначити, яка з них більш адекватно описує експериментальні дані [6].

## Критерії оцінки адекватності моделей

Якість апроксимації оцінюється за:

- коефіцієнтом детермінації  $R^2$ ,
- середньоквадратичною похибкою (RMSE),
- аналізом залишків.

Для харчових систем задовільною вважається апроксимація з  $R^2 \geq 0,90$ , тоді як значення понад 0,95 свідчать про високу відповідність моделі експериментальним даним.

У межах даної роботи зазначені моделі застосовуються для опису кінетики конвективної дегідратації м'ясних напівфабрикатів при температурі 70 °C і товщині скибки 7 мм, а також для оцінки можливого впливу введення транс-ферулової кислоти на швидкість процесу сушіння.

### 1.4. Обґрунтування сучасних технологій дегідратації

Аналіз сучасних технологій дегідратації м'ясної сировини (конвективної, вакуумної, сублімаційної та комбінованої) показав, що конвективне сушіння є технологічно доступним і економічно доцільним методом для виробництва дегідратованих напівфабрикатів, однак супроводжується ризиком погіршення органолептичних показників унаслідок термічного та окиснювального впливу.

Встановлено, що під час сушіння м'ясної сировини активізуються процеси перекисного окиснення ліпідів, які зумовлюють формування небажаних сенсорних змін та зниження стабільності продукту під час зберігання.

Узагальнення даних щодо природних антиоксидантів свідчить про їх ефективність у м'ясних системах; водночас недостатньо дослідженим залишається їх вплив на кінетику конвективної дегідратації та параметри емпіричних моделей сушіння.

Показано, що аналітичні моделі Page та Henderson–Pabis є придатними для опису кінетики видалення вологи з м'ясної сировини та можуть бути використані

для кількісної оцінки швидкості процесу і порівняння контрольних та дослідних зразків.

Отже, існує необхідність комплексного дослідження, що поєднує рецептурне введення природного антиоксиданту з математичним описом процесу конвективної дегідратації та оцінюванням показників якості готового продукту.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження є процес конвективної дегідратації м'ясної сировини з використанням природної антиоксидантної сполуки — транс-ферулової кислоти (ФА).

Матеріалами дослідження слугували:

- м'язова тканина м'яса курей (філе грудне, без шкіри та сполучнотканинних включень, початкова масова частка вологи 74–76 %);
- м'язова тканина м'яса свиней (вирізка, початкова масова частка вологи 72–74 %).

Як антиоксидантну добавку використовували транс-ферулову кислоту (чистота  $\geq 98$  %), яку вносили у вигляді спиртового розчину (етанол 96 %).

Допоміжні інгредієнти маринаду (на 100 г сировини):

- сіль кухонна — 1,2 %;
- паприка сушена — 0,5 %;
- перець чорний мелений — 0,3 %.

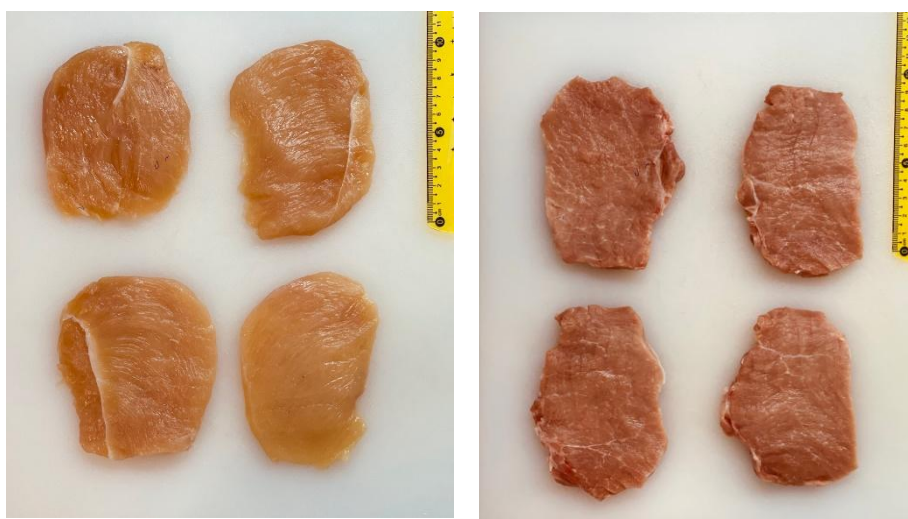


Рис. 2.1. – Загальний вигляд зразків м'ясної сировини до маринування *a* – м'ясо курей, *б* – м'ясо свиней

У межах експерименту досліджували дві серії зразків для кожного виду м'яса:

- контрольні зразки — без введення транс-ферулової кислоти;
- дослідні зразки — з введенням транс-ферулової кислоти у дозі 0,1 г на 100 г сировини (0,1 %).

Таким чином, експериментальна схема передбачала порівняння впливу антиоксидантної добавки на кінетику дегідратації та показники якості дегідратованих напівфабрикатів з м'яса курей та м'яса свиней.

## **2.2. Методика дослідження**

З метою забезпечення рівномірного розподілу транс-ферулової кислоти (FA) у м'ясній системі застосовували попереднє розчинення антиоксидантної сполуки у спирті (харчовий етанол 96%) з подальшим внесенням до маринаду.

Внесення FA здійснювали у такій послідовності:

- Відважували 0,1 г транс-ферулової кислоти на кожні 100 г м'ясної сировини (масова частка 0,1 %).
- Розчиняли відважену кількість FA у 10 мл суміші харчового етанолу 96%.
- Отриманий розчин вводили до маринаду, що містив кухонну сіль (1,2 %), паприку сушену (0,5 %) та перець чорний мелений (0,3 %), після чого здійснювали ретельне перемішування до однорідності.
- Підготовлені зразки м'яса маринували протягом 60 хв за температури 4–6 °С із періодичним перемішуванням для забезпечення рівномірної дифузії компонентів.
- Після завершення маринування поверхню зразків обсушували фільтрувальним папером для видалення надлишкової вологи та направляли на конвективну дегідратацію.

З метою оцінювання впливу антиоксидантної добавки експеримент проводили у двох варіантах:

- контрольний зразок — без внесення транс-ферулової кислоти;
- дослідний зразок — із внесенням транс-ферулової кислоти (0,1 %)

Такий підхід дозволяє забезпечити коректне порівняння кінетики сушіння та показників якості між контрольними та дослідними зразками.



Рис 2.2. – Маринування зразків і приготування розчину FA: *а* – маринування м'яса, *б* – приготування розчину FA

Конвективну дегідратацію проводили у лабораторному дегідраторі з примусовою циркуляцією повітря, що забезпечує рівномірний тепломасообмін між сушильним агентом і поверхнею зразків.

Перед початком сушіння зразки після маринування та осушування поверхні зважували з точністю до 0,1 г для визначення початкової маси ( $m_0$ ). Надалі зразки розміщували в один шар на перфорованих лотках без взаємного контакту, що забезпечувало рівномірний доступ повітря до всієї поверхні скибок.

Параметри режиму дегідратації:

- $t = 70\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- товщина скибки = 7 мм,
- тривалість процесу = 8 год,
- швидкість повітряного потоку  $\approx 2\text{ м/с}$ .

Вибір температури 70 °С обумовлений необхідністю забезпечення достатньої швидкості видалення вологи при збереженні прийнятних органолептичних показників та мінімізації термічних ушкоджень м'язової тканини. Товщина 7 мм забезпечує умови, близькі до моделі тонкого шару, що є коректним для подальшого застосування аналітичних моделей Page та Henderson–Pabis.

Контрольні зважування проводили через 2, 4, 6 та 8 год сушіння. Для цього зразки тимчасово виймали з дегідрататора, зважували та повертали на попереднє місце. Такий підхід дозволяє мінімізувати вплив охолодження на кінетику процесу.



Рис 2.3. – Процес сушіння у дегідраторі

Після завершення сушіння зразки охолоджували до температури 25 °С за умов кімнатного середовища, після чого пакували у герметичні полімерні пакети та зберігали при температурі  $20 \pm 2$  °С до проведення аналітичних досліджень.

### 2.3. Схема дослідження

Експериментальне дослідження проводили за двофакторною схемою з урахуванням виду м'ясної сировини та наявності антиоксидантної добавки. Загальна структура експерименту:

Фактори дослідження:

**Фактор А — вид м'ясної сировини:**

A<sub>1</sub> — м'ясо курей;

A<sub>2</sub> — м'ясо свиней.

**Фактор В — рецептурний склад:**

B<sub>1</sub> — контрольний зразок (без транс-ферулової кислоти);

B<sub>2</sub> — дослідний зразок (з транс-феруловою кислотою у дозі 0,1 %).

Таким чином, експеримент включав чотири варіанти зразків:

1. A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> — м'ясо курей, контроль;
2. A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> — м'ясо курей + FA;
3. A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> — м'ясо свиней, контроль;
4. A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> — м'ясо свиней + FA.

Умови дегідратації для всіх варіантів були однаковими: температура 70 °С, товщина скибки 7 мм, тривалість сушіння 8 год.

Контрольні зважування проводили у моменти часу:

t<sub>0</sub> = 0 год,

t<sub>1</sub> = 2 год,

t<sub>2</sub> = 4 год,

t<sub>3</sub> = 6 год,

t<sub>4</sub> = 8 год.

Таким чином, для кожного варіанта отримано п'ять експериментальних точок для побудови кінетичних кривих зневоднення.

Залежними змінними у дослідженні були:

- маса зразка у визначені моменти часу;
- відносна вологість (Moisture Ratio, MR);
- показники якості дегідратованих напівфабрикатів.

Незалежними змінними виступали:

- вид м'ясної сировини;
- наявність антиоксидантної добавки.

Зазначена схема дозволяє оцінити вплив рецептурного введення транс-ферулової кислоти як на кінетику процесу дегідратації, так і на показники якості готового продукту.

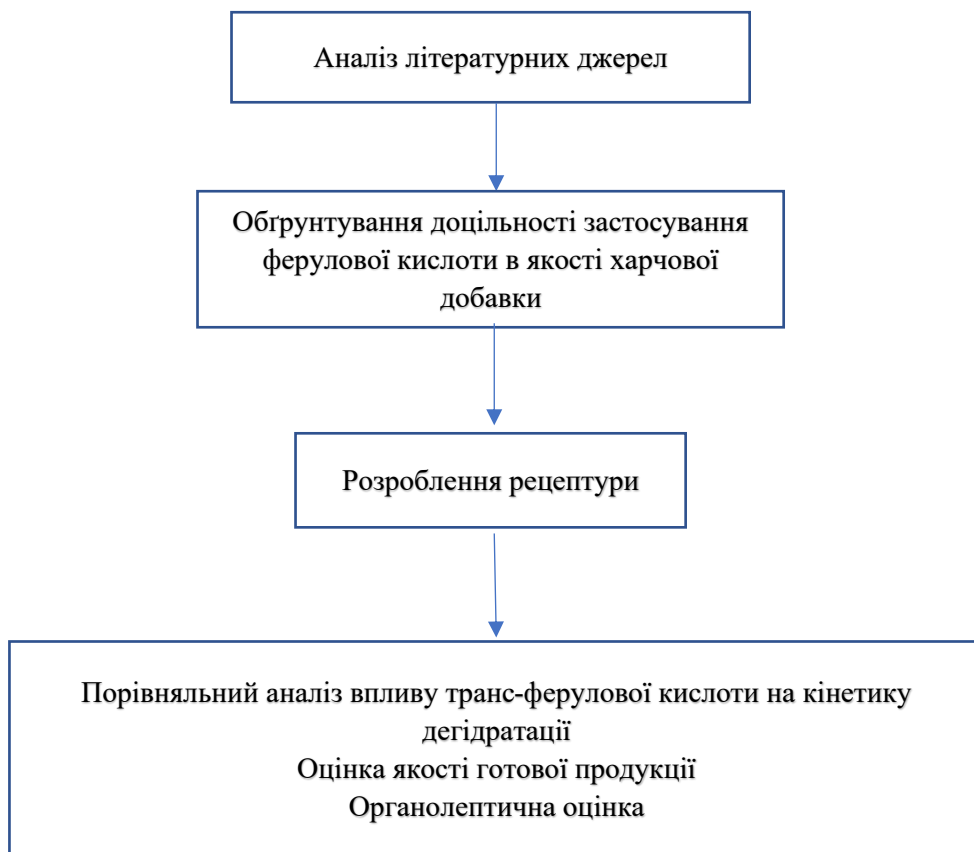


Рис. 2.4. – Схема експериментального дослідження

Дослідження проводили в одній експериментальній серії (n=1) для кожного варіанта. Результати інтерпретують як порівняльні (тенденційні) без статистичної оцінки достовірності відмінностей.

#### 2.4. Методи визначення показників якості

Для оцінювання якості дегідратованих м'ясних напівфабрикатів визначали такі показники.

1. Масові втрати під час сушіння, %

Розраховували як відносну різницю між початковою масою зразка ( $m_0$ ) та масою після сушіння ( $m_t$ ):

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \cdot 100$$

де

$m_0$  — маса до сушіння, г;

$m_t$  — маса після сушіння, г.

## 2. Органолептична оцінка

Оцінювання проводили експертно (неінструментально) за спрощеною шкалою, адаптованою до вимог сенсорного аналізу:

- зовнішній вигляд;
- колір;
- аромат;
- текстура;
- загальна прийнятність.

Оцінювання здійснювали за 5-бальною шкалою, де 5 балів відповідає найвищій якості.

## 3. Колірні характеристики

Колір оцінювали візуально шляхом порівняння з контрольним зразком. Критерієм прийнятності вважали збереження природного м'ясного відтінку без ознак надмірного потемніння.

## 4. Тектурні характеристики

Оцінювання текстури здійснювали експертно шляхом визначення пружності, волокнистості та однорідності структури.

## 5. Оцінка окиснювальної стабільності

Окиснювальну стабільність оцінювали сенсорним методом шляхом контролю появи ознак прогірклості під час зберігання. Критерієм стабільності вважали відсутність стороннього запаху та смаку протягом 7 діб при зберіганні за температури  $20 \pm 2$  °C.

## 6. Гігієнічна стабільність

У зв'язку з відсутністю приладу для визначення активності води ( $a_w$ ), гігієнічну стабільність оцінювали непрямим методом — за органолептичними показниками. Критерієм прийнятності вважали:

- відсутність ознак псування.

Результати визначення масових втрат дегідратованих м'ясних напівфабрикатів наведені у табл. 2.5.

Варіант зразка	Маса, г 0 год	Маса, г 2 год	Маса, г 4 год	Маса, г 6 год	Кінцева маса, г 8 год	Масові втрати, %
М'ясо курей (контроль)	71,9	52,7	41,2	32,9	25,8	64,1
М'ясо курей + FA	73,8	54,3	42,0	33,8	26,6	64,0
М'ясо свиней (контроль)	74,2	57,8	46,9	40,1	32,8	55,8
М'ясо свиней + FA	75,1	58,9	47,7	40,6	33,5	55,4

Таблиця 2.5. – Контрольні зважування та масові втрати

Дані табл. 2.5. свідчать, що за однакових умов дегідратації введення транс-ферулової кислоти у дозі 0,1% не спричиняє суттєвих змін у сумарних масових втратах на 8-й годині сушіння, що дозволяє надалі коректно порівнювати кінетику процесу та показники якості між контрольними й дослідними зразками.



Рис 2.5. – Зовнішній вигляд зразків після сушіння (контроль і дослід)

## Методи математичного опрацювання

Математичне опрацювання експериментальних даних здійснювали з метою кількісного опису кінетики дегідратації м'ясної сировини та порівняльної оцінки впливу транс-ферулової кислоти на перебіг процесу сушіння.

### Розрахунок масових втрат

Масові втрати зразків під час сушіння визначали за формулою:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \cdot 100$$

де

$m_0$  — початкова маса зразка, г;

$m_t$  — маса зразка у момент часу  $t$ , г.

Розрахунок проводили для кожної часової точки (0, 2, 4, 6, 8 год).

### Нормування маси (Moisture Ratio, MR)

Для побудови кінетичних кривих процесу сушіння використовували нормовану масу зразка (MR), яку визначали як відношення поточної маси до початкової:

$$MR(t) = \frac{m_t}{m_0}$$

де

$m_0$  — початкова маса зразка, г;

$m_t$  — маса зразка у момент часу  $t$ , г.

Таке спрощення є прийнятним для тонкошарових моделей сушіння та застосовується для порівняльного аналізу кінетики процесу.

### Апроксимація кінетичних кривих

Для математичного опису процесу дегідратації використовували емпіричні моделі Page та Henderson–Pabis.

Модель Page має вигляд:

$$MR = \exp(-kt^n),$$

де

$k$  — коефіцієнт швидкості сушіння,

$n$  — показник, що враховує нелінійність процесу.

Модель Henderson–Pabis має вигляд:

$$MR = A \exp(-kt),$$

де

$A$  — емпірична константа,

$k$  — коефіцієнт швидкості сушіння.

Параметри моделей визначали методом найменших квадратів шляхом мінімізації відхилень між експериментальними та розрахунковими значеннями  $MR(t)$ .

### **Критерії оцінювання адекватності моделей**

Якість апроксимації оцінювали за коефіцієнтом детермінації  $R^2$ ,

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (MR_{exp} - MR_{calc})^2}{\sum (MR_{exp} - \overline{MR_{exp}})^2}$$

та середньоквадратичною похибкою (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (MR_{exp} - MR_{calc})^2}$$

де

$N$  — кількість експериментальних точок.

Статистичне опрацювання із розрахунком стандартного відхилення та перевіркою достовірності відмінностей (t-критерій, p-рівень) не проводили у зв'язку з виконанням дослідів в одному повторі.

Обробку експериментальних даних та апроксимацію виконували з використанням MS Excel / OriginPro

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ

#### 3.1. Розробка рецептури та моделювання процесу сушіння

Метою рецептурної розробки є підвищення антиоксидантної стабільності дегідратованих напівфабрикатів з м'яса свиней та м'яса курей шляхом введення транс-ферулової кислоти (FA) у мінімально ефективній дозі, без погіршення органолептичних характеристик і безпекових показників.

Базова композиція маринаду (на 100 г сировини):

- сіль кухонна — 1,2 %;
- паприка сушена — 0,5 %;
- чорний перець мелений — 0,3 %;
- транс-ферулова кислота — 0,1 % (вводиться у вигляді спиртового розчину).

Обрану концентрацію 0,1 % прийнято як технологічно доцільну для забезпечення антиоксидантної дії без суттєвого впливу на сенсорні характеристики продукту.

Сіль виконувала осмотичну функцію та формувала смаковий профіль продукту; паприка забезпечувала формування характерного кольору та додатковий антиоксидантний ефект; перець чорний формував смаковий профіль продукту.

Обрані спеції забезпечують смак/аромат і додатковий природний антиоксидантний фон, FA — цільовий антиоксидант для інгібування окиснення ліпідів та стабілізації кольору.

### Результати апроксимації

Варіант зразка	Henderson–Pabis A	Henderson–Pabis k, 1/год	R <sup>2</sup>	RMSE	Page k	Page n	R <sup>2</sup>	RMSE
М'ясо свиней (контроль)	0,972	0,0999	0,9920	0,0175	0,1398	0,8427	0,9993	0,0053
М'ясо свиней + FA (0,1%)	0,974	0,0993	0,9931	0,0162	0,1351	0,8575	0,9995	0,0044
М'ясо курей (контроль)	0,970	0,1261	0,9940	0,0175	0,1708	0,8560	0,9998	0,0029
М'ясо курей + FA (0,1%)	0,969	0,1258	0,9937	0,0179	0,1692	0,8612	0,9998	0,0028

Для всіх варіантів модель Page описує кінетику точніше, ніж Henderson–Pabis: значення  $R^2$ , вищі, а RMSE нижчі.

Значення k (H–P) для контрольних і дослідних зразків майже збігаються, тобто введення FA у дозі 0,1% не змінює кінетику дегідратації помітно за прийнятим підходом  $MR = m_t/m_0$ .

Для курячого філе коефіцієнт k вищий, ніж для свинини, що відповідає більш інтенсивному зневодненню курятини за однакових умов сушіння.

Примітка: дослідження виконано в одному повторі (n=1), тому відмінності інтерпретують як порівняльні (тенденційні) без статистичної перевірки достовірності.

### Графічне представлення кінетики дегідратації та результатів апроксимації

На рис. 3.1–3.4 наведено експериментальні значення  $MR(t)$  та криві апроксимації, отримані за моделями Henderson–Pabis та Page для контрольних і дослідних зразків.

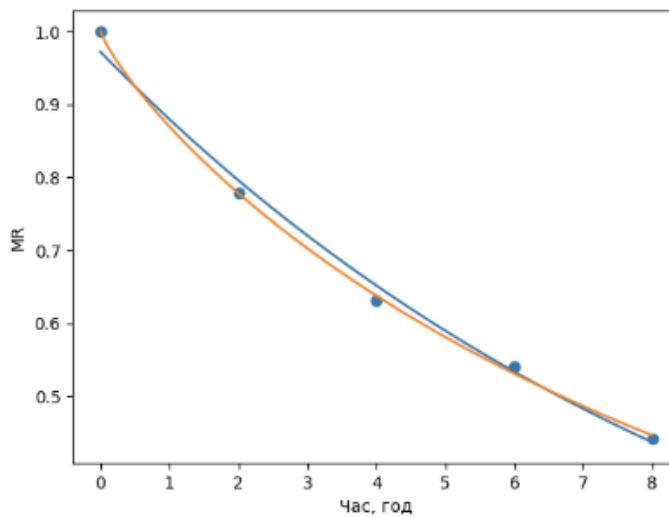


Рис. 3.1 – Кінетика дегідратації м'яса свиней (контроль)

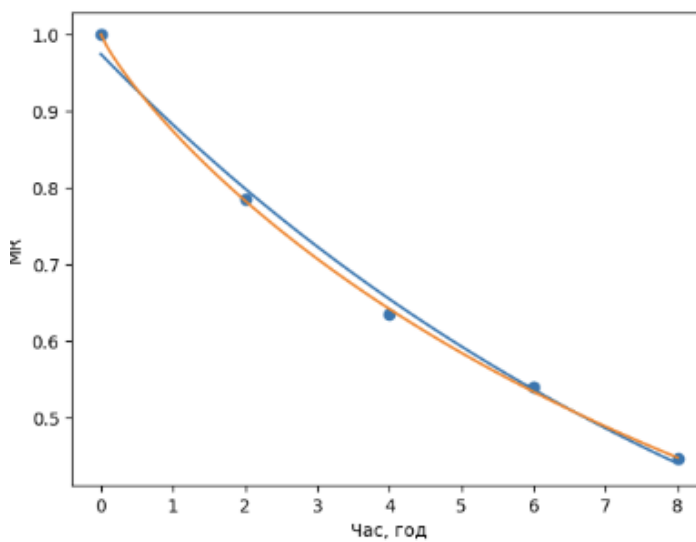


Рис. 3.2 – Кінетика дегідратації м'яса свиней з FA (0,1%)

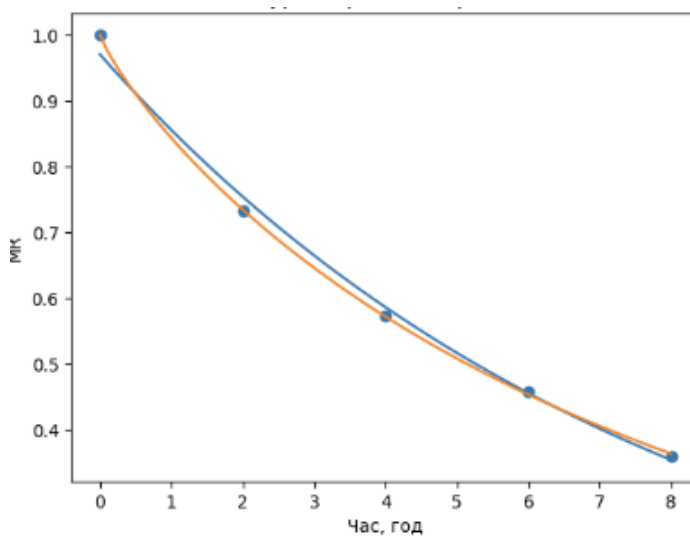


Рис. 3.3 – Кінетика дегідратації м'яса курей (контроль)

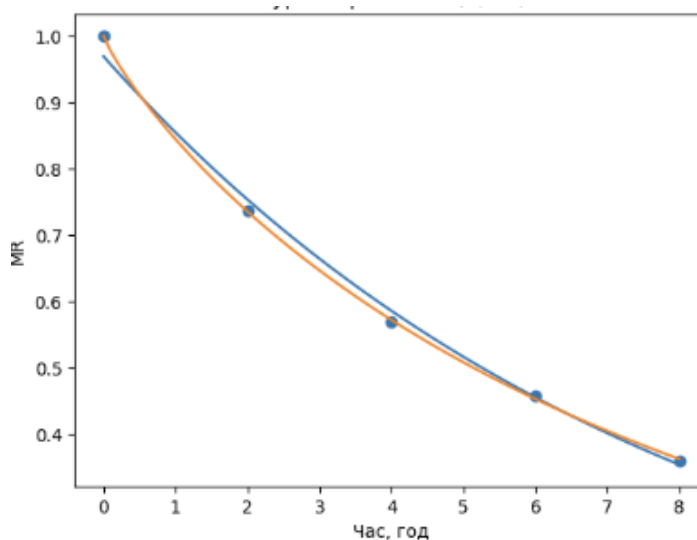


Рис. 3.4 – Кінетика дегідратації м'яса курей з FA (0,1%)

Аналіз графіків свідчить, що модель Page більш точно описує експериментальні дані порівняно з моделлю Henderson–Pabis, що узгоджується з вищими значеннями коефіцієнта детермінації та меншими значеннями RMSE. Введення транс-ферулової кислоти у дозі 0,1 % не призвело до істотної зміни форми кінетичних кривих, що підтверджує відсутність помітного впливу FA на швидкість видалення вологи за прийнятих умов дегідратації. Для м'яса курей характерні вищі значення коефіцієнтів швидкості, що свідчить про більш інтенсивний процес зневоднення порівняно з м'ясом свиней.

### 3.2. Порівняльний аналіз впливу транс-ферулової кислоти на кінетику дегідратації

Порівняльний аналіз параметрів моделей Henderson–Pabis та Page дозволяє оцінити вплив введення транс-ферулової кислоти (0,1 %) на перебіг процесу дегідратації м'ясної сировини.

Для м'яса свиней значення коефіцієнта швидкості дегідратації  $k$  за моделлю Henderson–Pabis для контрольного та дослідного зразків становлять відповідно 0,0999 та 0,0993 1/год, що свідчить про практично однакову інтенсивність процесу зневоднення. Аналогічна тенденція спостерігається і за

моделлю Page, де параметри  $k$  та  $n$  для контрольного та дослідного зразків відрізняються незначно.

Для м'яса курей значення коефіцієнта  $k$  є вищими ( $\approx 0,126$  1/год за моделлю Henderson–Pabis), що підтверджує більш інтенсивне видалення вологи порівняно з м'ясом свиней. Введення FA не призвело до помітної зміни кінетичних параметрів.

Отримані результати свідчать, що транс-ферулова кислота у концентрації 0,1 % не впливає істотно на швидкість дегідратації м'ясної сировини за температури 70 °C. Це дозволяє зробити висновок про технологічну сумісність антиоксидантної добавки з процесом конвективного сушіння.

Разом з тим, відмінності між типами м'яса обумовлені структурними особливостями м'язової тканини, зокрема різною щільністю волокон та вмістом жиру, що визначає швидкість міграції вологи під час термічної обробки.

### **3.3. Органолептична оцінка дегідратованих зразків**

Органолептичну оцінку дегідратованих м'ясних напівфабрикатів проводили після завершення процесу сушіння та охолодження зразків до кімнатної температури. Оцінювали зовнішній вигляд, колір, текстуру та аромат.

Контрольні зразки характеризувалися рівномірним зневодненням, зменшенням товщини та формуванням щільної, пружної структури. Поверхня зразків була сухою, без ознак підгоряння або локальних ділянок перегріву.

Зразки з додаванням транс-ферулової кислоти (0,1 %) не мали візуально помітних відмінностей порівняно з контрольними варіантами. Колір залишався характерним для відповідного виду м'яса після термічної обробки; сторонній запах або присмак не спостерігалися.

Текстура дослідних зразків відповідала контрольним, що свідчить про відсутність негативного впливу антиоксидантної добавки на структуроутворення під час дегідратації.

Таким чином, введення транс-ферулової кислоти у дозі 0,1 % не призвело до погіршення органолептичних характеристик готового продукту за прийнятих умов сушіння.

Комплексний аналіз результатів експериментальних досліджень дозволяє узагальнити вплив рецептурного рішення та умов дегідратації на формування характеристик готового продукту.

Математичне моделювання процесу сушіння показало, що кінетика дегідратації м'ясної сировини за температури 70 °С адекватно описується емпіричними моделями Henderson–Pabis та Page. При цьому модель Page демонструє вищу точність апроксимації експериментальних даних, що підтверджується більшими значеннями коефіцієнта детермінації та меншими значеннями RMSE.

Порівняльний аналіз контрольних та дослідних зразків свідчить про відсутність помітного впливу транс-ферулової кислоти у концентрації 0,1 % на швидкість дегідратації. Значення коефіцієнтів швидкості сушіння для відповідних варіантів практично збігаються, що дозволяє зробити висновок про технологічну сумісність антиоксидантної добавки з процесом конвективного сушіння.

Органолептична оцінка підтвердила, що введення транс-ферулової кислоти не призводить до змін кольору, текстури чи аромату дегідратованих напівфабрикатів. Це свідчить про можливість використання ФА як функціональної добавки без негативного впливу на споживчі характеристики продукту.

Встановлено, що м'ясо курей характеризується більш інтенсивною дегідратацією порівняно з м'ясом свиней, що обумовлено особливостями морфологічної структури м'язової тканини та вмістом жиру. Водночас у межах кожного виду сировини введення антиоксиданту не змінює характеру кінетичних кривих.

Отже, запропоноване рецептурне рішення із введенням транс-ферулової кислоти у дозі 0,1 % може бути рекомендоване для виробництва дегідратованих

м'ясних напівфабрикатів за температури 70 °С без коригування режимів сушіння.

З огляду на те, що дослідження виконано в одній експериментальній серії (n=1), отримані результати мають порівняльний характер та можуть бути використані як основа для подальших поглиблених досліджень.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1. Розробка принципової технологічної схеми виробництва

Розроблена технологічна схема виробництва дегідратованих м'ясних напівфабрикатів передбачає поетапну обробку сировини з дотриманням принципів системи НАССР [7].

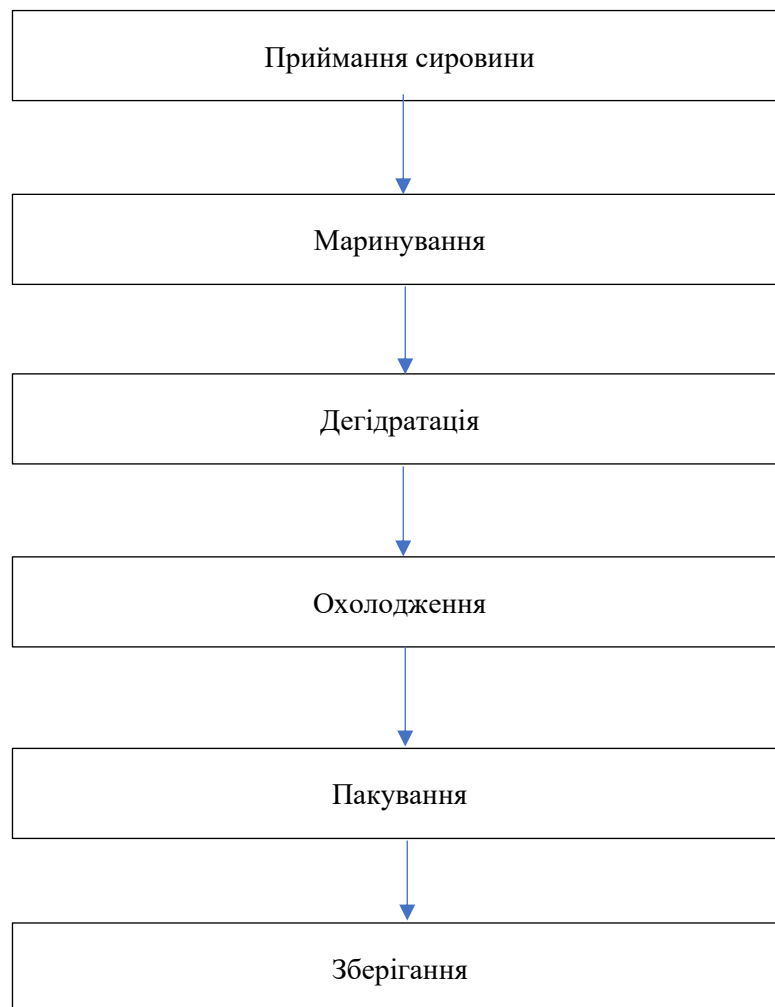


Рис. 4.1. – Технологічна схема виробництва

Загальна послідовність операцій подана нижче:

Приймання сировини → обвалювання/зачистка → порціювання (7 мм) → маринування (введення FA у спиртовому розчині) → осушування поверхні → дегідратація (70 °C, 8 год) → охолодження → пакування → зберігання.

Короткий опис етапів:

- Приймання сировини. Контроль зовнішнього вигляду, запаху, температури, супровідних ветеринарних документів.
- Обвалювання і зачистка. Видалення жирових і сполучнотканинних включень, формування однорідних шматків.
- Порціювання. Нарізання на скибки 7 мм — забезпечує рівномірність сушіння.
- Маринування. Введення спиртового розчину FA (0,1 г/100 г м'яса) у суміші спецій і солі; витримка 60 хв при 4–6 °С.
- Осушування поверхні. Зняття надлишкової вологи для рівномірного випаровування під час сушіння.
- Дегідратація. Конвективне сушіння при 70 °С у дегідраторі з циркуляцією повітря 2 м/с.
- Охолодження. Після сушіння — до 25 °С для запобігання конденсації вологи.
- Пакування. Вакуумне або герметичне, із полімерних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами.
- Зберігання. У сухому вентильованому приміщенні при 18–20 °С і відносній вологості  $\leq 70\%$ .

#### 4.2. Опис технологічної схеми

Критичні контрольні точки (НАССР). Система НАССР для даної технології передбачає моніторинг параметрів, які прямо впливають на безпеку і стабільність продукції [8].

№	Етап	Потенційна небезпека	Критичний параметр	Метод контролю	Коригувальні дії
1	Приймання сировини	Мікробіологічне забруднення	Температура сировини $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$	Термометр	Відмова у прийманні
2	Маринування	Використання нехарчового етанолу	Тільки харчовий етанол (96 %)	Перевірка сертифікатів	Замінити сировину
3	Дегідратація	Недосушування /	$t = 70 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $\tau =$	Термодатчик,	Коригування

		перегрів	8 год	таймер	режиму
4	Охолодження	Конденсація вологи	t після охолодження $\leq 25$ °C	Термометр	Подовжити охолодження
5	Пакування	Повітря у пакеті	Вакуум $\geq 95$ %	Візуально, герметичність	Повторне пакування
6	Зберігання	Підвищена вологість	$\varphi \leq 70$ %, $t \leq 20$ °C	Гігрометр	Осушення повітря

Таблиця 4.2 — Критичні контрольні точки системи НАССР для технології дегідратованих напівфабрикатів

### Методи контролю стабільності під час зберігання

Для гарантування якості продукції протягом терміну зберігання здійснюється контроль таких показників [9][10]:

- Колір та аромат — візуальний і органолептичний контроль (1 раз/10 діб)
- Умови зберігання — температура 18–20 °C, вологість  $\leq 70$  %, без прямих сонячних променів.
- Зовнішній вигляд пакування — відсутність конденсату, здуття, пошкодження.

## РОЗДІЛ 5

### SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

#### **Загальна характеристика методу оцінювання**

Для комплексної оцінки перспектив запровадження розробленої технології виробництва дегідратованих м'ясних напівфабрикатів із введенням транс-ферулової кислоти (FA) виконано SWOT-аналіз, який дозволяє визначити сильні та слабкі сторони технології, а також зовнішні чинники, що можуть сприяти або перешкоджати реалізації результатів роботи.

Методологія ґрунтується на принципі порівняння внутрішніх та зовнішніх факторів, що впливають на ефективність та сталий розвиток виробництва нового харчового продукту.

#### **Внутрішні фактори**

Сильні сторони (Strengths):

- Застосування природного антиоксиданту – транс-ферулової кислоти, що підвищує стабільність кольору та знижує інтенсивність окиснення ліпідів у м'ясній сировині.
- Можливість використання стандартного лабораторного та виробничого обладнання (дегідратор, вакуум-пакувальник) без додаткових капіталовкладень.
- Простота та відтворюваність режимів сушіння (70 °C, 8 год, товщина 7 мм), що сприяє енергоощадності і зниженню втрат якості.
- Крафтовий характер технології, який дозволяє використовувати її у малих та середніх виробництвах або соціальному підприємстві.
- Підвищення споживчих властивостей готового продукту – привабливого зовнішнього вигляду, стабільного кольору та аромату.

Слабкі сторони (Weaknesses):

- Необхідність додаткової операції з приготування спиртового розчину транс-ферулової кислоти перед маринуванням.

- Відносно висока вартість FA порівняно з традиційними спеціями та добавками.
- Відсутність усталених санітарних норм та регламентів щодо використання транс-ферулової кислоти як харчової добавки в Україні.
- Необхідність ретельного дотримання дозування та технологічних параметрів для запобігання відхиленням у якісних показниках.

Потреба у спеціальному інструктажі персоналу через роботу з етанолом і вогнебезпечними речовинами.

*Таблиця 5.2*

Дослідження сильних та слабких сторін технології виробництва дегідратованих м'ясних напівфабрикатів із введенням транс-ферулової кислоти

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S1 Використання природного антиоксиданту FA</li> <li>• S2 Простота технологічної схеми та обладнання</li> <li>• S3 Енергоощадність режиму сушіння</li> <li>• S4 Крафтовий формат виробництва</li> <li>• S5 Висока якість та привабливість продукту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W1 Додаткова операція розчинення FA</li> <li>• W2 Відносно висока вартість FA</li> <li>• W3 Відсутність нормативного регламенту</li> <li>• W4 Необхідність точного дозування</li> <li>• W5 Потреба в додатковому навчанні персоналу</li> </ul>

### **Зовнішні фактори**

Можливості (Opportunities):

- Зростання попиту на натуральні та функціональні харчові продукти, зокрема м'ясні снеки.
- Підтримка інноваційних технологій у харчовій галузі через державні та донорські програми.
- Потенціал використання технології в освітніх та соціальних проєктах для працевлаштування ВПО та молоді.
- Можливість експорту нішевих м'ясних виробів високої якості.

- Розширення асортименту за рахунок різних видів м'яса та комбінацій спецій.

Загрози (Threats):

- Регуляторні обмеження на використання фенольних кислот у харчовій промисловості.

- Коливання цін на сировину та енергоносії, що впливають на собівартість продукту.

- Високі енергетичні витрати при масштабуванні виробництва (сушіння 70 °C).

- Можливі репутаційні ризики через сприйняття FA споживачами як «хімічної добавки».

Конкуренція з боку виробників традиційних в'ялених м'ясних виробів.

Таблиця 5.3

Дослідження зовнішніх можливостей та загроз технології виробництва дегідратованих м'ясних напівфабрикатів із введенням транс-ферулової кислоти

Потенційні зовнішні можливості , О	Потенційні зовнішні загрози , Т
<ul style="list-style-type: none"> <li>• О1 Попит на натуральні та функціональні продукти</li> <li>• О2 Державні та донорські програми підтримки</li> <li>• О3 Соціальне та освітнє використання технології</li> <li>• О4 Експортний потенціал багатфункціональних м'ясних виробів</li> <li>• О5 Розширення лінійки продуктів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Т1 Регуляторні обмеження щодо FA</li> <li>• Т2 Коливання цін на сировину</li> <li>• Т3 Високі енергетичні витрати</li> <li>• Т4 Можливі репутаційні ризики</li> <li>• Т5 Конкуренція з традиційними виробами</li> </ul>

Таблиця 5.4

### Матриця SWOT-аналізу

	<b>Сильні сторони (S)</b>	<b>Слабкі сторони (W)</b>
<b>Можливості (O)</b>	SO - використання інноваційності та екологічності продукту для позиціонування на ринку як «натурального функціонального снеку»; участь у грантових програмах та експортних ініціативах.	WO - залучення інвестицій для зменшення вартості FA; співпраця з науковими установами для обґрунтування безпечності FA та розроблення нормативної бази.
<b>Загрози (T)</b>	ST- використання крафтового характеру та натуральності продукту для підвищення довіри споживачів і зменшення ризиків сприйняття FA як «хімічної добавки»; оптимізація режимів сушіння для зниження енерговитрат.	WT- створення інформаційних кампаній про переваги FA як природного антиоксиданту; розроблення додаткових інструкцій із безпеки та енергоефективності для малих виробництв.

Проведений SWOT-аналіз свідчить, що запропонована технологія має високий потенціал впровадження у виробництво дегідратованих м'ясних напівфабрикатів.

Сильними сторонами є простота технологічної схеми, використання природного антиоксиданту та висока якість кінцевого продукту. До основних слабких сторін належать вартість FA та потреба в регламентуванні її використання. Можливості зосереджуються на зростаючому попиті на функціональні снеки та розвитку соціального підприємництва, тоді як загрози пов'язані з регуляторними та енергетичними факторами.

Впровадження технології дегідратованих напівфабрикатів із введенням транс-ферулової кислоти є доцільним і економічно перспективним для малих і середніх виробництв харчової промисловості, а також для соціальних ініціатив, спрямованих на розвиток локальних харчових продуктів з підвищеною біологічною цінністю.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 6.1. Організаційні принципи системи управління охороною праці

На підприємствах харчової промисловості система управління охороною праці (СУОП) функціонує відповідно до вимог Закону України “Про охорону праці”.

Основна мета СУОП — запобігання виробничому травматизму, збереження життя, здоров’я працівників та забезпечення безпечних умов праці.

Основні принципи СУОП:

- відповідальність роботодавця за стан охорони праці;
- попередження, а не ліквідація наслідків;
- навчання та інструктаж персоналу;
- аналіз ризиків і постійне вдосконалення системи;
- колективна і персональна відповідальність за дотримання правил безпеки.

На кожному робочому місці розміщуються інструкції з охорони праці, плакати з техніки безпеки, схеми евакуації, аптечки першої допомоги. Персонал допускається до роботи лише після вступного, первинного і повторного інструктажів.

#### 6.2. Заходи охорони праці та вимоги безпеки

Заходи охорони праці при виробництві дегідратованих напівфабрикатів

Виробництво дегідратованих м’ясних напівфабрикатів передбачає виконання операцій підготовки сировини, подрібнення, обробки функціональними добавками, формування та конвективної дегідратації, що пов’язані з дією механічних, термічних, електричних і хімічних небезпечних факторів.

З метою запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням необхідно впроваджувати комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів.

Організаційні заходи: проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу з охорони праці; допуск до роботи лише працівників, які пройшли медичний огляд та навчання з безпечних методів праці; розробка інструкцій з безпечної експлуатації сушильного обладнання; контроль за дотриманням технологічних режимів дегідратації.

Вимоги безпеки при роботі з обладнанням: використання справного подрібнювального обладнання з наявними захисними кожухами; заборона очищення або ремонту механізмів під час їх роботи; заземлення електрообладнання та перевірка ізоляції проводів; обладнання сушильних камер автоматичними системами контролю температури та аварійного відключення.

Заходи безпеки під час конвективної дегідратації: теплоізоляція поверхонь сушильних камер; використання термостійких рукавиць при завантаженні та вивантаженні продукції; контроль температури повітря для запобігання перегріву; забезпечення вентиляції приміщення для видалення гарячого повітря та вологи.

Безпека при роботі з функціональними добавками (транс-ферулова кислота): зберігання речовини в герметичній тарі; використання засобів індивідуального захисту (рукавички, маски, захисні окуляри); запобігання утворенню пилу під час дозування; дотримання норм гранично допустимих концентрацій у повітрі робочої зони.

#### Санітарно-гігієнічні вимоги

- регулярна дезінфекція виробничих поверхонь;
- дотримання особистої гігієни персоналом;
- підтримання оптимальних параметрів мікроклімату (температура 18–22 °С, вологість 60–75%);
- наявність припливно-витяжної вентиляції.

Таблиця 6.1

### Заходи охорони праці при виробництві

Технологічна операція	Потенційні небезпечні фактори	Заходи безпеки
Приймання та підготовка м'ясної сировини	Біологічні ризики, слизька підлога, порізи	Використання спецодягу та рукавиць; дотримання санітарних норм; регулярна дезінфекція; протиковзке покриття підлоги
Обвалювання та жилування	Порізи ножами, фізичне перенавантаження	Використання захисних рукавиць; справний інструмент; ергономічна організація робочого місця
Подрібнення сировини	Рухомі частини обладнання, електротравми	Наявність захисних кожухів; заземлення обладнання; заборона очищення при працюючому механізмі
Дозування та внесення транс-ферулової кислоти	Пил, контакт із хімічною речовиною	Використання респіраторів, окулярів, рукавиць; герметична тара; локальна вентиляція
Формування напівфабрикатів	Травмування рухомими частинами, мікротравми	Інструктаж; використання захисних пристроїв; санітарна обробка інвентарю
Конвективна дегідратація (сушіння)	Висока температура, гаряче повітря, опіки	Теплоізоляція сушильної камери; термостійкі рукавиці; автоматичний контроль температури
Охолодження продукції	Конденсат, слизька поверхня	Контроль вологості; вентиляція; протиковзке покриття
Пакування	Травмування пакувальним обладнанням	Захисні екрани; інструктаж; справність обладнання
Зберігання готової продукції	Порушення мікроклімату, псування продукції	Контроль температури та вологості; санітарний контроль складу
Миття та санітарна обробка обладнання	Контакт із мийними засобами, слизька підлога	Використання ЗІЗ; вентиляція; попереджувальні знаки «Обережно, слизько»

Під час маринування застосовується етанол харчовий 96 %, Це вимагає дотримання додаткових заходів безпеки:

- роботи проводяться у вентилярованому приміщенні, при відсутності відкритого вогню;
- забороняється використання нагрівальних приладів поблизу робочої зони;
- працівники повинні бути в бавовняному спецодязі, захисних рукавичках і окулярах;

- при проливанні спиртовмісного розчину — негайно прибрати абсорбуючим матеріалом і утилізувати як побутові відходи;
- не допускається зберігання етанолу поруч із джерелами тепла, УФ-випромінювання чи відкритим полум'ям.

Усі ємності з етанолом повинні бути щільно закриті, промарковані, із зазначенням “Харчовий етанол (вогнебезпечна рідина)”.

### **Вимоги безпеки при сушінні**

Під час сушіння дегідратор працює при температурі до 70 °С, що створює ризики опіків і електротравм.

Основні вимоги:

- не торкатися металевих елементів дегідратора під час роботи;
- перед технічним обслуговуванням — обов'язково відключати живлення;
- електрокабелі мають бути без пошкоджень, із заземленням;
- корпус дегідратора — металевий, з подвійною ізоляцією;
- не допускається накриття вентиляційних отворів або перевищення рекомендованого завантаження;
- температура поверхонь корпусу не повинна перевищувати 45 °С у місцях доступу оператора.

### **Вимоги до пакування і зберігання**

Пакування здійснюється у вакуумному середовищі з використанням полімерних пакетів, дозволених для контакту з харчовими продуктами.

Працівники повинні дотримуватися санітарно-гігієнічних норм, мати чистий спецодяг і одноразові рукавички.

Забороняється:

- використання пакувальних матеріалів без сертифікату якості;
- зберігання продукції поруч із хімічними речовинами або горючими матеріалами.

### **Електробезпека**

Дегідратор і пакувальне обладнання належать до електроустановок І класу

небезпеки.

Основні заходи:

- підключення лише через захисне заземлення;
- використання справних розеток;
- періодичний контроль опору ізоляції проводів (не рідше ніж раз на рік);
- заборона роботи у вологих умовах або при наявності конденсату;
- персонал допускається до експлуатації після інструктажу з електробезпеки не нижче II групи допуску.

### **Пожежна безпека**

Згідно з НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”, робочі приміщення повинні бути обладнані вогнегасниками (вуглекислотними або порошковими).

У приміщенні, де зберігається етанол, заборонено:

- паління, використання відкритого вогню, іскроутворюючого інструменту;
- зберігання понад 1 л спиртового розчину без окремої металевої шафи;
- сушіння спецодягу поблизу джерел тепла.

Схема евакуації, план дій у разі пожежі та номери екстрених служб повинні бути розміщені біля виходу на видимому місці.

### **6.3. Дії персоналу в надзвичайних ситуаціях**

У разі аварійних ситуацій (пожежа, ураження електричним струмом, витік етанолу, задимлення дегідрататора):

1. Негайно зупинити роботу обладнання, вимкнути живлення.
2. Повідомити керівника зміни та викликати екстрені служби (101, 103).
3. У разі займання — застосувати вогнегасник або накрити полум'я щільною тканиною.

4. У разі отруєння парами етанолу — вивести потерпілого на свіже повітря, викликати медичну допомогу.

5. Евакуацію проводити згідно з планом, без паніки, організовано.

Після ліквідації НС проводиться службове розслідування, оформлюється акт за формою Н-1 відповідно до чинного законодавства.

## ВИСНОВКИ

Обґрунтовано доцільність введення транс-ферулової кислоти у технологію дегідратованих м'ясних напівфабрикатів як природної антиоксидантної добавки, що сприяє стабілізації кольору, підвищенню окиснювальної стабільності (за сенсорними ознаками прогірклості) та збереженню органолептичних показників.

Запропоновано технологічну схему виробництва дегідратованих напівфабрикатів з м'яса свиней та м'яса курей, що включає введення розчину FA = 0,1 % (0,1 г на 100 г м'яса) у 10 мл спирту з наступним сушінням при  $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 8 годин.

Розроблено експериментальний дизайн досліджень для оцінювання якості та кінетики дегідратації, що передбачає застосування моделей Page та Henderson–Pabis для опису процесу сушіння.

Сформовано систему критичних контрольних точок НАССР, що забезпечує мікробіологічну та хімічну безпечність продукції.

Виконано SWOT-аналіз технології, який показав наявність конкурентних переваг (природна антиоксидантна складова, простота впровадження, можливість крафтового виробництва) і визначено потенційні ризики, пов'язані з регуляторним статусом FA та енергетичними витратами сушіння.

Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення технологій виготовлення високоякісних функціональних м'ясних продуктів із подовженим терміном зберігання без використання синтетичних консервантів.

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Протокол маринування з FA

Мета: забезпечення рівномірного введення транс-ферулової кислоти у структуру м'яса для підвищення антиоксидантної стабільності та поліпшення сенсорних показників дегідратованих напівфабрикатів.

Склад маринаду (на 100 г м'яса):

- транс-ферулова кислота — 0,1 г;
- етанол харчовий 96 % — 10 мл;
- сіль кухонна — 1,2 %;
- паприка сушена — 0,5 %;
- перець чорний мелений — 0,3 %.

Порядок дій:

1. Зважити 0,1 г транс-ферулової кислоти.
2. Розчинити її у 10 мл етанолу 96 % до повного розчинення.
3. Приготувати базовий маринад, додати отриманий розчин FA та ретельно перемішати.
4. Занурити шматки м'яса (товщина 7 мм) у маринад.
5. Витримати 60 хв при температурі 4–6 °С.
6. Після маринування провести коротке осушування поверхні перед сушінням.

Примітка: розчин FA необхідно готувати безпосередньо перед використанням; не допускається контакт із відкритим вогнем чи нагрівальними приладами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Álvarez S., et al. Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to study. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021.
2. Hernández-Jaime A.G., et al. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Ferulic Acid Added to Meat Products. *Foods*, 2025.
3. Cenkowski S., et al. Review of Thin-Layer Drying and Wetting Equations. *Agricultural Engineering International*, 1993.
4. Page G.E. Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin Layers: Master's thesis. Purdue University, 1949.
5. Henderson S.M., Pabis S. Grain drying theory. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1961–1962.
6. Pabis S., Henderson S.M. Grain drying theory II: A critical analysis of the drying curve for shelled maize. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1962.
7. Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969 (including HACCP system and guidelines for its application).
8. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюгу (ISO 22000:2018, IDT). Київ, 2019.
9. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 771/97-ВР.
10. USDA FSIS. Compliance Guideline for Meat and Poultry Jerky Produced by Small and Very Small Establishments. 2014.
11. Food technology progressive solutions : Collective monograph./ Priss, O., Glowacki, S., Kiurcheva, L., Holiachuk, S., Samoichuk, K., Verkholtantseva, V. et al.; Priss, O. (Ed.). Tallinn: Scientific Route OÜ, 2024. pp. 268. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/17650>
12. Іванова, І., Кюрчева, Л., Кривонос, І., & Філенко, М. (2024). Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для визначення сортопридатності плодової сировини до виробництва цукатів. *Науковий вісник*

Таврійського державного агротехнологічного університету, 14(1).  
<https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-22>

13. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А. ...& Іванова І. Є. Дослідницький практикум. Ч.1.Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Люкс, 2020. 364 с.

14. Olesia Priss, Liudmyla Kiurcheva, Serhii Holiachuk. Reducing losses during storage of fruit vegetables: regulation of postharvest metabolism. Innovative approaches in food processing and sustainability : collective monograph / (Ed.) O. Priss. Tallinn : Harju maakond Estonia, 2025. <https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-2-2.ch8>

15. Igor Palamarchuk, Olesia Priss, Oksana Zozulyak, Liudmyla Kiurcheva, Oksana Vasylenko , Konstantyn Dyadyura, Zdzislawa Romanowska-Duda, Andrzej Obraniak, Szymon Szufa 6, Taras Hutsol. Hybrid Technology of Beet Pulp Dewatering with Process Intensification in a Convection Dryer as an Element of Sustainable Processing of Agro-Industrial Waste into Bioenergy. *Sustainability* **2025**, 17(22), 10327; <https://doi.org/10.3390/su172210327>

16. Яцух О.В. Сучасні підходи до системи управління охороною праці / О.В. Яцух, М.В. Зоря, І.М. Мохнатко // Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 грудня 2020 р. – Україна, Дніпро, 2020. – Т.2. – С. 584-586.

17. Рогач Ю.П. Проблематика реформування СУОП в Україні / Ю.П. Рогач, О.В. Яцух, І.М. Мохнатко, Д. Мясніченко // Безпека життєдіяльності в XXI столітті : тез. допов. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (19-20 листопада 2020 р.) / відп. ред. А.С. Беліков. – Дніпро: ПДАБА, 2020. – С. 70-72.

18. Yatsukh O. Improving the system of labor protection management of an agrarian enterprise / O. Yatsukh, M. Zoria, H. Yevtushenko, K. Prosina // The 6th International youth conference «Perspectives of science and education» (December 14, 2018) SLOVO\WORD, New York, USA, 2018. – P. 742-753.