

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО–ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно–технологічний факультет**

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
ступеня вищої освіти «Магістр»  
на тему:

**Обґрунтування процесу теплової обробки  
харчових продуктів інфрачервоним  
випромінюванням**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГХТ–1–19  
за спеціальністю 181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Філіпчук Віталій Петрович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Куянов Юрій Юрійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО–ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно–технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

технології зберігання і переробки

сільськогосподарської продукції

доктор технічних наук, професор

Чурсінов Ю.О.

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Філіпчука Віталія Петровича

1. Тема роботи «Обґрунтування процесу теплової обробки харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням».

Керівник роботи Куянов Юрій Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» вересня 2020 року № 2397.

2. Строк подання студентом роботи 27 листопада 2020 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Літературні джерела та періодичні видання.

2. Наукова та науково–технічна документація, що стосується питань теплової обробки харчових продуктів з метою покращення їх показників якості.

3. Нормативно–технологічна документація. 4. Патентна документація.

4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Сучасний стан питання. 2 Об'єкти, методики досліджень та експериментальне устаткування. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5 Організаційно–економічна частина. Загальні висновки. Список джерел посилання. Додатки.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

- 1 Стан питання. 2. Мета та задачі досліджень. 3. Дослідне устаткування.  
4 Дослідна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.  
6 Кошторис витрат на проведення досліджень. Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	Куянов Ю.Ю., доцент	29.09.2020	27.11.2020
4	Кравець В.В., доцент	29.09.2020	27.11.2020
5	Павленко О.С., доцент	29.09.2020	27.11.2020

7. Дата видачі завдання 29 вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	29.09–30.09.20	виконано
2	Сучасний стан питання	01.10–11.10.20	виконано
3	Об'єкти, методики досліджень та експериментальне устаткування	12.10–25.10.20	виконано
4	Дослідна частина	26.10–15.11.20	виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.11–20.11.20	виконано
6	Організаційно–економічна частина	21.11–24.11.20	виконано
7	Загальні висновки та список джерел посилання	25.11–26.11.20	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	27.11.20	виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Філіпчук В.П.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Куянов Ю.Ю.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 96 сторінок друкованого тексту, 16 рисунків та ілюстрацій, 18 таблиць та використано 75 літературних джерел посилань.

Метою роботи є обґрунтування напрямку інтенсифікації теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та визначення показників якості готових продуктів.

Об'єктом дослідження є процес теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та технологічний процес виробництва м'ясних січених виробів.

Предметом дослідження є м'ясні вироби, жарені ІЧ-випромінюванням.

Використання інфрачервоного (ІЧ) випромінювання для теплової обробки дає можливість істотно інтенсифікувати технологічний процес, підвищити якість готової продукції, знизити питомі витрати енергії та поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці [4]. Враховуючи ці переваги, ІЧ-нагрів використовують як базовий під час розробки різноманітних комбінованих теплових процесів. Але відбивання значної частки променистої енергії та її розсіювання у робочому середовищі, невідповідність спектральних характеристик ІЧ-нагрівачів оптичним властивостям кулінарних виробів, зокрема багатокомпонентних, істотно зменшують ефективність використання енергії та стримують практичне впровадження комбінованих процесів з використанням ІЧ-нагріву.

Ключові слова: ПРОЦЕС, ТЕПЛОВА ОБРОБКА, ІЧ-НАГРІВАЧ, ТЕМПЕРАТУРА, ТРИВАЛІСТЬ, КОМБІНОВАНИЙ ПРОЦЕС, СУШІННЯ, ІНТЕРСИФІКАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ	9
1.1 Технологічна сутність та теоретичні основи процесів теплової обробки ІЧ-випромінюванням	9
1.2 Закономірності зміни фізико-хімічних властивостей та спектральних характеристик харчових продуктів за теплової обробки ІЧ-випромінюванням	14
1.3 Характеристика апаратів для теплової обробки харчових продуктів з використанням ІЧ-нагріву	21
Висновки до розділу	26
2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ	28
2.1 Об'єкти досліджень	28
2.2 Методи методики досліджень	28
2.2.1 Методика дослідження потоку ІЧ-випромінювання	29
2.2.2 Методика дослідження та експериментальна установка для дослідження процесу теплової обробки ІЧ-випромінюванням	30
2.2.3 Методи дослідження властивостей м'ясних рублених напівфабрикатів та виробів	31
Висновки до розділу	36
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	37
3.1 Передумови розробки способу приготування м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням	37
3.2 Дослідження спектральних характеристик та теплофізичних властивостей котлетних фаршів та паніровок	41
3.3 Дослідження динаміки температури та втрат маси виробів з котлетного фаршу	47

3.4	Визначення впливу ступеню масивності фаршевих виробів на інтенсифікацію їх нагріву ІЧ-випромінюванням	49
3.5	Дослідження структурно-механічних властивостей котлетних фаршів та готових виробів	53
3.6	Розробка технологічного процесу виробництва м'ясних січених виробів «Гриль», дослідження їх хімічного складу та мікробіологічних показників	56
	Висновки до розділу	61
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
4.1	Дослідження та оцінка стану охорони праці в ТОВ «Горизонт»	63
5.2	Рекомендації щодо поліпшення умов праці в ТОВ «Горизонт»	67
4.3	Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в ТОВ «Горизонт»	67
4.4	Вимоги безпеки праці для оператора подрібнювача м'яса при виготовленні рублених м'ясних консервів	72
4.5	Безпека праці в надзвичайних ситуаціях	76
	Висновки до розділу	77
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	78
5.1	Організація проведення дослідження	78
5.2	Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	83
5.3	Розрахунок вартості дослідження	86
	Висновки до розділу	87
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	88
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	90
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Одним з основних чинників, що позитивно впливають на оздоровлення державної економіки, є проведення ефективної енергозберігаючої політики. Це пов'язано з тим, що Україна належить до країн з енергодефіцитною економікою і задовольняє свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах власного виробництва менш як на 50 %.

В собівартості харчової продукції питома вага палива та енергії сягає 35 – 40 %, тому важливим завданням подальшого розвитку галузі харчових виробництв є розробка і впровадження енергозберігаючих процесів. За такої технологічної перебудови підприємства спроможні, навіть в умовах обмеженості інвестиційних ресурсів, забезпечити швидке повернення вкладених у них коштів [1, 2].

Енергозберігаючі виробництва харчової продукції можуть розвиватися на підставі удосконалення традиційних способів та раціональної зміни виробничих процесів при використанні останніх досягнень науки і техніки [3].

Достатньою енергомісткістю в харчових виробництвах відрізняються процеси теплової обробки харчових продуктів. Тому перед наукою про теплообмін практика висуває різноманітні завдання, які потребують творчого використання основних законів і методів теплопередачі. Підвищення ефективності теплових процесів можливе шляхом конструктивного удосконалення обладнання, впровадження енергозберігаючих режимів його роботи тощо.

Використання інфрачервоного (ІЧ) випромінювання для теплової обробки дає можливість істотно інтенсифікувати технологічний процес, підвищити якість готової продукції, знизити питомі витрати енергії та поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці [4]. Враховуючи ці переваги, ІЧ-нагрів використовують як базовий під час розробки різноманітних комбінованих теплових процесів. Але відбивання значної частки променистої енергії та її розсіювання у робочому середовищі, невідповідність спектральних характеристик ІЧ-нагрівачів оптичним

властивостям кулінарних виробів, зокрема багатокomпонентних, Істотно зменшують ефективність використання енергії та стримують практичне впровадження комбінованих процесів з використанням ІЧ-нагріву.

У зв'язку з цим набуває актуальності задача розробки високоефективних енергозберігаючих процесів, що дозволять реалізувати переваги прогресивних способів теплової обробки харчових продуктів, до яких відноситься нагрів ІЧ-випромінюванням.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування напрямку інтенсифікації теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та визначення показників якості готових продуктів.

Виходячи з мети роботи було сформульовано та вирішено такі задачі досліджень:

- визначити напрямки інтенсифікації нагрівання харчових продуктів ІЧ-випромінюванням;
- дослідити оптичні, теплофізичні та структурно-механічні властивості виробів з котлетного фаршу; розробити пристрій для вимірювання теплопровідності харчових продуктів;
- розробити спосіб приготування м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням та встановити показники їх якості;
- дослідити стан охорони праці в ТОВ «Горизонт»;
- виконати розрахунки кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єктом дослідження є процес теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та технологічний процес виробництва м'ясних січених виробів.

Предметом дослідження є м'ясні вироби, жарені ІЧ-випромінюванням.



## 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ

### 1.1 Технологічна сутність та теоретичні основи процесів теплової обробки ІЧ-випромінюванням

Серед процесів теплової обробки харчових продуктів значне місце посідає жаріння – один з важливих специфічних процесів, використовуваних на підприємствах харчової промисловості та масового харчування. Технологічна сутність процесів жаріння полягає в доведенні продуктів до стану кулінарної готовності з утворенням на поверхні специфічної піджаристої скоринки шляхом дії на них технологічних середовищ, нагрітих до температури 150 – 350 °С. Жаріння може здійснюватися за контакту з відкритою нагрівальною поверхнею (основний спосіб) і теплоносієм, яким є розтоплений жир (жаріння у фритюрі) або повітря (випікання), а також під дією інфрачервоного (ІЧ) випромінювання (ІЧ-жаріння – нетрадиційний, або об'ємний процес) [5, 8].

На сьогодні більш прогресивними є електрофізичні способи обробки харчових продуктів, використання яких дозволяє вирішити низку технологічних проблем на більш високому ступені організації праці. Серед них одне з важливих місць посідає процес теплової обробки ІЧ -випромінюванням.

Кількість публікацій, присвячених результатам експериментальних робіт з вивчення дії на харчові продукти ІЧ-випромінювання, починаючи з 60-х років, щорічно зростає. Це фундаментальні роботи, в яких розглянуто фізичну сутність дії ІЧ-випромінювання на харчові продукти [9, 14], роботи монографічного характеру, в яких відображено напрямки практичного використання «нових» видів нагріву [9, 15, 17], та роботи, присвячені розгляду режимів теплової обробки харчових продуктів, зміні теплофізичних та терморадіаційних характеристик за ІЧ-нагріву [18, 35]. Однією з головних його переваг є скорочення терміну теплової обробки, що веде до зменшення енерговитрат та впливає на підвищення якості продукту за рахунок зменшення втрат маси та швидкості перебігу небажаних фізико-хімічних змін (втрати водорозчинних

білків, вітамінів, мінеральних речовин, окислення жиру тощо).

Вплив ІЧ-нагріву на якість м'ясних натуральних і січених виробів та іншої кулінарної продукції, обробленої ІЧ-генераторами, вивчено у роботах [29, 30]. Аналіз наведених даних показав, що органолептичні показники якості м'ясних кулінарних виробів, оброблених ІЧ-випромінюванням, перевищують аналогічні показники виробів, оброблених традиційним способом, у середньому на 0,2 – 0,5 бали. У роботах [19, 29, 30, 35] вивчено вплив ІЧ-випромінювання на мікрофлору кулінарних виробів. Показано, що не зважаючи на високе мікробіологічне обсіювання м'ясних напівфабрикатів, у готових виробах кількість бактерій значно знижується. За даними, узагальненими у [20], видно високу ефективність теплової обробки ІЧ-випромінюванням овочів, краще зберігаються за жаріння у полі ІЧ-випромінювання вітамін С та барвники.

Фізична сутність цього процесу заснована на інтенсивному поглинанні променистої енергії у певному діапазоні довжин хвиль вільною водою, що міститься у пористій структурі більшості продуктів. Максимальна температура продукту при цьому досягається на певній глибині, яка залежить від його структури, вологовмісту і довжини хвилі випромінювання. При цьому утворюються високі концентрації теплової енергії у поверхневих шарах продукту, що призводить до зміни його властивостей, посилення поглинання ІЧ-випромінювання та інтенсифікації нагріву. Цей ефект викликається утворенням водяної пари в оброблюваному продукті, що інтенсивно поглинає ІЧ-випромінювання [5].

Теплове випромінювання є одним з різновидів перенесення енергії, що її носієм є електромагнітні хвилі. Довжина електромагнітних хвиль розміщена в невидимій (інфрачервоній) частині спектра в межах 0,8 – 800 мкм. За теплового випромінювання відбувається перетворення теплової енергії на променисту та променисту – на теплову [36].

Усі тіла, у тому числі харчові продукти, здатні одночасно поглинати, відбивати і пропускати променисту енергію, а значення коефіцієнтів поглинання, відбивання та пропускання залежать від їхньої природи, температури та довжини

хвилі випромінювання.

Суттєву поправку до механізму перенесення променистої енергії вносить склад газового середовища, в якому він відбувається. Так, двоатомні гази ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  та ін.) майже не поглинають променисту енергію (сухе і чисте повітря також практично прозоре для теплового випромінювання). Присутність багатоатомних газів робить газове середовище напівпрозорим.

Значну поглинальну та випромінювальну спроможність мають триатомні гази, до яких належить двоокис вуглецю ( $CO_2$ ). Поглинання і випромінювання променистої енергії газами має явно виражений селективний характер. Для двоокису вуглецю основне значення в енергетичному відношенні мають чотири смуги поглинання з довжиною хвилі 1,9 – 2,2; 2,4 – 3,0; 4,0 – 4,8; 12,5 – 16,5 мкм. Проходження теплових променів крізь шар газу супроводжується поглинанням їх енергії пропорційно кількості зустрінутих на шляху молекул і залежить від ефективної довжини шляху променя в газі, парціального тиску та температури газів, що поглинають [38,40].

Механізм теплопередачі полягає у проникненні променистої енергії на певну глибину всередину продукту, її перетворення на теплову, яка в подальшому передається за рахунок теплопровідності.

Зв'язок між цими етапами можна спостерігати під час визначення коефіцієнту теплопередачі, який є однією з основних величин, що впливає на кількість переданої теплоти. Його значення залежить від величин коефіцієнту тепловіддачі випромінюванням і термічного опору продукту [36]. При цьому необхідно враховувати факт перетворення продукту в процесі нагрівання на багат шаровий об'єкт, що визначається різним ступенем фізико-хімічних змін у його окремих шарах. Унаслідок цього кожний окремо взятий невеликий шар продукту в певний період його нагрівання має конкретне значення коефіцієнта теплопровідності та, відповідно, термічного опору. Особливо наочно це видно за формування на поверхні продукту піджаристої скоринки, теплофізичні властивості якої суттєво відмінні від інших шарів [6]. У зв'язку з цим визначена з використанням довідкових даних теплопровідність продуктів при різних

температурах або більш точно – експериментальним методом. Підвищення коефіцієнта теплопередачі є можливим при збільшенні коефіцієнту тепловіддачі випромінюванням, який залежить від густини теплового потоку, а також глибини і швидкості фізико-хімічних змін у поверхневих та внутрішніх шарах. Тому суттєвим є питання про те, що лімітує швидкість нагрівання продукту – зовнішні чи внутрішні процеси теплообміну.

Для тонких тіл швидкість нагріву лімітується зовнішніми процесами теплообміну, а для масивних тіл – внутрішніми. Область тонких тіл визначається значеннями критерію  $< 0,1$ .

На ступінь масивності впливає також форма продукту: чим більше відношення поверхні нагріву до маси, тим менше ступінь його масивності.

Рівномірний нагрів за товщиною масивних продуктів можливий лише в тому випадку, коли різниця температур між нагрівальним середовищем і поверхнею, що нагрівається, невелика. Температурні градієнти всередині продукту збільшуються зі збільшенням теплового потоку на поверхні та ступеня масивності. При постійному тепловому потоці на поверхні нагрівання продукту всередині буде відбуватися інтенсивніше за меншого ступеня його масивності [47].

У зв'язку з цим режими жаріння, які використовуються, не повинні викликати перегрівання та «опіки» поверхневого шару, значного збільшення за рахунок товщини утвореної піджаристої скоринки і погіршення якості готових виробів. Тому інтенсифікація ІЧ-жаріння за рахунок збільшення теплового потоку має певні обмеження, а більш доцільним є використання ІЧ-нагріву як базового для створення різних комбінованих способів, що є вельми перспективним напрямком науково-технічного прогресу в галузі виробництва продуктів харчування.

Про актуальність цього питання йдеться мова у багатьох публікаціях [21, 23, 28, 48, 50, 62]. Так, роботи [28, 48, 50] присвячено розробці комбінованих способів випікання виробів з різних видів тіста на основі НВЧ- та ІЧ-нагріву. У роботі [21] розроблено комбінований спосіб виробництва запечених овочів та

фруктів з використанням тих самих видів нагріву.

Ціла низка робіт [51, 52, 53, 54, 62] присвячена розробці комбінованих способів обробки м'ясних виробів. Так, способи [52, 53] передбачають швидке утворення піджаристої скоринки на поверхні продукту за рахунок попередньої обробки шматків м'яса та вакуумного пакування з харчовими добавками [52] або за рахунок дії відкритого полум'я високочастотного газового пальника, що дає можливість підвищити якість та вихід готових виробів. Спосіб [54] передбачає обробку продуктів ІЧ-випромінюванням у тунельній печі, в якій підтримується нерухома атмосфера з недостатньої кількістю кисню під невеликим надмірним тиском, за рахунок чого обмін її з зовнішньою атмосферою ускладнений. Це дає можливість запікати або обжарювати жирні м'ясні продукти, які через високий вміст жиру можуть спалахнути під час звичайного жаріння на вогні.

За способами [55, 60, 61, 63, 64] здійснюється зволоження поверхні виробів, що сприяє уникненню її пересихання та підвищенню виходу готових продуктів.

Для поліпшення якості готових виробів та інтенсифікації технологічного процесу обробку ІЧ-випромінюванням проводять за підвищеного тиску у робочій камері апаратів [58, 62, 64]. Так, спосіб [62] дозволяє отримувати високоякісні вироби з жорстких частин туші яловичини без використання жиру. Для утворення безкисневої атмосфери деколи обробку проводять за зниженого тиску [57] або підвищують тиск за рахунок додавання інертного газу [58, 65], що дає можливість запобігти окисленню жирів під час теплової обробки. В якості інертного газу використовують азот [58] або двоокис вуглецю [65].

Обробка харчових продуктів ІЧ-випромінюванням може проводитися шляхом дії низки імпульсів теплового випромінювання [56] або у кілька стадій [59] з метою уникнення перегрівання поверхневих шарів.

Отже, існує низка способів теплової обробки харчових продуктів з використанням ІЧ-випромінювання, які дають можливість деякою мірою інтенсифікувати процес приготування з отриманням досить якісної кулінарної продукції. Однак вони не вичерпують можливості інтенсифікації процесу ІЧ-обробки, що, напевно, може бути досягнуто також за рахунок використання в

робочому об'ємі поглинального середовища, наприклад двоокису вуглецю

## 1.2 Закономірності зміни фізико-хімічних властивостей та спектральних характеристик харчових продуктів за теплової обробки ІЧ-випромінюванням

У процесі жаріння під дією теплоти в продукті проходить низка складних фізико-хімічних, біохімічних і мікробіологічних процесів, що є чинниками денатурації, дегідратації та деструкції білків, топлення жиру, клейстеризації крохмалю, дифузії жиру, води і вологорозчинних речовин, зміни міцносних характеристик і кольору, утворення нових смакових і ароматичних речовин тощо. Більшість з цих змін можна характеризувати як позитивні, що забезпечують кулінарну готовність виробів [25].

Можливість використання продуктів для жаріння залежить значною мірою від їх фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей.

Так, припустима тривалість нагріву м'яса під час жаріння (20 – 30 хв), яка не спричиняє погіршення його якості, є достатньою для досягнення кулінарної готовності тільки м'ясом таких сортів, у яких перемізіть легко розварюється. Цій вимозі в яловичині відповідають м'язи спинної та поперекової частин, під час жаріння яких реструктурується до 20 % колагену внутрішньом'язової сполучної тканини, що є достатнім для досягнення кулінарної готовності. Більш низькі сорти яловичини можна зробити придатними для жаріння шляхом додаткової обробки (наприклад, протеолітичними ферментними препаратами, що стимулюють розщеплення колагену).

Структура внутрішньом'язової сполучної тканини в телятині, свинині, баранині, а також рибі більш однорідна і менш міцна, що дозволяє використовувати практично всі їхні частини для жаріння [25].

Розм'якшення сирих овочів під час жаріння відбувається в результаті деструкції клітинних стінок під дією вологи, яка міститься всередині. Хоча в овочах міститься значна кількість вологи, частина її під час жаріння випаровується, а тієї, що лишається, не завжди буває досить для переводження

нерозчинних вуглеводів і екстенсину в розчинний стан у тому ступені, що зумовлює доведення овочів до кулінарної готовності. Тому жарінню в сирому стані піддають тільки ті овочі, які за відносно малий час дії тепла можуть достатньо розм'якшитися [25].

Ступінь фізико-хімічних змін харчових продуктів визначається характером та інтенсивністю процесів тепло- і масоперенесення. У початковий момент жаріння відбувається поступове рівномірне прогрівання поверхні продукту до 100 °С. При цьому поверхневий шар зневоднюється за рахунок випаровування вологи та її дифузійного перенесення до внутрішніх шарів. Подальший нагрів зневодненого шару продукту призводить до зміни його фізико-хімічних властивостей.

За перевищення температури 105 °С у зневодненому шарі починаються складні процеси меланоїдиноутворення та пірогенетичного розпаду білків, жирів і вуглеводів, незначного обвуглювання клітковини при наявності солей органічних кислот та інших складних органічних сполук (колоїдів, барвних речовин). У зв'язку з виникненням нових речовин на поверхні утворюється скоринка, яка не тільки додає продукту приємного зовнішнього вигляду, специфічного запаху і смаку, але і зберігає його форму і захищає від деформації. З моменту утворення скоринки випаровування вологи з поверхні продукту стрімко уповільнюється і починається процес її міграції з центральних шарів до менш вологої поверхні.

Слід враховувати, що за подальшого нагріву поверхневого шару до 135 °С і вище погіршуються органолептичні показники, що зумовлено появою продуктів глибокого розпаду азотистих речовин, які мають неприємний смак і запах горілого продукту [36].

Розподіл теплоти і підвищення температури всередині продукту можна поділити на два періоди: у перший період температура підвищується від поверхні продукту до центра, у другий – протягом деякого часу залишається постійною і при досягненні певного вологовмісту починає поступово підвищуватися [27].

Тривалість першого періоду залежить від виду продукту, його форми, розмірів, початкового вологовмісту, густини теплового потоку, інтенсивності

теплообміну. Волога у вигляді рідини під дією градієнта температури переміщується до центру, у вигляді рідини і пари під дією градієнта вологості - до поверхні. Для продуктів з високим вологовмістом градієнт вологості через незначну його величину в цей період незначно впливає на переміщення вологи.

Значення постійної температури продукту на початку другого періоду відповідає температурі кипіння розчину, яка встановлюється завдяки сукупній дії кількох факторів: надмірного тиску всередині продукту, який зумовлює підвищення температури кипіння; наявності газів у міжклітинному просторі та капілярах, які зменшують парціальний тиск пари і, відповідно, температуру кипіння розчину; більш низької температури кипіння рідини в мікрокапілярах, ніж у відкритій судині за того ж тиску. У даний період перехід вологи в зовнішнє середовище відбувається, в основному, у вигляді пари. Напрямок переміщення вологи у вигляді рідини поступово змінюється, що зумовлене зростанням градієнта вологості. Термін закінчення другого періоду залежить від кінцевої температури в центрі продукту (80 – 90 °С), вологовмісту та утворення відповідної до технологічних вимог підсмаженої скоринки.

Під час ІЧ-жаріння відбувається витоплювання жиру, чому сприяє поступове збільшення надмірного тиску (до 2000 Па), що зумовлене протидією защемленої пари. З огляду на те, що в центральних шарах тиск більше, ніж у зовнішніх, слід вважати, що вміст жиру в центральних шарах, як правило, менший.

Виникнення надмірного тиску зумовлено кількома причинами:

- у капілярах кипіння рідини при барометричному тиску відбувається при температурах, значно менших 100 °С, унаслідок чого за перегріву капілярно-пористого тіла тиск у ньому більше за барометричний;
- високоінтенсивні кінетичні процеси характеризуються нерівноважним станом, коли співвідношення між тиском і температурою пари залежать від швидкості процесу;
- з підвищенням температури продукту відбувається і нагрів газів, які знаходяться в його порах і капілярах. При цьому сума парціальних тисків пари та



газу завжди перевищує барометричний [27].

Підвищення температури середовища сприяє зростанню теплового потоку, і, відповідно, надмірного тиску, які досягають максимуму в період нагріву продукту до 96 – 100 °С, коли одночасно з інтенсивним пароутворенням відбувається і розширення газів.

Одночасно з підвищенням тиску проходить і його релаксація, при якій утворена пара і гази виходять назовні, переборюючи гідродинамічний опір скелета продукту. У результаті цього величина тиску всередині продукту залежить як від швидкості пароутворення, так і від швидкості релаксації пари: чим більше гідродинамічний опір скелета продукту, який визначається видом, сортом, складом, тим більше в ньому градієнт тиску пари.

Зниження тиску за охолодження відбувається внаслідок припинення підведення теплоти на випарювання вологи, а також за рахунок конденсації деякої частини пари в порах і капілярах та вирівнювання тиску через відкриті капіляри.

Різноманітність процесів, які проходять під дією високої температури, спричиняє до порушення різних зв'язків між складовими частинами продукту, що призводить до його усадки [27]. У міру видалення вологи зменшується об'єм продукту, підвищується пружність і жорсткість, і при певному їх значенні об'єм практично не змінюється, хоч видалення вологи триває. Це зумовлене недостатнім значенням впливу зовнішніх сил для подальшого стискання продукту. Об'єм продукту зменшується зі збільшенням початкового вологовмісту та зменшенням температури зовнішнього середовища.

Якість жарених продуктів залежить від температурного режиму і тривалості теплової обробки. З підвищенням температури всередині продукту і збільшенням тривалості нагріву збільшуються втрати маси, що призводить до зниження таких важливих органолептичних показників, як ніжність і соковитість.

Під час жаріння натурального м'яса втрати маси є значно більшими, ніж у попередньо розпушених, панірованих шматків м'яса і виробів з січеного м'яса [28]. Зниження втрат у цьому випадку пояснюється руйнуванням м'язової структури внутрішньом'язової сполучної тканини в процесі розпушування або

здрібнення м'яса, зниженням усадки м'язової тканини і деяким зменшенням унаслідок цього виділення води в навколишнє середовище.

Найменші втрати маси спостерігаються у виробів з котлетної маси (до 19 %), у яких вода, що виділяється денатурованими м'язовими білками, поглинається крохмалем хліба (або іншого наповнювача), колагеном м'яса і частково утримується в порах хлібної м'якушки. Втрати води в даному випадку відбуваються, головним чином, за рахунок випаровування з поверхні виробів [25].

Додатковому зниженню втрати маси сприяє панірування виробів, що дозволяє збільшити опір для вологи та жиру [23,25].

Таким чином, наведені відомості свідчать про те, що у процесі ІЧ-жаріння харчові продукти зазнають суттєвих фізико-хімічних змін, характер яких визначається численною кількістю факторів, основними з яких є хімічний склад продуктів, форма зв'язку вологи, спосіб попередньої підготовки тощо. Для процесів жаріння ІЧ-випромінюванням також неабияку роль відіграють спектральні характеристики продуктів.

Реальні харчові продукти мають чітко виражену селективність до поглинання та пропускання ІЧ-випромінювання у різних зонах спектру. Урахування оптичних характеристик харчових продуктів дозволяє правильно побудувати процес ІЧ-обробки [9]. Пропускную спроможність різних харчових продуктів експериментально досліджено багатьма авторами: Лебедевим П.Д., Гінзбургом А.С., Красніковим В.В., Сегал О.Р., Селюковим Н.Г., Лісовенко Л.Т., Головкіним О.Є., Жуковим Н.Н., Ільясовим С.Г. тощо. Результати роботи багатьох дослідників, узагальнені у [15], показують, що більшості харчових продуктів властиве переважне розсіювання та слабе поглинання ІЧ-випромінювання у діапазоні довжин хвиль  $X = 0,4 - 1,1$  мкм; середнє розсіювання та поглинання у діапазоні  $A = 1,4 - 2,6$  мкм; слабе розсіювання та сильне поглинання у діапазоні  $A = 3,0 - 12,0$  мкм.

Максимум пропускання променистого потоку кулінарними виробами (м'ясо, м'ясні напівфабрикати, рибні та овочеві напівфабрикати) припадає на зону спектра з  $X = 0,6 - 1,4$  мкм, а зниження пропускання в інтервалі з  $X = 1,4 - 3,0$

мкм супроводжується наявністю різких смуг поглинання у зоні спектру 1,5; 2,0; 2,7 мкм, що відповідають смугам поглинання води. При цьому спостерігається тенденція до деякого зміщення максимуму пропускання у бік коротких хвиль [10, 15].

Найбільші значення пропускної спроможності м'яса спостерігаються у зоні ІЧ-діапазону з довжиною хвилі  $X = 0,8 - 1,2$  мкм, а зі збільшенням довжини хвилі пропускна спроможність зменшується [18].

Дослідження продуктів рослинного походження [15, 20, 21, 29] показують, що їхні поглинальні та пропускні спроможності мають більші абсолютні значення, ніж аналогічні характеристики продуктів тваринного походження. Максимальна пропускна спроможність цих продуктів припадає на зону спектру з  $X = 0,75 - 1,5$  мкм та за товщини шару 1 мм складає 40 – 60 %.

Дані досліджень [10, 15, 20, 29] показали, що пропускна спроможність овочів знижується зі збільшенням довжини хвилі випромінювання, на підставі чого для теплової обробки овочевої кулінарної продукції було рекомендовано діапазон ІЧ-випромінювання з  $X = 1,0 - 2,5$  мкм.

Встановлено [27], що для овочів (кабачки, баклажани, морква) максимум пропускання припадає на довжину хвилі  $X = 1,2$  мкм, а для довжин хвиль більше 2,5 мкм пропускна спроможність практично дорівнює нулю. Найбільшу пропускну спроможність також мають ці овочі за жаріння без додавання жиру.

В роботі [27] також наведені дані з пропускної спроможності рослинних жирів, зокрема соняшникової олії. Соняшникова олія має високу пропускну спроможність у зоні спектру з  $X = 0,8 - 2,5$  мкм без різко вираженого максимуму; в інтервалі довжин хвиль 2,6 – 10,0 мкм пропускна спроможність олії зменшується. В результаті теплової обробки пропускна спроможність олії практично не змінюється та не залежить від температури.

Скрябіним В.П. [22] було досліджено глибину проникнення ІЧ-випромінювання у продукти тваринного (яловичина, свинина, свинячий жир, вершкове масло, вироби з січеного м'яса) та рослинного (соняшникова олія, панірувальні сухарі) походження, а також відбивні спроможності цих продуктів.

Під час дослідження пропускної спроможності соняшникової олії було встановлено аномально високе пропускання випромінювання у зоні спектру 0,8 – 1,3 мкм (порядку 100 %).

На пропускну спроможність суттєвий вплив має температура продукту. Головкіним О.Є. доведено, що у результаті нагрівання м'ясопродуктів вище 40 °С внаслідок денатурації білку з подальшою його коагуляцією відбувається зниження пропускної спроможності [18].

Жуковим Н.Н. було досліджено залежність пропускної спроможності м'яса курки від часу нагрівання та температури [19], в результаті чого було встановлено, що пропускну спроможність за нагрівання до температури початку денатурації білків збільшується, після чого спостерігається зниження пропускної спроможності за нагрівання до 70 °С, а потім поступово збільшується. Аналогічний характер зміни пропускної спроможності під час нагрівання мають і м'ясні фарші [26].

Значний вплив на терморадіаційні характеристики харчових продуктів мають їх вологовміст та форми зв'язку вологи з матеріалом [10]: для більшості харчових продуктів пропускну спроможність знижується зі зменшенням вологості у діапазоні спектра  $X = 0,4 - 1,4$  мкм та підвищується у діапазоні  $X = 1,4 - 15,0$  мкм.

Досліджено вплив товщини продуктів на проникнення інтегральних потоків ІЧ-випромінювання, в результаті чого встановлено, що пропускну спроможність м'ясопродуктів зменшується зі збільшенням товщини шару продукту [18]. За товщини порядку 20 – 30 мм проникність для інтегральних потоків ІЧ-випромінювання зневажено мала, у цьому випадку визначальною оптичною характеристикою є відбивна спроможність продуктів [22].

Таким чином, можна зазначити, що спектральні характеристики харчових продуктів відіграють значну роль під час теплової обробки ІЧ-випромінюванням, впливаючи при цьому на швидкість їх нагрівання. З цього виходить, що під час розробки технологічних процесів та рецептур кулінарних виробів, призначених для обробки в ІЧ-апаратах, необхідно підбирати компоненти, які мають високі

поглинальні і пропускні та низькі відбивні спроможності у діапазонах довжин хвиль випромінювання, придатних для промислових генераторів ІЧ-випромінювання.

### 1.3 Характеристика апаратів для теплової обробки харчових продуктів з використанням ІЧ-нагріву

Для реалізації ІЧ-нагріву харчових продуктів у підприємствах масового харчування та харчової промисловості використовують апарати, загальними елементами яких є жарильна камера, ІЧ-випромінювачі (світлі або темні, до спектру яких входить зона видимих або невидимих променів, відповідно), дека та вертел для розміщення продуктів (у апаратів періодичної дії) або транспортувальний орган (у апаратів безперервної дії), який забезпечує їх постійний або кроковий рух, і прилади регулювання температурного режиму в камері.

До апаратів, що випускаються серійно, належать шашличні печі ПШСМ-14, ППР-2, грилі ГЕ-3, ГЕ-4 [5], електрогриль ротаційний ЕГР-3/220-3 [26], конвеєрна піч ПКЖ [5], жаровня моделі 851 Е 1032 фірми Los [23] тощо. З них перші два апарати є твердопаливними, а інші – електричними.

У низці робіт запропоновано деякі нестандартні технічні рішення виконання апаратів з використанням ІЧ-нагріву, використання яких дозволяє досягти певних технологічних ефектів.

Джерелом ІЧ-випромінювання є палаюче вугілля або газові радіаційні пальники. Подача повітря до решітки дозволяє інтенсифікувати процес спалювання вугілля. Рівномірність обжарювання та зменшення втрат тепла досягається за рахунок дзеркальних внутрішніх поверхонь робочої камери. Кожний з пальників може переміщуватися по вертикалі від індивідуального приводу, що дає можливість змінного нагріву за довжиною камери. В них також можна проводити двобічну теплову обробку харчових продуктів, що дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу та підвищити якість готових

виробів.

Більшу досконалість мають апарати з електричним нагрівом. Серед них досить велика група апаратів для приготування харчових продуктів, зокрема м'яса, на вертелах або тримачах. Це різноманітні електрошашличниці та грилі, в яких електронагрівачі можуть бути розміщені по периферії жарильної камери, по її центру або переміщатися по об'єму камери. Конструкція апаратів дозволяє досягти рівномірного температурного поля у робочій камері, завдяки чому виготовлені вироби мають високу якість та добрі органолептичні показники

Використання поворотних відбивачів у пристрої дає можливість інтенсифікувати теплову обробку шляхом перерозподілу променистого потоку. Виконання відбивача у формі еліптичного циліндра і розміщення на одній з його фокальних осей з можливістю зміни свого положення у просторі знімних випромінювачів, а на другій фокальній осі носія для продукту дозволяє оптимізувати концентрацію і розподілити теплове поле в зоні обробки, зменшити теплові втрати, що знижує енерговитрати на приготування продукту і розширює технологічні можливості пристрою.

Також існують пристрої, що відрізняються можливістю використання їх для обжарювання різних за розмірами продуктів: під час обжарювання продукту великого розміру нагрівач встановлюють уздовж стінки корпусу, під час обжарювання продукту невеликого розміру вертикальний нагрівач встановлюють по осі корпусу.

Можливо підвищити якість готового продукту за рахунок більш рівномірного його нагріву, що забезпечується використанням електронагрівача у вигляді касети, усередині якої встановлено горизонтальні ІЧ-випромінювачі зі змінною відстанню між ними. Розміщення ІЧ-випромінювачів за законом зростаючої арифметичної прогресії забезпечує рівномірність нагріву по вертикальній осі кожуху та добру якість продукту на всіх вертелах. Зниження втрат маси продукту та підвищення якості забезпечується також періодичним змочуванням виробів.

Подовження строку експлуатації ІЧ-нагрівачів забезпечується постійним

натягненням за будь-якої температури нитки розжарювання у пристрої для жаріння продуктів на вертелах, що виключає стикання сусідніх ниток між собою та попереджує перегрів і можливість перегорання.

Існують апарати в яких харчові продукти розміщуються на транспортерах безпосередньо на їх поверхні або за допомогою деків чи вертелів, що дає можливість підвищити продуктивність. Ці апарати обладнані системою автоматики, яка дозволяє регулювати тривалість технологічного процесу, температурний режим тощо.

Проведений огляд апаратів з використанням ІЧ-нагріву дозволяє зробити досить різнопланові висновки, оскільки суттєві недоліки, притаманні традиційним апаратам, певною мірою усуваються за удосконалення конструкцій.

Апарати ІЧ-нагріву мають низку переваг перед іншими, що зумовлено скороченням тривалості теплової обробки на 40 – 60 %, збільшенням виходу готової продукції (у середньому на 10 – 16 %), більш повним збереженням харчових речовин і поліпшенням органолептичних показників. Практично безінерційність та високий ККД, який забезпечується раціональним розміщенням нагрівачів і відбивачів, сприяє зменшенню питомої витрати електроенергії на 20 – 60 %. Жаріння відбувається без додаткового використання жиру, що призводить до зменшення його витрат, а примусове повертання або перемішування виробів – до значного зниження трудомісткості процесу.

До недоліків апаратів інфрачервоного нагріву слід віднести значну залежність глибини проникнення ІЧ-променів усередину продукту від ступеня відповідності спектральних характеристик ІЧ-нагрівачів і продуктів та нерівномірність прогріву продуктів за об'ємом, що визначається їх теплофізичними властивостями.

Наведені недоліки в окремих випадках не дозволяють досягти необхідного технологічного ефекту, унаслідок чого обмежується галузь застосування апаратів ІЧ-нагріву. Але довгий перелік переваг дозволяє рекомендувати ІЧ-нагрів як один з основних за розроблення конструкцій комбінованих апаратів для жаріння продуктів, що є досить прогресивним напрямком апаратурного удосконалення.

Він базується на теоретичному і експериментальному вивченні процесів, які відбуваються в харчових продуктах під час різних фізичних впливів, з метою відбирання позитивних ознак. Такий підхід, як правило, призводить до створення обладнання, яке дає можливість отримати раніше передбачений технологічний ефект. У результаті об'єднання позитивних ознак, притаманних різним видам апаратів, створюються умови для більш оптимального впливу енергії на оброблюваний продукт.

Комбіновані апарати відрізняються різноманітністю, що зумовлено різнобічним об'єднанням ІЧ-нагріву з поверхневим, фритюрним та повітряним нагрівом, вібрацією тощо.

У сковороді для жаріння м'ясних виробів без жиру м'ясні вироби піддаються двобічному нагріву від жарильної поверхні та ІЧ-променів, які фокусуються відбивачами, що дає можливість скоротити тривалість теплової обробки кулінарних виробів.

Багатофункціональність конструкції, зумовлена можливістю перевертання апарата, дозволяє використовувати його як з верхнім, так і з нижнім розміщенням електронагрівача залежно від специфіки технології виготовлення продуктів. Пристрій комплектується жарильною решіткою, вертелом, сковородою та іншими пристроями, які надають апарату багатофункціональності. Він може працювати як гриль, шашличниця, тостер (термообробка продуктів відбувається за рахунок променистої енергії), або як сковорода (термообробка відбувається за рахунок сумісної дії променистої та конвективної енергії).

ІЧ-нагрів також використовується під час жаріння харчових продуктів у фритюрі. Розміщення ІЧ-випромінювачів, які працюють у імпульсному режимі, в об'ємі фритюрного жиру забезпечує випалювання кисню, що дозволяє зменшити темп його окислювальних змін.

Використання інших пристроїв дозволяє підвищити якість продукту і рівномірність його прогріву, а також суттєво інтенсифікувати процес за рахунок поліпшення теплообміну між повітрям і продуктом, що зумовлено примусовим переміщенням повітря у робочій камері апаратів.



У печі для безперервного випікання хлібобулочних виробів крім променистого перенесення тепла, у камері організується конвективне теплопідведення за допомогою системи повітряної циркуляції, яка забезпечується роботою вентилятора.

Окрім поєднання ІЧ-випромінювання з циркуляцією повітря у жаровій шафі, тепла обробка продуктів може здійснюватися одночасно й насиченою парою. Комбінування ІЧ-нагріву з подачею пари дозволяє скоротити тривалість жаріння на 50 % і ліквідувати втрати жиру.

Харчові продукти можуть також оброблятися одночасно ззовні та зсередини. Конструкція таких апаратів передбачає циркуляцію водяної пари або висококиплячого органічного теплоносія усередині тримачів продуктів, а після обробки ІЧ-променями м'ясо проходить між двома електродами, обладнаними штирями, які входять у м'ясо, забезпечуючи його обробку всередині.

Комбінування ІЧ-нагріву і вібрації дає можливість якісної теплової обробки сипких харчових продуктів, наприклад пасерування борошна або овочів. Робоча місткість здійснює кругові зворотно-поступальні рухи, за рахунок чого часточки борошна здійснюють вібраційний рух по спіралі від центру до периферії та, сприймаючи тепло від жарильної поверхні місткості та ІЧ-нагрівачів, нагріваються до певної температури. Пристрій безперервної дії дозволяє також пасерувати овочі та обжарювати м'ясну масу, при цьому значно знижується тривалість пасерування та нерівномірність температурного поля в об'ємі продукту.

Також обробка харчових продуктів (переважно овочів) може відбуватися ІЧ-випромінюванням у псевдозрідженому стані, що дозволяє підвищити якість готового продукту, знизити втрати жиру та інтенсифікувати процес теплової обробки. Ефективність випікання овочів і фруктів підвищується за комбінованої обробки продуктів НВЧ-нагрівом та ІЧ-випромінюванням [21].

Таким чином, використання комбінованих апаратів у технологічній практиці сприяє підвищенню ефективності виробництва, якості готової продукції, поліпшенню умов праці, економії харчової сировини, енергетичних і трудових

ресурсів. Можливості розробки нових видів комбінованих апаратів ще далеко не вичерпано, навпаки, вони збільшуються в міру необхідності удосконалення традиційного технологічного обладнання.

### Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було встановлено, що інтенсифікація ІЧ-жаріння за рахунок збільшення теплового потоку має певні обмеження, які зумовлені технологічними вимогами, а більш доцільним є використання ІЧ-нагріву як базового для створення різних комбінованих способів, що є вельми перспективним напрямком науково-технічного прогресу в галузі виробництва продуктів харчування.

Відомості про використання у деяких комбінованих процесах теплової обробки харчових продуктів інертного газу, зокрема двоокису вуглецю, та його вплив на механізм перенесення променистої енергії збільшують вагомість питання про розширення галузі його функціонального використання. Можливим напрямком може бути застосування регульованого за складом робочого середовища з підвищеним вмістом двоокису вуглецю під час теплової обробки харчових продуктів, зокрема ІЧ-випромінюванням.

Найбільш оптимальною формою м'ясних січених виробів з технологічної точки зору є комбіновані вироби, у структурі яких передбачають три види складових – основна м'ясна сировина, структурні наповнювачі, смако-ароматичні добавки. Значного впливу на тепло- і масоперенесення та якість виробів мають властивості панірувального шару, підбором якого можна інтенсифікувати процес теплової обробки, знизити втрати маси та поліпшити органолептичні показники готової продукції.

У процесі ІЧ-жаріння харчові продукти зазнають суттєвих фізико-хімічних змін, характер яких визначається численною кількістю факторів, основними з яких є хімічний склад продуктів, форма зв'язку вологи, спосіб попередньої підготовки.

Для реалізації ІЧ-нагріву харчових продуктів у підприємствах масового харчування та харчової промисловості використовуються апарати, основними недоліками яких є залежність глибини проникнення ІЧ-променів усередину продукту від ступеня відповідності спектральних характеристик ІЧ-нагрівачів і оптичних властивостей продуктів, та нерівномірність прогріву останніх за об'ємом. Використання комбінованих апаратів у технологічній практиці сприяє підвищенню ефективності виробництва, якості готової продукції, поліпшенню умов праці, економії харчової сировини, енергетичних і трудових ресурсів. Можливості розробки нових видів комбінованих апаратів ще далеко не вичерпано, навпаки, вони збільшуються в міру необхідності удосконалення традиційного технологічного обладнання.

## 2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ

### 2.1 Об'єкти досліджень

Об'єктами дослідження було обрано процес теплової обробки кулінарних виробів ПЧ-випромінюванням у середовищі з підвищеним вмістом двоокису вуглецю та технологічний процес виробництва м'ясних січених виробів.

Для їх здійснення було використано матеріали та сировину:

- двоокис вуглецю за ГОСТ 8050-85;
- м'ясо яловичини за ГОСТ 779-87;
- олію соняшникову за ГОСТ 1129-93;
- хліб з пшеничного борошна за ГОСТ 27842-88;
- картоплю за ГОСТ 26832-86;
- борошно пшеничне хлібопекарне за ГОСТ 26574;
- борошно сухарне за ГОСТ 28402-89;
- воду питну за ГОСТ 2874-82.

М'ясні січені вироби виготовлялися за нормативною документацією (біфштекси січені – рецептура № 654, рулети м'ясні – рецептура № 667, котлети – рецептура № 658 та за розробленою технологією «Гриль»; інші кулінарні вироби виготовлялися згідно з нормативною документацією. М'ясні січені вироби виготовляли з котлетного фаршу, отриманого з використанням м'ясорубки з діаметром отворів решітки 3 – 4 мм.

### 2.2 Методи методики досліджень

Дослідження проводились в лабораторії кафедри Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції Дніпровського державного аграрно-економічного університету та кафедри Обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного

університету імені Дмитра Моторного, а також в умовах виробничо-технологічної лабораторії ТОВ «Горизонт».

### 2.2.1 Методика дослідження потоку ІЧ-випромінювання

Дослідження теплового потоку проводили з використанням актинометру (рис. 2.1), дію якого засновано на принципі термоелектричного ефекту. Якщо у замкненому електричному ланцюгу, що складається з двох різних металів, місця контактів мають різну температуру, то у ланцюгу виникає термоелектричний струм, сила якого пропорційна різниці температур на термоспаях. Як термоприймач в актинометрі використано термобатарею – пластину, яка складається з низки термоелементів, поєднаних між собою спаями білого та чорного кольорів (почергово). Під дією на таку пластину теплового випромінювання спаї набувають різної температури внаслідок поглинання променистої теплоти чорним квадратиком та відбиття його білим. Через різницю температур у батареях виникає термоелектричний струм, вимірюваний гальванометром, шкала якого градуйована у межах інтенсивності випромінювання від 0 до 20 кал/(см<sup>2</sup>·хв.) (1 кал·см<sup>2</sup>·хв.) дорівнює 700 Вт/м<sup>2</sup>).



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд актинометра AS803

### 2.2.2 Методика дослідження та експериментальна установка для дослідження процесу теплової обробки ПЧ-випромінюванням

Дослідження зміни температури газових середовищ і харчових продуктів здійснювали на експериментальній установці (рис. 2.2), яка складається з ПЧ-апарату, комплексу обладнання для фіксації отриманих даних, термоелектричного перетворювача з відкритими хромель-копелевими термопарами, введеними у сталеві голки та зафіксованими таким чином, щоб їх спай знаходився біля кінця голки та міг контактувати з продуктом під час введення у нього голок. В якості ПЧ-апарату було використано експериментальну установку для теплової обробки харчових продуктів, схема якої приведена на рис. 2.2, а загальний вигляд якої наведено на рис. 2.3.

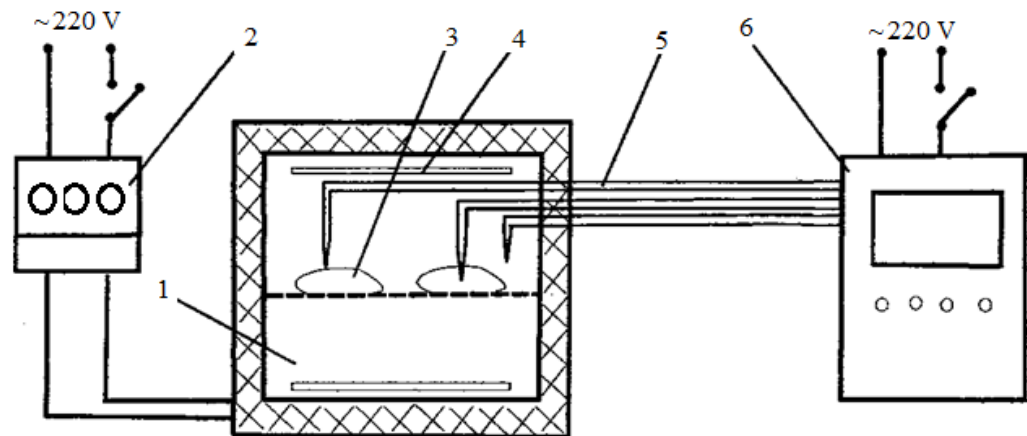


Рисунок 2.2 – Схема експериментальної установки для теплової обробки харчових продуктів

- 1 – робоча камера ПЧ-апарату; 2 – вимірювальний комплект К-50А;  
 3 – харчові продукти; 4 – ПЧ-нагрівачі; 5 – виводи термопар;  
 6 – комплект обладнання для фіксації отриманих даних.

Замір температур у харчових продуктах проводили за допомогою введених у них на різну глибину голок з термопарами (одну термопару розміщували у поверхневому шарі, другу – у центрі виробу). Заміри температур у кожній точці продукту в процесі його нагрівання здійснювали послідовно з інтервалами часу 30 с. Контроль за часом обробки здійснювали за допомогою секундоміру.

Замір температур газових середовищ здійснювали за допомогою термопар,

розміщеній у фарфоровій соломці для попередження прямого попадання ІЧ-променів на спай термопари. Термопари розміщували на різних відстанях від ІЧ-випромінювачів.

Для проведення досліджень використовували відомі методики [31, 32].

Помилка під час заміру температур складала не більше 1 °С (не перевищувала 5 %).



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд експериментальної установки для теплової обробки харчових продуктів

### 2.2.3 Методи дослідження властивостей м'ясних рублених напівфабрикатів та виробів

Реологічні властивості модельних зразків фаршів визначали на ротаційному віскозиметрі Експерт у циліндричному вимірювальному пристрої [32].

Ротаційний віскозиметр Експерт складається з двох основних вузлів: віскозиметру та вимірювального блоку, загальний вигляд віскозиметру приведений на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд ротаційного віскозиметру Expert

Реологічні властивості модельних фаршів досліджувалися за інтервалу швидкості зсуву від 0,1667 до 27,0 с<sup>-1</sup>, при температурі 20 °С у циліндричному вимірювальному пристрої Н.

Масову частку вологи визначали по ГОСТ 4288-76 в сушильній шафі.

Масову частку жиру визначали по ГОСТ 23042-86 по методу Сокслета.

Масову частку білка визначали за ГОСТ 25011-81 за методом Кельдаля.

Вміст золи визначали по ГОСТ 15113.6-77.

Масову частку вуглеводів визначали розрахунковим методом.

Втрати маси при тепловій обробці визначали за методикою, наведеною в [8].

Водо- і жирутримуючу здатність визначали за методом Салаватуліной, наведеної в [8].

Органолептичну оцінку проводили за методиками, наведеними в літературі [8] і [19].

Структурно-механічні властивості визначали на машині Instron 1140. Загальний вигляд установки Instron 1140 приведений на рис. 2.5.





Рисунок 2.5 – Загальний вигляд установки Instron 1140

Визначення втрат маси при тепловій обробці. Втрати маси виробів після теплової обробки  $X$ , %, розраховували за формулою, наведеною в [44]:

$$X = 100 - \frac{M_1 \cdot 100}{M_0}, \quad (2.1)$$

де  $M_1$  – маса виробів після теплової обробки, г;

$M_2$  – маса виробів до теплової обробки, г.

Визначення водо- і жируотримуючої здатності. Зразки фаршу масою 180 – 200 г, поміщені в герметично закриті консервні банки, зважували і піддавали тепловій обробці при 78 – 80 °С протягом 1 години на водяній бані, охолоджували до температури 12 – 15 °С. Потім консервні банки розкривали, що виділився бульйон і жир переносили в попередньо зважені алюмінієві бюкси. Після видалення бульйону і жиру фарш промокають фільтрувальним папером і зважують. Бюкси з бульйоном поміщали в сушильну шафу і сушили до постійної маси при 103 – 105 °С. Визначали масову частку вологи, що виділилася при тепловій обробці фаршу, і водоутримуючу здатність фаршу.

З бюкси із залишками бульйону і жиру екстрагували жир 10 – 15 см<sup>3</sup> розчинника (суміш хлороформу з етанолом у співвідношенні 1:2). Екстрагування жиру проводили протягом 3 – 4 хвилин з трьох чотирикратною повторністю. Встановивши масову частку жиру, що залишився після теплової обробки фаршу, розраховували жирутримуючу здатність.

Водоутримуюча здатність (% до маси фаршу)

$$ВУЗ = W - \frac{M_{\delta 1} \cdot M_{\epsilon} \cdot 100\%}{M_{\delta 2} \cdot M}, \quad (2.2)$$

$$M = M_{\delta n} - M_{\delta}, \quad (2.3)$$

$$M_{\delta 1} = M - M_c, \quad (2.4)$$

де  $M_c$  – маса згустку фаршу після термообробки, г;

$M_{\delta n}$  – маса герметичної банки з наважкою фаршу, г;

$M_{\delta}$  – маса консервної банки, г;

$W$  – масова частка води в фарші, %;

$M_{\delta 1}$  – маса всього бульйону з жиром, що відокремилася, г;

$M_{\epsilon}$  – маса води в досліджуваному бульйоні, г;

$M_{\delta 2}$  – маса досліджуваного бульйону з жиром, г;

$M$  – маса наважки фаршу, г.

Жирутримуюча здатність фаршу (% до маси фаршу)

$$ЖУЗ = Ж_{\phi} - \frac{M_{\delta 1} \cdot M_{\text{ж}}}{M_{\delta 2} \cdot M}, \quad (2.5)$$

де  $Ж_{\phi}$  – масова частка жиру в фарші, %;

$M_{\text{ж}}$  – маса жиру в досліджуваному бульйоні, г.

Визначення структурно-механічних показників за допомогою універсальної машини «Instron 1140». Принцип визначення структурно-механічних властивостей на машині «Instron 1140» полягає в постійному вимірюванні

тензодатчиком і реєстрації комп'ютером навантаження, що виникає внаслідок опору зразка механічному впливу.

Визначення показника напруження зрізу здійснюють в вимірювальній комірці «Варнер Братслер», яка являє собою пластину з прорізом встановлену на платформі, через яку вільно проходить лезо ножа закріпленого в адаптер датчика навантажень, переміщуваного траверсою випробувальної машини «Instron 1140» із заданою лінійною швидкістю. Зразки випробуваного об'єкта нарізають на бруски з квадратним перетином  $0,02 \times 0,02$  м завдовжки близько 0,05 м. Ці бруски встановлюють під ніж на пластину. Запускають хід траверси і включають реєстрацію даних вимірювань комп'ютером, оснащеним платою АЦП. Після реєстрації і експорту результатів вимірювань в файл Excel з безлічі зусиль зрізу визначається максимальне. Потім проводиться розрахунок напружень зрізу за такою формулою:

$$Q_{zp} = \frac{P_{max}}{S}, \quad (2.6)$$

де  $P_{max}$  – максимальне зусилля, яке сприймається тензодатчиком при розрізанні зразка, Н;

$S$  – площа перетину зразка продукту, м;

Але на різання продуктів, консистенція яких характеризується однаковими значеннями напруження зрізу, може витратитися різна робота різання.

Органолептична оцінка. У комплекс показників, що визначають харчову цінність м'ясопродуктів, входять органолептичні характеристики. Результати органолептичної оцінки найчастіше бувають остаточними і вирішальними при визначенні якості продукції. Органолептичну оцінку напівфабрикатів проводили за п'ятибальною шкалою. При цьому враховували зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенцію, соковитість.

## Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи розглянуто та приведено методи та методики проведення експериментальних досліджень, також приведено перелік та коротку характеристику устаткування для проведення експериментальних досліджень.

### 3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Передумови розробки способу приготування м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням

Теплова обробка м'ясних кулінарних виробів супроводжується значними витратами матеріальних та енергетичних ресурсів, що погіршує технологічні та теплотехнічні показники процесу. Підвищення цих показників можна забезпечити як удосконаленням апаратного оформлення процесу, так і технологій та рецептур оброблюваної продукції. У зв'язку з цим важливим напрямком удосконалення процесів виробництва м'ясних кулінарних виробів є розробка нових технологій, що відрізняються ресурсоощадністю, а саме економією матеріальних та енергетичних витрат.

Підвищений інтерес до використання ІЧ-апаратів для теплової обробки харчових продуктів зумовлений бажанням інтенсифікувати процес виробництва та поліпшити якість готової продукції. Рациональне використання енергії ІЧ-випромінювання визначається перед усім спектральними характеристиками випромінювачів та об'єктів, що нагріваються. Кореляцією цих параметрів можна моделювати процеси виробництва продуктів харчування, які дозволять досягти певного технологічного ефекту.

Зміною рецептури виробів шляхом підбору замінювачів певних компонентів з відповідними оптичними й теплопровідними властивостями можна також скоротити тривалість теплової обробки. Але таких цілеспрямованих розробок дуже недостатньо, що дало підставу для розробки технології м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням [51, 52].

Однією з основних вимог до рецептури, яка розроблюється для умов жаріння виробу ІЧ-випромінюванням, є підбір компонентів, які мають високі значення поглинальної та пропускної оптичної здатності і, відповідно, низькі значення відбивної оптичної здатності у використаному інтервалі довжин хвиль, а також високі значення коефіцієнту теплопровідності. До того ж, заміна окремих

компонентів не повинна сприяти зниженню харчової цінності виробу.

Аналіз традиційних технологій фаршевих виробів свідчить, що за їхньої розробки, як правило, не враховувалися оптичні властивості компонентів, що входять до рецептури. Тому за теплової обробки таких виробів ІЧ-випромінюванням часто не досягаються показники, які визначають переваги цього способу.

За традиційною технологією (рецептура № 658) до складу котлет входять яловичина, хліб пшеничний, молоко або вода та сухарне борошно. Для поліпшення смаку та соковитості готових виробів до складу нежирного котлетного м'яса додають жир-сирець.

В результаті вивчено спектральних властивостей продуктів [15], які входять до рецептури було встановлено, що в основному вони мають низькі поглинальні та високі відбивні спроможності (жир-сирець, хліб пшеничний, сухарне борошно). Ці відомості стали підставою для заміни їх на продукти з більш високими поглинальним і та пропускними і низькими відбивними спроможностями. В зв'язку з цим доцільно використовувати як замінювачі цих компонентів продукти з більш якісними оптичними і теплопровідними властивостями, які наближені до них за хімічним складом та не знижують харчову та біологічну цінність готових виробів.

Аналіз спектральних характеристик свідчить про те, що, на відміну від жиру-сирця, хлібу та панірувальних сухарів, більш високі пропускні та низькі відбивні оптичні властивості в області спектру з довжиною хвилі випромінювання  $\lambda = 1,04 - 1,20$  мкм мають соняшникова олія, картопля та зволене пасероване борошно. Їх було запропоновано використати у рецептурі м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням. Результатом додавання цих компонентів може бути декілька переваг, серед яких збільшення глибини проникнення променистої енергії і, відповідно, інтенсифікації нагріву цих шарів продукту в результаті складного теплопереносу тепловим випромінюванням та теплопровідністю, зміна харчової та біологічної цінності готових виробів, особливо за наявності поліненасичених жирних кислот, що належать до групи

фосфатидів, які відіграють важливу роль в усіх обмінних процесах, вітаміну С та харчових волокон. Все це має позитивно вплинути на організм людини, а також поліпшення смакових властивостей виробів та економічної ефективності їх виробництва

Таким чином було запропоновано замінити жир-сирепь соняшnikовою олією, а 50 % хлібу та води – подрібненою картоплею [35].

Проникненню ІЧ-випромінювання до середини виробу суттєвого опору може надавати додатковий поверхневий шар паніровки, який наноситься виходячи з технологічних міркувань. Операція зволоження панірувального шару спроможна якісно змінити не тільки його теплопровідні, але й оптичні властивості.

Панірування виробів пропонується за способом, що передбачає використання суміші, яка складається з сухарного борошна та пасерованого за температури 120 °С пшеничного борошна у співвідношенні 1:1, після чого напівфабрикати обробляють протягом 20 – 25 с гострою парою та витримують за кімнатної температури 5 – 10 хв. Враховуючи більш високу вологість даної паніровки, можна припустити її високу поглинальну й пропускну спроможність.

Нагрів внутрішніх шарів виробу здійснюється, в основному, за рахунок його теплопровідності. У табл. 3.1 наведено довідкові та прийняті для розрахунку значення коефіцієнту теплопровідності використаної при виробництві фаршів сировини при різних температурах, які відповідають температурі напівфабрикату ( $T = 293 - 298 \text{ K}$ ), напівготового виробу ( $T = 318 - 323 \text{ K}$ ) та готового виробу ( $T = 358 - 363 \text{ K}$ ).

Наведені показники свідчать про вдалий вибір картоплі, яка має високі теплопровідні властивості, як замінювача хлібу, що не можна сказати про соняшникову олію, яка має, порівняно з жиром-сирцем, практично однакові значення коефіцієнту теплопровідності.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт теплопровідності сировини для котлетних фаршів

Вид сировини	Коефіцієнт теплопровідності			
	за літературними даними	прийнятий для розрахунку		
		T = 293 – 298 К	T = 318 – 323 К	T = 358 – 363 К
Яловичина	41,3 – 68,0	47,6	45,0	56,0
Жир-сирець	9,3 – 18,0	17,2	16,3	15,9
Соняшникова олія	15,7 – 17,0	16,5	16,0	15,8
Хліб пшеничний	13,4 – 17,5	14,0	14,0	14,0
Картопля	49,0 – 66,1	49,5	56,0	65,0
Вода	56,1 – 67,9	60,0	65,0	68,0

Однак, базуючись тільки на цій основі, не можна зробити правильні висновки, оскільки фарш є багатокомпонентним з'єднанням що не виключає можливості впливу іншого характеру окремих компонентів на загальний показник теплопровідності. Крім того теплова обробка супроводжується процесами випаровування вологи, плавлення жиру, коагуляції білків, в результаті чого змінюється агрегатний стан продукту, а відповідно, і його теплофізичні властивості.

Було складено порівнювальну таблицю хімічного складу сировини, яка використовується у традиційній (контрольний зразок) і розробленій (дослідний зразок) рецептурах при приготуванні м'ясних січених виробів (табл. 3.2). Ці дані дають підставу попередньо стверджувати про практично рівнозначну харчову цінність двох видів фаршів, що задовольняє одній з вищевказаних вимог.

Остаточний висновок про достовірність ступеню впливу оптичних властивостей окремих компонентів на оптичні властивості фаршу і готового виробу, а також про харчову цінність розроблених виробів з достатньою точністю може бути зроблений після проведення експериментів.



Таблиця 3.2 – Хімічний склад сировини для фаршу м'ясних січених виробів

Показник	Кількість на 100 г фаршу					Разом
	Яловичина	Жир-сирець	Соняшникова олія	Хліб пшеничний	Картопля	
Сировина г	57/57	7/-	-/7,0	16/8	-/18	80/90
Білок, г	12,3/12,3	-	-	1,3/0,7	-/0,4	13,6/13,4
Жир, г	1,4/1,4	5,9/-	-/7,0	0,2/0,1	-/0,06	7,5/8,5
Вуглеводи, г	-	-	-	7,5/3,8	-/3,4	7,5/7,2
Вітаміни, мг:						
β-каротин	-	0,09/-	-/0,03	сл/сл	-/сл	0,09/0,03
Е	-	0,09/-	-/4,69	0,53/0,26	-/0,02	0,62/4,97
С	сл./сл.	-	-	-	-/3,6	сл./3,6
В <sub>6</sub>	0,24/0,24	-	-	0,05/0,02	-/0,05	0,29/0,31
В <sub>12</sub>	1,71/1,71	-	-	-	-	1,71/1,71
ніацин	3,08/3,08	-	-	0,5/0,25	-/0,23	3,58/3,56
рибофлавін	0,11/0,11	-	-	0,02/0,01	-/0,01	0,13/0,13
тіамін	0,06/0,06	-	-	0,04/0,02	-/0,02	0,10/0,10
Мінеральні речовини:						
зола г	0,57/0,57	0,005/-	-	0,26/0,13	-/0,20	0,84/0,90
калій, мг	202,3/202,3	0,42/-	-	33,3/16,6	-/102,2	236,1/321,2
кальцій, мг	5,8/5,8	-	-	3,7/1,8	-/1,8	9,5/9,4

Примітка: значення у чисельнику – для контрольного зразка; у знаменнику – для дослідного зразка

### 3.2 Дослідження спектральних характеристик та теплофізичних властивостей котлетних фаршів та паніровок

З метою перевірки викладених передумов було проведено дослідження пропускної спроможності запропонованих котлетного фаршу та панірувального шару (дослідних зразків) і традиційних (контрольних зразків) (рецептура № 268) в короткохвильовій зоні ІЧ-випромінювання.

Встановлено, що дослідний зразок котлетного фаршу має більш високу пропускну спроможність та менш виражену селективність до пропускання ІЧ-випромінювання у різних зонах спектру. У короткохвильовій зоні (рис. 3.1)

загальний характер пропускної спроможності є для обох зразків якісно близьким, спостерігається плавне її змінювання без різко вираженого максимуму у межах 68 % – для дослідного зразка та 47 – 57 % – для контрольного зразка.

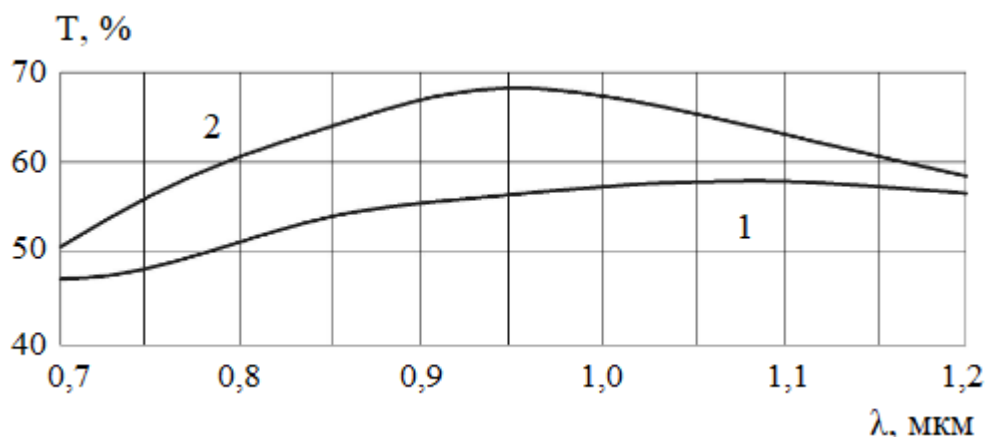


Рисунок 3.1. – Пропускна спроможність котлетних фаршів:

1 – контрольний зразок; 2 – дослідний зразок

Особливий інтерес становить величина пропускної спроможності для променистих потоків, які утворюються промисловими ІЧ-генераторами з  $\lambda_{\max}$ , яка дорівнює 1,04; 2,5; 3,8 та 4,5 мкм. Порівнювальний аналіз показує, що пропускна спроможність дослідного котлетного фаршу перевищує на 8; 14; 16 та 26 %, відповідно.

Спектри пасирувальних шарів, які становлять собою суміш часток паніровки та котлетного фаршу, є якісно східними у короткохвильовій зоні, але у дослідного зразка пропускна спроможність плавно змінюється у межах 68 %, а у контрольного, де частками паніровки є традиційно використане сухарне борошно – лише у межах 24 – 46 % (рис. 3.2).

Для зон променистих потоків вищевказаних промислових генераторів пропускна спроможність дослідного зразка панірувального шару перевищує на 25; 19; 35; 34 %, відповідно.

Звертає на себе увагу факт відносної та якісної подібності спектрів пропускання у дослідних зразках фаршу та панірувального шару в короткохвильовій зоні.

Для контрольних зразків фаршу та панірувального шару відмічається менша

пропускна спроможність останнього у короткохвильовій зоні.

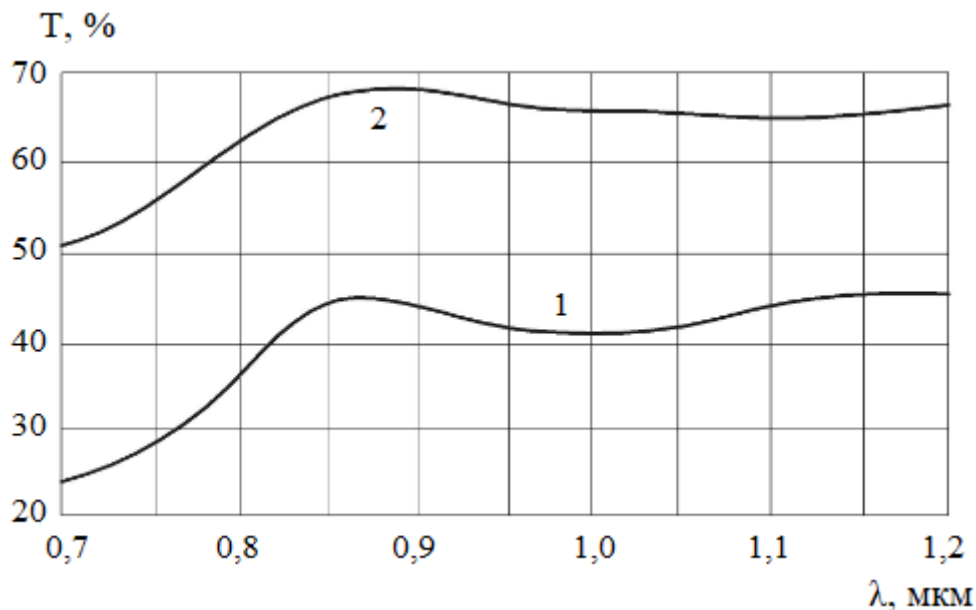


Рисунок 3.2 – Пропускна спроможність панірувальних покриттів  
1 – контрольний зразок; 2 – дослідний зразок

Підводячи висновки виконаних досліджень, можна відмітити позитивний вплив використаних функціонально-технологічних добавок та методу попередньої підготовки поверхневого шару на можливу інтенсифікацію ПЧ-жаріння виробів з котлетного фаршу.

Для визначення коефіцієнту теплопровідності було використано два методи: експериментальний і розрахунковий. З метою встановлення впливу окремих видів сировини на теплопровідність фаршів даний показник визначався обома методами, що дозволило перевірити адекватність отриманих результатів.

Як об'єкти досліджень були використані декілька видів фаршів: контрольний – виготовлений за традиційною технологією; дослідний зразок № 1 – із заміною жиру-сирця на соняшникову олію; зразок № 2 – із заміною 50 % хліба і води на подрібнену картоплю; зразок № 3 – з одночасною заміною жиру-сирця на соняшникову олію та 50 % хлібу і води на подрібнену картоплю.

Значення коефіцієнтів теплопровідності фаршів м'ясних січених виробів, отримані розрахунковим і експериментальним методами за вищевказаних температур, наочно надані у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти теплопровідності котлетних фаршів

Вид зразка	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·К)					
	T=293 – 298 К (напівфабрикат)		T=318 – 323 К (напівготовий виріб)		T=358 – 363 К (готовий виріб)	
	розрахунок	експеримент	розрахунок	експеримент	розрахунок	експеримент
Контрольний	42,5	38,2±2,1	41,9	32,5±2,4	48,8	50,3±3,0
Дослідний № 1	42,4	33,3±2,3	41,9	27,4±1,8	48,8	51,0±4,1
Дослідний № 2	44,2	36,0±3,5	44,4	27,9±0,8	52,6	46,4±3,1
Дослідний № 3	44,1	34,4±2,4	44,4	28,2±0,6	52,6	53,6±4,6

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить про те, що зміна рецептури фаршу і температури істотно відбивається на показникові коефіцієнту теплопровідності виробу. Заміна жиру-сирця на рослинне масло, а також хлібу і води на подрібнену картоплю призводить до незначного зниження коефіцієнту теплопровідності сирого фаршу. Відзначено також деяке зниження коефіцієнту теплопровідності фаршів на стадії їхньої напівготовності, що, певне, зумовлене деяким зниженням коефіцієнту теплопровідності основного його компоненту – м'яса в даному температурному інтервалі.

Етап доведення виробів до стану кулінарної готовності характеризується підвищенням коефіцієнту теплопровідності, на що істотно впливає зміна цього показника у м'яса, що відбувається внаслідок збільшення кількості нерозчинних білків та їх коагуляції. При цьому фарш, приготований згідно розробленої рецептури, має коефіцієнт теплопровідності у середньому на  $3,3 - 10^{-2}$  Вт/(м·К) вище, ніж у контрольного зразка.

За нашою думкою характерний ефект може бути зумовлений комплексним впливом вищезазначених інгредієнтів на значення показника коефіцієнту теплопровідності. Так, наприклад, на відміну від хліба, теплопровідність якого незначно змінюється зі зміною температури, теплопровідність картоплі має тенденцію до підвищення. Додавання соняшникової олії, на відміну від попередніх наших міркувань, також позитивно впливає на підвищення

коефіцієнту теплопровідності фаршевого виробу на стадії доведення до кулінарної готовності. Цей ефект може бути пояснений тим, що нагрів олії, на відміну від жиру-сирця, не супроводжується зміною агрегатного стану, на яку необхідна додаткова витрата енергії

При порівнянні результатів розрахункового і експериментального методів встановлено лише часткове виконання закону адитивності для коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$  у напівфабрикатів і готових виробів. Розбіжність розрахункових і експериментальних даних знаходиться у межах: 20 – 22 % – для напівфабрикатів і 5 – 6 % – для готових виробів. Для напівготових виробів закон адитивності не виконується, що, ймовірно, пов'язане з перерозподілом вологи у виробі на початку фізико-хімічних змін компонентів фаршу під впливом теплової обробки. Розрахунковим методом також була встановлена тенденція до підвищення показника теплопровідності фаршів на стадії досягнення виробами кулінарної готовності, а також дослідного зразка порівняно з контрольним [30].

Враховуючи наявність панірувального покриття на поверхні напівфабрикату, який у даному випадку слід розглядати як багатосаровий об'єкт, необхідно також проаналізувати і його вплив на показник теплопровідності. Для дослідження використовувалися зразки паніровок: контрольний – сухарне борошно; дослідний – суміш сухарного та пасерованого пшеничного борошна, оброблена 20 – 25 с гострою парою і витримана при кімнатній температурі 300 – 600с.

Результати експериментальних досліджень теплопровідності паніровок наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнти теплопровідності паніровок

Вид зразка	Коефіцієнт теплопровідності, X-102, Вт/(м·К)		
	T=293 – 298 К (напівфабрикат)	T=318 – 323 К (напівготовий виріб)	T=388 – 393 К (готовий виріб)
Контрольний	37,9±5,3	32,9±1,6	32.2±3,0
Дослідний	44,2±3,5	37,0±1,4	35,9±2,5

Результати досліджень паніровок показали, що паніровка, прийнята до використання у запропонованій технології, має більш високі значення коефіцієнту теплопровідності. Так, для напівфабрикатів  $\Delta\lambda_{\text{сеп}} = 6,3 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К), а для готових виробів  $\Delta\lambda_{\text{сеп}} = 3,7 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К). Це зумовлене попередньою підготовкою панірувального шару з суміші панірувальних сухарів і пасерованого борошна, яка зводиться до його зволоження під впливом гострої пари і наступному набряканню [30].

Також було визначено густину ( $\rho$ ), теплоємність ( $c$ ) та коефіцієнт температуропровідності ( $a$ ) котлетних фаршів. Зведені дані про теплофізичні властивості розглянутих котлетних фаршів представлено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Теплофізичні характеристики котлетних фаршів

Показник	Напівфабрикати		Готові вироби	
	контрольний	дослідний	контрольний	дослідний
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1010±15	1014±16	1020±21	1015±19
$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·К)	38,2±2,1	34,4±2,4	50,3±3,0	53,6±4,6
$C$ , Дж/(кг·К)	3207±214	3125±232	3064±241	3055±239
$a \cdot 10^8$ , м <sup>2</sup> /с	11,7±0,2	10,8±0,2	16,1±0,6	17,3±0,2

За даними таблиці 3.5 можна зазначити, що дослідні зразки мають дещо меншу теплоємність як напівфабрикатів, так і готових виробів. Коефіцієнт температуропровідності готових виробів обох видів фаршів має більші значення порівняно з напівфабрикатами, при цьому для дослідних зразків він значно більше, як порівняно з контрольним зразком, так і з напівфабрикатом, що скоріше за все пов'язане з фізико-хімічними змінами, які відбуваються під час теплової обробки і призводять до підвищення коефіцієнту теплопровідності та зниженню теплоємності виробів.

Таким чином, отримані внаслідок досліджень дані свідчать про те, що прийняті при розробці нової технології м'ясних виробів рішення по заміні окремих компонентів мають істотний вплив на зміну їх теплофізичних

показників, що впливають на швидкість внутрішнього теплопереносу. Позитивний спільний вплив спектральних характеристик і теплопровідності фаршу та паніровки мають вплинути на інтенсифікацію теплового процесу, яка, безумовно, буде сприяти скороченню тривалості роботи теплового апарата і його енерговитрат. Крім того, основні положення, на які спираються виконані дослідження, можуть бути використані при розробці широкого асортименту страв і кулінарних виробів із заздалегідь передбаченими не тільки хімічним складом і органолептичними показниками, але й теплофізичними і оптичними властивостями.

### 3.3 Дослідження динаміки температури та втрат маси виробів з котлетного фаршу

У ході експерименту визначали вплив окремих замінювачів на тривалість теплової обробки виробів з котлетного фаршу. Як об'єкти досліджень використовували напівфабрикати котлет: контрольний (за традиційною технологією); дослідні зразки: № 1 – з заміною жиру-сирця на соняшникову олію; №2 – з заміною 50 % хліба пшеничного та води на подрібнену картоплю; № 3 – з заміною паніровки з сухарного борошна на паніровку з суміші сухарного борошна та пасерованого пшеничного борошна за обробки виробів гострою парою та витримуванням на повітрі; № 4 – виготовлений згідно розробленої рецептури.

Результати досліджень динаміки температури в центрі виробів, за якими визначалася тривалість теплової обробки, наведено на рисунку 3.3.

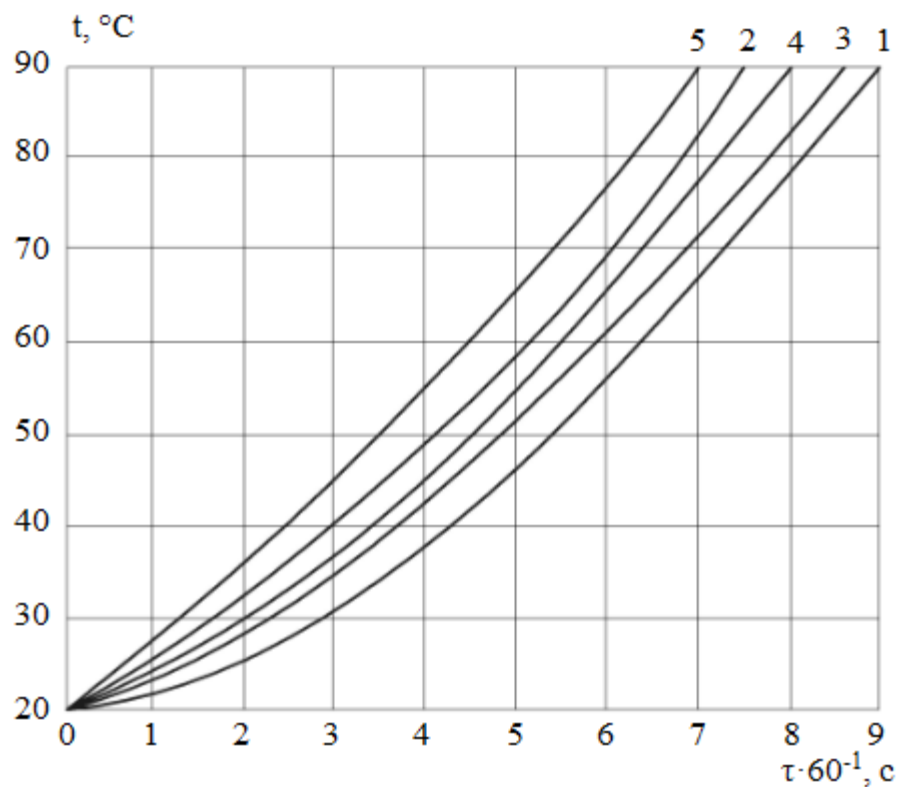


Рисунок 3.3. – Динаміка температури у центрі зразків

1 – контрольний; 2 – рецептура № 1; 3 – рецептура № 2; 4 – рецептура № 3;  
5 – рецептура № 4.

Отримані дані свідчать про те, що кожний з пропонованих компонентів певною мірою впливає на інтенсивність нагріву виробів. Так, додавання соняшникової олії до рецептури сприяє скороченню тривалості теплової обробки на  $16,7 \pm 0,8$  %, подрібненої картоплі – на  $5,6 \pm 0,3$  %, заміна паніровки – на  $11,1 \pm 0,5$  %. Зразок, виготовлений згідно пропонованої рецептури досягає кулінарної готовності на 110 с швидше, ніж контрольний, що свідчить про інтенсифікацію процесу на  $20,3 \pm 0,6$  %.

Проведено дослідження втрат маси виробами (таблиця 3.6), що дозволило провести порівнювальний аналіз результатів жаріння традиційним способом та ІЧ-випромінюванням.



Таблиця 3.6 – Втрати маси котлет під час жаріння ІЧ-випромінюванням

Показники	Контрольний зразок		Дослідним зразок (жаріння ІЧ-випромінюванням)
	Жаріння традиційним способом	Жаріння ІЧ-випромінюванням	
Маса виробів до панірування, г	580	580	580
Маса виробів після панірування, г	620	620	610
Маса виробів після обробки парюю, г	-	-	620
Маса виробів після жаріння, г	500±15	520±16	545±17
Маса виробів після остигання, г	490±15	510±16	535±16
Втрати маси після жаріння, %	19,4±0,6	16,1±0,6	12,1±0,4
Втрати маси після остигання, %	21,0±0,6	17,7±0,5	13,7±0,4

З отриманих даних видно, що дослідний зразок під час жаріння ІЧ-випромінюванням має втрати маси на  $7,3 \pm 0,2$  % менше порівняно з жарінням контрольного зразка традиційним способом та на  $4,0 \pm 0,1$  % менше порівняно з жарінням контрольного зразка ІЧ-випромінюванням. Отриманий ефект пояснюється суттєвим скороченням тривалості теплової обробки, а також впливом виду паніровки на масообмінні процеси.

### 3.4 Визначення впливу ступеню масивності фаршевих виробів на інтенсифікацію їх нагріву ІЧ-випромінюванням

Внутрішні процеси теплообміну багато у чому визначаються не тільки оптичними й теплопровідними властивостями, але й ступенем масивності виробів, яким лімітується швидкість їх нагрівання. Оцінку ступеню масивності було проведено за двома величинами: чисельного значення критерію Старка та

показника геометричної форми виробів, яка характеризується відношенням площі поверхні нагріву до маси.

Критерій Старка було обчислено для напівфабрикатів та виробів на стадіях напівготовності та повної кулінарної готовності (табл. 3.7). Коефіцієнт теплопровідності обирався за дослідними даними (табл. 3.5).

У процесі нагрівання контрольних зразків відбувається збільшення лінійного розміру, причому більш інтенсивне зі зменшенням розміру напівфабрикату. Змінювання лінійного розміру у дослідних зразків є менш суттєвим. Причому збільшення товщини напівфабрикатів до 20 – 25 мм призводить до того, що на першому етапі нагрівання відбувається осаджування, зумовлене більш високою пластичністю фаршу, а на другому етапі – подальше збільшування товщини виробів.

Значення критерію Старка у напівфабрикатів дослідних зразків вище за всіх товщин. До його збільшення, причому більш суттєвого у контрольних зразків, призводить змінювання теплопровідності та товщини виробів під час нагрівання. Особливо відчутне це на початковому етапі. В результаті цього, якщо напівфабрикати обох зразків за всіх досліджуваних товщин можна віднести до оптично тонких тіл ( $S_k < 0,1$ ), та на стадіях напівготовності та кулінарної готовності вони вже належать до оптично товстих тіл, за виключенням виробів з товщиною напівфабрикату 10 мм, які мають критичні значення досліджуваного показника. Збільшення товщини напівфабрикату з 10 до 25 мм призводить до зростання значення критерію Старка у обох зразків у 2,5 рази; на стадіях напівготовності та кулінарної готовності це відношення декілька зменшується, але більш суттєво у дослідних зразків.

Таблиця 3.7 – Значення лінійного розміру та критерію Старка для виробів з котлетного фаршу

Вид зразка	Товщина напівфабрикату , мм							
	10		15		20		25	
	$l \cdot 10^3, \text{ м}$	$S_k$	$l \cdot 10^3, \text{ м}$	$S_k$	$l \cdot 10^3, \text{ м}$	$S_k$	$l \cdot 10^3, \text{ м}$	$S_k$
Температура виробу $T = 295 \text{ К}$								
Контрольний	10,0/5,0	0,038/0,019	15,0/7,5	0,057/0,029	20,0/10,0	0,076/0,038	25,0/12,5	0,095/0,048
Дослідний	10,0/5,0	0,042/0,021	15,0/7,5	0,064/0,032	20,0/10,0	0,85/0,043	25,0/12,5	0,106/0,053
Температура виробу $T = 350 \text{ К}$								
Контрольний	14,0/7,0	0,105/0,053	18,0/9,0	0,143/0,072	22,0/11,0	0,165/0,083	26,0/13,0	0,194/0,097
Дослідний	12,0/6,0	0,103/0,052	16,0/8,0	0,138/0,069	18,0/9,0	0,155/0,078	20,0/10,0	0,172/0,086
Температура виробу $T = 390 \text{ К}$								
Контрольний	15,0/7,5	0,100/0,050	23,0/11	0,154/0,077	26,0/13,0	0,174/0,087	28,0/14,0	0,187/0,094
Дослідний	14,0/7,0	0,088/0,044	20,0/10	0,125/0,063	23,0/11,5	0,144/0,072	26,0/13,0	0,163/0,082

Примітка: У чисельнику дані для одnobічного нагріву; у знаменнику – для двобічного нагріву.

Враховуючи те, що при двобічному ІЧ-нагріві лінійний розмір може бути прийнято у 2 рази менше, значення критерію Старка суттєво зменшується. Для цього випадку характерні ті ж вищевказані висновки, але вони відрізняються тим, що усі досліджувані зразки за різних товщин на усіх етапах теплової обробки належать до області оптично тонких тіл. Це визначає переважний вплив зовнішнього теплопідведення на швидкість їх нагрівання.

Для визначення впливу геометричної форми виробів на ступінь масивності були використані напівфабрикати контрольних та дослідних зразків зі стандартними масами 62, 93 та 123 г за різних їх товщинах (рис. 3.4). Встановлено, що змінювання маси напівфабрикатів практично не впливає на відношення  $F/M$ , тому що при заданій товщині одночасно збільшується і площа поверхні. Враховуючи несуттєву різницю у густині контрольного та дослідного зразків, отримані значення  $F/M$  практично не відрізняються, внаслідок чого надані

криві характерні для обох досліджуваних видів виробів.

Також відмічено, що найбільш високий ступінь масивності мають напівфабрикати товщиною 20 – 25 мм, а зі зменшенням товщини до 10 – 15 мм вона суттєво знижується, що корелює з результатами розрахунку чисельних значень критерію Старка.

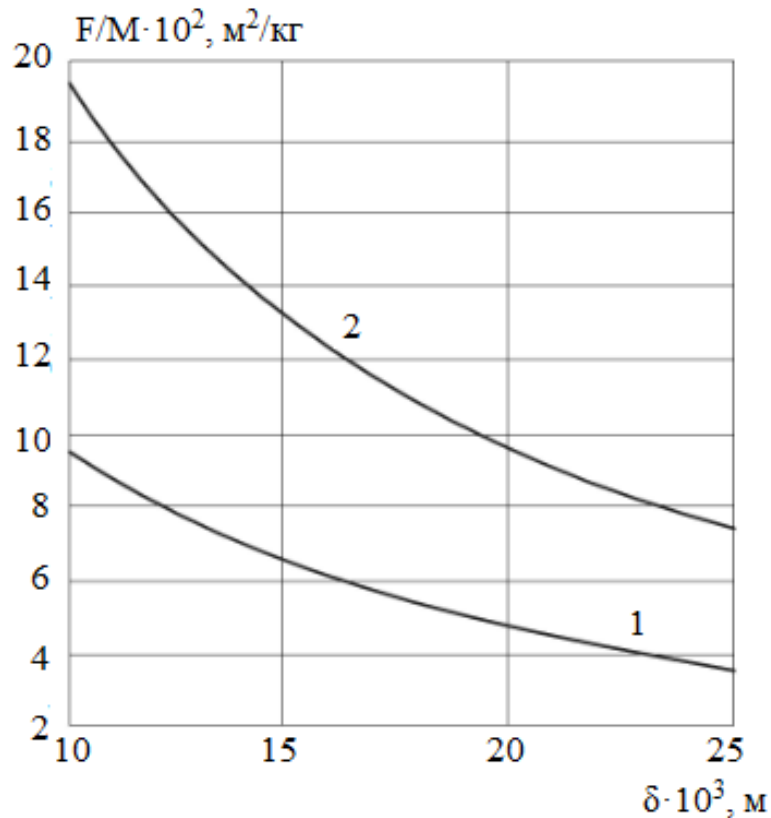


Рисунок 3.4 – Масивність напівфабрикатів за співвідношенням F/M

1 – за однобічного нагріву; 2 – за двобічного нагріву

Таким чином, враховуючи вплив ступеню масивності на швидкість нагріву харчових продуктів, можна зазначити, що за двобічного підведення ІЧ-енергії вироби товщиною до 25 мм можуть бути віднесені до оптично тонких тіл. У зв'язку з цим, не дивлячись на позитивний вплив більш високої пропускну здатності на інтенсифікацію нагріву, він буде менш суттєвим, тому що переважний вплив буде надавати інтенсивність зовнішнього енергопідведення. Більш вигідною дана розробка може бути у випадку приготування оптично більш товстих виробів, наприклад під час однобічного підведення ІЧ-енергії (особливо за товщини виробів 20 – 25 мм та більше), або за двобічного її

підведення до виробів, які мають товщину більше 25 мм, до яких можна віднести вироби типу рулетів, зраз, люля-кебаб, тощо.

### 3.5 Дослідження структурно-механічних властивостей котлетних фаршів та готових виробів

Досліджено структурно-механічні властивості розробленого котлетного фаршу, які можна використовувати як один з показників їх якості. Обробку дослідних даних проводили за ступеневим рівнянням. На підставі отриманих даних побудовано залежності швидкості зсуву від напруги зсуву (рис. 3.5) та ефективної в'язкості від швидкості зсуву.

Реологічні криві мають вигляд, характерний для неньютонівських неідеальнопластичних тіл з граничною напругою зсуву. Але дослідний зразок має декілька менші значення граничної напруги, ніж контрольний, що, мабуть, можна пояснити впливом таких добавок, як олія та подрібнена картопля.

Аналіз кривих залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву показує темп руйнування структури фаршів. Для обох зразків спостерігається руйнування структури (для контрольного зразка  $m = 0,8886$ , для дослідного зразка  $m = 0,8538$ ). Найбільша в'язкість практично незруйнованої структури для контрольного зразка  $\eta_0 = 1169,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , для дослідного –  $\eta_0 = 852,7 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , що знаходиться в інтервалі для м'ясних фаршів.

Режим в'язко-пластичної течії починається зі значень  $\gamma = 9 \text{ с}^{-1}$ . За  $\gamma > 16,2 \text{ с}^{-1}$  ефективна в'язкість  $\eta_t$ , досягнувши найменшого значення, залишається практично незмінною та не залежить від швидкості зсуву.

Криві течії з точністю до 2 – 3 % описуються ступеневим рівнянням за таких значень параметрів, що входять до нього: для контрольного зразка –  $B = 463,24$  та  $n = 0,1114$ ; для дослідного зразка  $B = 348,08$  та  $n = 0,1462$ .

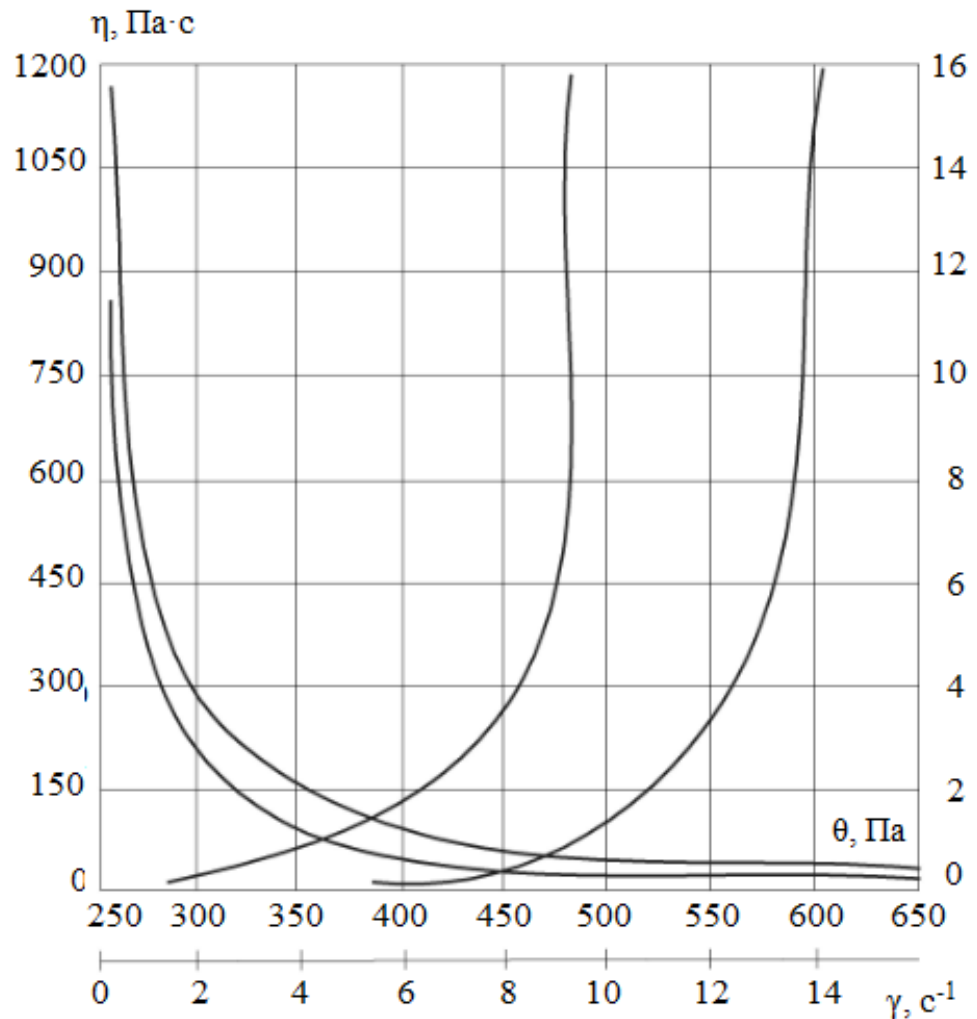


Рисунок 3.5 – Залежність ефективної в'язкості  $\eta$  від швидкості зсуву  $\gamma$  та швидкості зсуву  $\gamma$  від напруги зсуву  $\Theta$  у контрольному та дослідному зразках  
1- контрольний зразок; 2 – дослідний зразок

Користуючись класифікацією Шищенко Р.А. за величиною відношення  $\Theta_0/g_p$ , яке становить собою міру спроможності речовини зберігати свою форму, для контрольного зразка отримаємо відношення  $\Theta_0/g_p = 0,054$ , а для дослідного зразка  $\Theta_0/g_p = 0,039$ . Отримані значення дають підставу віднести дані фарші до густих паст, для яких  $\Theta_0/g_p = 0,02 - 0,15$ .

Важливим показником оцінки якості виробів є їхня консистенція, що була визначена за показниками пенетрації та граничної напруги зсуву. Дослідженню піддавалися котлетні фарші, запаніровані напівфабрикати та жарені вироби (табл. 3.8).

Було встановлено, що котлетний фарш за нової рецептури має більш ніжну консистенцію. Так, показник penetрації збільшується на 16,2 – 23,9 % залежно від часу penetрації, при цьому максимальна швидкість penetрації збільшується на 21,1 %, а середня – на 16,3 %; гранична напруга зсуву знижується на 25,9 %. Такі показники дозволяють полегшити процес формування виробів і забезпечити утримання ними заданої форми.

Таблиця 3.8 – Показник penetрації та гранична напруга зсуву м'ясних січених виробів

Зразки	Пенетрація, мм, за часу penetрації, с			Швидкість penetрації $\cdot 10^2$ , мм/с			Гранична напруга зсуву, Па
	5	15	60	180	Максимальна	Середня	
Котлетний фарш							
Контрольний	16,1±0,9	17,1±0,8	17,6±0,6	19,8±0,8	322±20	11,0±0,4	382±30
Дослідний	19,5±0,8	20,2±0,8	21,8±0,6	23,0±0,5	390±16	12,8±0,3	283±12
Запанірований напівфабрикат							
Контрольний	12,6±0,4	14,3±0,5	15,1±0,6	16,8±0,4	252± 8	9,3±0,1	532±14
Дослідний	14,9±0,7	16,8±0,8	17,2±0,4	18,3±0,5	298±14	10,2±0,4	447±24
Жарені вироби: Внутрішні шари							
Контрольний	5,0±0,6	5,9±0,6	6,4±0,7	7,3±0,5	100±12	4,1±0,3	2830±1401
Дослідний	7,1±0,4	7,6±0,6	8,2±0,4	8,5±0,5	142± 8	4,7±0,3	2083±1246
Поверхневі шари							
Контрольний	3,21±0,5	4,1±0,5	4,6±0,8	5,6±0,5	64±10	3,1±0,3	4839±1857
Дослідний	5,1±0,6	5,9±0,66	6,4±0,7	7,3±0,5	102±12	4,0±0,3	2885±395

Фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час жаріння, забезпечують зниження показника penetрації внутрішніх шарів виробів у 2,7 – 3,2 рази. Але у дослідних зразків показник penetрації є більшим на 16,4 – 42,0 %, максимальна швидкість penetрації – на 42,0 %, а середня – на 14,6 %; гранична напруга зсуву

менша на 26,4 %.

Наявність на поверхні сформованого напівфабрикату панірувального шару сприяє зменшенню показника penetрації (на 14,2 – 21,7 % – для контрольних, та 23,6 % – для дослідних зразків), швидкості penetрації (максимальної – на 21,7 % та 23,6 %, відповідно, та середньої – на 15,5 % та 20,3 %, відповідно), а також збільшенню граничної напруги зсуву – на 39,3 % та 58,0 %, відповідно. Тобто, поверхневий шар, який володіє можливістю стримувати масоперенесення під час жаріння, у дослідних зразків має більш міцну структуру, що додатково впливає на зменшення втрат маси.

Формування під час жаріння на поверхні виробу піджаристої скоринки супроводжується зниженням вмісту води, в результаті чого поверхневий шар стає більш жорстким. Завдяки більш високій початковій вологості використаної паніровки та її вологоутримувальної здатності, а також властивостей використаного котлетного фаршу, дослідні зразки готових виробів мають показники penetрації, що на 30,4 – 59,4 % вище, ніж у контрольних зразків. При цьому максимальна і середня швидкість penetрації є більшими на 59,4 % та 29,0 %, відповідно, а гранична напруга зсуву знижується на 40,4 %.

Отримані результати свідчать про те, що фарші, виготовлені за розробленою рецептурою, за структурно-механічними властивостями наближаються до традиційних, а деяке зниження значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно відбивається на пластичності фаршу, що полегшує процес формування виробів.

### 3.6 Розробка технологічного процесу виробництва м'ясних січених виробів «Гриль», дослідження їх хімічного складу та мікробіологічних показників

На підставі результатів проведених досліджень розроблено технологію м'ясних січених виробів «Гриль», що розрахована на використання у підприємствах харчування, м'ясопереробних виробництвах і домашньому харчуванні для жаріння, насамперед в ІЧ-апаратах. Її рецептура має такий склад,



%: котлетне м'ясо (яловичина) – 55,0 ; картопля – 16,0; соняшникова олія – 5,0; хліб пшеничний – 8,0; вода або молоко – 9,5; паніровка – 6,5 (сухарне та пшеничне борошно у співвідношенні 1:1).

Технологічний процес приготування м'ясних січених виробів (рис. 3.6) складається з етапів підготовки сировини, складання рецептури, панірування та теплової обробки. Котлетне м'ясо зачищають від сухожиль, миють, нарізають на шматки та подрібнюють на вовчку з діаметром отворів  $3 - 4 \cdot 10^{-3}$  м. Картоплю сортують, миють, очищають і також подрібнюють. Хліб пшеничний замочують у воді або молоці і пропускають через вовчок. Пшеничне борошно просіюють, пасерують за температури  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  та змішують з сухарним борошном, після чого отриману суміш просіюють.

Подрібнене котлетне м'ясо, картоплю і пшеничний хліб з'єднують між собою, додають олію, сіль, спеції і перемішують протягом 240 – 360 с, після чого формують вироби відповідної форми.

Сформовані вироби панірують у суміші сухарного і пасерованого пшеничного борошна, оброблюють гострою парою протягом 20 – 25 с і вигримують за кімнатної температури 300 – 600 с. Жаріння напівфабрикатів проводять в ІЧ-апаратах до кулінарної готовності, що визначається температурою  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  центральних шарів виробів.

Аналіз хімічного складу напівфабрикатів та готових виробів (табл. 3.9) дозволяє зробити висновок про практично рівнозначну харчову цінність обох зразків. При цьому слід зазначити, що вироби "Гриль" менш калорійні – 217,5 ккал/100 г (контрольні – 254,0 ккал/100 г), мають більшу кількість харчових волокон у вигляді клітковини, більшу кількість мінеральних речовин, збагачені вітаміном С та, за рахунок додавання соняшникової олії, поліненасиченими жирними кислотами (табл. 3.10).

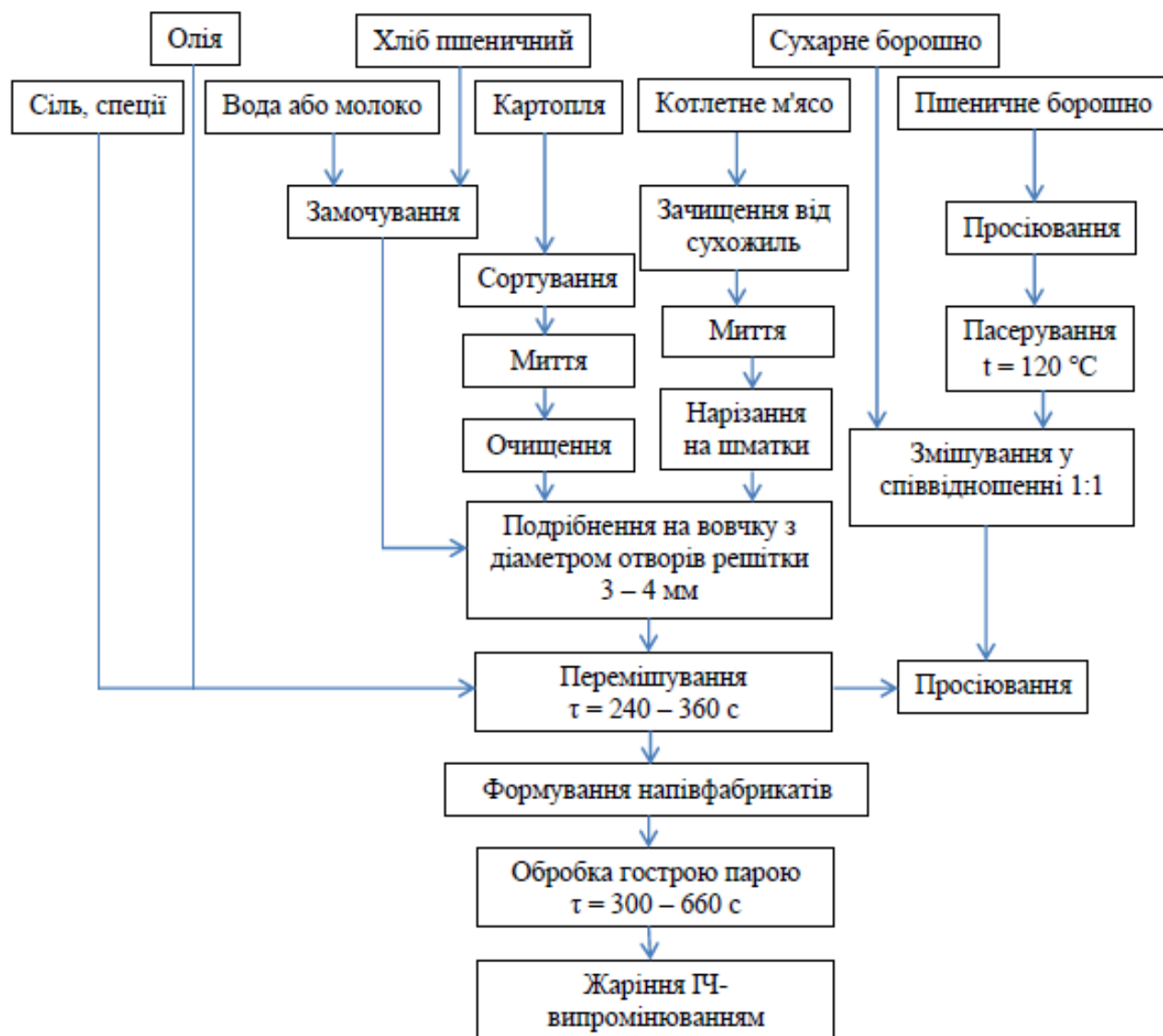


Рисунок 3.6. – Технологічна схема виробництва м'ясних січених виробів

Вони містять у своєму складі на 24,6 % менше насичених жирних кислот та на 88,8 % більше поліненасичених жирних кислот, особливо лінолевої кислоти, яка відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності організму людини.

Санітарну безпечність свіжевиготовлених готових виробів визначали за мікробіологічними показниками якості сичених виробів (табл. 3.11). Встановлено, що після теплової обробки загальна кількість мікроорганізмів в обох зразках суттєво зменшується та відповідає нормативам, встановленим для виробів даного виду. Так, кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, порівняно з нормативними даними, менше у 5,6 (для контрольного зразка) та у 3,0 (для дослідного зразка) рази. Отримані результати вказують також на відсутність кишкових паличок, стафілококу та патогенних мікроорганізмів, у тому числі сальмонел.

Було проведено органолептичну оцінку контрольних і дослідних виробів у балах методом коефіцієнту важливості, згідно з яким кожному показнику якості відповідає його характеристика (табл. 3.12).

Таблиця 3.9 – Загальний хімічний склад виробів з котлетного фаршу (г на 100 г продукту)

Показники	Напівфабрикати		Готові вироби	
	Контрольний	Дослідний «Гриль»	Контрольний	Дослідний «Гриль»
Загальна волога	71,5±1,5	69,1±0,9	67,4±1,2	67,2±1,0
Білки	14,7±0,2	14,2±0,2	14,6±0,2	14,2±0,2
Жири	5,7±0,2	6,5±0,2	5,2±0,1	5,9±0,2
Вуглеводи,	6,9±0,1	8,9±0,2	11,3±0,2	10,7±0,1
у тому числі клітковина	1,8±0,1	2,2±0,1	1,7±0,1	2,0±0,2
Зола	1,2±0,1	1,3±0,1	3,5±0,1	2,0±0,2
у тому числі: Са	0,31±0,09	0,28±0,10	0,33±0,08	0,30±0,08
Р	0,09±0,01	0,09±0,01	0,10±0,05	0,11±0,06

Таблиця 3.10 – Жирнокислотний склад виробів з котлетного фаршу (г на 100 г продукту)

Показник	Напівфабрикат		Готовий виріб	
	контрольний	дослідний «Гриль»	контрольний	дослідний «Гриль»
Сума ліпідів	5,75	6,54	5,24	5,98
Жирні кислоти	5,44	6,23	4,94	5,70
Насичені:	2,52	1,90	2,30	1,74
мірїстинова (C <sub>14:0</sub> )	0,09	0,01	0,09	0,01
пальмітинова (C <sub>16:0</sub> )	1,49	1,10	1,36	1,01
стеаринова (C <sub>18:0</sub> )	0,71	0,56	0,65	0,51
Мононенасичені:	2,70	2,37	2,45	2,17
мірїстолеїнова (C <sub>14:1</sub> )	0,09	0,05	0,08	0,05
иальмітолеїнова (C <sub>16:1</sub> )	0,33	0,19	0,30	0,18
олеїнова (C <sub>18:1</sub> )	2,24	2,08	2,03	1,90
Поліненасичені:	0,22	1,96	0,19	1,79
лінолева (C <sub>18:2</sub> )	0,16	1,91	0,14	1,75
ліноленова (C <sub>18:3</sub> )	0,05	0,03	0,04	0,03
арахідонова (C <sub>20:4</sub> )	0,004	0,004	0,003	0,003

Таблиця 3.11 – Мікробіологічні показники якості готових м'ясних січених виробів

Вид зразка	Мікробіологічні показники			
	Кількість мікроорганізмів, КОЕ/г, не більше	БГКП (колі-форми)	Стафілококи	Патогенні мікроорганізми, в т. ч. сальмонели
Норматив	2,0·10 <sup>4</sup>	Не допускається в 1,0 г продукту	Не допускається в 1,0 г продукту	Не допускається в 25,0 г продукту
Контрольний	3,6·10 <sup>3</sup>	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 25,0 г
Дослідний «Гриль»	6,6·10 <sup>3</sup>	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 25,0 г

Виходячи з даних табл. 3.12 максимальна кількість балів, яку можуть набрати вироби становить 55.

За даними технологічних проробок м'ясні січені вироби «Гриль» мають оцінку 52 – 55 балів (контрольні вироби – 45 – 50 балів), що свідчить про високу якість м'ясних виробів, виготовлених за розробленою технологією.

Таблиця 3.12 – Розрахунок загальної органолептичної оцінки готових виробів «Гриль»

Показники	Коефіцієнт важливості	Максимальна оцінка	
		бал	добуток
Зовнішній вигляд	2	5	10
Колір	1	5	5
Смак	4	5	20
Запах	1	5	5
Консистенція	3	5	15
Разом	11	-	55

#### Висновки до розділу

На підставі аналізу довідкових даних з спектральних та теплофізичних властивостей харчових продуктів та їхнього хімічного складу запропоновано склад компонентів м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням, що, не знижуючи харчової та біологічної цінності, мажуть забезпечити інтенсифікацію їх нагріву.

Котлетний фарш запропонованого складу та прийнята до використання паніровка мають більш високу оптичну пропускну спроможність та значення теплофізичних показників (коефіцієнту теплопровідності для готових виробів та коефіцієнту температуропровідності), що має вплинути на підвищення кількості корисно використаної теплоти та ефективності ІЧ-жаріння.

Встановлено вплив окремих компонентів на тривалість теплової обробки ІЧ-випромінюванням. Теплова обробка виробів запропонованого складу скорочується на  $20,3 \pm 0,6$  %, що забезпечує також зниження втрат маси на  $4,0 \pm 0,1$  %.

Вивчено вплив ступеню масивності на швидкість нагріву м'ясних січених виробів, в результаті чого було відмічено, що за двобічного підведення ІЧ-енергії вироби товщиною до 25 мм можуть бути віднесені до оптично тонких тіл, для яких визначальним є зовнішнє енергопідведення.

Досліджено структурно-механічні властивості котлетних фаршів, за результатами яких виходить, що розроблений фарш за структурно-механічними властивостями наближається до традиційних, а деяке зниження значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно відбивається на його пластичності, що полегшує процес формування виробів.

Запропонована технологія дає можливість отримати м'ясні січені вироби, що відрізняються зниженням матеріальних та енергетичних витрат під час теплової обробки завдяки вдалого підбору компонентів рецептури з урахуванням їхніх оптичних та теплофізичних властивостей, досягаючи при цьому санітарної безпеки та більш високої якості

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Дослідження та оцінка стану охорони праці в ТОВ «Горизонт»

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [72].

Небезпечним називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого у відповідних умовах праці може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я [72]. В умовах ТОВ «Горизонт» небезпечними виробничими факторами є робота з підвищеними напруженнями.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або зниження рівня працездатності [72], а саме це підвищена вологість виробничого приміщення та нерівномірне освітлення робочих місць.

У галузі з переробки м'яса причинами виробничого травматизму є [73]:

- організаційні причини – відсутність технологічної документації, порушення технології основних виробничих процесів, відсутність маршрутів пересування транспортних механізмів, сировини та готової продукції, порушення трудового законодавства, невиконання правил техніки безпеки, відсутність наглядної агітації, відсутність засобів індивідуального захисту;

- технічні причини – відсутність огорожень небезпечних виробничих зон, несправність засобів індивідуального захисту, недостатність засобів механізації, несправність обладнання та попереджувальних засобів;

- санітарно-гігієнічні причини – підвищена вологість, запиленість, недостатнє освітлення, недотримання параметрів мікроклімату;

- комплексні причини – фізичні, нервово-психологічні, емоціональні перевантаження, монотонність праці.

Директор призначає комісію з розслідування та веде облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій відповідно до положення.

Показники виробничого травматизму по ТОВ «Горизонт» за останні три років приведені в таблиці 4.1.

Коефіцієнти частоти, тяжкості та втрати робочого часу визначено за статистичними методами аналізу виробничого травматизму.

Оскільки нещасні випадки траплялись на підприємстві тільки на протязі 2019 року, тому розрахунки приведемо тільки за цей рік.

- коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_{ч2019} = \frac{2}{85} \cdot 1000 = 23,5,$$

- коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_{г2019} = \frac{45}{2} = 22,5,$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{вт2019} = \frac{45}{85} \cdot 1000 = 529,4.$$

Основні показники травматизму зводяться до таблиці 4.1 та робляться висновки про його рівень.

Аналіз виробничого травматизму за період 2017 – 2019 рр. показав, що тільки у 2019 році в товаристві сталося два нещасних випадки, що призвело до втрати потерпілими 45 днів працездатності. Причиною нещасних випадків стало недотримання працівниками вимог безпеки праці при роботі з обладнанням для подрібнення та обвалки м'яса.



Таблиця 4.1 – Основні показники виробничого травматизму по ТОВ «Горизонт» за 2017 – 2019 роки

Показники	Роки		
	2017	2018	2019
Кількість працюючих, чол.	85	85	85
Кількість нещасних випадків, од	2	-	-
Втрати днів непрацездатності від травматизму	-	-	45
Коефіцієнт частоти травматизму	-	-	23,5
Коефіцієнт важкості травматизму	-	-	22,5
Коефіцієнт втрат робочого часу	-	-	240

Відповідальність за стан охорони праці в ТОВ «Горизонт» несе директор. Загальна кількість працівників складає 85 чоловік. У відповідності з законом України про Охорону праці директор створив на підприємстві службу з охорони праці. Наказом призначив інженера з охорони праці, який здійснює організаційно-методичне керівництво роботи з охорони праці підприємства, планує і організовує заходи з питань охорони праці, організовує проведення атестації робочих місць, проводить вступний інструктаж з охорони праці.

У відповідності з Типовим положенням про навчання та перевірку знань з питань охорони праці в товаристві встановлено порядок і види навчань з охорони праці робітників та службовців.

На підприємстві проводяться такі інструктажі з охорони праці:

- вступний – проводять з особами, яких приймають на роботу, інструктаж реєструється в журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці;
- первинний інструктаж – проводять на робочому місці з усіма без винятку особами, яких вперше беруть на роботу, його проводить керівник робіт;
- повторний інструктаж – проводиться не пізніше шести місяців після первинного інструктажу, він реєструється в журналі реєстрації інструктажів;
- позаплановий – проводиться в тому випадку, коли стався нещасний випадок на виробництві або відбулися зміни у виробничому процесі, в інших випадках в господарстві його не проводять.

Коллективний договір у господарстві існує і в ньому є пункти з покращення охорони праці робітників.

Засобами індивідуального захисту та спецодягом працюючі забезпечені у повному обсязі. Спецодяг видається щорічно, засоби індивідуального захисту – у встановленому порядку.

Наглядна агітація на комплексі з виробництва м'ясних консервів представлена попереджувальними табличками, які поступили разом із обладнанням, але оскільки обладнання зарубіжне, то і таблички оформлені тільки англійською мовою, це і є головним недоліком. Спеціального кабінету з охорони праці немає. Куточок з охорони праці давно не оновлювався.

Стан промислової санітарії задовільний. Працюючі забезпечені переодягальними, душовими, а також миючими засобами. Фінансування проводиться за рахунок господарства. Працівники не несуть ніяких матеріальних витрат на заходи з охорони праці.

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

В товаристві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютьяся недоліки: відсутня комплексна механізація та автоматизація виробництва; відсутнє дистанційне керування технологічними процесами та операціями з небезпечними і шкідливими виробничими факторами; відсутні засоби колективного захисту працівників; організація праці та відпочинку працівників організована нерационально; відсутні попереджувальні таблички українською мовою; застаріла інформація в куточку з охорони праці; стан огорожі всіх частин, що обертаються на машинах знаходиться в критичному стані; відсутні на стаціонарних агрегатах засоби тушіння пожежі.

## 5.2 Рекомендації щодо поліпшення умов праці в ТОВ «Горизонт»

Для поліпшення умов праці ми пропонуємо:

- а) проводити комплексну механізацію та автоматизацію виробництва з попередньою експертизою проектної документації;
- б) впровадити дистанційне керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- в) забезпечити засобами колективного захисту працівників;
- г) здійснювати раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики монотонності та гіподинамії, а також зниження важкої праці;
- д) покращити стан огорожі всіх частини машин, що обертаються;
- е) оформити і встановити попереджувальні таблички українською мовою;
- є) перевірити заземлення всього електрообладнання;
- ж) перевірити всі стаціонарні агрегати на наявність засобів тушіння пожежі;
- з) оновити нормативно-правову документацію та оновити куточок з охорони праці.

## 4.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в ТОВ «Горизонт»

Розрахунок штучного заземлювального пристрою при відсутності природних заземлювачів [74].

Вихідні дані:

1. Захищений об'єкт – обладнання цеху.
2. Захищений об'єкт – стаціонарний.
3. Напруга мережі – 380 В.
4. Виконання мережі – з глухозаземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою – вертикальний (труби).

6. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина  $l_e = 3$  м; діаметр труби  $d = 0,06$  м; товщина стінки труби  $\delta_T = 3,5$  мм.

7. Відношення відстані між трубами до їхньої довжини  $\frac{a}{l_B} = 1$ .

8. Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): довжина  $L_{cm}$  – згідно з розрахунками, м; ширина стрічки  $b_c = 0,06$  м.

9. Глибина закладання вертикальних заземлювачів  $h_e = 0,8$  м; горизонтальних  $h_r = 0,8$  м.

10. Розташування заземлювачів – в один ряд.

11. Грунт – суглинок; склад – однорідний; вологість – нормальна; агресивність – нормальна.

12. Кліматична зона – II.

Визначаємо  $R_D$  – допустиме (нормативне) значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої. Найбільші допустимі значення опорів заземлювальних пристроїв в електроустановках –  $R_D \leq 4$  Ом.

Визначаємо  $\rho_{табл}$  – значення питомого опору ґрунту, що рекомендується для розрахунку. Значення питомих електричних опорів різних ґрунтів та води приймаємо  $\rho_{табл} = 300$  Ом·м.

Визначаємо  $K_{CB}$  – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів для даної кліматичної зони II. Коефіцієнти сезонності  $K_{CB}$  та  $K_{CG}$  для однорідної землі при вимірюванні її опору приймаємо  $K_{CB} = 1,5$ .

Визначаємо значення  $K_{CG}$  – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною. Коефіцієнти сезонності  $K_{CB}$  та  $K_{CG}$  для однорідної землі при вимірюванні її опору приймаємо  $K_{CG} = 3,5$ .

Визначаємо  $\rho_{розр.в.}$  – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.в} = \rho_{табл} \cdot K_{CB} , \quad (4.8)$$

$$\rho_{розр.в} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Визначаємо  $t$  – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача.

$$t = h_в + \frac{l_в}{2}, \quad (4.9)$$

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м}$$

Визначаємо  $R_B$  – опір, Ом, розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{розр.в}}{L_B} \left( \lg \frac{2L_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + L_B}{4t - L_B} \right), \quad (4.10)$$

$$R_B = 0,366 \frac{150}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,06} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 12,5 \text{ Ом}$$

Визначаємо  $\eta_{т.в.}$  – теоретична кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання,  $\eta_{в.в}$  тобто  $\eta_{в.в} = 1$ .

$$n_{т.в.} = \frac{R_B}{R_{д} \cdot \eta_{в.в.}}, \quad (4.11)$$

$$n_{т.в.} = \frac{12,5}{4 \cdot 1} \approx 3 \text{ шт.}$$

Визначаємо  $R_{сп.}$  – розрахунковий опір розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при  $n_{н.в} = 33$  без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{ep} = \frac{R_B}{n_{H.B.} \cdot \eta_{B.B.}}, \quad (4.12)$$

$$R_{ep.} = \frac{12,5}{3 \cdot 0,12} = 9,9 \text{ Ом}$$

Визначаємо  $L_{cm}$  – довжину з'єднувальної стрічки – горизонтального заземлювача:

$$L_{cm} = 1,05 \cdot L_B \cdot n_{H.B.} - 1, \quad (4.13)$$

$$L_{cm.} = 1,05 \cdot 3 \cdot 3 - 1 = 6,3 \text{ м}$$

Визначаємо  $R_{z.z.c}$  – опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_{cm} = \frac{0,366 \cdot \rho_{poz}}{L_{cm}} \cdot \lg 2L_{cm} \frac{2h'}{b}, \quad (4.14)$$

$$R_{cm} = \frac{0,366 \cdot 150}{6,3} \cdot \lg 2 \cdot 6,3 \frac{2 \cdot 0,8}{0,06} = 21,9 \text{ Ом}$$

Визначаємо результуючий опір заземлювача:

$$R_3 = \frac{R_{ep} \cdot R_{cm.}}{R_{ep.} + R_{cm.}} \cdot \eta_l, \quad (4.15)$$

$$R_3 = \frac{9,9 \cdot 21,9}{9,9 + 21,9} \cdot 0,3 = 2,03 \text{ Ом}$$

$$R_3 < R_o$$

$$R_o = 4 \text{ Ом}$$

$$2,03 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Умови виконуються.

Схема системи заземлення приведена на рисунках 4.1 та 4.2.

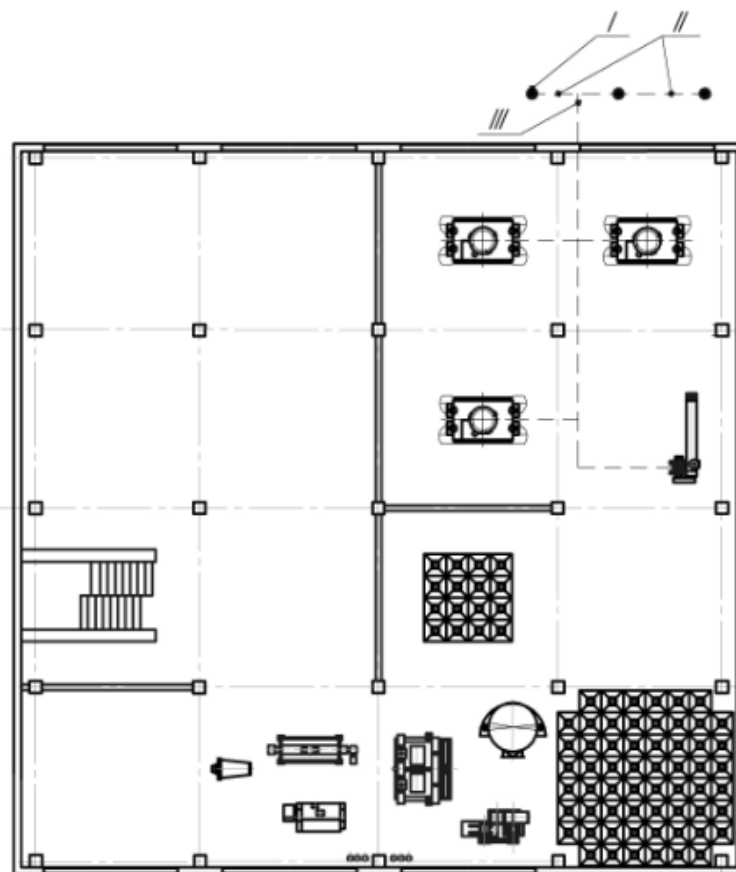


Рисунок 4.1 – Схема системи заземлення технологічного обладнання цеху з виробництва м'ясних напівфабрикатів

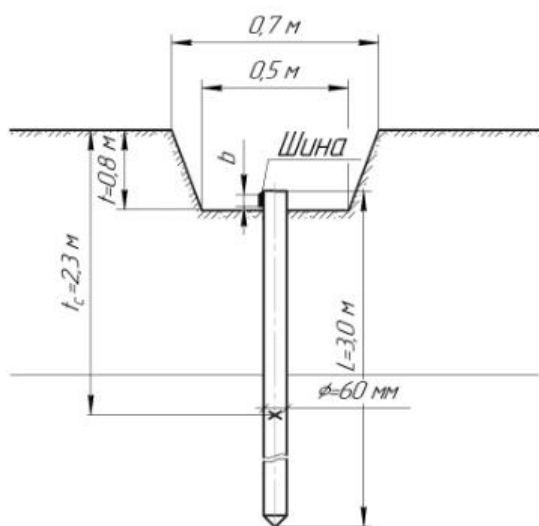


Рисунок 4.2 – Схема установки стержня заземлення

#### 4.4 Вимоги безпеки праці для оператора подрібнювача м'яса при виготовленні рублених м'ясних консервів

##### Загальні вимоги безпеки

1. До роботи оператором цеху з виробництва рублених м'ясних консервів допускаються особи не молодше 18 років, що не мають медичних протипоказань, пройшли вступний і первинний на робочому місці інструктаж по охороні праці і мають першу кваліфікаційну групу по електробезпеці [74].

2. Після відпрацювання 2 – 3 днів під наглядом механіка, завідуючий відділенням оформляє допуск до самостійної роботи.

3. Працюючі повинні виконувати правила внутрішнього розпорядку, не допускати присутності в робочій зоні сторонніх осіб особливо дітей, розпивання спиртних напоїв, куріння, роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

4. Працюючий повинен виконувати тільки ту роботу по якій пройшов інструктаж і на виконання якої отримав завдання, не перепоручати свою роботу іншим.

5. Працюючі можуть потрапити під дію небезпечних і шкідливих виробничих факторів, по відношенню до яких повинні проявляти обережність: рухомі машини і механізми, рухомі частини обладнання, термічні фактори (пар, гаряча вода), підвищений рівень шуму, протяги недостатня освітленість робочої зони, слизька підлога, небезпека ураження електричним струмом, хімічна небезпека.

6. Спецодяг, взуття та інші засоби індивідуального захисту, повинні зберігатися в спеціально відведених місцях з дотриманням правил зберігання застосовуватися справними і за призначенням.

7. В хімічних лабораторіях при приготуванні миючих розчинів, і при роботі з концентрованими кислотами і лугами необхідно користуватися фартухами і гумовими чоботами.



8. Приготування дезинфікуючих розчинів, прибирання розлитих кислот і лугів необхідно виконувати в фільтруючому протигазі з коробкою марки «В».

9. В процесі роботи суворо дотримуватись електропожежобезпеки, не завалювати проходи, виходи, підходи до електровимикачів сировиною, тарою, відходами, матеріалами і продуктами.

10. Утримувати робоче місце в чистоті. Слизькі місця на підлозі обробити спеціальним розчином.

11. Миючі і дезинфікуючі засоби зберігати в окремому приміщенні в маркірованій тарі з етикеткою.

12. Працюючі повинні знати і вміти застосовувати способи ліквідації небезпеки і надання долікарської допомога потерпілому.

13. При виявленні відхилень від норми безпеки, при аваріях і травмуванні повідомляти керівника робіт.

14. За порушення даної інструкції винні несуть відповідальність згідно законодавства.

#### Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Одягти спецодяг, оглянути робоче місце. Перевірити наявність і справність захисних огорожень, кожухів, захисного заземлення. Упевнитись в надійності кріплення шлангів, заземлень, занулень.

2. Перевірити наявність і комплектність медаптечки.

3. При огляді подрібнювача впевнитись, що на ньому немає сторонніх предметів. На короткий час включити подрібнювач вхолосту і впевнитись в його справності.

4. В пластинчатих охолоджувачах перевіряється стан гумових ущільнюючих прокладок. Перед пуском установки через всю систему пропустити воду і впевнитись в її герметичності.

5. В електроводонагрівачах перевірити: наявність і справність захисного заземлення, наявність ізолюючої підставки біля розбірного крана.

Не можна на корпус водонагрівача класти сторонні предмети (сушити халати і т.д.).

Не допускається включати в електромережу електронагрівач з пошкодженою ізоляцією. Біля водонагрівача повинна бути табличка з надписом про необхідність перед забором підключити електронагрівач від електромережі.

#### Вимоги безпеки під час роботи

1. Не допускається: сідати, ставати, класти одяг і інші предмети на кожухи і інші огороження небезпечних вузлів машин і обладнання, заходити за огороження електроустановок, торкатися до оголених проводів і струмопроводних частин електрифікованих машин; знімати попереджувальні плакати і огороження, захисні кришки з електроапаратури, залишати включену машину без нагляду. Не заставляти доступ до електрообладнання.

2. Агресивні рідини в скляному посуді переміщують в міцних корзинах з двома ручками. Між посудинами і корзиною повинна бути прокладка з стружки.

3. Відкривати кришку змішувача можна тільки після того, як відключився електродвигун, на пульті керування погасла сигнальна лампа і змішувач зупинилась.

4. При митті і пропарюванні апаратури забороняється користуватися рваними шлангами, пускати пар і гарячу воду в шланг, скручений в бухту.

5. Миття резервуарів повинні проводити два чоловіки, один спускається в цистерну, другий повинен бути зовні і в разі потреби надати допомогу.

Перед виконанням цих робіт, щоб не сталася подача в цистерну пару, миючих розчинів, води іншими особами, необхідно перекрити крани і вентиля трубопроводів, виключити насоси і вивісити таблички «Не включати! Працюють люди!»

6. Випускати масло, відкривати циліндри, демонтувати апарати і виконувати інші небезпечні роботи необхідно тільки в протигазі з коробкою «КД» і гумових рукавицях.

8. Електронагрівачі повинні підключатись до водопроводу холодної і гарячої води діелектричним шлангом довжиною не менше 2 м. Категорично забороняється ставити запірні вентиля на виході гарячої води.

#### Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. При виявленні несправності обладнання, пристроїв, а також при порушенні норм безпеки, пожежі, аварії припинити роботу і негайно повідомити керівника робіт.

2. Пролиті на підлогу розчини кислот і лугів необхідно нейтралізувати: кислоти – содою, луги – розбавленою кислотою, після чого ретельно промити водою.

3. При виявленні електричної напруги на неструмоведучих частинах обладнання необхідно його негайно відключити від електромережі, повідомити керівника робіт і викликати електрика.

4. При виникненні пожежі негайно повідомити начальника ПСО чи пожежну частину і керівника робіт, подати сигнал пожежної тривоги і приступити до гасіння пожежі. Електрообладнання необхідно відключити. Гасити електрообладнання необхідно сухим піском або порошковим вогнегасником.

5. При нещасному випадку необхідно надати першу допомогу потерпілому, повідомити керівника робіт, при необхідності потерпілого відправити в лікарню. Місце нещасного випадку слід залишити в незмінному стані до повного розслідування нещасного випадку, якщо це не загрожує небезпекою іншим працюючим.

#### Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. По закінченню роботи зупинити обладнання, звільнити від залишків продукту, промити, продезинфікувати і підготувати до роботи.

2. Оглянути все обладнання, при виявленні несправностей доповісти керівникові робіт.

#### 4.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях

У разі виникнення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном аварійно-рятувальну службу (тел. 101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;
- вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового об'єкту;
- у разі необхідності викликати інші аварійні служби (медичну, газорятувальну тощо).

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана аварійно-рятувальна служба (продублювати повідомлення), довести подію до відома керівника установи;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- вивести за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити роботи на об'єкті (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;
- здійснити у разі необхідності відключення електроенергії, агрегатів, апаратів, водяних комунікацій (за винятком систем протипожежного захисту);
- організувати зустріч підрозділів аварійно-рятувальної служби, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху до осередку пожежі та до водних джерел;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.

## Висновки до розділу

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху з виробництва м'ясних консервів. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва.

Виконано розрахунок системи заземлення технологічного обладнання цеху, згідно з розрахунками довжина з'єднувальної смуги рівна 6,3 м, кількість стержнів заземлення 3 шт., довжиною 3,0 м і діаметром 60 мм. Запропоновано ряд заходів, виконання яких дасть змогу покращити стан охорони праці на підприємстві.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Організація проведення дослідження

Продукти харчування – найважливіше джерело життєвої енергії людини, основа становлення і підтримки його фізичного стану, один з найважливіших факторів його інтелектуальної діяльності.

Енергозберігаючі виробництва харчової продукції можуть розвиватися на підставі удосконалення традиційних способів та раціональної зміни виробничих процесів при використанні останніх досягнень науки і техніки [3].

Достатньою енергомісткістю в харчових виробництвах відрізняються процеси теплової обробки харчових продуктів. Тому перед наукою про теплообмін практика висуває різноманітні завдання, які потребують творчого використання основних законів і методів теплопередачі.

Тому метою експериментальних досліджень є підвищення ефективності теплових процесів, яке можливе шляхом конструктивного удосконалення обладнання, впровадження енергозберігаючих режимів його роботи тощо.

Відповідно метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту з підвищення ефективності теплових процесів обробки харчових продуктів.

Організація досліджень включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку і тривалості, побудову сітьового графіка, визначення критичного шляху, розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з обґрунтування процесу теплової обробки харчових продуктів ІЧ-променями наведений у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1-2	Вибір та обґрунтування напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	12
3-4	Розробка алгоритму науково-дослідних робіт	3
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	6
5-6	Моделювання рецептури	2
6-7	Вибір дози компонентів рецептури	6
7-8	Визначення основних технологічних параметрів процесу	4
7-9	Дослідження якісних характеристик отриманого продукту	3
7-10	Оцінка складу та властивостей отриманого продукту	4
8-11	Обробка даних експериментальних дослідження	3
9-11		1
10-11		2
11-12	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	10

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьовий графік – графічна модель, що відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 5.1).

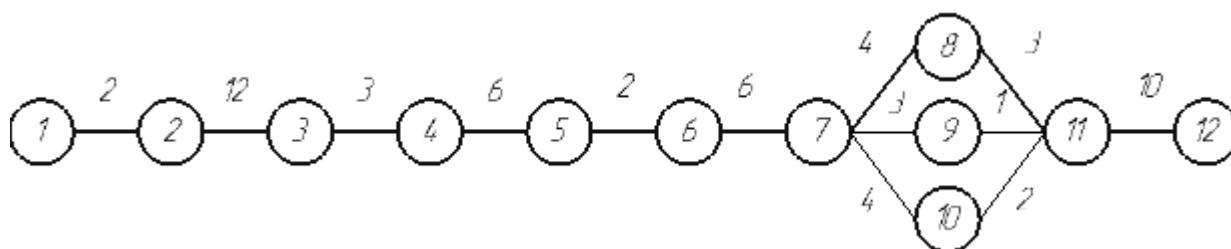


Рисунок 5.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12}^1 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 4 + 3 + 10 = 48;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12}^2 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 3 + 1 + 10 = 45;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12}^3 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 4 + 2 + 10 = 47.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є перший шлях з тривалістю в 48 днів.

Наступний етап – розрахунок параметрів часу:

- пізній термін здійснення події  $T_i^n$  – різниця між критичним шляхом та максимальним шляхом від даної події до кінцевої;
- ранній термін здійснення події  $T_i^p$  – найбільший шлях від початкової до  $i$ -тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху  $L_{KP} = 48$  днів.

Резерв шляху розраховують за формулою:

$$R_1 = T_1^n - T_1^p, \quad (5.1)$$

де  $R_1$  – резерв шляху, днів;

$T_1^n$  – пізній термін здійснення події, днів;

$T_1^p$  – ранній термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлені у табл. 5.2.

Повний резерв часу роботи – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховують за формулою:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (5.2)$$

де  $R_{ij}^n$  – повний резерв часу роботи, днів;

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



Таблиця 5.2 – Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шляху

Номер події	Ранній термін здійснення події $T_1^p$ , дні	Пізній термін здійснення події $T_1^n$ , дні	Резерв шляху $R_1$ , дні
1	0	0	0
2	2	2	0
3	14	14	0
4	17	17	0
5	23	23	0
6	25	25	0
7	31	31	0
8	35	35	0
9	34	37	3
10	35	36	1
11	38	38	0
12	48	48	0

Вільний резерв часу – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Показник визначають по формулі:

$$R_{ij}^g = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (5.3)$$

де  $R_{ij}^g$  – вільний резерв часу роботи, днів;

$T_1^n$  – пізній термін здійснення події, днів;

$T_1^p$  – ранній термін здійснення події, днів.

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт розраховують за формулою:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{maxij} - t_{ij}}{L_{kp} - t_{ij}}, \quad (5.4)$$

де  $L_{maxij}$  – довжина максимального шляху, що проходить через роботу;

$L_{кр}$  – довжина критичного шляху ( $L_{кр} = 48$  днів).

Результати розрахунків наведені у табл. 5.3.

Отже, використання мережевого планування допомагає правильно організувати дослідження, змодельовати, проаналізувати, а також, при необхідності, перебудувати його план з метою економії часу і коштів. При складанні сіткового графіка потрібно прагнути до рівнобіжного виконання окремих робіт, що дозволяє скоротити загальний термін проведення експерименту.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку вільного і повного резервів часу

Шифр робіт $i-j$	Вільний резерв часу $R_{ij}^e$ , дні	Повний резерв часу $R_{ij}^n$ , дні	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,06
3-4	0	0	0,31
4-5	0	0	0,40
5-6	0	0	0,50
6-7	0	0	0,60
7-8	0	0	0,70
7-9	0	3	0,69
7-10	0	1	0,70
8-11	0	0	0,78
9-11	0	0	0,72
10-11	0	0	0,76
11-12	0	0	1,00

Проаналізувавши отримані розрахункові дані, можна зробити висновок, що на виконання повного комплексу робіт, передбаченого ходом дослідження, потрібно витратити 48 днів. Виконання робіт, які лежать на критичному шляху, необхідно закінчувати точно в термін, адже вони не мають резерву часу, а коефіцієнт їх напруженості дорівнює найбільшому значенню.

Однак дані табл. 5.3 свідчать про те, що календарні терміни окремих видів робіт можна зміщувати в часі в разі виникнення необхідності.

## 5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, визначаються за допомогою кошторису витрат. До них належать: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.5)$$

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

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

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
М'ясо, яловичина, кг	5	100	500,00
Наповнювач, кг	1,5	30	45,00
Всього			545,00

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Дипломний керівник	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % єдиного податку. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.6)$$

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

$T$  – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на роботу установки ІЧ-опромінення:

$$E_1 = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 2 \cdot 1,68 = 7,56 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу комп'ютера:

$$E_2 = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 248 \cdot 1,68 = 262,48 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 = 7,56 + 262,48 = 270,04 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (5.7)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Установка ІЧ-опромінення	2480,30	10	0,25	0,17
Персональний комп'ютер	10200,00	24	31	207,91
Всього				208,08

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом. До них відносять: витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Накладні витрати, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{741,00 \cdot 80}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	545,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	270,04
Амортизація	208,08
Накладні витрати	592,80
Всього	2519,94

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

### 5.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.8)$$

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2519,94 + \frac{30 \cdot 2519,94}{100} = 3275,92 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 3275,92 грн.

## Висновки до розділу

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 48 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3275,92 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено напрямки інтенсифікації нагрівання харчових продуктів ІЧ-випромінюванням, а саме встановлено, що інтенсифікації процесу можна досягти шляхом поліпшення показників зовнішнього та внутрішнього теплообміну за зміни складу робочого середовища та оптичних й теплофізичних властивостей багатокomпонентних кулінарних виробів.

2. Досліджено оптичні та теплофізичні властивості котлетних фаршів та паніровок, склад компонентів яких має сприяти інтенсифікації теплової обробки виробів, та встановлено залежність швидкості їх нагріву від ступеня масивності, за якою визначено межу переважного впливу зовнішнього енергопідведення.

3. Розроблено спосіб виробництва м'ясних січених виробів, який передбачає додавання до складу рецептури компонентів з більш високою оптичною пропускнуною спроможністю, що дає можливість інтенсифікувати теплову обробку ІЧ-випромінюванням на  $20,3 \pm 0,6$  % та знизити втрати маси готовими виробами на  $4,0 \pm 0,1$  %.

Встановлено вплив окремих компонентів на тривалість теплової обробки ІЧ-випромінюванням. Теплова обробка виробів запропонованого складу скорочується на  $20,3 \pm 0,6$  %, що забезпечує також зниження втрат маси на  $4,0 \pm 0,1$  %.

Вивчено вплив ступеню масивності на швидкість нагріву м'ясних січених виробів, в результаті чого було відмічено, що за двобічного підведення ІЧ-енергії вироби товщиною до 25 мм можуть бути віднесені до оптично тонких тіл, для яких визначальним є зовнішнє енергопідведення.

Досліджено структурно-механічні властивості котлетних фаршів, за результатами яких виходить, що розроблений фарш за структурно-механічними властивостями наближається до традиційних, а деяке зниження значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно відбивається на його пластичності, що полегшує процес формування виробів.

Запропонована технологія дає можливість отримати м'ясні січені вироби,



що відрізняються зниженням матеріальних та енергетичних витрат під час теплової обробки завдяки вдалого підбору компонентів рецептури з урахуванням їхніх оптичних та теплофізичних властивостей, досягаючи при цьому санітарної безпеки та більш високої якості

4. Досліджено стан охорони праці в ТОВ «Горизонт» та виконано розрахунок системи заземлення технологічного обладнання цеху, згідно з розрахунками довжина з'єднувальної смуги рівна 6,3 м, кількість стержнів заземлення 3 шт., довжиною 3,0 м і діаметром 60 мм. Запропоновано ряд заходів, виконання яких дасть змогу покращити стан охорони праці на підприємстві.

5. Встановлено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3275,92 грн.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Матасар І.Т. Харчування як один з найважливіших чинників, що впливає на стан здоров'я населення України у сучасних екологічних умовах // Проблемы питания и здоровья. – 2007. – №1. – С.22 – 29.
2. Абрамова Ж.И., Березовикова И.П. Технология кулинарной продукции с использованием МКЦ. // Тезисы докладов «Пищевые волокна в рациональном питании человека» 2009. С.176 – 178
3. Авдеева Г.В. Новые виды мясных и рыбных продуктов // Известия вузов. Пищевая технология. 2002, № 1. С. 31 – 33.
4. Азин Д.Л., Чугунова О.В., Николаева М.А. Влияние растительных порошков на качество мясных котлет. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009, № 12. С. 50
5. Андреев В.В., Барская И.М., Николаева Д.А. Внедрять безотходную технологию переработки яблок. // Консервная и овощесушильная промышленность. 2002, № 4. С. 6 – 8.
6. Антипова Л.В., Данылиев М.М., Шамханов Ч.Ю. Влияние кукурузной муки на функционально-технологические свойства модельных фаршей низкосортного мясного сырья. – Хранение и переработка сельхозсырья. 2013, №8. С. 175 – 177.
7. Антипова Л.Г., Архипенко А.А., Магомедов, Григорьева Е.В. Использование овощных порошков при производстве мясных продуктов // Мясная индустрия. 2009, № 6.С. 26 – 28.
8. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса мясных продуктов. М. Колос, 2004. – 571с.
9. Бобренева ИВ. К вопросу о создании лечебно-профилактических продуктов питания. – Мясная индустрия. 2013, №1.с.16 – 19.
10. Бобренева И.В. К вопросу о функциональных продуктах питания. // Мясная индустрия. 2012. № 11.
11. Большаков О.В., Татулов Ю.В., Гараев Я.Г. Европейская

экономическая комиссия ООН по разработке стандартов на мясо. // Мясная индустрия. 2008, № 5.

12. Боровикова Л.А., Герасимова В. А., Евдокимов А.М. Товароведение продовольственных товаров. – М.: Экономика, 2018. 352 с.

13. Ванштейн С.Г., Масик А.М. Пищевые волокна и сахарный диабет. Казанский медицинский журнал. 1983, № 6. С. 138 – 141.

14. Винникова Л.Г. Физико-химические аспекты взаимодействия белков с нерастворимыми полисахаридами. – Хранение и переработка сельхозсырья. 2007, № 12. С. 13.

15. Винникова Л.Г., Дудкин М.С., Патюков С.Д., Черно Н.К. Влияние концентратов пищевых волокон отрубей на технологические свойства мясных систем. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1990, № 2 – 3. С. 52 – 54.

16. Воскобойников В.А., Типисева И.А. О классификации пищевых волокон. // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2004, № 1.С. 18 – 20.

17. Выродов И.П. Физико-химическая природа процессов набухания зерна. // Известия вузов. Пищевая технология. 2001, № 1.С 9 – 11.

18. Голубев В.Н., Могильный М.П., Шленская Т.В. Справочник работника общественного питания. М.: ДеЛи принт, 2002.

19. Григоренко А.Г., Киселев М.И. Инженерная геодезия. М.: Высшая школа. 2003.255с.

20. Дарманьян П.М., Сорочан Д.В., Дарманьян Е.Б. Использование гемицеллюлоз непищевого растительного сырья для улучшения качества хлеба // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006, № С.42 – 44.

21. Дмитриченко М.И., Пилипенко Т.В. Товароведение и экспертиза пищевых жиров, молока и молочных продуктов. СПб.: Питер, 352с.

22. Донская Г.А., Ишмаметьева М.В. Пищевые волокна – стимуляторы роста полезной микрофлоры организма человека. // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2004, №1.С. 21.

23. Доронин А.Ф., Шендеров Б.А. Функциональное питание, – М.: Грантъ, 2002, – 296с.

24. Дуденко Н.В. Опыт использования отрубей в приготовлении продукции общественного питания. // Тезисы докладов «Пищевые волокна в рациональном питании человека». М.: 2009. С.173 – 174.

25. Дудкин М.С., Черно Н.К., Казанская И.С. Пищевые волокна. Киев: Урожай, 2018. 152с.

26. Дудкин М.С., Сорочан Д.В., Козлов Г.Ф. Строение водорастворимого арабиноксилана эндосперма пшеницы // Химия природных соединений. – 1976, № 1. с.13 – 15.

27. Дудкин М.С., Капрельянц Л.В., Старичков В.Е. Характеристика целлюлозы листьев сахарной свеклы // Физиология и биохимия культурных растений. 2004. – Т.6, № 5. С.480 – 483.

28. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна. М.: Агропромиздат, 1995. 333 с.

29. Ильичев Т.Н., Шишковская И.Л. Влияние гидротермической обработки на атакуемость крахмала овсяной крупы амилолитическими ферментами // Известия вузов. Пищевая технология. 2003, № 2 – 3. С 51 – 52.

30. Ильина О.А. Научно-практические основы применения пищевых волокон в хлебопекарном и кондитерском производствах. Диссертация д.т.н., МГТА, 2002.379 с.

31. Ильин Л.А., Лихтарев И.А., Розумовский Н.О. Эффективность некоторых сорбентов в уменьшении резорбции радиоактивного стронция у человека. // Мед. Радиология, 2006, том 21, № 2, стр. 42 – 49.

32. Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Шубина О.Г., Духу Т.А., Левачева М.А. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон. // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2004, №1.С. 14 – 17.

33. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П., Коньков П.М. Значение пшеничных отрубей в питании и производстве пищевых продуктов. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009, №4. С. 43 – 47.

34. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П., Коньков П.М. Значение пшеничных отрубей в питании и производстве пищевых продуктов. // Хранение и

переработка сельхозсырья. 1999, № 5. С.37 – 39.

35. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Колос, 1980. 319 с.

36. Казаков Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства М.: Колос, 1983. 352 с.

37. Ковалев Ю.И., Текеев А.А., Токаев Э.С., Рогов И.А. Использование пищевых волокон в технологии мясных продуктов. // Тезисы докладов «Пищевые волокна в рациональном питании человека». М.: 1989. С. 24 – 28.

38. Коновалов К. А. Разработка технологии производства диетических мясных продуктов лечебно-профилактического назначения с использованием пищевых волокон. // Сфера. 2004, №19. С.80 – 81.

39. Колпакова В.В., Нечаев А.П., Смирнова А.В. Белок из пшеничных отрубей. II. Химический состав сырья и выход белка. – Хранение и переработка сельхозсырья. 1994, №7. С. 26 – 31.

40. Колпакова В.В. Научные основы технологии получения и применения белковых продуктов из пшеничных отрубей. Автореферат докторской диссертации. М., МГУПП. 1997. №4, 59 с.

41. Корнараки В.В., Дудкин М.С., Винникова Л.Г. Использование пищевых волокон в мясных продуктах. // Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Пищевые волокна в рациональном питании человека». М., 1987. С. 122.

42. Кочеткова А.А., Сарафанова Л.А. Пищевые гидроколлоиды в теории и практике. // Сборник докладов V Международного Форума «Пищевые ингредиенты XXI века» М. 2004.

43. Кочеткова А.А., Колеснов А.Ю., Тужилкин В.И., Нестерова И.Н. Современная теория позитивного питания и функциональные продукты. - Пищевая промышленность. 1999, №4. с.7 – 10.

44. Краснов А.Е., Красуля О.Н., Большаков О.В., Шленская Т.В. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности. М.: ВНИИМП, 2001. 496с.

45. Криштафович В.И., Жебелева И.А., Дуборасова Т.Ю., Толстобоков О.Н. // Мясная индустрия. 2002, № 3. С 23 – 24.

46. Крылова В.Б., Гребенщикова Т.Ю., Логинова Е.В. Модельные фаршевые композиции с экструдатом из чечевицы // Мясная индустрия. 2001, № 11. С. 25 – 26.

47. Лисицын А.Б., Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах. М. ВНИИМП, 2002. 402 с.

48. Лузан В.С. Влияние морской капусты на функционально-технологические свойства мясного фарша. // Мясная индустрия. 1999, №7. С. 18 – 19.

49. Малкина Е.Л., Павловская О.Е. Экструзионная обработка – один из путей повышения микробиологической безопасности сырья. // Хранение и переработка сельхозсырья. 1997, №11. С. 27 – 28.

50. Малкин П.М., Долматова М.Ю., Дубровина З.В. Альгинат кальция как защитное средство при хроническом поступлении с рационом радиоизотопов стронция. // Радиобиология. 1971, том 10, № 4, стр. 566 – 569.

51. Масанский С.Л. Влияние pH мяса на качество мясных рубленых изделий. - Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2001, № 5 – 6. С. 24 – 25.

52. Масанский С.Л. Влияние pH мяса на качество мясных рубленых изделий. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2002, № 5 – 6. С. 16 – 17.

53. Поздняковский В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность. Новосибирск: Сиб. унив. из-во, 2005. 526с.

54. Ратушный А.С., Хлебников В.И., Баранов Б.А. и др. Технология продукции общественного питания. Том 1. М.: Мир, 2004.

55. Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И., Жеребцов Н.А. Химия пищи. Книга 1: Белки: структура, функции, роль в питании. М.: Колос, 2000. 384 с.

56. Рогов И.А., Токаев Э.С., Ковалев Ю.И. Новые тенденции развития технологии производства мясных продуктов с точки зрения адекватного

питания. // Мясная индустрия СССР. 1987, №3. С. 18 – 21.

57. Ратушный А.С., Хлебников В.И., Баранов Б.А. и др. Технология продукции общественного питания. Том 2. М.: Мир, 2004.

58. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. Под редакцией И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. М. Брандес. Медицина, 1998. Стр. 84 – 93.

59. Пб.Салаватулина Р.М., Агеев С.А., Любченко В.И. Новый метод определения основных функциональных свойств фарша. // Мясная индустрия. 1983, №9. С 23 – 24.

60. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М. Хлебпродинформ. 1996.

61. Силич А.А., Евстрафьев Н.Д. Производство натуральных паст из фруктов и овощей // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1984, №11. С. 10 – 11.

62. И9.Соляков А.А. Влияние тепловой кулинарной обработки на содержание аминов. Диссертация к.т.н. МИНХ, 1998.

63. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. М.: Высшая школа. – 1991. С. 39.

64. Ш.Сунчалеев О.А., Журавская Н.К. Влияние соевой муки на качество рубленых полуфабрикатов. // Мясная индустрия. 2001, №3. С. 14 – 16.

65. Сунчалеев О.А. Применение соевых муки и текстурата в технологии мясных быстрозамороженных рубленых полуфабрикатов. Автореферат на соискание к.т.н., МИПБ, 2001.

66. Тикке С.А. Применение пищевых отрубей для обогащения продуктов питания. // Труды Таллиннского политехнического института. 1982, № 507. С. 97 – 105.

67. Титов Е.И., Митасева Л.Ф., Чермасова Л.Г., Маслюк С.А. Полифункциональные растительные добавки для мясопродуктов специального назначения. - Хранение и переработка сельхозсырья. 1997, №11. С. 36.

68. Толстогузов В.Б. Искусственные продукты питания. – М.: Наука, 1978.

231 с.

69. Топольник В.Г., Ратушный А.С. Количественная оценка качества мясного сырья для производства кулинарной продукции. // Мясная индустрия. 2000, №1. С. 39 – 41.

70. Трисвятский Л.А., Кочетков Л.И. Качество зерна и продуктов его переработки. // Хлебопродукты. 1998, №5. С. 3.

71. Черно Н.К., Озолина С.А., Кундиловская Т.А. Влияние пищевых волокон на изменения азотистых веществ зернового сырья при экструдировании. // Хранение и переработка сельхозсырья. 1997, №10. С.41 – 42.

72. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять (34095).

73. ДНАОП 0.00-4.03-01. Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництв (43338).

74. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (1641).

75. ДНАОП 0.00-4.15-98 Положення про розробку інструкцій з охорони праці.



Додатки

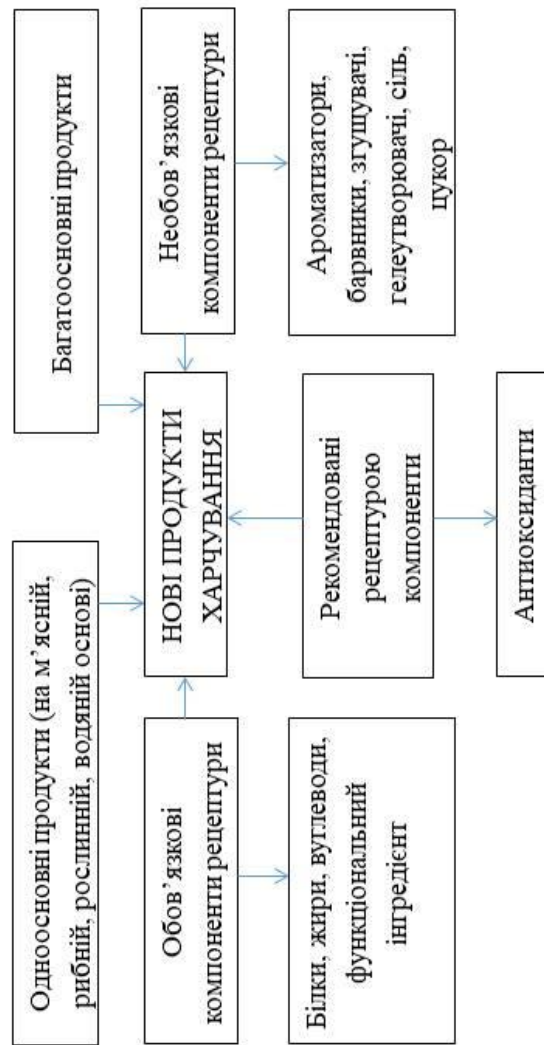
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Обґрунтування процесу теплової обробки  
харчових продуктів інфрачервоним  
випромінюванням**

Виконавець: ст. гр. МГХТ-1-19 Філіпчук Віталій Петрович  
Керівник: доцент Куянов Юрій Юрійович.

Дніпро – 2020

## СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ



Загальний підхід до розробки рецептур нових продуктів харчування

## МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є обґрунтування напрямку інтенсифікації теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та визначення показників якості готових продуктів.

- Виходячи з мети роботи було сформульовано та вирішено такі задачі досліджень:
- визначити напрямки інтенсифікації нагрівання харчових продуктів ІЧ-випромінюванням;
  - дослідити оптичні, теплофізичні та структурно-механічні властивості виробів з котлетного фаршу; розробити пристрій для вимірювання теплопровідності харчових продуктів;
  - розробити спосіб приготування м'ясних січених виробів для жаріння ІЧ-випромінюванням та встановити показники їх якості;
  - дослідити стан охорони праці в ТОВ «Горизонт»;
  - виконати розрахунки кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єктом дослідження є процес теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням та технологічний процес виробництва м'ясних січених виробів.

Предметом дослідження є м'ясні вироби, жарені ІЧ-випромінюванням.

## ДОСЛІДНЕ УСТАТКУВАННЯ

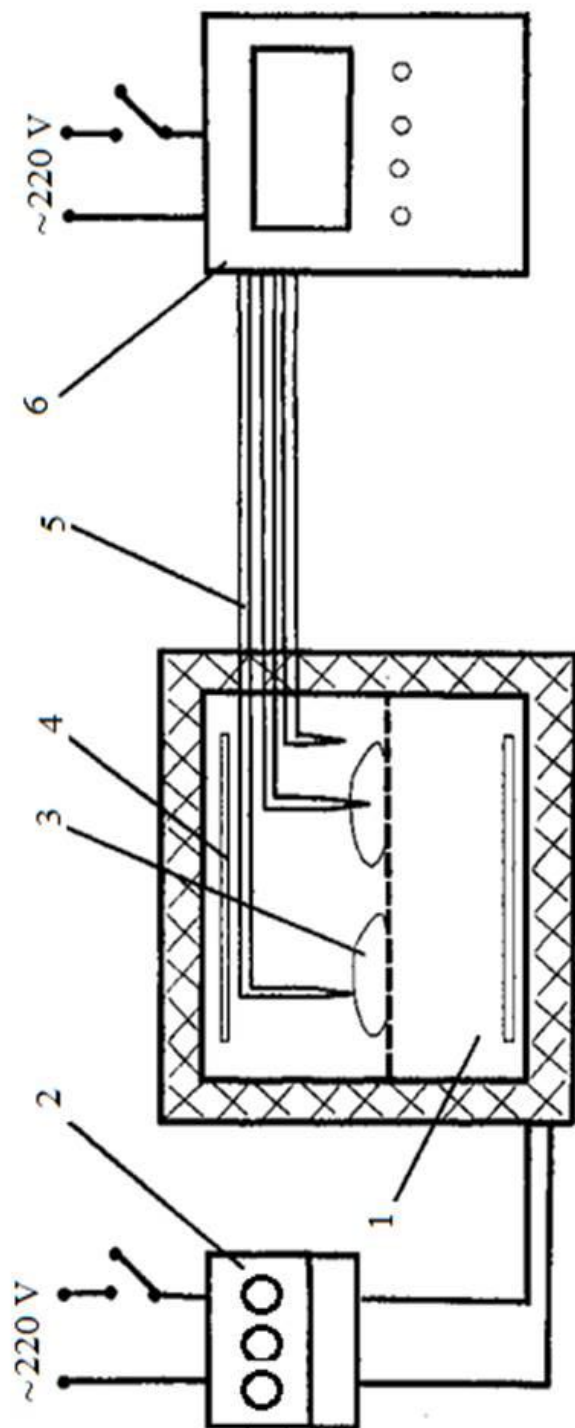


Схема експериментальної установки для теплової обробки харчових продуктів

1 – робоча камера ІЧ-апарату; 2 – вимірювальний комплект К-50А; 3 – харчові продукти; 4 – ІЧ-нагрівачі; 5 – виводи термомпар; 6 – комплект обладнання для фіксації отриманих даних.

## ДОСЛІДНЕ УСТАТКУВАННЯ



Загальний вигляд експериментальної установки для теплової обробки харчових продуктів

## ДОСЛІДНЕ УСТАТКУВАННЯ

6



Загальний вигляд актинометра AS803



Загальний вигляд ротатійного  
віскозиметру Exret



Загальний вигляд установки Instron 1140

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Коефіцієнт теплопровідності сировини для коглетних фаршів

Вид сировини	Коефіцієнт теплопровідності			
	за літературними даними	прийнятий для розрахунку		
		T = 293 – 298 К	T = 318 – 323 К	T = 358 – 363 К
Яловичина	41,3 – 68,0	47,6	45,0	56,0
Жир-сирець	9,3 – 18,0	17,2	16,3	15,9
Соняшникова олія	15,7 – 17,0	16,5	16,0	15,8
Хліб пшеничний	13,4 – 17,5	14,0	14,0	14,0
Картопля	49,0 – 66,1	49,5	56,0	65,0
Вода	56,1 – 67,9	60,0	65,0	68,0

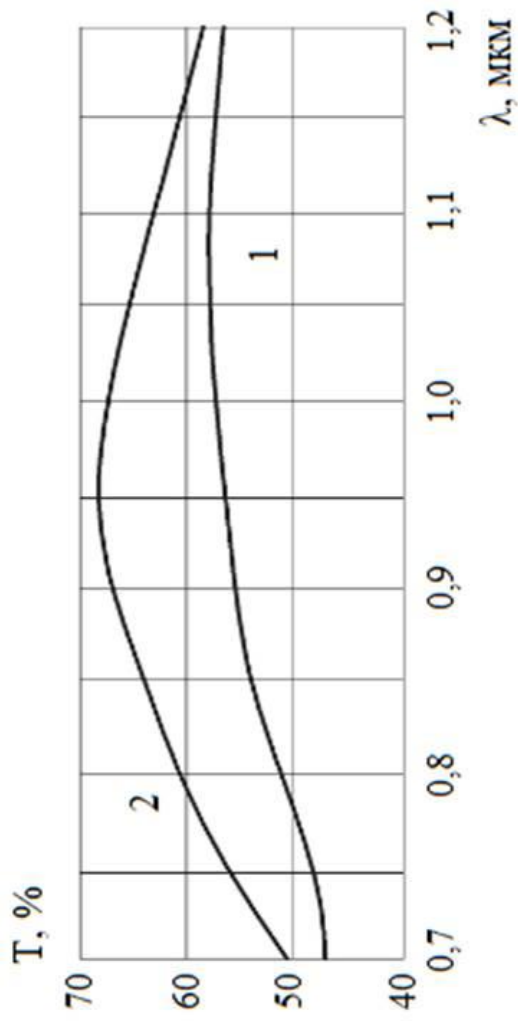


## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Хімічний склад сировини для фаршу м'ясних січених виробів

Показник	Кількість на 100 г фаршу						Разом
	Яловичина	Жир-сирець	Соняшникова олія	Хліб пшеничний	Картопля		
Сировина г	57/57	7/-	-/7,0	16/8	-/18		80/90
Блок, г	12,3/12,3	-	-	1,3/0,7	-/0,4		13,6/13,4
Жир, г	1,4/1,4	5,9/-	-/7,0	0,2/0,1	-/0,06		7,5/8,5
Вуглеводи, г	-	-	-	7,5/3,8	-/3,4		7,5/7,2
Вітаміни, мг:							
β-каротин	-	0,09/-	-/0,03	сл/сл	-/сл		0,09/0,03
Е	-	0,09/-	-/4,69	0,53/0,26	-/0,02		0,62/4,97
С	сл./сл.	-	-	-	-/3,6		сл./3,6
В <sub>6</sub>	0,24/0,24	-	-	0,05/0,02	-/0,05		0,29/0,31
В <sub>12</sub>	1,71/1,71	-	-	-	-		1,71/1,71
ніацін	3,08/3,08	-	-	0,5/0,25	-/0,23		3,58/3,56
рибофлавін	0,11/0,11	-	-	0,02/0,01	-/0,01		0,13/0,13
тіамін	0,06/0,06	-	-	0,04/0,02	-/0,02		0,10/0,10
Мінеральні речовини:							
зола г	0,57/0,57	0,005/-	-	0,26/0,13	-/0,20		0,84/0,90
калій, мг	202,3/202,3	0,42/-	-	33,3/16,6	-/102,2		236,1/321,2
.....	5 0 1 5 0			3 7 1 0	1 0		0 5 1 0 4

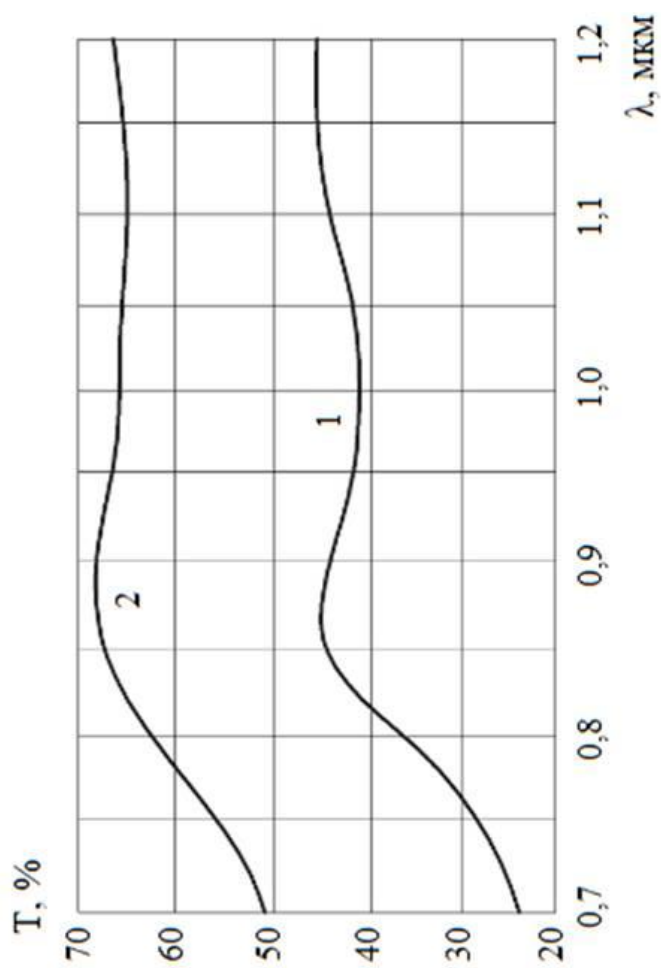
## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА



Пропускна спроможність котлетних фаршів:

1 – контрольний зразок; 2 – дослідний зразок

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА



Пропускна спроможність панірувальних покриттів

1 – контрольний зразок; 2 – дослідний зразок

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

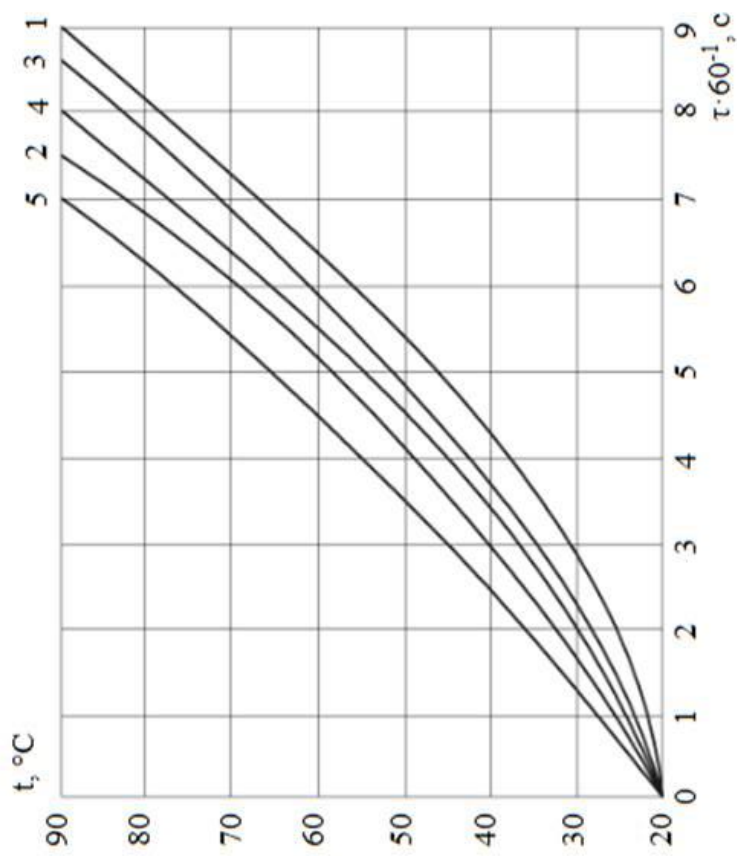
Коефіцієнти теплопровідності коглетних фаршів

Вид зразка	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·К)					
	Т=293 – 298 К (напівфабрикат)		Т=318 – 323 К (напівготовий виріб)		Т=358 – 363 К (готовий виріб)	
	розрахунок	експеримент	розрахунок	експеримент	розрахунок	експеримент
Контрольний	42,5	38,2±2,1	41,9	32,5±2,4	48,8	50,3±3,0
Дослідний № 1	42,4	33,3±2,3	41,9	27,4±1,8	48,8	51,0±4,1
Дослідний № 2	44,2	36,0±3,5	44,4	27,9±0,8	52,6	46,4±3,1
Дослідний № 3	44,1	34,4±2,4	44,4	28,2±0,6	52,6	53,6±4,6

Коефіцієнти теплопровідності паніровок

Вид зразка	Коефіцієнт теплопровідності, X-102, Вт/(м·К)		
	Т=293 – 298 К (напівфабрикат)	Т=318 – 323 К (напівготовий виріб)	Т=388 – 393 К (готовий виріб)
Контрольний	37,9±5,3	32,9±1,6	32,2±3,0
Дослідний	44,2±3,5	37,0±1,4	35,9±2,5

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА



Динаміка температури у центрі зразків

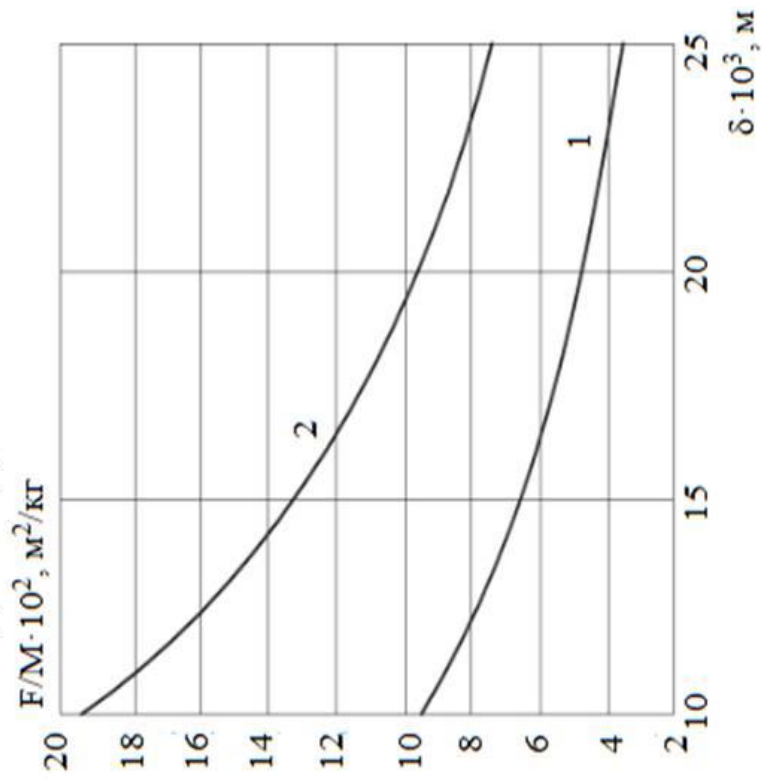
1 – контрольний; 2 – рецептура № 1; 3 – рецептура № 2; 4 – рецептура № 3; 5 – рецептура № 4.

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Втрати маси коплет під час жаріння ГЧ-випромінюванням

Показники	Контрольний зразок		Дослідним зразок (жаріння ГЧ-випромінюванням)
	Жаріння традиційним способом	Жаріння ГЧ-випромінюванням	
Маса виробів до панірування, г	580	580	580
Маса виробів після панірування, г	620	620	610
Маса виробів після обробки парюю, г	-	-	620
Маса виробів після жаріння, г	500±15	520±16	545±17
Маса виробів після остигання, г	490±15	510±16	535±16
Втрати маси після жаріння, %	19,4±0,6	16,1±0,6	12,1±0,4
Втрати маси після остигання, %	21,0±0,6	17,7±0,5	13,7±0,4

## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

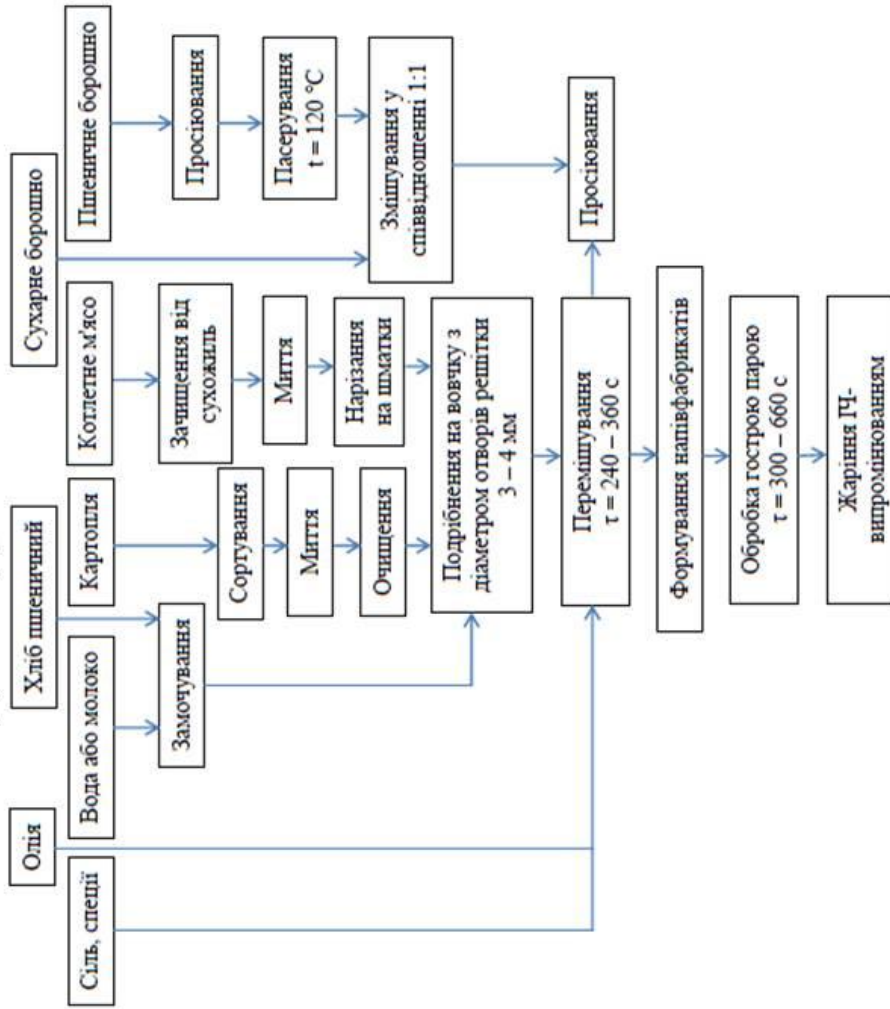


Масивність напівфабрикатів за співвідношенням  $F/M$

1 – за одnobічного нагріву; 2 – за двобічного нагріву

# ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

15



Технологічна схема виробництва м'ясних січених виробів



## ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Загальний хімічний склад виробів з колетного фаршу (г на 100 г продукту)

Показники	Напівфабрикати		Готові вироби	
	Контрольний	Дослідний «Гриль»	Контрольний	Дослідний «Гриль»
Загальна волога	71,5±1,5	69,1±0,9	67,4±1,2	67,2±1,0
Білки	14,7±0,2	14,2±0,2	14,6±0,2	14,2±0,2
Жири	5,7±0,2	6,5±0,2	5,2±0,1	5,9±0,2
Вуглеводи,	6,9±0,1	8,9±0,2	11,3±0,2	10,7±0,1
у тому числі клітковина	1,8±0,1	2,2±0,1	1,7±0,1	2,0±0,2
Зола	1,2±0,1	1,3±0,1	3,5±0,1	2,0±0,2
у тому числі: Са	0,31±0,09	0,28±0,10	0,33±0,08	0,30±0,08
P	0,09±0,01	0,09±0,01	0,10±0,05	0,11±0,06

Мікробіологічні показники якості готових м'ясних січених виробів

Вид зразка	Мікробіологічні показники			Патогенні мікроорганізми, в т. ч. сальмонели
	Кількість мікроорганізмів, КОЕ/г, не більше	БГКП (колі-форми)	Стафілококи	
Норматив	2,0·10 <sup>4</sup>	Не допускається в 1,0 г продукту	Не допускається в 1,0 г продукту	Не допускається в 25,0 г продукту
Контрольний	3,6·10 <sup>3</sup>	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 25,0 г
Дослідний «Гриль»	6,6·10 <sup>3</sup>	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 25,0 г

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ З ПОЛПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ

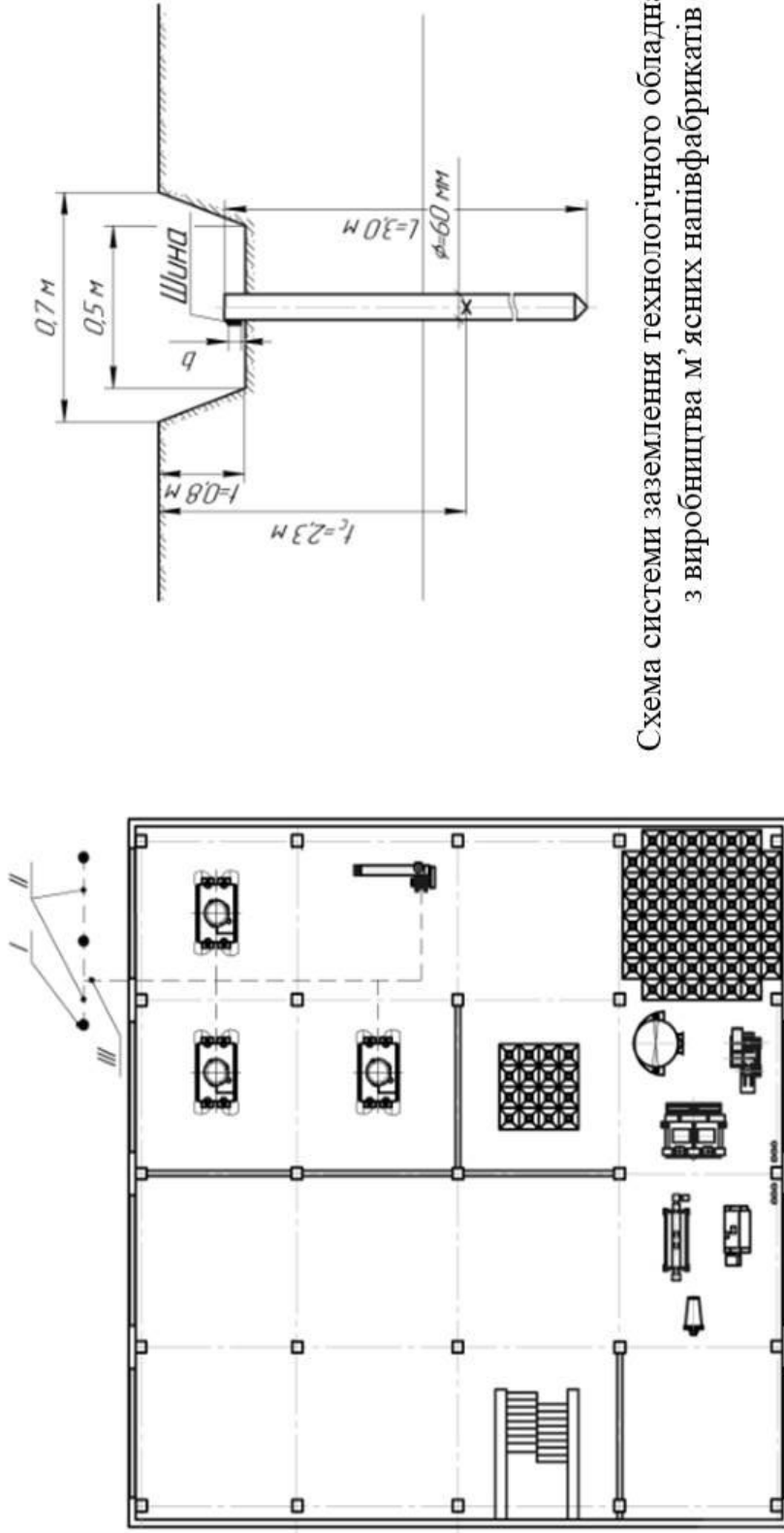


Схема системи заземлення технологічного обладнання цеху  
з виробництва м'ясних напівфабрикатів

Довжина з'єднувальної смуги рівна 6,3 м, кількість стержнів заземлення 3 шт., довжиною 3,0 м і діаметром 60 мм.

## КОШТОРИС ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	545,00
Заробітна плага	741,00
Нарахування на заробітну плагу	163,02
Електроенергія	270,04
Амортизація	208,08
Накладні витрати	592,80
Всього	2519,94

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плагу та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3275,92 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено спосіб виробництва м'ясних січених виробів, який передбачає додавання до складу рецептури компонентів з більш високою оптичною пропускнуою спроможністю, що дає можливість інтенсифікувати теплову обробку ІЧ-випромінюванням на  $20,3 \pm 0,6\%$  та знизити втрати маси готовими виробами на  $4,0 \pm 0,1\%$ .

Встановлено вплив окремих компонентів на тривалість теплової обробки ІЧ-випромінюванням. Теплова обробка виробів запропонованого складу скорочується на  $20,3 \pm 0,6\%$ , що забезпечує також зниження втрат маси на  $4,0 \pm 0,1\%$ .

Вивчено вплив ступеню масивності на швидкість нагріву м'ясних січених виробів, в результаті чого було відмічено, що за двобічного підведення ІЧ-енергії виробу товщиною до 25 мм можуть бути віднесені до оптично тонких тіл, для яких визначальним є зовнішнє енергопідведення.

Досліджено структурно-механічні властивості котлетних фаршів, за результатами яких виходить, що розроблений фарш за структурно-механічними властивостями наближається до традиційних, а деяке зниження значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно відбивається на його пластичності, що полегшує процес формування виробів.

Запропонована технологія дає можливість отримати м'ясні січені вироби, що відрізняються зниженням матеріальних та енергетичних витрат під час теплової обробки завдяки вдалого підбору компонентів рецептури з урахуванням їхніх оптичних та теплофізичних властивостей, досягаючи при цьому санітарної безпеки та більш високої якості

Досліджено стан охорони праці в ТОВ «Горизонт» та виконано розрахунок системи заземлення технологічного обладнання цеху, згідно з розрахунками довжина з'єднувальної смуги рівна 6,3 м, кількість стержнів заземлення 3 шт., довжиною 3,0 м і діаметром 60 мм. Запропоновано ряд заходів, виконання яких дасть змогу покращити стан охорони праці на підприємстві.

Встановлено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 741,00 грн та 592,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 3275,92 грн.