

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 637.523.4:636.51/58

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету харчових технологій
та управління якістю продукції АПК

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

«_____» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів

_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

«_____» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Визначення оптимальних умов процесу подрібнення м'ясної
сировини з курятини»**

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Технології зберігання, консервування та переробки м'яса»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.т.н, професор

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

_____ Володимир ВАСИЛІВ

Виконав

_____ Юрій КОЗАКОВ

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів

Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« _____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Козакову Юрію Васильовичу

Спеціальність **181«Харчові технології»**

Освітня програма **«Технології зберігання, консервування та переробки м'яса»**

Орієнтація освітньої програми **освітньо-професійна**

Тема магістерської роботи **«Визначення оптимальних умов процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини»**, затверджена наказом ректора НУБіП України від «17» січня 2024 р. №53 «С»

Термін здачі студентом завершеної роботи на кафедру - 15.11.2024 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

дані спеціальної літератури; нормативно-технічні документи; довідники; монографії; періодичні видання; власні дослідження та спостереження. Економічно-статистична інформація щодо розрахунків економічної ефективності вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

аналіз ефективності процесів подрібнення харчової сировини на харчових підприємствах; характеристика методів подрібнення продуктів; кваліметрія в оцінюванні якості харчової продукції; проведення якісних досліджень показників вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини; висновки.

Перелік ілюстрованого матеріалу (таблиці, схеми, графіки тощо):

таблиці, рисунки, графіки

Дата видачі завдання «15» березня 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____

Володимир ВАСИЛІВ

Завдання прийняв до виконання _____

Юрій КОЗАКОВ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1. Аналіз сучасного стану процесу та обладнання подрібнення	7
1.2. Кваліметрія в оцінюванні якості харчової продукції	12
Висновки до розділу 1.....	13
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
2.1. Об'єкт і предмет досліджень	14
2.2. Методи і методики досліджень	19
2.3. Методика проведення експерименту	22
2.4. Методика статистичної обробки даних	23
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З КУРЯТИНИ	24
3.1. Дослідження структурно-механічних характеристики фаршу з м'яса курятини.....	24
3.2. Вплив умов процесу подрібнення м'яса курятини на його структурно-механічні характеристики	35
3.3. Комплексний показник якості об'єктів процесу подрібнення.....	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	57
ВИСНОВКИ	62

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури, який містить 54 джерела. Роботу викладено на 70 сторінках, що містять 29 рисунків, 12 таблиць.

Тема магістерської роботи: «Визначення оптимальних умов процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини».

На основі аналізу досліджень процесу подрібнення м'яса курятини, результатів власних експериментальних досліджень, обгрунтовані та одержані важливі результати, які вирішують актуальну науково-практичну задачу по оптимізації процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини на основі комплексного показника якості. Сукупність одержаних нових даних дозволяє сформулювати наступні висновки та узагальнення.

Встановлено вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясоподрібнювачів на показники якості фаршів і на енергетичні показники процесу подрібнення м'яса курятини. Використано для узагальнення одиничних параметрів оптимізації процесу подрібнення м'яса курятини комплексний показник якості, який дозволив визначити оптимальні конструктивно.

Ключові слова: КУРЯТИНА, ФАРШ, М'ЯСОПОДРІБНЮВАЧ, РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ВОЛОГОЗВ'ЯЗУЮЧА ЗДАТНІСТЬ, КОМПЛЕКСНА КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ.

ВСТУП

Актуальність теми. В останні роки особливу увагу приділяють споживанню населенням м'яса птиці, а саме курятини. Воно являється корисним джерелом легкозасвоєваних білків, вітамінів і жирних кислот.

Теоретичні положення процесу подрібнення м'яса курятини на сьогодні мають певні прогалини, а саме: відсутні комплексні наукові дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів на показники якості фаршів і процесу подрібнення, а саме: енергоспоживання, в'язкість, деформацію, вологзв'язуючу здатність фаршів, дисперсність, коефіцієнт неоднорідності, які впливають на якість фаршів і готової продукції.

У зв'язку з цим, вивчення впливу конструктивних параметрів м'ясоподрібнювачів на реологічні властивості отриманих фаршів з курятини є актуальним. Важливе значення має також забезпечення високих показників якості отриманих фаршів та зменшення енергетичних витрат під час процесу подрібнення.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є покращення якісних характеристик фаршу шляхом визначення оптимальних умов процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини.

Відповідно до поставленої мети, були сформульовані наступні завдання досліджень:

- експериментально дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів м'ясоподрібнювачів на структурно-механічні характеристики фаршу з м'яса курятини і енергоємність процесу подрібнення;
- вдосконалити робочі органи обладнання для подрібнення м'яса курятини з метою розширення діапазону їх технологічних можливостей, зниження енергоємності;
- на підставі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати доцільність використання комплексного показника якості для оптимізації процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини;
- визначити оптимальні умови процесу подрібнення м'яса курятини, які забезпечують найкращі показники якості фаршів.

Об'єкт дослідження – процес подрібнення м'яса курятини з різних частин тушки курки.

Предмет дослідження – конструкційні та технологічні параметри робочих органів м'ясоподрібнювача, якісні показники фаршів з м'яса курятини.

Методи дослідження: теоретичні – аналіз і синтез, моделювання, розрахунковий; експериментальні – сучасні методи визначення фізико-хімічних, структурно-механічних та інших характеристик досліджуваних фаршів; математико-статистичні – планування експерименту, обробка результатів експерименту, перевірка статистичних гіпотез. Обробку експериментальних даних та розрахунки виконували в програмному прикладному пакеті Microsoft Excel, StatSoftSTATISTICA 6.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Аналіз сучасного стану процесу та обладнання подрібнення м'яса курятини

Значне зростання виробництва м'ясної продукції з курятини призвело до освоєння устаткування для механічного обвалювання птиці [1].

Останніми роками в промисловому виробництві Європейського союзу і в Україні, вважається звичайним додавання м'яса механічного обвалювання в сиров'ялені ковбаси від 5 до 15%, а в варені – до 70%, що зумовлено зниженням собівартості продукції [1-3].

Механічне обвалювання здійснюється під дією тиску робочого органу (шнека), який продавлює м'язову тканину через перфорований барабан (робочу камеру) в приймальні ємкості. Кістковий залишок через кільцеву щілину виштовхується шнеком із зони сепарації в приймальний бункер насоса або накопичувальні ємкості. Температура м'яса птиці механічного обвалювання на виході з преса має бути не більше 8°C [4, 25, 51].

Недоліком даного способу є те, що під тиском більше 340 Па м'ясна тканина руйнується і мнеться, що призводить до підвищення вмісту заліза, жиру, підвищення показника рН, що негативно впливає на структуру і органолептичні властивості готової продукції і обмежує застосування м'яса механічного обвалювання, отриманого жорстким сепаруванням [36].

Нагрівання м'ясної маси під час обвалювання є однією з причин виробництва ковбас і напівфабрикатів низької якості. Тривале зберігання м'яса механічного обвалювання при високій температурі (звичайно м'ясна маса з устаткування механічного обвалювання потрапляє в великі ємкості, які довго охолоджуються) призводить до помітного погіршення смакових і технологічних властивостей м'яса, що обумовлено окисними і мікробіологічними процесами [6, 13]. Відбувається руйнування кліткової структури тканини, вивільняються біологічно активні сполуки м'язових волокон і кісткового мозку. Хімічно нестабільні фосфоліпідні сполуки та гемопротеїни є активними біокатализаторами окиснення ліпідів. При цьому загальний вміст гемових ферментів у м'ясі механічного обвалювання в 3 рази більше, ніж у м'ясі ручного обвалювання – відповідно 3,8 і

1,3 мг на 1 кг м'яса. Окиснення ліпідів м'яса птиці механічного обвалювання – головний фактор неприємного смаку, кольору і запаху готових м'ясних виробів січеної групи [5, 10, 12]. У зв'язку з високим вмістом ліпідів з поліненасиченими жирними кислотами у порівнянні з м'ясом птиці ручного обвалювання, воно має меншу хімічну і мікробіологічну стабільність.

Для подрібнення м'ясної сировини на м'ясопереробних підприємствах застосовується широка номенклатура обладнання: кутери, емульсітатори, гомогенізатори, м'ясорубки, вовчки [26, 28, 51].

У роботах [29, 30] був проведений розмірний аналіз м'ясної сировини до і після подрібнення на різних подрібнювачах для харчових продуктів. Запропоновано класифікувати подрібнення на: крупне, середнє, мілке, тонке, дуже тонке (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Класифікація виду подрібнення

Вид подрібнення	Середній розмір кусків (частин), мм	
	до подрібнення	після подрібнення
Крупне	до 300	до 100
Середнє	до 200	60-10
Мілке	200-100	10-2
Тонке	10-2	1-0,4
Дуже тонке	1-0,4	0,075-0,001

Для певного виду подрібнення застосовують різні решітки:

- тонке подрібнення через решітку з діаметрами отворів від 0,3 - 0,5 мм;
- часточки фаршу мілкового подрібнення утворюються при використанні решіток з діаметрами отворів 1 - 6 мм;
- приготування фаршу середньої зернистості – з діаметром отворів 8 - 40 мм;
- крупне подрібнення через решітку з діаметром отворів більше 40 мм.

При виробництві ковбас застосовується тільки мілке і тонке подрібнення.

При подрібненні фаршу для реалізації його в роздрібній торгівлі застосовують вовчки та м'ясорубки.

Вовчки – універсальні машини безперервної дії, які призначені для

середнього і мілкового подрібнення охолодженого і замороженого м'яса, жиру, жировмістних матеріалів, субпродуктів.

На якість процесу подрібнення у вовчку впливають [33, 35, 39]: фізико-хімічні, структурно-механічні властивості сировини; конструктивні особливості вовчка: комплектність, діаметр отворів решітки; кінематичні параметри: частотаобертання ножів (чим більша швидкість різання, тим менше зусилля різання і краща якість зрізу. При збільшенні швидкості різання на поверхні дотику ножа і решітки різко збільшується питомий тиск, що забезпечує найбільш сприятливі умови різання з'єднувальної тканини), швидкість подачі сировини; умови експлуатації вовчків, ступінь затуплення та зтяжки ножей і решіток.

Механізм подрібнення вовчка, що представляє собою послідовність розташування нерухомих решіток і ножів, що обертаються, буває конічним, циліндричним і плоским [51].

Роботи багатьох вчених [4, 24, 40] присвячено вивченню впливу зусилля зтяжки на структурно-механічні властивості сировини, а саме граничної напруги зсуву.

За даними літературних джерел, ступінь зтяжки впливає на питому витрату енергії, продуктивність вовчка, температуру отриманої сировини і деформацію фаршу. Основними параметрами, що впливають на покращення процесу подрібнення є зазор між направляючими ребрами робочої камери і шнеком, кут нахилу кромки ножа, ступінь зтяжки.

В роботах [48] також стверджується, що збільшення зусилля зтяжки призводить до підвищення витрат енергії, що споживається вовчком, підвищується температура фаршу, збільшується знос ріжучого інструменту, і як наслідок – збільшується вміст заліза в готовій продукції.

Спеціалісти німецької фірми «МАДО» проаналізували процес подрібнення м'ясної сировини і виявили, що оптимальною температурою є $-10...12^{\circ}\text{C}$. При таких температурах м'язова і з'єднувальна тканини набувають рівномірні механічні властивості і сировина має однакову міцність, утворюються умови, які виключають потрапляння з'єднувальної тканини між ножами і решітками, і система ніж-решітка

працює без перевантажень.

Як зазначають інші вчені, при подрібненні тиск, який утворюється за допомоги шнека в ножовому блоці, поступово знижується до тиску навколишнього середовища.

Різноманітність конструкцій ножів, решіток і шнеків сучасних вовчків високої продуктивності і перспективних розробок в цій галузі свідчить про актуальність питань вдосконалення і покращення процесу подрібнення різної м'ясної сировини.

Таким чином, тенденція конструювання нових видів вовчків направлена на розробку нових форм і видів ріжучого інструменту, комплекс якого має об'єднувати декілька операцій, на створення самозаточувального ріжучого інструменту зі збільшенням строку роботи.

Дослідженнями, спрямованими на покращення якості процесу подрібнення в м'ясорубках, займалися Г. В. Дейниченко, В. П. Ключников [49], що пов'язані з розробками і удосконаленням ножових решіток. Вчені наводять розробки, в яких використовуються складові ножові решітки, що складаються з трубчатих елементів, які знаходяться між опорним кільцем і стискуючим їх хомутом.

Застосування ножових решіток з отворами каплевидної і круглої форми рекомендовані для подрібнення м'ясокісткової сировини і сировини з підвищеним вмістом колагену.

А. А. Захаровим розроблена конструкція решіток з циліндричними отворами, які просвердлені під гострими кутами ($\alpha = 30 \dots 85^\circ$) до ріжучої площини. Реалізація цього технічного рішення призводить до утворення гострого кута заточки кромки отворів, що в два-три рази зменшує зусиллярізання.

Запропоновані решітки з отворами, які виготовлені у вигляді сопел, що розширюються безпосередньо від торцевої поверхні решітки, яка взаємодіє з ножом.

Розглянуті конструкції ножів і решіток сучасних моделей м'ясорізальних машин характеризуються простотою форм і ефективні при подрібненні м'ясної сировини великої рогатої худоби та м'яса свинини. Модернізованих різальних

органів м'ясорізальних машин для процесу подрібнення м'яса курятини в літературних джерелах не було виявлено. М'ясну сировину з курятини подрібнюють при тих самих умовах та параметрах, що і м'ясо великої рогатої худоби та свинини.

Дослідження, що характеризують вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясоподрібнюючих машин на якість отриманих фаршів, носять фрагментарний характер. Відсутні системні дослідження по визначенню впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок (діаметр отворів решіток, швидкість обертання вала шнека, сила подачі сировини) на фракційний склад фаршів з м'яса курятини, їх структурно-механічні характеристики.

Дослідженнями [50] виявлено, що зі збільшенням швидкості обертання шнека у вовчках до 258 об/хв відбувається збільшення в'язкості свино- яловичого фаршу.

Дослідженнями впливу швидкості обертання шнека на в'язкість м'ясного фаршу займався А. А. Смірних та Соловйов О.В. [46]. Отримані дані процесу подрібнення м'яса свинини свідчать, що оптимальною швидкістю обертання шнека для збільшення в'язкості фаршу є 255 об/хв. Ця швидкість обертання шнека є оптимальною і для продуктивності вовчка.

Дослідження [45] свідчать, що м'ясні фарші з великим вмістом білків мають хороші показники в'язкості фаршів і їх руйнування відбувається під впливом більш високих напруженнях зсуву.

У роботі [39] досліджували вологозв'язуючу здатність м'ясних фаршів методом математичного моделювання. В якості вхідних параметрів було обрано: x_1 – кількість білково-рослинного наповнювача (%) і x_2 – час перемішування (хв.). В результаті дослідження отримані математичні моделі, які адекватно описують залежність досліджуваних показників, а саме, при збільшенні вхідних параметрів зменшується вологозв'язуюча здатність фаршів.

Аналізуючи вище написане, можна зробити висновок, що процес подрібнення і фізико-хімічний стан сировини впливає на якість отриманого фаршу, а саме, структурно-механічні показники фаршів залежать від складу і від ряду технологічних факторів (температури, вологовмісту, ступеня подрібнення, тиску і

т.п.) [34, 36-38].

Дослідження структурно-механічних властивостей фаршів подрібнених у м'ясорубці майже не вивчаються, усі розробки по вдосконаленню робочих органів направленні на зниження енергоємності процесу і підвищення виходу кінцевого продукту при подрібненні м'яса свинини і великої рогатої худоби. Досліджень щодо комплексного впливу конструктивних параметрів обладнання під час процесу подрібнення м'яса курятини не було виявлено. Всі вище наведені розробки по вдосконаленню робочих органів м'ясоподрібнюючих машин не дають комплексної інформації щодо застосування певного виду ножа, решіток з отворами певного діаметру, швидкості обертання шнека і сили подачі сировини.

Вважаємо за необхідне виявити, які ж конструктивні параметри найкращі для здійснення процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини.

1.2 Кваліметрія в оцінюванні якості харчової продукції

В умовах переходу України до відкритої ринкової економіки боротьба за споживача на внутрішньому і зовнішньому ринках вимагає створення і виробництва конкурентоспроможних товарів. Якість виступає як головний чинник конкурентоспроможності товару, складаючи його основу [23, 24].

Комплексний метод оцінки рівня якості передбачає використання визначального показника якості, тобто коли доцільно характеризувати рівень якості одним показником. Рівень якості визначається відношенням узагальненого показника якості оцінюваної продукції (K_{ou}) до узагальненого показнику базового зразка ($K_{баз}$):

$$K = K_{ou} : K_{баз} \quad (1.1)$$

Вся складність комплексної оцінки полягає в об'єктивному знаходженні узагальненого показника. Коли є можливість виявити характер взаємозв'язків між показниками, які враховувалися і коефіцієнтами зв'язків їх з узагальнюючим показником якості оцінюваної продукції, функціональну залежність слід визначати за формулою:

$$K = f(n, P_i, P_i_{баз}). \quad (1.2)$$

Оцінка рівня якості на основі середньозваженого показника може бути

здійснена за допомогою арифметичного або геометричного показника. На основі середньозваженого арифметичного показника формула визначення рівня якості має наступний вигляд:

$$K = \prod_{i=1}^n K_i^{m_i}, \quad (1.3)$$

арифметичну

$$K = \prod_{i=1}^n K_i^{m_i} \quad (1.4)$$

де K_i – оцінка одиничного показника; m_i – коефіцієнт вагомості показника; n – кількість показників, які враховуються.

Впровадження кваліметричних методів у процес нагляду за виробництвом, постачанням та підтвердження відповідності товарів може мати важливе практичне значення для запобігання небажаного впливу на довкілля продуктів та результатів господарської діяльності і бар'єром проти потрапляння на ринок недоброякісної продукції [25, 29].

1.3 Висновки до першого розділу

1. При подрібненні м'яса курятини, в літературі наводяться відомості, що стосуються тільки отримання м'яса механічного обвалювання. Для м'яса курятини відсутні розробки щодо удосконалення процесу подрібнення з розкриттям взаємозв'язку параметрів цього процесу і їх вплив на якість (в першу чергу структурно-механічні показники) отриманого фаршу, що в свою чергу впливають на якість готової до вживання продукції.

2. Аналіз літературних джерел щодо процесів подрібнення м'ясної сировини з курятини дозволив визначити напрямки наукових досліджень:

- аналіз конструктивних параметрів м'ясоподрібнюючого обладнання і характеристик сировини для реалізації процесу подрібнення;
- проведення досліджень структурно-механічних характеристик отриманого фаршу з визначенням впливу на них конструктивних параметрів і специфічних характеристик сировини;
- визначення оптимальних умов процесу подрібнення м'ясної

сировини з курятини шляхом варіювання конструктивних параметрів і фізико-хімічних особливостей сировини;

- зниження енергоємності процесу подрібнення м'яса курятини за рахунок визначення оптимальних конструктивних параметрів обладнання;

- обґрунтування і застосування кваліметрії для розрахунку комплексного показника якості процесу подрібнення м'яса курятини.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Предмети та матеріали досліджень

В якості основного об'єкта досліджень під час виконання магістерської роботи розглядався процес подрібнення м'ясної сировини з курятини.

В якості об'єкта при виконанні експериментальних робіт використовувалася сировина, що відповідала вимогам нормативно-технічної документації: м'ясо філе курятини, м'ясогомилки курятини, суміш філе+м'ясо гомилки у співвідношенні 1:1.

Для проведення дослідження було спроектовано експериментальний стенд (рис. 2.1). Установка має м'ясоподрібнюючу машину (1), що складається з чавунного корпусу (5), з комплектом робочих органів: ножі (9); решітки (10); шнек (8) з кроком витків, що постійно зменшується, завантажувальної чаші (6) з штовхачем (7), упорного кільця (4), затискної гайки (11) та потенціометру (3) для вимірювання потужності і витрат електроенергії під час подрібнення. Швидкість обертання вала шнека варіювали за допомогою перетворювача частоти «Lenze» (2). Вимір температури здійснювали за допомогою інфрачервоного термометру «CASON» з діапазоном виміру $-32...+380^{\circ}\text{C}$ (3).

М'ясо подрібнювалося при температурі в товщі від 0 до $+4^{\circ}\text{C}$.

Предметом досліджень були стандартні й експериментальні ріжучі та транспортуючі робочі органи м'ясоподрібнюючої машини.

Геометричні параметри ножових решіток та ножей представлені в табл. 2.1.

У якості транспортуючих робочих органів використовували стандартні шнеки.

Організаційні аспекти магістерської роботи полягали у проведенні досліджень, що були направлені на визначення оптимальних умов технологічного процесу подрібнення м'яса курятини різних видів, що досліджується, для покращення структурно-механічних властивостей фаршів та зменшення витрат енергії під час процесу подрібнення.

Таблиця 2.1

Основні геометричні параметри решіток та ножів

Назва геометричного параметру	Чисельні значення		
Решітки, тип металу ATS-34			
Кут заточки країв отворів циліндричної форми, град.	90		
Діаметр отворів, $\cdot 10^{-3}$ м	3	4,5	
Товщина решітки, мм	5		
Ножі, тип металу ATS-34			
Кут нахилу кромки ножа, град.	30	45	60

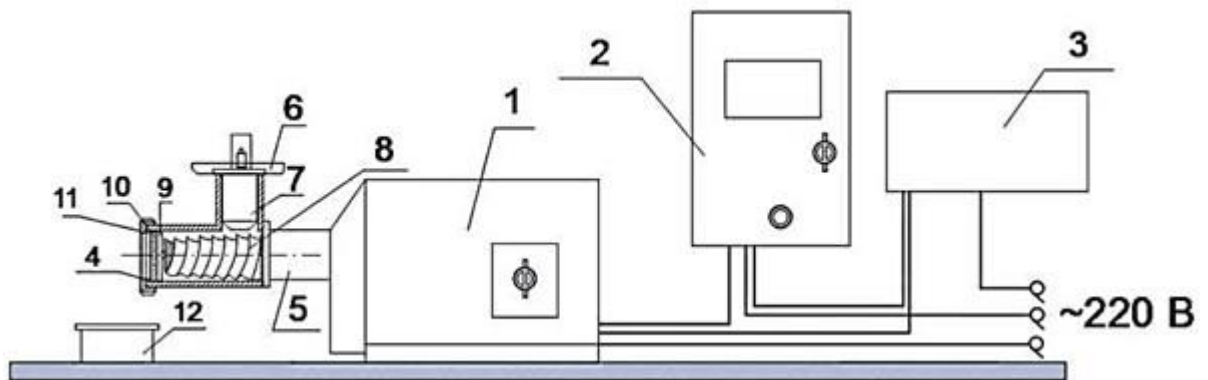


Рис. 2.1 - Принципова схема дослідної установки

1 – привод; 2 – перетворювач частоти «Lenze»; 3 – потенціометр; 4 – упорне кільце; 5 – корпус м'ясоподрібнювача; 6 – завантажувальна чаша; 7 – штовхач; 8 – шнек; 9 – ніж; 10 – решітка; 11 – затискна гайка; 12 – прийомна тара

2.2 Методи і методики досліджень

У роботі використані сучасні методи та стандартні методики, що дозволяють надати характеристику фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей сировини. Методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних виконували з використанням сучасних комп'ютерних програм. Для статистичної вірогідності всі експерименти в лабораторних та виробничих умовах проводили в п'ятикратній повторності.

Вміст вологи визначали висушуванням у сушильній шафі до постійної маси при температурі 105°C , масову частку жиру – методом Сосклета, шляхом екстрагування жиру дихлорагентом із висушеної наважки зразка з ДСТУ ISO1443:2005, IDT[15], білок – методом К'ельдаля, дисперсний склад часток фаршу було визначено методом мікроскопуванням, якість подрібнення, а саме коефіцієнт неоднорідності, визначали з урахування середніх розмірів часток шляхом розбивання їх на розмірні класи і розрахунку ефективного діаметра [14, 16].

Коефіцієнт неоднорідності складу часток м'ясного фаршу – розрахункова величина за допомогою якої можна характеризувати якість подрібнення. Для розрахунку даного показника треба розрахувати ступінь подрібнення i , яка дорівнює відношенню середніх характерних розмірів продукту до подрібнення (D_{cep}) і після (d_{cep}):

$$i = D_{\text{cep}} / d_{\text{cep}} \quad (2.1)$$

Ступінь подрібнення оцінюється по розміру шматків, а також двома функціями виду $F(d)$ розподілу маси кусків за їх розміром, які характеризуються відношенням маси усіх часток, розмір яких відповідно менше $[F_1(d)] \dots [F_2(d)]$ заданого діаметру d , до загальної маси. Знаючи $[F_1(d)]$ чи $F_2(d)$, знаходимо середній розмір часток фаршу по рівнянню:

$$d_{\text{cep}} = \sum_{i=1}^n \Delta F_i(d) d_i / \sum_{i=1}^n \Delta F_i(d) \quad (2.2)$$

$$\text{де } \sum_{i=1}^n \Delta F_i d = 1$$

Коефіцієнт неоднорідності складу часток м'ясної сировини, за яким можна характеризувати про якість подрібнення, розраховують за формулою:

$$K = q/L \quad (2.3)$$

Структурно-механічні характеристики фаршу – в'язкості (η , Па·с), деформацію (y , %) визначали ратоційним віскозіметром (Rheotest RN4.1)[18]. При дослідженнях використовували вимірну систему – циліндр-циліндр з ротором типу *SI*. При проведенні реологічних досліджень під час вимірів були виконані необхідні вимоги до випробуваних зразків: температура була сталою протягом експерименту та однорідною в усьому об'ємі зразків фаршу – 10°C.

При дослідженнях в'язкості до початку вимірів були задані діапазони швидкості зсуву – 0,04...400 с⁻¹. При цьому програма автоматично обирає: відповідні значення швидкості зсуву; 20 точок вимірів протягом експерименту; типи графіків, настройки графічного зображення; перелік експериментальних даних, виведених у табличної формі. У ході досліджень були отримані значення в'язкості (n) в залежності від напруження (θ) [4, 35].

Для дослідження деформаційних показників фаршів задавалися наступні параметри: напруження – від 50 до 100 Па і час дії напруження – 120 с.

Вологозв'язуючу здатність (*B33*) визначали за методикою [44] за масовою часткою відпресованої води.

Вміст *B33* визначено за формулами: де x_1 – вміст пов'язаної вологи, % до маси м'яса; x_2 – вміст пов'язаної вологи, % до загальної вологи; A – загальний вміст вологи у наважці, мг; n – маса наважки, мг; B – площа вологої плями, см².

$$x_1 = \frac{(A - 8,4 \times B)}{n} \times 100, \quad (2.4)$$

$$x_2 = \frac{(A - 8,4 \times B)}{A} \times 100, \quad (2.5)$$

Для виміру енергетичних показників ріжучих механізмів та механізмів подачі застосовували потенціометр К-50 (поз. 3). Даний прилад призначений для виміру сили струму, напруги та потужності в однофазних і трифазних ланцюгах змінного струму. Межа основної допустимої похибки

потенціометру, безпосередньо після включення та у режимі тривалого навантаження дорівнює 0,5% від кінцевого значення діапазону вимірів.

Для визначення структури складових потужності процесу подрібнення різних видів м'яса курятини використовували методику, що наведено в [26] використовуючи вимірювальний комплект 3 попередньо заміряли потужність N_1, N_2 роботи привода 1. Після визначення потужності роботи привода приєднували корпус м'ясоподрібнювача 5 до привода 1, установлювали шнек 8, необхідні (стандартні або модернізовані) ножі 9, решітки 10, упорне кільце 11 і затягували затискною гайкою 12.

Для виміру потужності $N_{тер}$, що витрачається на подолання сил тертя в площині контакту опорних граней ножа і ножових решіток включивши привод 1 за допомогою вимірювального комплексу 3 заміряли потужність N_4 використану приводом 1 на роботу привода і подолання сил тертя в площині різання. Під час даного виміру потужності в робочу камеру м'ясорубки 5 додавалася вода для зближення значень сили тертя, що виникає в ріжучій парі, з реально існуючими в процесі подрібнення продуктів. Після чого розраховували потужність N_{mp} , що використовується на подолання сил тертя в ріжучому механізмі по наступній формулі [27]:

$$N_{mp} = N_4 - N_2, \quad (2.6)$$

де N_{mp} – потужність, що витрачається на подолання сил тертя в площині контакту опорних граней ножа і ножових решіток, Вт; N_4 – потужність, що використовується приводом на роботу привода і подолання сил тертя ріжучих робочих органів у площині різання, Вт; N_2 - потужність роботи привода, Вт.

Для визначення потужності, що використовується шнеком вмикали приводи 1 приєднували завантажувальну чашу 6 до горловини корпуса м'ясорубки 5 і попередньо підготовлений продукт завантажували в м'ясоподрібнювач. Перед завантаженням продукт нарізали на шматочки з середньоарифметичним розміром 20...40 мм при температурі в товщі від 0,4°C. За допомогою вимірювального комплексу 3 заміряли потужність, що використовується на роботу привода 1 і роботу шнека N .

2.3 Методика проведення експерименту

Для проведення активного експерименту щодо оптимізації показників процесу подрібнення м'яса курятини підготовлено дослідну установку (рис. 2.1), перевірені прилади, підготовлена сировина, складений спеціальний журнал. Журнал оформлений відповідно до методики і плану дослідів.

Експеримент складався з наступних етапів: формування цілей; складання плану; реалізація плану (збір даних); статистична обробка даних; аналіз даних; інтерпретація результатів.

Для оптимізації процесу подрібнення м'яса курятини використано метод Бокса-Уілсона, типу 2^k , коли k чинників варіюють на двох рівнях, відповідно до якого подрібнення м'ясної сировини представлено у вигляді «чорної скриньки».

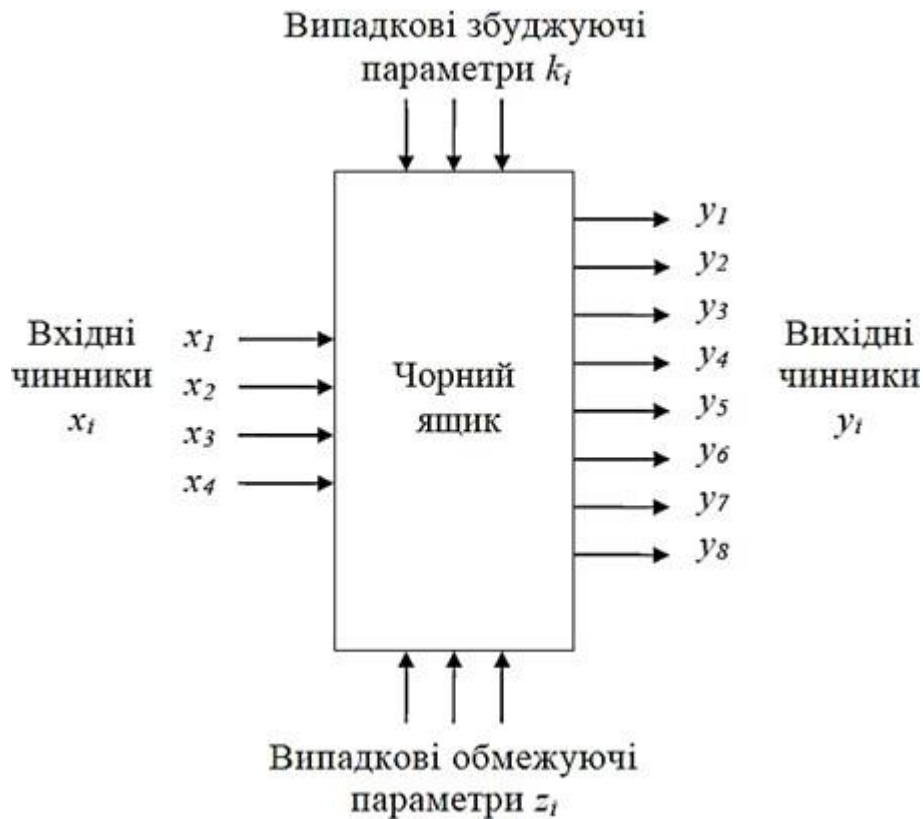


Рис. 2.2 - Схематизація експерименту по оптимізації параметрів – подрібнення м'яса курятини

Вхідні керуючі параметри x_i є незалежні змінні, тобто – фактори аргументи, які використовуються для управління вихідними параметрами об'єкту.

Вихідні параметри y_r являють собою сукупність контрольованих або обчислюваних параметрів, що характеризують стан об'єкта. В результаті

проведення активного експерименту виявляються взаємозв'язки між вхідними та вихідними параметрами, які представлені у вигляді регресійної математичної моделі.

В експерименті фактори x_i варіюють відповідно до плану експерименту, а решта підтримують на постійному рівні. Щоб виключити вплив некерованих факторів (z_i, k_i), їм задавали середнє значення, а порядок реалізації дослідів рандомізовані за допомогою випадкових чисел [30].

Значення (рівні) факторів задані у відносних (кодованих) величинах. Верхній рівень фактору дорівнює +1, нижній - 1 і нульовий 0.

При оптимізації технологічних процесів важливим є визначення критерію оптимізації – вихідної величини (y_i).

Розроблена математична модель складається з аналітичної, алгоритмічної та цифрової систем. Структура аналітичної моделі: опис закономірностей процесів подрібнення різних видів м'яса курятини з дослідженням реологічних властивостей отриманих фаршів, що має різні фізико-хімічні властивості та анатомічну будову; визначення аналітичної залежності між конструктивно- технологічними параметрами м'ясоподрібнювача на основі математико- статистичного аналізу результатів обчислювальних експериментів по дослідженню процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини у межах запропонованих розрахункових схем; пошук оптимальних конструктивно- технологічних параметрів процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини на основі методів математичного програмування.

Щоб виключити вплив систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами (змінюю сировини), – досліди рандомізовано в часі, з використанням таблиці випадкових чисел.

Схематично метод визначення оптимальних параметрів процесу подрібнення представлено на рис. 2.3

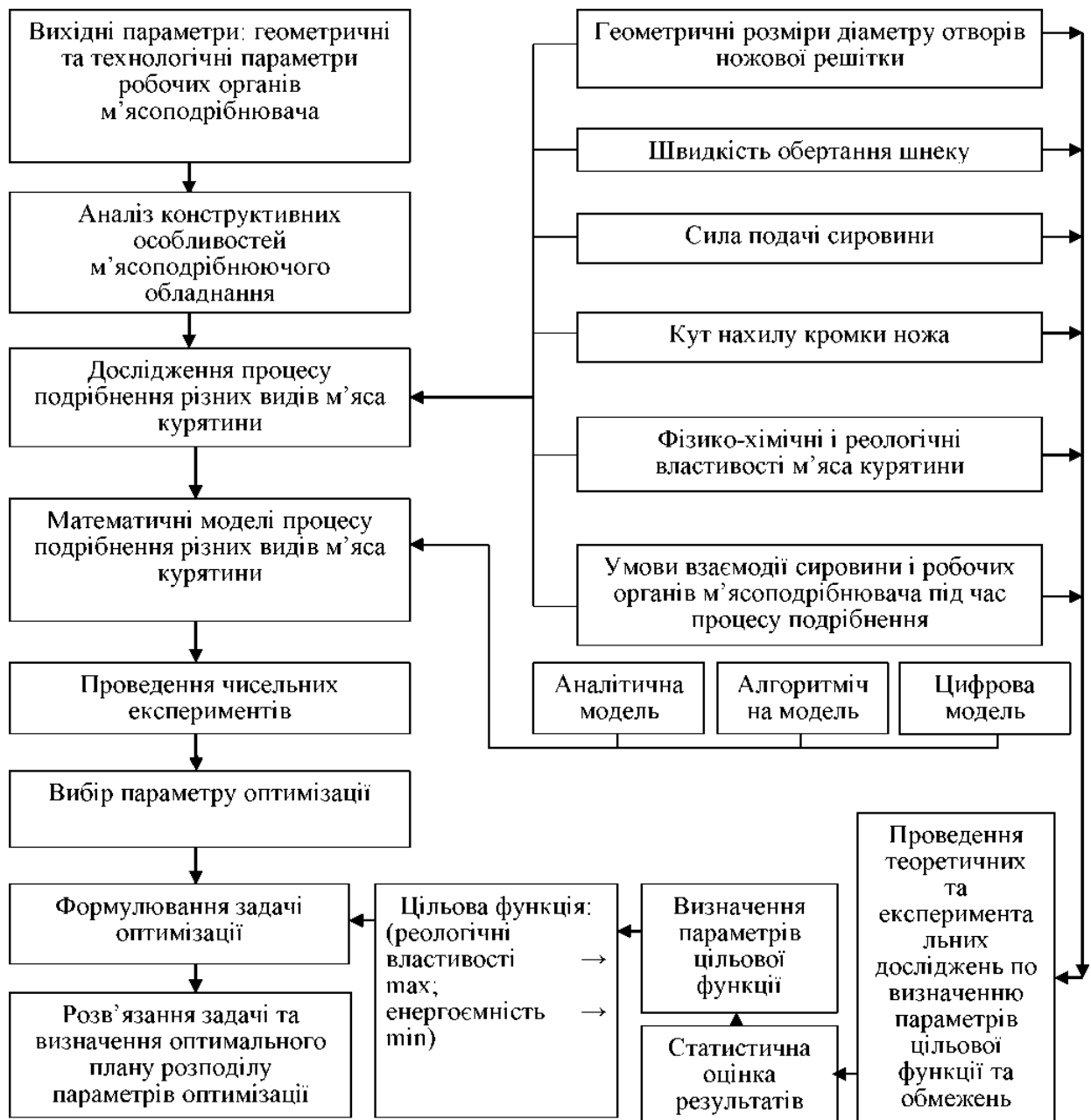


Рис. 2.3 - Схема визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів процесу подрібнення різних видів м'яса курятини.

2.4. Методика статистичної обробки даних

Для проведення активного експерименту розроблено дослідну установку з оптимізації показників процесу подрібнення м'яса курятини.

В якості критеріїв оптимальності процесу подрібнення м'яса курятини, що поділено на види є: енергоспоживання (Дж/кг), загальна деформація (%), в'язкість (Кгс), вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ) фаршу, %, дисперсний склад м'ясних часток (0,4-1 мм²)%, дисперсний склад м'ясних часток (1-10 мм²)%, дисперсний склад м'ясних часток (10-60 мм²)%, коефіцієнт неоднорідності подрібнення фаршу.

Факторами, що впливають на вказані параметри оптимізації вибрані: швидкість обертання шнека, об/хв; діаметр отворів решітки, $m \cdot 10^{-3}$; сила подачі сировини, Н; кут нахилу кромки ножа, градуси.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З КУРЯТИНИ

3.1 Дослідження структурно-механічних характеристик фаршів з м'яса курятини

За думкою багатьох вчених [41], фізико-хімічні показники є одними з вагомих при подрібненні м'ясної сировини в м'ясоподрібнювачах.

На першому етапі за методиками, які описані в другому розділі було визначено фізико-хімічний склад м'яса курятини, що використовувався в процесі виконання магістерської роботи. Отримані результати порівнювалися з даними, що наведені в таблицях хімічного складу [42] та даними ТУ «Фарш з м'яса курятини». Отримані результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники фаршу з курятини філе, м'яса гомілки і суміш філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1

Показники	ТУ У 15.1-325161-92-003:2007	Дослідженні зразки			
		Табличні показники	Суміш білого і червоного м'яса у співвідношенні 1:1 (фарш)	Табличні показники: філе/м'ясо гомілки	Філе/м'ясо гомілки
Масова доля вологи, %, не більше	58,16	73,7	72,65	73,0/66,6	73,285/68,2
Масова доля жиру, %, не більше	28	5,2	5,0	1,9/11,0	1,62/9,26
Масова доля білку, %	18	19,7	19,4	23,6/21,3	22,288/20,35
Масова доля кісткових включень, %, не більше	0,4	-	-	-	-
Температура в товщі фаршу, °С, не вище	0...+4	-	+4	+3	+3
Розмір кісткових включень, мм, не більше	0,3	-	-	-	-

Порівнюючи дані таблиць хімічного складу і аналізуючи результати фаршу з філе і м'яса гомілки курятини, видно, що вміст білка, вологи і жиру в ньому відповідає даним таблиць хімічного складу. Показники для філе наведені в таблицях хімічного складу майже однакові з отриманими даними для дослідженого нами філе курятини. Щодо м'яса гомілки курятини отримані результати відповідають даним таблиць хімічного складу.

Основними структурно-механічними показниками, що впливають на

якість фаршу є загальна деформація, ефективна в'язкість, дисперсний склад м'ясних часток та коефіцієнт неоднорідності подрібнення фаршу, пружність та пластичність.

В процесі подрібнення м'ясної сировини, як було обґрунтовано раніше, на структурно-механічні характеристики впливають деякі конструктивні параметри обладнання, а саме: вид ножа, діаметр отворів решітки, сила подачі сировини до різальних органів та швидкість обертання шнека.

Для дослідження об'ємного деформування фаршів з м'яса курятини під дією напруження було взято п'ять видів: фарш з курятини виготовлений за ТУ 32516192-003; фарш свино-яловичий – ТУ 15.1-32516492-003; фарш з філе; фарш з м'яса гомілки та суміш філе+ м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1.

Процес подрібнення виконувався при стандартних умовах: діаметр отворів решітки 340^{-3} м, кут ножа 60° , швидкість обертання шнека 110 об/хв. З літературних джерел було виявлено, що при досліджуванні кінетичних кривих деформації фаршів коливання напруження лежить в межах від 40 до 90 Па [43]. Під час попередніх досліджень на ротаційному віскозиметрі було досліджено, що оптимальною напругою на фарш, в вимірній системі цилінд-циліндр, з м'яса курятини є 50 Па, при збільшенні напруги фарш починає «текти» і визначення кінетично кривих деформації не відбувається в повній мірі.

Поведінку продукту при нарузі, меншої граничної напруги зсуву ($\theta < \theta_0$), звичайно характеризують кінетичними кривими деформації.

Визначалося як напруга впливає на зміни об'ємних розмірів часток фаршу і яка залишкова деформація фаршу, яка не зникає після зняття напруги. Проведення даного досліджування повторювали в п'ятикратній повторності. З отриманих середніх даних побудовані графічні залежності, які наведені на рис. 3.1.

Для більш детального аналізу отриманих результатів на рисунку 3.2 наведено кінетику деформації фаршу з м'яса курятини, що побудовано напівавтоматичним пристроєм віскозиметра. Для точного описання впливу напруги на кінетику деформації фаршу використовувався матеріал наведений в

[5].

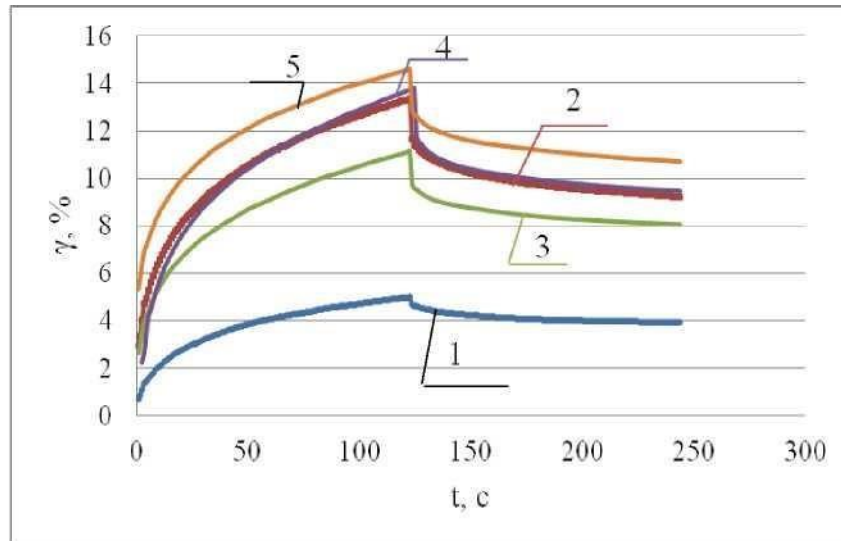


Рис. 3.1 - Кінетика деформацій фаршів свино-яловичого – контроль (1) з курятини – контроль (2) та власного виробництва з філе (3), м'яса гомілки (4) тасуміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1 (5) м'яса курятини під дією напруження 50 Па.

Як видно, діаграма кінетики деформації складається з двох кривих: навантаження (дія постійної напруження зсуву θ) – крива 1 і розвантаження (деформація після зняття навантаження) – крива 2. Момент зняття напруги встановлюється після появи прямолінійної ділянки на її кривій (пряма 3).

Через певний час установлюється прямолінійна залежність (ділянка ВС), яка відповідає усталеному стаціонарному процесу пластично незворотного деформування при постійному значенні пружної складової відносно об'ємної деформації. На цій ділянці деформація зростає з постійною швидкістю, яка характеризується тангенсом кута а нахилу прямої ВС. Швидкість деформування зразку фаршу пропорційна напрузі і зворотно пропорційна пластичній в'язкості при об'ємному стисненні.

Таким чином, повний розвиток об'ємної деформації Y_m до моменту зняття напруги виражається рівнянням:

$$\gamma_m = \gamma_o + \gamma_e + \gamma_n, \quad (3.1)$$

де γ_o – умовно-миттєва істинно пружна деформація, яка спадає за 0,5-1 с;
 γ_e – деформація пружної післядії (еластична);

γ_{η} – залишкова деформація, яка не зникає після розвантаження;

$\gamma_o + \gamma_e = \gamma_{np}$ – пружна деформація, яка сама спадає після розвантаження.

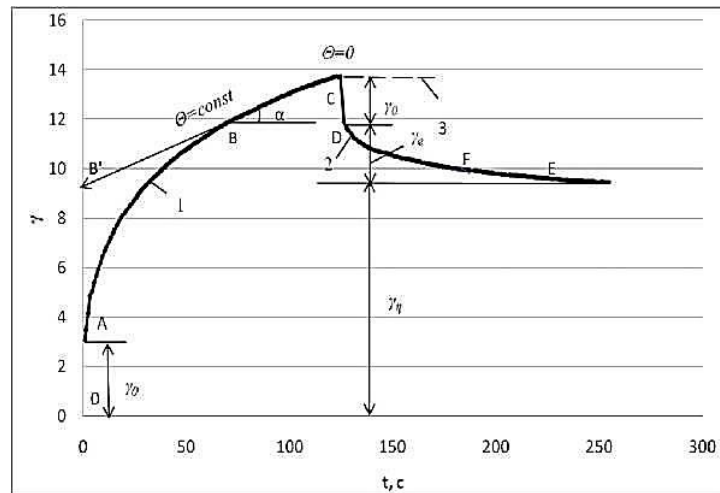


Рис. 3.2 - Кінетика деформацій фаршу з м'яса курятини при дії постійної напруги

На підставі даних самописця віскозиметра з урахуванням рівняння (3.1) були розраховані значення об'ємної деформації, що представлені на рисунку 3.1 та зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Деформаційні показники фаршів

№ зразка	Найменування зразка фаршу	Напруга на фарш (50 Па)				
		Умовно-миттєва істинно пружна деформація	Еластична деформація γ_e	Пружна деформація γ_{np}	Залишкова деформація γ_{η}	Загальна деформація γ_m
Контрольні зразки						
1	Свино-яловичий (контроль)	0,31± 0,12	0,86± 0,10	1,17± 0,10	3,43± 1,88	4,60± 1,98
2	З курятини (контроль)	1,74± 0,11	2,12± 0,12	3,87± 0,11	10,77± 0,11	14,63± 0,12
Дослідні зразки						
3	З філе курятини	1,4± 0,10	1,72± 0,10	3,12± 0,11	8,21± 0,11	11,33± 0,12
4	З м'яса гомілки курятини	2,025± 0,11	2,28± 0,11	4,301± 0,11	9,50± 0,13	13,8± 0,12
5	З суміші філе+м'ясо гомілки 1:1	1,75± 0,1	2,28± 0,14	4,03± 0,58	8,60± 1,71	12,63± 1,81

Досліджували модуль пружності (G_{np}) який характеризується здатністю тіла після деформування повністю відновлювати свою первинну форму, тобто робота деформування дорівнює роботі відновлення, який розраховується за формулою:

$$G_{np} = \Theta / \gamma_0,$$

де Θ – напруження на фарш, 50 Па

На відміну від пружної деформації, яка миттєво зникає при знятті навантаження, еластична деформація, або пружна післядія, змінюється поступово. Це пояснюється тим, що потенційна енергія, яка частково зберігається тілом після зняття напруги, настільки мала, що відновлення первозданного стану відбувається дуже повільно. На відміну від пружної деформації, еластична деформація зворотна.

Здібність тіла до еластичної деформації характеризується модулем еластичності відношення напруження до еластичної деформації:

$$G_e = \Theta / \gamma_e \quad (3.3)$$

Відношення напруги Θ до загальної пружної деформації γ_m є рівноважним модулем. Він не дає можливості розмежовувати пружну і еластичну деформації:

$$G = \Theta / \gamma_m \quad (3.4)$$

Було розраховано значення цих модулів, для дослідження зразків м'ясних фаршів, які зведені в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахункові дані характеристик коагуляційних структур

Найменування зразка фаршу	Напруга на фарш, 50 Па		
	Модуль пружності G	Модуль еластичності G _c	Модуль рівно важності G
Свинно-яловичий (контроль)	161,29	58,14	10,87
З курятини (контроль)	24,75	21,92	3,43
З філе курятини	35,71	29,06	4,41
З м'яса гомілки курятини	28,57	21,93	3,62
З суміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1	28,74	23,47	3,96

Результати показують, що вид сировини має значний вплив на деформаційні властивості фаршів при виробництві січеної групи продукції. М'ясні фарші, які містять значну кількість сполученої тканини менше деформуються і швидше відновлюють свою структуру у порівнянні з фаршами з меншим вмістом сполучної тканини.

Фарші з різного виду м'яса курятини, що подрібнювалися при умовах, які було описано вище, досліджувалися на в'язкість.

Основним показником якості м'ясних фаршів є консистенція, яка оцінюється структурно-механічними показниками: в'язкістю, максимальним напруженням зсуву і ін. Знання реологічних властивостей фаршів з м'яса курятини дозволяє використовувати дані показники для оцінки якості продукції, що планується до випуску, а також для визначення і контролю технологічних параметрів в процесі його виробництва.

Особлива зацікавленість при виготовленні фаршу і готової сировини з нього є дослідження ефективної в'язкості. Ефективна в'язкість може бути використана для оцінки консистенції фаршів з філе курятини, з м'яса гомілки курятини та філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1, структура яких руйнується при дії навантаження. Отже, в'язкість – підсумкова характеристика, що описує рівноважний стан між процесами відновлювання і руйнування структури [12].

Залежність ефективної в'язкості від хімічного складу просто і з

достатньою точністю характеризує критерій хімічного складу фаршу з м'яса курятини K . Відповідно до вище сказаного, хімічний склад фаршів з філе курятини, з м'яса гомілки та з філе+м'ясо гомілки курятини у співвідношенні 1:1 і навіть одного виду в залежності від виду м'яса (філе або м'ясо гомілки) і умовами харчування різний.

Ці відмінності істотно позначаються на фізико-хімічних, біохімічних показниках м'яса курятини та реологічних показниках фаршу з м'яса курятини і повинні розглядатися у взаємозв'язку при виготовленні готової до вживання продукції з м'яса курятини.

Хімічні показники об'єктів дослідження: вміст води W , жиру Y , білка B були визначені стандартними методами, відповідно – вологу по ДСТУ 9793-74 [17], жир по ДСТУ ISO1443:2005, IDT[19] та білок по ДСТУ 25011-81 [20, 21], які описані в 2 розділі. Отримані дані наведені в таблиці 3.1.

Значення критерію хімічного складу K_i ефективної в'язкості досліджуваних об'єктів були встановлені розрахунковим методом.

Залежність критерію хімічного складу від виду м'яса приведено в табл.3.4.
Таблиця 3.4

Залежність критерію хімічного складу від вмісту вологи і співвідношення білок / жир

Об'єкт дослідження	Вид м'яса	U_w	B/Y	K
Курятина	Філе	2,74	13,80	5,02
	М'ясо гомілки	2,14	2,20	1,02
	Суміш філе +м'ясо гомілки у співвідношенні 1: 1	2,65	3,90	1,46
Контрольний зразок	Фарш з м'яса курятини виготовлений за ТУ У 15.132516492-003:2007	1,40	0,60	0,46

Але найменше значення критерію хімічного складу має контрольний зразок фаршу з м'яса курятини – 0,46. Це можна пояснити тим, що під час подрібнення використовували велику кількість шкіри, яка надала фаршу значної кількості жиру.

На рис. 3.3 наведені дослідження впливу напруги на в'язкість фаршів з різного виду м'яса курятини.

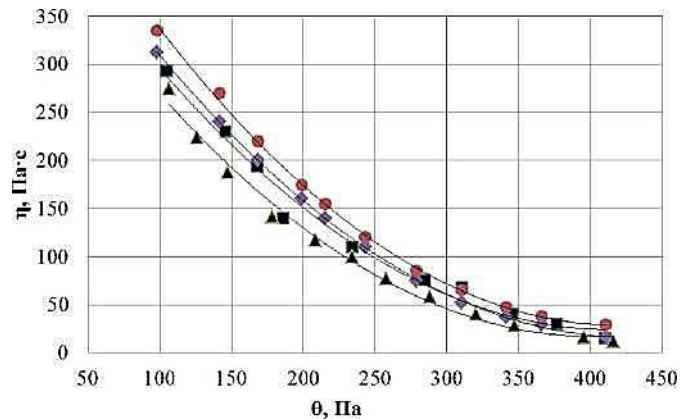


Рис. 3.3 - Залежність в'язкості фаршів з м'яса курятини від напруги фаршу з м'яса гомілки $y = 0,0027x^2 - 2,2697x + 495,29$; контроль фаршу з м'яса курятини ТБ Амстор $y = 0,0028x^2 - 2,224ix + 463,93$; фарш з філе $y = 0,003x^2 - 2,5414x + 560,82$, фарш з суміші філе+м'яса гомілки $y = 0,0027x^2 - 2,3338x + 515,6$

Графічні залежності в'язкості фаршів з різних видів м'яса курятини підтверджують, що критерій хімічного складу впливає на в'язкість фаршів.

Вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ) є одним з найважливіших якісних показників. Від здатності зв'язувати воду залежать такі властивості як соковитість, ніжність, втрати при тепловій обробці, товарний вигляд. Відповідно проводилися дослідження вологозв'язуючої здатності фаршів з філе, м'яса гомілки та суміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1 курятини і порівнювалися з фаршем з м'яса курятини, що було взято за контрольний зразок. Графічні залежності наведені на рисунку 3.4.

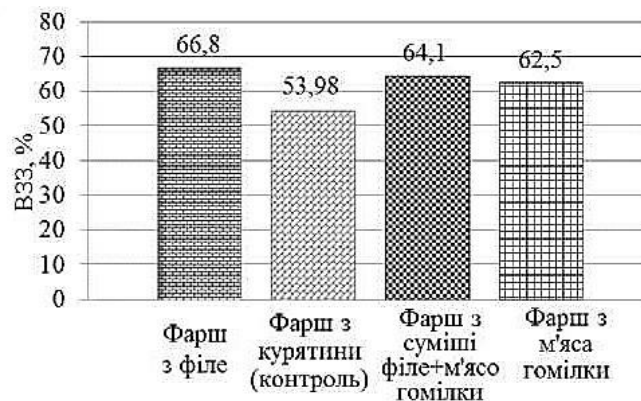


Рис. 3.4 Вологозв'язуюча здатність фаршів з різних видів м'яса курятини

В процесі роботи було визначено структура складових загальної потужності, яка використовується на проведення процесу подрібнення різних видів м'яса курятини.

Результати проведених досліджень спрямованих на уточнення структури складових потужності, що використовується на здійснення процесу подрібнення представлені на рис. 3.5.

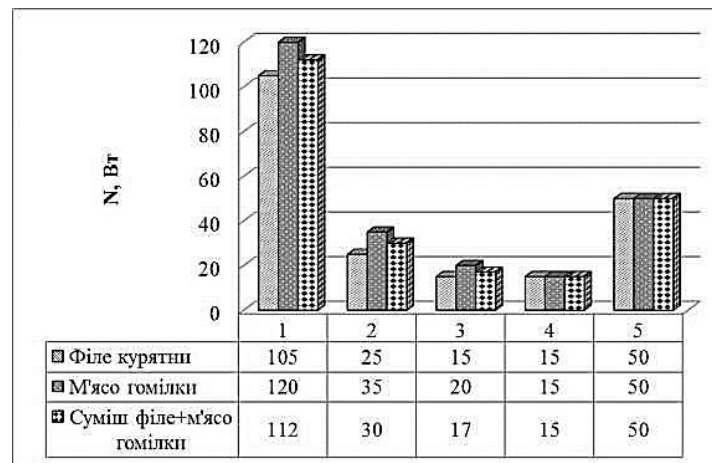


Рис. 3.5 - Структура складових потужності, що використовується для процесу подрібнення різних видів м'яса курятини на м'ясоподрібнювачі (діаметр отворів решітки 3 мм): 1 – загальна потужність ($N_{заг}$); 2 – потужність, що безпосередньо використовується на різання продукту в площині різання ($N_{різ}$); 3 – потужність, що використовується шнеком; 4 – потужність, що використовується для подолання сил тертя ($N_{тер.}$); 5 – потужність роботи привода ($N_{пр.}$)

Аналізуючи результати досліджень можна відзначити, що структура складових потужності для різних продуктів має істотні відмінності.

При подрібненні м'яса гомілки, яке містить значну кількість з'єднувальної тканини, представленої у виді розгалуженої структури пучків колагенових і еластинових волокон, питома витрата потужності різання $N_{різ}$ складають від 28 до 32% загальної потужності процесу, в залежності від вмісту в ній з'єднувальної тканини. При цьому потужність споживана на транспортування продукту шнеком N^{TM} складає лише 16...20% від загальної потужності.

У випадку подрібнення м'яса філе курятини складова потужності, що використовується на його просування шнеком до різальних органів $N_{шн}$ та на

подолання сил тертя ножів і решіток у площині контакту опорних граней ножів і робочих поверхонь решіток $N_{тер}$ рівні і в сумі складають 14.. .16%, в той час як $N_{різ}$ складає лише 20...24% від загальної потужності.

Отже, аналізуючи вищенаведене та графічні залежності енергоспоживання процесу подрібнення різних видів м'яса курятини (рис. 3.7) найбільші витрати відбуваються при подрібненні м'яса гомілки, а найменші при подрібненні філе курятини.

Дисперсність м'ясних фаршів одна з реологічні властивостей, яка має значний вплив на вологозв'язуючу здатність і деформацію. Показники досліджень зображені на рисунку 3.8.

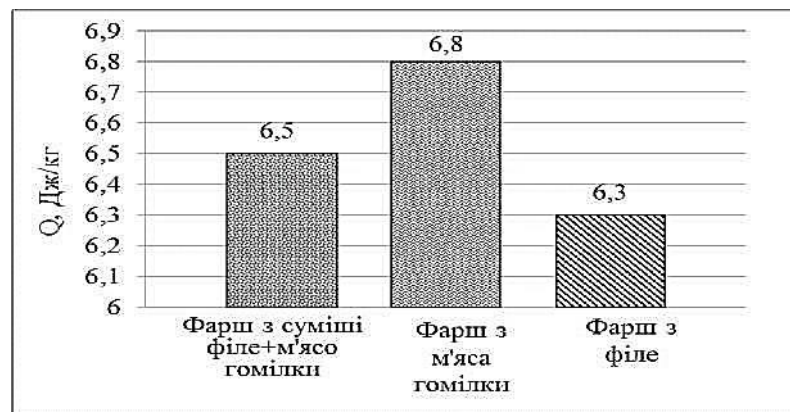


Рис. 3.7 Енергоємність процесу подрібнення різних видів м'яса курятини

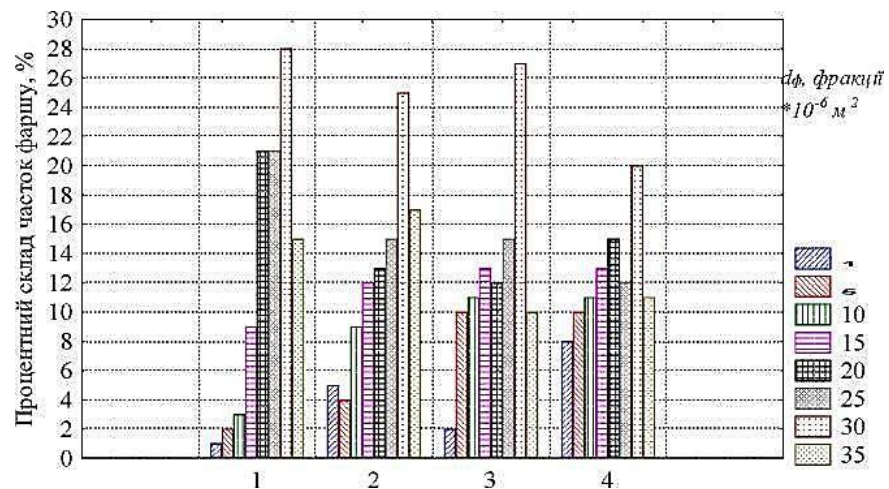


Рис. 3.8 Дисперсність фаршу з м'яса курятини 1 – фарш з філе; 2 – фарш з м'яса гомілки; 3 – фарш з суміші філе+м'ясо гомілки; 4 – фарш з м'яса курятини (контроль)

З аналізу рисунка 3.8 спостерігаємо, що у м'ясі курятини (контроль) дисперсних часток розміром 0,4-1 мм міститься найбільше у порівнянні з

іншими видами фаршу, а саме доля цих часток від загальної маси складає 8%. У фарші з м'яса гомілки частка даної фракції складає 5% і найменше значення має фарш з філе – 1. Аналізуючи графічні дані бачимо, що у контрольному фарші усі розміри часток мають майже однаковий процентний вміст. Це обумовлено процесом подрібнення, а саме взаємодією швидкості обертання приводного вала і взаємній роботі ножової решітки і ножа.

Графічна залежність розрахункових даних коефіцієнту неоднорідності наведена на рисунку 3.9.

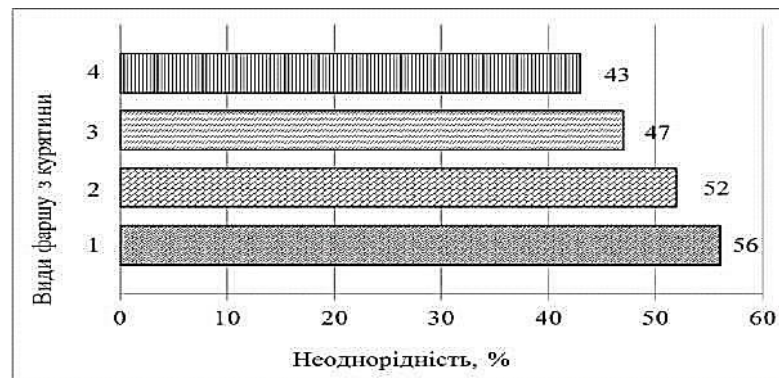


Рис. 3.9 - Коефіцієнт неоднорідності фаршів з м'яса курятини 1 – фарш з курятини (контроль); 2 – фарш з суміші філе+м'ясо гомілки; 3 – фарш з м'яса гомілки; 4 – фарш з філе

Найбільший показник коефіцієнту неоднорідності має фарш з курятини (контроль), це обумовлено значним вмістом часток фаршу великого і мілкового розмірів. Найкращий показник коефіцієнту неоднорідності має фарш з філе, в даному фарші переважають частки розміром від 20 до $30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Усі вище наведені дослідження підтверджують вплив фізико-хімічних властивостей м'яса курятини та конструктивних параметрів м'ясоподрібнювальних машин на якість процесу подрібнення і реологічні властивості фаршів.

Отже, для знаходження оптимальних умов процесу подрібнення, при яких реологічні властивості фаршів набудуть найкращих значень, нами була виявлена зацікавленість розширення діапазону використання конструктивних параметрів і дослідження їх впливу на структурно-механічні, фізико-хімічні властивості фаршів з м'яса курятини і технологічні параметри процесу

подрібнення.

3.2. Вплив умов процесу подрібнення курячого м'яса на його структурно-механічні характеристики

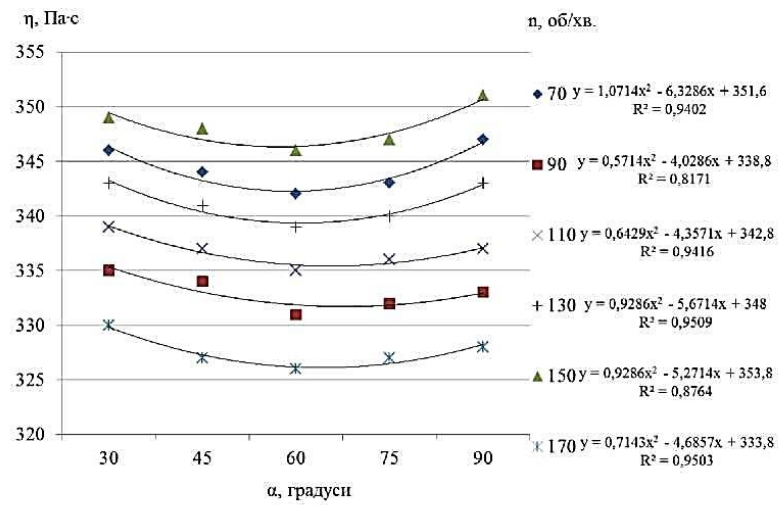
Таблиця 3.4

Діаметр отворів решітки, мм	Деформаційні показники фаршів, %				
	Напруження на фарш, 50 Па				
	Умовно-миттєва істинно пружна деформація Y_0	Еластична деформація Y_e	Пружна деформація $Y_{пр}$	Залишкова деформація $Y_{п}$	Загальна деформація Y_m
З філе курятини					
3	1,40±0,12	3,10±0,10	4,50±0,13	7,85±0,11	12,35±0,10
4,5	1,4±0,10	1,72±0,10	3,12±0,11	8,21±0,11	11,33±0,12
6	0,93±0,1	1,50±0,12	2,43±0,11	4,48±0,11	6,94±0,11
З м'яса гомілки курятини					
3	2,03±0,10	2,31±0,11	4,34±0,13	10,97±0,10	15,31±0,15
4,5	2,025±0,11	2,28±0,11	4,301±0,11	9,50±0,13	13,8±0,12
6	1,52±0,11	1,98±0,10	3,5±0,11	5,77±0,10	9,27±0,11
З суміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1					
3	1,74±0,11	2,12±0,12	3,87±0,11	10,77±0,11	14,57±0,12
4,5	2,01±0,11	2,20±0,12	4,21±0,11	8,08±0,13	12,29±0,12
6	0,90±0,11	1,29±0,13	2,19±0,12	2,25±0,12	4,44±0,11

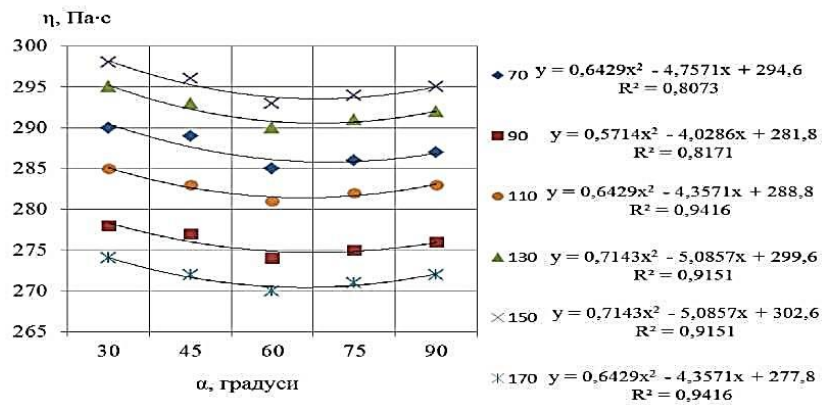
Можна зазначити, що найбільша ступінь руйнування структури спостерігається у фарші з м'яса гомілки при використанні усіх видів решіток. Це пояснюється будовою тканини та її хімічним складом. Збільшення вологи на 1,6% та зменшення жиру на 1,74% і білку на 0,95% призводить до того, що під дією напруги в шматочках фаршу, не залежно від розміру, швидше відбувається втрата астматично зв'язаної вологи. Волога під дією напруги нагрівається і частково розтоплює крапельки жиру в фарші, що обумовлено швидшої денатурації білку і збільшенню деформаційного стану фаршів.

Отримані результати доказують суттєвий вплив діаметру отворів решіток на деформаційну поведінку фаршів з різного виду м'яса курятини.

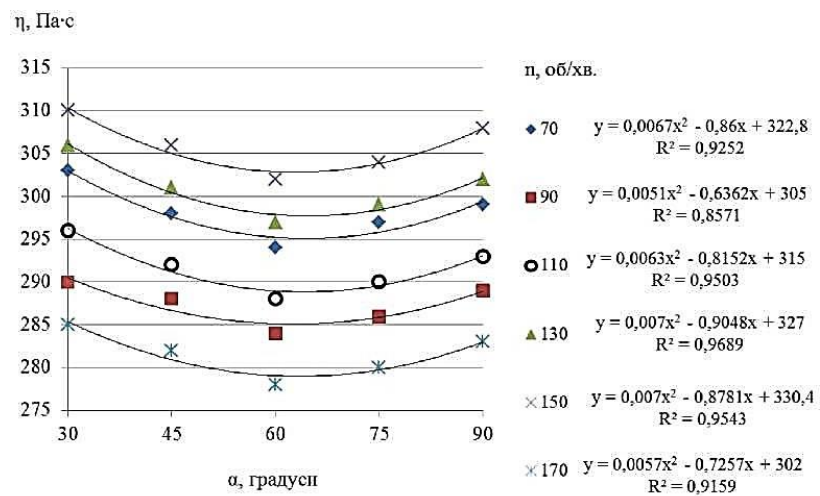
На рисунку (3.13, а, б, в) представлено дослідження в'язкості фаршів з м'яса курятини в залежності від швидкості обертання шнека та кута нахилу кромки ножа.



a)



б)



в)

Рис. 3.13 - Залежність в'язкості структури фаршу з філе (а), м'яса гомілки (б) та суміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1 (в) під впливом напруги в залежності від швидкості обертання шнека та кута нахилу кромки ножа

Аналізуючи графічні залежності в'язкості фаршів з м'яса курятини можна зробити висновок, що подрібнюючи усі види м'яса курятини зі швидкістю обертання шнека (n) 70 об/хв. і кутом нахилу кромки ножа (α) 30° в'язкість фаршів має найбільші значення у порівнянні з іншими конструктивними параметрами обладнання. Подальше незначне збільшення n – 90 об/хв і застосування α від 45 до 75 градусів призводить до зменшення в'язкості фаршів. Найбільше значення в'язкості, а саме здатності структури фаршу чинити опір відносному зміщенню його шарів або часток для різних видів фаршу з м'яса курятини спостерігається при n – 150 об/хв., а саме фаршу з філе в'язкість становить – 351 Па·с, фаршу з м'яса гомілки – 298 Па·с, фаршу з суміші філе+м'ясо гомілки – 310 Па·с.

Можна стверджувати, що швидкість обертання шнека має вплив на в'язкість усіх видів фаршу з м'яса курятини.

На споживні властивості готових січених виробів, величину втрат при тепловій обробці та вихід продукції, безперечно, впливає такий показник, як вологозв'язуюча здатність (B_{33}) [22].

За даними [50], в процесі подрібнення швидкість обертання шнека впливає на вологозв'язуючу здатність фаршів. Вчені стверджують, що раціональна швидкість обертання шнека призводить до невеликого збільшення температури фаршу, що спонукає зменшенню втрати вологи і отриманню продукції високої якості.

Результати дослідження B_{33} фаршів, наведені з урахуванням похибки експерименту $P < 0,05$, представлені та рисунку 3.14.

Отримані результати свідчать, що найкраща B_{33} усіх видів фаршу з м'яса курятини спостерігається при застосуванні n – 150 об/хв., а саме у фарші з філе

– 65,4%, у фарші з м'яса гомілки – 65%, а у фарші з суміші філе+м'ясо гомілки вологозв'язуюча здатність – 65,5%. Але використовуючи мінімально допустиму n – 70 об/хв. B_{33} фаршів також має високі показники. Найбільша B_{33} у порівнянні з іншими видами фаршу з м'яса курятини помічається у фарші з філе.

Найменший показник B_{33} у фарші з м'яса гомілки обумовлений меншим вмістом білків, більшим вмістом жиру і з'єднувальної тканини, які не в змозі

утримувати вологу, яка вивільнюється під час процесу подрібнення.

В подальшому досліджували, як змінюється енергоємність під час процесу подрібнення видозмінюючи швидкість обертання шнеку та силу подачі сировини. Графічні залежності представлені на рис. 3.15 - 3.17.

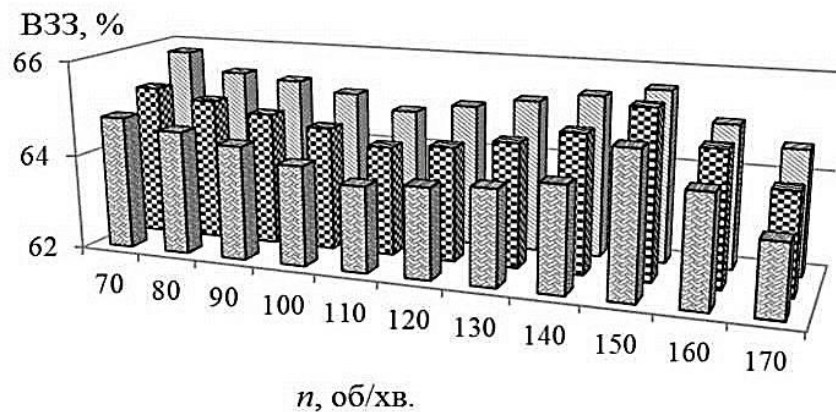


Рис. 3.14 - Залежність вологозв'язуючої здатності фаршів з м'яса курятини від частоти обертання шнека

Найменший показник B_{33} у фарші з м'яса гомілки обумовлений меншим вмістом білків, більшим вмістом жиру і з'єднувальної тканини, які не в змозі утримувати вологу, яка вивільнюється під час процесу подрібнення.

В подальшому досліджували, як змінюється енергоємність під час процесу подрібнення видозмінюючи швидкість обертання шнека та силу подачі сировини. Графічні залежності представлені на рис. 3.15 - 3.17.

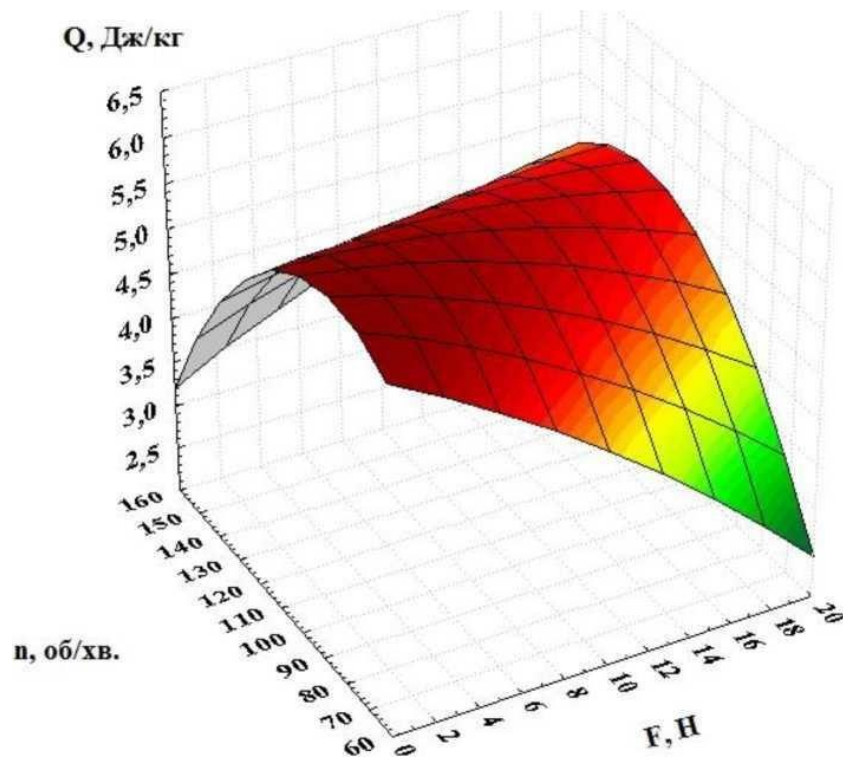


Рис. 3.15 - Енергоспоживання під час процесу подрібнення від сили подачі сировини і частоти обертання шнека для фаршу з філе курятини

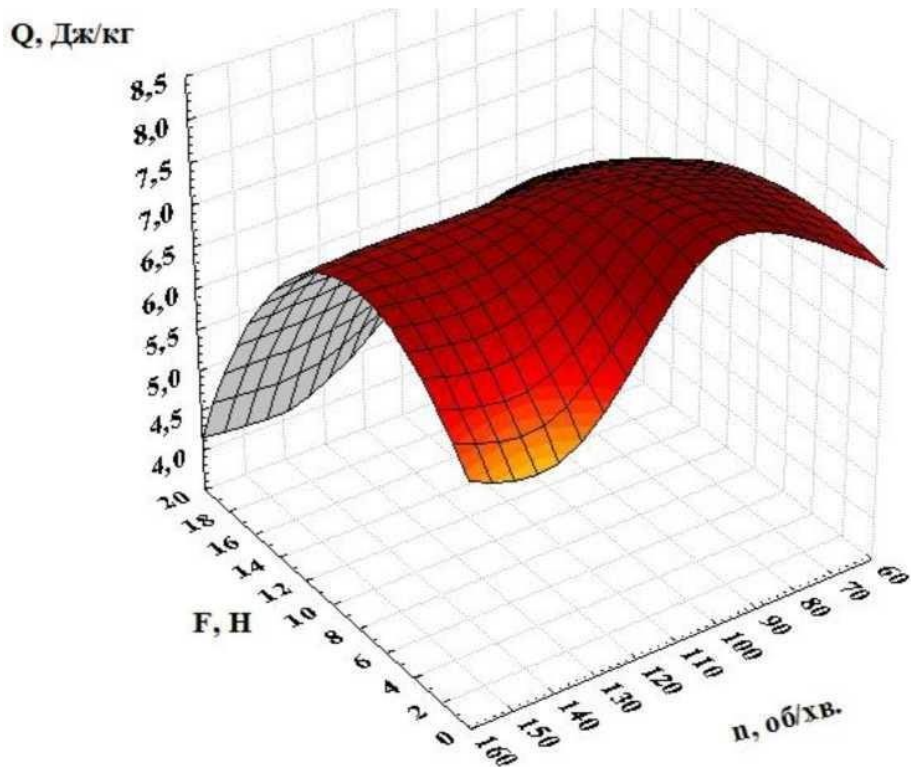


Рис. 3.16 - Енергоспоживання під час процесу подрібнення від сили подачі сировини і частоти обертання шнека для фаршу з м'яса гомілки курятини

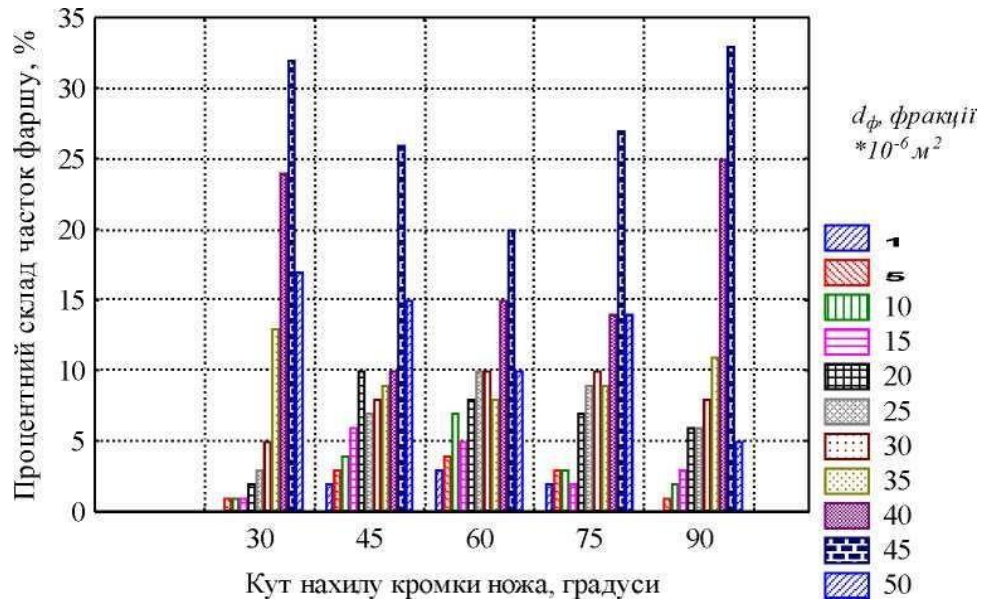


Рис. 3.19 - Дисперсність фаршу з філе курятини під час варіювання кута нахилу кромки ножа і діаметра отворів решітки $d = 4,5 \cdot 10^{-3}$ м

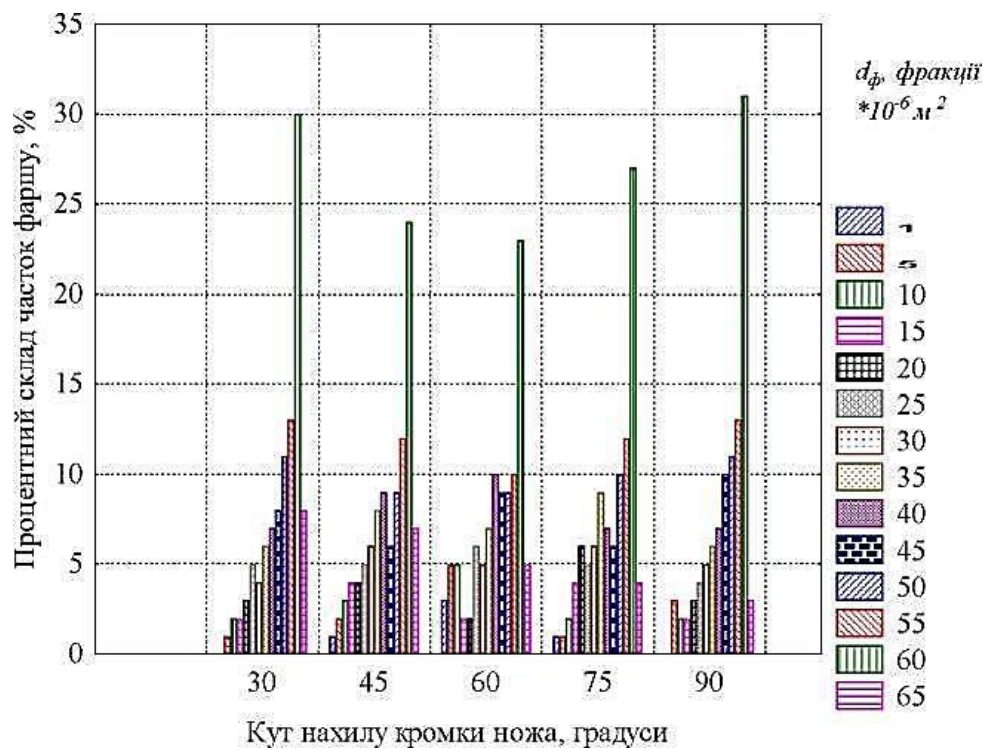


Рис. 3.20 - Дисперсність фаршу з філе курятини під час варіювання кута нахилу кромки ножа і діаметра отворів решітки $d = 6 \cdot 10^{-3}$ м

На розмір м'ясних часток впливає діаметр отворів ножових решіток: при подрібненні усіх видів м'яса курятини в зоні різання відбувається суттєве його стиснення, яке й обумовлює збільшення розмірів м'ясних часток після їх виходу

з отворів ножової решітки.

Коефіцієнт неоднорідності складу часток м'ясного фаршу – розрахункова величина за допомогою якої можна характеризувати якість подрібнення. Даний показник досліджувався при змінюванні кута нахилу кромки ножа і діаметра отворів ножової решітки. Результати наведені на рисунках 3.21, 3.22.

При аналізі графічної залежності коефіцієнту неоднорідності (рис. 3.21), можна стверджувати, що при використанні кута нахилу кромки ножа 30 градусів фарш з різних видів м'яса курятини за своєю структурою найбільш однорідний і має майже однаковий розмір м'ясних часток.

Використання ножів з кутом нахилу кромки ножа 60 та 75 градусів, призводить до отримання часток м'ясного фаршу неоднакового розміру. Спостерігаються м'ясні частки як великого так і зовсім малого розміру рваної форми. Це обумовлено силою різання даних ножів. Хоча і відбувається ковзне різання м'яса, але воно невелике, та на периферії ще й знижується (ковзна сила різання на периферії ножа менша ніж на початку кромки ножа). Ефективність різання даних ножів невисока, що спонукає накопиченню неподрібненої сировини на кінцях кромки ножа, яка ущільнюється, перетирається, розривається, що призводить до збільшення денатурації білків, значній втраті осматично-зв'язаної вологи та неоднорідності фаршів.

Аналізуючи рис. 3.28 можна стверджувати, що при подрібненні м'яса курятини з діаметром отворів решітки $6 \cdot 10^{-3}$ отриманий фарш за своєю структурою більш однорідний. Розмір його м'ясних часток знаходиться в одній розмірній величині.

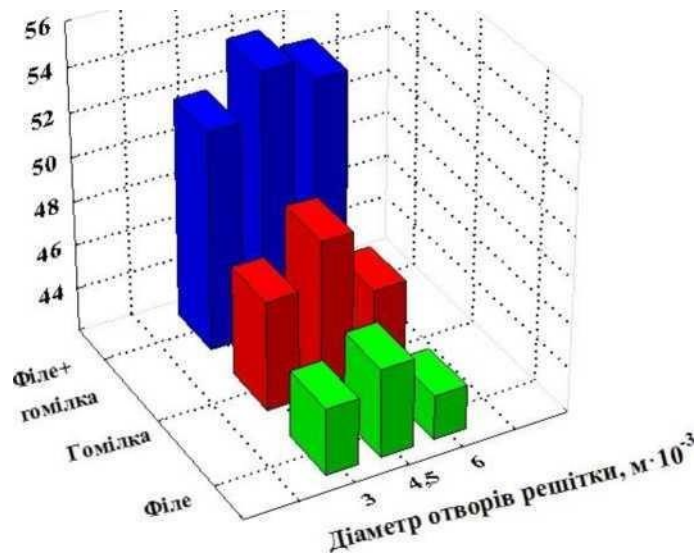


Рис. 3.22 - Коефіцієнт неоднорідності фаршів від діаметру отворів решітки

Найбільша неоднорідність усіх видів фаршу з м'яса курятини спостерігається при подрібненні з отворами решіток діаметр яких дорівнює $4,5 \text{ м} \cdot 10^{-3}$.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що фізико-хімічний склад м'яса курятини та умови перебігу процесу подрібнення: $n - 70$ та 150 об/хв., $d - 3$ і $6 \cdot 10^{-3}$ м, $F - 5$ і 15 Н та $a - 30$ і 90 градусів впливають на структурно-механічні показники якості отриманих фаршів та фарші набувають найкращих реологічних властивостей і в процесі подрібнення енергоспоживання мінімальне у порівнянні з іншими параметрами процесу.

Для визначення оптимальних умов процесу подрібнення, які забезпечують високу якість кінцевого продукту був спланований активний експеримент.

3.3. Комплексний показник якості об'єктів процесу подрібнення

Відповідно до принципів кваліметрії, значення одиничного показника якості і якості продукції в цілому має бути оцінене шляхом порівняння з базовим або еталонним значенням. Ця оцінка є безрозмірною величиною. Існують різні способи отримання оцінок, але найбільш перспективним вважається спосіб, заснований на застосуванні безрозмірної шкали Харрінгтона [47], яка передбачає 5 інтервалів, в загальному інтервалі шкали від

1 до 0: 1,00...0,80 – дуже добре (відмінно); 0,80...0,63 – добре; 0,63...0,37 – задовільно; 0,37...0,20 – погано; 0,20...0,00 – дуже погано.

При проведенні оцінки якості використовуємо шкалу кодovаних значень від +3 до -3. Інтервали вказаних оцінок відповідатимуть таким інтервалам кодovаних значень: відмінна якість – від +3,0 до +1,5; добра – від +1,5 до +0,85; задовільна – від +0,85 до 0,0; погана – від 0,0 до -0,5; дуже погана – від -0,5 до -0.

Нульове кодovане значення відповідає допустимому по НД абсолютному значенню показника властивостям з відносним показником 0,37.

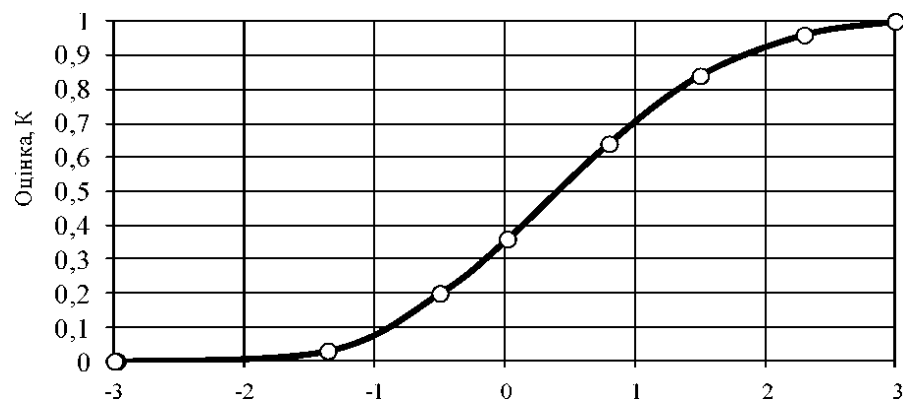


Рис. 3.25 - Графік визначення оцінок нормованих показників якості

Таким чином, використовуючи безрозмірну шкалу Харрінгтона, значення одиничних показників будуть дорівнювати: $P_{\text{ет}}$ (еталонного) 1,00, $P_{\text{доп}}$ (допустимого) 0,37 і $P_{\text{ібр}}$ (бракувального) 0,00. А кодovані значення i -го абсолютного показника якості (Y_i) будуть мати значення еталонного $Y_{\text{т}} = +3$; допустимого $Y_{\text{щоп}} = 0,0$; бракувального $Y_{\text{ібр}} = -3$.

За еталонне значення $P_{\text{ет}}$ (з оцінкою 1,0) прийнято середнє теоретичне значення цих показників. За мінімально допустиме значення з оцінкою 0,37 було прийнято найменше значення показника, що зустрічається в літературних джерелах при дослідженні м'ясних фаршів. З урахуванням функції рівномірності шкали, а також з практичних і логічних міркувань обирався інтервал значень показників між оцінками 1,00 та 0,37 і нижче ніж 0,37. Інтервал значень показників між оцінками

1,00 і 0,37 а також між 0,37 і 0,00 був вибраний з урахуванням забезпечення рівномірності шкали, а також з практичних і логічних міркувань.

Таким чином, значення показників з оцінкою нижче 0,37 – це ті, що не відповідають вимогам ДСТУ 46.020-2002.

На стадіях процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини і оцінки її якості доцільно застосовувати ієрархічну структуру властивостей невеликої висоти (один - два рівні), але досить широку, що дозволить вивчити механізм формування тих або інших показників якості в технологічному процесі і знайти оптимальні умови його проведення.

На рис. 4.2 представлена розроблена нами ієрархічна структура показників якості фаршу з м'яса курятини.



Рис. 3.26 - Структура параметрів якості фаршу з м'яса курятини

Відносні значення показників якості K_y визначали графічним методом з

використанням кривої (рис. 4.1), яка побудована по таблиці 4.3 Для цього розроблена шкала вузлових значень абсолютних показників якості.

У таблиці 4.3 приведені вузлові значення для фаршу з м'яса курятини. Значення показників, на які діючої НД введені обмеження, виділені жирним. Розробимо вузлові значення для фаршу з м'яса курятини, до яких відносяться показники: органолептичні; фізико-хімічні; мікробіологічні; інші показники. Група органолептичних показників представлена наступними показниками: зовнішній вигляд; вид на розрізі; колір; запах (свіжість). Група фізико-хімічних показників складається з наступних показників: масова доля білку; масова доля жиру; масова доля вологи [9-11].

Таблиця 3.12

Шкала вузлових значень показників якості фаршу з курятини

Назва показника, одиниця виміру	Оцінка K_i					
	1,00	0,80	0,63	0,37	0,20	0,00
	Кодоване значення У					
	3,00	1,50	0,85	0,00	-0,50	-3,00
1	2	3	4	5	6	7
Фізико-хімічні показники						
МД білка, %	19	18	17	11	8	4
МД жиру, %	9	17	30	50	55	60
МД вологи, %	73	70	68	60	50	40
ВЗЗ фаршу, %	72	66	63	60	50	40

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7
Процентний склад м'ясних частин при тонкому подрібненні, розмір яких складає $0,4-1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, %	5	10	15	25	30	40
Процентний склад м'ясних частин при дрібному подрібненні, розмір яких складає $1-1040^{-6} \text{ м}^2$, %	90	80	70	50	30	10
Процентний склад м'ясних частин при середньому подрібненні, розмір яких складає $10-6040^{-6} \text{ м}^2$, %	5	10	15	25	45	55
Коефіцієнт неоднорідності подрібнення фаршу	30	40	50	60	70	80
Структурно-механічні показники						
В'язкість, Па ^с	350	300	250	200	100	50
Деформація, %	1	5	8	10	30	45
Органолептичні показники						
Зовнішній вигляд, бал	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Колір, бал	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Вид фаршу на розрізі, бал	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Запах, бал	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
Мікробіологічні показники						
Кількість МАФанМ, КУО в 1 г продукту	0	0	V10⁶	V10⁷	1M0500 ⁷	1M0 ⁸
Патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду Salmonella, в 25 г продукту	0	0	0	0	5	10
Бактерії групи кишкових паличок в 0,001	0	0	0	0	5	10
Токсичні елементи						
Свинець, міліграм/кг	0,00	0,15	0,30	0,50	1,00	1,50
Кадмій, міліграм/кг	0,00	0,02	0,03	0,05	0,10	0,15
Миш'як, міліграм/кг	0,00	0,03	0,07	0,10	0,20	0,30
Ртуть, міліграм/кг	0,00	0,01	0,02	0,03	0,08	0,13
Мідь, міліграм/кг	0,0	1,5	3,0	5,0	8,0	11,0
Цинк, міліграм/кг	0,0	25	45	70,0	90,0	110,0
Радіонукліди						
Цезій, Бк/кг	0	70	170	200	250	300
Стронцій, Бк/кг	0	5	15	20	25	30
Технологічні показники						
Енергоспоживання, Дж/кг	4,5	5	5,5	6	7,0	7,5

Виходячи з логічних і практичних міркувань, а також урахувавши бажання рівномірності зміни значень параметру, були прийняті вузлові значення параметру від оцінки «задовільно» до «добре», від «добре» до «відмінно» та від «погано» і «дуже погано».

З проведених досліджень було виявлено і підтверджено, що на якість фаршу і самого процесу подрібнення впливають додаткові показники, а саме:

- технологічні (енергоспоживання);
- структурно-механічні (в'язкість; деформація);
- фізико-хімічні (ВЗЗ фаршу; коефіцієнт неоднорідності подрібнення фаршу; процентний склад м'ясних часток при тонкому подрібненні, розмір яких складає $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$; процентний склад м'ясних часток при дрібному подрібненні, розмір яких складає $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$).

Коефіцієнти вагомості визначали розрахунковим методом за методикою, викладеною в [47].

Згідно з результатами розрахунку група фізико-хімічних показників отримала коефіцієнт ваговитості $m_{ij} = 0,329$, група структурно-механічних – $m_{ij} = 0,260$, група технологічних – $m_{ij} = 0,411$, в конкретних умовах, використовується методика визначення коефіцієнта ваговитості є неостаточною, а попередньою, тому приймаємо рішення по уточненню за рахунок експертного методу.

Таблиця 3.14

Оцінки показників якості фаршу з м'яса курятини

Назва показника, одиниця виміру	Базовий p_{ij}^i	Коефіцієнт вагомості m_{ij}	Коефіцієнт вагомості m_j
Фізико-хімічні показники	220,000	0,329	0,45
Волозв'язуюча здатність фаршу, %	60	0,041	0,15
Відсотковий склад м'ясних частин при тонкому подрібненні, розмір яких складає $0,4-1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, %	25	0,099	0,05
Відсотковий склад м'ясних частин при дрібному подрібненні, розмір яких складає $2-10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, %	50	0,049	0,05
Відсотковий склад м'ясних частин при середньому подрібненні, розмір яких складає $10-60 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, %	25	0,099	0,05
Коефіцієнт неоднорідності подрібнення фаршу	60	0,041	0,15
Структурно-механічні показники	210,000	0,260	0,25
Деформація, Па	10	0,247	0,10
В'язкість, Па·с	200	0,013	0,15
Технологічні показники	6	0,411	0,30
Енергоспоживання, Дж/кг;	6	0,411	0,30
	436,000	1,000	1,000

Використовуємо найпоширеніший метод – метод переваг [47], який зводиться до того, що експерти нумерують вагомість усіх показників в порядку їх переваги так, щоб найбільш важливий з них отримав вагомість під номером 1, наступний по важливості – номер 2 і так далі. Потім здійснюємо розрахунок середньої арифметичної величини по кожному показнику з урахуванням думки усіх експертів.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Виконання і ступінь захисту електроустаткування, електроапаратури зазначають в нормативних документах (НД) на конкретне обладнання. Електроустаткування має мати пристрої чи механізми, які забезпечують:

- зупинення у разі виникнення небезпеки і (за потреби) реверсування рухів;
- вимкнення від джерела живлення.

Обов'язковим є передбачити захист електродвигунів від перевантажень і короткого замикання за допомогою автоматичних вимикачів або теплових реле. Припинення, повторне ввімкнення енергопостачання не повинні призводити до небезпечних ситуацій.

Електроустаткування треба захищати від спонтанного ввімкнення приводу при відновленні перерваної подачі електроенергії. Електрообладнання, що підживлює кабелі й проводи, призначені для керування устаткуванням, за винятком пристроїв, що мають закріплюватися на устаткуванні, переносять в окремі шафи або ніші, що закриваються за спеціальними ключами.

Для живлення ланцюгів керування технологічним устаткуванням, установленим в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях підвищеної небезпеки, ланцюгів керування пересувного устаткування і для живлення ручних інструментів використовують напругу, що не перевищує 42 В [2, 35].

Для стаціонарно встановлених машин і апаратів можна застосувати напруги не більше ніж 110 В постійного і не більше як 220 В змінного струму. Оболонки електричних апаратів, розташованих безпосередньо на машинах (у тому числі електроблокувальних пристроїв), повинні мати ступінь захисту не нижче за IP55 – в особливо небезпечних приміщеннях і IP54 – у приміщеннях підвищеної небезпеки [2].

Для відведення пилу, легкозаймистих або вибухонебезпечних сумішей повинна бути передбачена самостійна вентиляційна система. Підключення до загальної вентиляційної системи не допускається. Корпуси машин і апаратів, що мають електроустаткування або електропроводку, повинні мати захисне заземлення або занулення. Устаткування, в якому використовуються пожежо-

вибухонебезпечні речовини, повинне оснащуватися засобами контролю за умовами безпеки і пристроями, що захищають технологічні процеси у разі виникнення пожежі або вибуху.

Таке устаткування має бути обладнане протиаварійними пристроями: клапанами, автоматичними системами придушення вибухів тощо. За будь-якого способу ручного керування на кожній машині, що входить до складу технологічної лінії, передбачається аварійна кнопка «Стоп». На транспортних пристроях такі кнопки мають розміщуватися в місцях пуску цих пристроїв і через кожні 10 м, якщо довжина транспортних пристроїв перевищує 10 м. Загальні вимоги до захисних засобів передбачені. Усі рухомі, обертові і виступні частини устаткування допоміжних механізмів, якщо вони є джерелом небезпеки для людей, мають бути надійно обгороджені або розташовані так, щоб унеможлиблювалося травмування обслуговуючого персоналу.

Конструкція і розташування засобів захисту не повинні обмежувати технологічні можливості устаткування і мають забезпечувати зручність експлуатації і технічного обслуговування. Конструкція засобів захисту має забезпечувати можливість контролю виконання захисної функції до початку й у процесі функціонування устаткування. Знімні, відкидні і розсувні огороження робочих органів.

Легкознімні огороження устаткування блокують з пусковими пристроями електродвигунів для їхнього вимкнення і запобігання пуску при відкриванні або знятті огорожень. Небезпечні зони робочих органів, які конструктивно неможливо відгородити, повинні мати безконтактне блокування

Сигнальні пристрої, що попереджають про небезпеку, слід виконувати і розташовувати так, щоб можна було розрізнити і чути сигнали у виробничій обстановці. Укладання і кріплення електропроводки мають унеможливити її пошкодження, перегрівання, вплив агресивних середовищ і виконуватися без натягу проводу

Монтажні й ремонтні роботи на переробних підприємствах як і в цілому, забороняється здійснювати на працюючому обладнанні, а також за наявності 65

пожежовибухонебезпечних речовин. Для теплоізоляції устаткування потрібно застосовувати тільки неспалимі або важкозаймісті матеріали. Під час транспортування устаткування має бути обладнане пристроєм стропування. Складові устаткування масою понад 16 кг повинні транспортуватися на робочі місця вантажопідіймальними засобами, при цьому на них повинні бути позначені місця для приєднання вантажопідіймальних засобів.

Устаткування перевозять на автомобільному або залізничному транспорті, воно не має виходити за межі встановлених габаритних розмірів. Складальні одиниці устаткування, що при завантаженні (розвантаженні), транспортуванні і зберіганні можуть мимовільно переміщатися, повинні мати пристрої для їхньої фіксації у визначеному положенні..

Загальні вимоги санітарії на м'ясопереробних підприємствах Конструкція устаткування, яке застосовують на м'ясопереробних підприємствах має забезпечувати захист продуктів, які виготовляються від зовнішніх забруднень, унеможливлувати винесення продукту і забруднення навколишнього середовища, а також забезпечувати повне спорожнювання, якісне очищення, запобігати застою продукту й утворенню вогнищ гниття, що можуть призвести до зміни його властивостей.

Усі поверхні такого обладнання повинні бути доступні для санітарного оброблення і контролю. У конструкції устаткування не повинно бути місць, що не промиваються, або поверхонь, що стикаються з продуктом, глухих «кишень», технологічно необґрунтованих перегородок, сходинок, кромek, різких звужень поперечного перерізу. Конструкція устаткування із замкнутою системою санітарного оброблення має забезпечувати можливість періодичного розбирання для ручного очищення і контролю. Конструкція устаткування продовольчої зони має забезпечувати цілісність конструктивних елементів.

Не допускається з'єднання внапусток, застосування заклепок, болтів і переривчастого зварювання. Чани, ванни, лотоки, жолоби, металеві технологічні ємкості повинні мати гладеньку поверхню, що легко очищається, без щілин, зазорів, які ускладнюють санітарне оброблення. Ущільнювальні пристрої валів,

що відокремлюють зони, повинні унеможливити потрапляння м'ясного соку (фаршу, мийних засобів та ін.) у механізм приводу і мастильних матеріалів у продукт [2].

Устаткування для переробних м'ясопродуктів необхідно виготовляти з матеріалів, дозволених Міністерством охорони здоров'я України, або воно повинне мати покриття, що не спричинює шкідливого впливу на продукт, який переробляється. Обладнання має бути стійким до корозії, не вступати в хімічні сполуки і бути стійким до впливу мийних лужних розчинів, що містять хлор. У продовольчій зоні забороняється застосовувати свинець, цинк, мідь, а також сплави і покриття з них, покриття з кадмію, нікелю, хрому, емалей, пінопластів, пластмас на основі фенолформальдегіду, матеріали, що містять скловолокно, азбест, вироби з деревини (за винятком дощок з міцної деревини для оброблення продуктів), кераміки, скла, лакофарбових покриттів [2,35].

Конструкційні матеріали під час чищення і дезінфекції устаткування мають бути стійкими до хімічного, теплового і механічного впливу. Колір конструкційного матеріалу не повинен впливати на оцінювання стану продукції і заважати виявленню забруднень на ньому. При виготовленні металоконструкцій виробничої зони (рам, станин тощо) слід застосовувати профілі замкнутого перерізу. Порожнини труб у металоконструкціях мають бути закриті зварюванням або стикуванням із плоскими поверхнями. Розміщення устаткування відносно підлоги, стін, перекриття, з'єднання 67 устаткування трубопроводами, зв'язок із виробничою каналізацією не повинні перешкоджати санітарному обробленню і контролю, а також бути джерелом забруднення продукту, що виготовляється.

Не допускається розміщення устаткування із зануренням його в підлогу. Висота розташування днища стаціонарного устаткування від підлоги повинна бути не більше як 200 мм, або устаткування має щільно без зазору, за допомогою ущільнення, прилягати до підлоги. Ізоляцію поверхонь устаткування необхідно виконувати з теплоізоляційних матеріалів, що не забруднюють атмосферу і продукт під час експлуатації, чищення й ремонту. Матеріали, виготовлені на основі скловолокна та азбесту, для теплоізоляції будь-яких поверхонь або

порожнин використовувати забороняється[2,35].

Надзвичайні ситуації воєнного часу

Сучасні засоби, які використовуються для ведення бойових дій, мають руйнівний характер і здатні не тільки зруйнувати або ушкодити окремі будівлі чи споруди, а повністю знищити велике місто або весь регіон.

Тільки добре вивчивши можливості, вражаючі фактори та засоби застосування сучасної зброї, можна організувати та здійснити захист населення й об'єктів народного господарства країни. Виходячи з цього, необхідно знати дію вражаючих факторів зброї масового ураження та сучасної звичайної зброї. Вражаючі фактори ядерної зброї.

До сучасних засобів ураження відносять зброю масового ураження – ядерну, хімічну, бактеріологічну та звичайні засоби нападу. Ядерною називається зброя, вражаюча дія якої обумовлена енергією, що виділяється під час протікання ядерних реакцій поділу та синтезу.

Величезна кількість енергії, що вивільняється в момент вибуху, витрачається на створення ударної хвилі, світлового випромінювання, проникаючої радіації, радіоактивного забруднення місцевості та навколишнього середовища, електромагнітного імпульсу. Всі ці показники називаються вражаючими факторами ядерного вибуху.

Хімічна зброя та її вражаюча дія. Хімічною зброєю називають отруйні речовини та засоби їхнього застосування – авіаційні бомби, артилерійські снаряди, реактивні снаряди тощо.

Отруйні речовини (надалі ОР) можна класифікувати за різними ознаками, наприклад, за їх фізико-хімічними властивостями та за токсичністю. За фізико-хімічними властивостями ОР поділяються на стійкі, нестійкі та 69 отруйні димові речовини. Стійкі ОР зберігають свою вражаючу дію на ґрунті й місцевих предметах від декількох годин до кількох діб. Типовими представниками цієї групи ОР є зоман, V-гази, іприт. Нестійкі ОР при бойовому застосуванні зберігають вражаючу дію від кількох хвилин до декількох годин. Типовими представниками є синильна кислота, фосген.

Отруйні димові речовини застосовують в аерозольному стані у вигляді диму для забруднення атмосфери. Типовими представниками цієї групи ОР є подразнюючі ОР. Їх часто використовують при виконанні поліцейських функцій. За токсичністю ОР поділяються на такі групи: нервово-паралітичної дії (зарин, зоман, V-гази); шкіряно-наривної дії (іприт); загальноотруйної дії (синильна кислота, хлорціан); задушливої дії (фосген, дифосген); психохімічної дії (BZ, ЛСД-25); подразливої дії (CS, хлорацетофенон, адамсит). При бойовому застосуванні отруйні речовини можуть уражати незахищених людей та тварин, а також забруднювати місцевість, споруди, техніку, продовольство, воду. Отруйні речовини нервово-паралітичної дії впливають на нервову систему, викликаючи судороги, звуження зіниць, втрату свідомості та смерть.

ОР шкіряно-наривної дії здійснюють вплив через шкіру й слизові оболонки. Потрапляючи у кров, вони розповсюджуються по всьому організму, викликаючи отруєння. ОР загальноотруйної дії потрапляють в організм через органи дихання й травлення. При тяжкому отруєнні спостерігається розширення зіниць, судороги, параліч та смерть. ОР задушливої дії потрапляють в організм інгаляційним шляхом, тобто через легені разом з повітрям. При смертельних концентраціях спостерігається сильний набряк легенів і людина гине від задухи. ОР психохімічної дії призводять до тимчасового розладу психічної 70 діяльності людини. Можуть з'являтися слухові та зорові галюцинації, деформація простору та часу, відрив від дійсності. Усе це може призвести до немотивованих вчинків. Смертельних уражень, як правило, ці ОР не викликають.

Радіаційний і хімічний захист. Зараз в світі виробляють і використовують сотні різних небезпечних хімічних речовин (надалі НХР). На території України рятувальникам приходиться стикатися з десятками найбільш розповсюджених з них. Такі речовини можуть знаходитись в газоподібному, рідкому і твердому агрегатному станах. НХР впливають на людину комплексно, різними вражаючими факторами залежно від: фізико-хімічних і токсикологічних якостей НХР, термічної і ударної дії, виникаючої під час горіння і вибухів [4,34,40].

Необхідною умовою вражаючої дії НХР на людину є їх попадання в

організм або стикання з поверхнею тіла. В організм НХР можуть потрапити через органи дихання (інгаляційно), шлунково-кишковий тракт (перорально), шкіру (резортивно).

Основна мета радіаційного і хімічного захисту населення і територій [4,34]:

- не припустити або максимально послабити вплив радіоактивного та хімічного зараження людей і територій і таким чином виключити або зменшити ступінь їх ураження;

- створити умови для сталої роботи господарських об'єктів, транспортних, енергетичних, водо-, каналізаційних та інших мереж в умовах радіоактивного, хімічного і біологічного зараження;

- виключити або значно зменшити втрати сільськогосподарських тварин, запобігти зараженню продовольства, харчової сировини, вододжерел радіоактивними, хімічними і біологічними речовинами і засобами;

- забезпечити ефективне виконання рятувальних та інших невідкладних робіт (РІНР) на зараженій території і безпосередньо в осередках ураження.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Аналіз різних стадій розвитку економік різних країн свідчить про те, що комерційний успіх господарчих суб'єктів різних форм власності досягається шляхом цілеспрямованого постійного оновлення та модернізації обладнання, а також вдосконалення технологій та розширення асортименту виробів. Використання традиційних та нових процесів механічної переробки харчової сировини під час виробництва різних видів кулінарної продукції, попит на яку носить постійний характер, дозволяє продовжити життєвий цикл основного капіталу, інвестиції в оновлення якого незрівнянно більше витрат на їх вдосконалення.

Економічне значення будь-яких розробок визначається їх прикладним характером, тобто вони мають не тільки науково сформульовану новизну, але й доведені до стадії інженерних рішень у сфері виробництва. Новизна цих рішень є джерелом економічного ефекту, який досягається в процесі використання результатів розробок на конкретних підприємствах, які їх використовують.

Споживча вартість нових розробок полягає в спроможності знижувати вартість продукції та створювати конкурентні переваги товаровиробникові, який їх використовує. Зменшення затрат у даному випадку адекватне отриманню надприбутку, розмір і тривалість якого лежать в основі кількісної оцінки ефективності їх використання.

Під час оцінки ефективності використання модернізованих робочих органів прагнули виявити не тільки фінансову, комерційну ефективність, але й соціально- економічну. В певних випадках фінансова ефективність не відображає повну, тобто соціально-економічну ефективність. Так, забезпечення енергозбереження для країни з екологічної точки зору має більшу цінність, ніж фінансова

ефективність господарчих суб'єктів. Тому, що при виробництві електроенергії виділяється велика кількість CO₂ від величини вмісту якого в атмосфері землі пропорційна величина парникового ефекту [56].

Кількісна оцінка ефективності передбачає попереднє формулювання джерел ефекту від використання нових розробок на якісному рівні та подальше виконання конкурентних розрахунків або використання експертних оцінок.

При використанні розробленої методики для розрахунку потужності електродвигунів м'ясорубок джерелами ефекту є отримання уточнених значень потужності, що дозволяє зменшити установочну потужність електродвигунів. Так експериментально заміряні під час роботи за допомогою вимірювального комплексу К-50 значення потужності двигунів м'ясорубки ММП П-1 на 17...23% відрізняються від отриманих розрахунковим шляхом за допомогою стандартних методик, а для електродвигунів м'ясорубок МИМ-300 і МИМ-500 – на 40...50% при використанні стандартних ріжучих робочих органів. При використанні модернізованих ріжучих робочих органів похибка розрахунку збільшується до 60%.

Запропонована методика розрахунку потужності складових процесу подрібнення дозволяє для м'ясорубок з продуктивністю до 500 кг/год дозволяє отримати розрахункові значення потужності електродвигунів похибка яких не перевершує 8% для будь-якого продукті при використанні ріжучих робочих органів різного конструктивного виконання.

Джерелами ефекту при використанні вдосконаленої методики визначення дисперсного складу є зменшення трудомісткості процесу проведення дисперсного аналізу. Використання даної установки та методики дозволяє інтенсифікувати даний процес в 1,5...2,5 рази порівняно з седиментаційними методами. Окрім того використання даної установки дозволяє істотно до 70% уточнити значення типової площі поверхні фаршевих продуктів в порівняння з відомими методиками.

Розрахунок кількісного значення зниження собівартості будь-яким користувачем модернізованих робочих органів зводиться до вартісної

оцінки зниження витрат сировини та енерговитрат на одиницю продукції. Сумарна величина фінансового ефекту буде визначатися в кожному конкретному випадку рівнем діючих цін в даному регіоні, обсягом виробництва та характеристиками сировини [51].

Відносне загальне зниження витрат при використанні модернізованих робочих органів розраховується за наступною формулою:

$$\Delta B = \Delta E + \Delta M, \quad (5.1)$$

де ΔB – відносне загальне зниження витрат при використанні модернізованих робочих органів, грн;

ΔE – зниження витрат за рахунок відносного зменшення питомого енергоспоживання, кВт·год;

ΔM – зниження собівартості кулінарної продукції пов'язане з використанням сировини, яка традиційно не використовується в харчових цілях.

Зниження витрат за рахунок відносного зменшення питомого енергоспоживання за наступною формулою:

$$\Delta E = \Delta U \cdot O \cdot C, \quad (5.2)$$

де ΔU – відносне зменшення питомого енергоспоживання, кВт·год/кг;

O – обсяг переробки сировини, кг;

C – вартість 1 кВт·год ($C=0,75$ грн.).

Відносне зменшення питомого енергоспоживання розраховується за наступною формулою:

$$\Delta U = U_{ст.} - U_{м-н}, \quad (5.3)$$

де $U_{ст.}$ – питома енергоспоживання при використанні стандартних ріжучих робочих органів, кВт·год/кг;

$U_{м-н}$ – питома енергоспоживання при використанні модернізованих ріжучих робочих органів з гострими кутами заточення ріжучих країв лез ножів та гострими кутами заточення країв отворів ножових решіток, кВт·год/кг, (приймаємо за рис. 4.1).

Зниження собівартості пов'язане з використанням сировини, що

традиційно не використовується в харчових цілях розраховується за наступною формулою:

$$\Delta M = O_{н.с.} \cdot C_{н.с} - O_{н.с.} \cdot U_{м-н(н.с)} \cdot C, (5.4)$$

де $O_{н.с}$ – обсяг переробленої нетрадиційної сировини, яка виникає при переробці певного обсягу традиційної м'ясної сировини, кг;

$C_{н.с}$ – вартість переробленої нетрадиційної сировини, грн/кг;

$U_{м-н(н.с)}$ – питоме енергоспоживання при переробці одного кілограма нетрадиційної сировини при використанні модернізованих ріжучих робочих органів, кВт·год/кг.

Розрахуємо значення зниження собівартості пов'язане з використанням сировини, що традиційно не використовується в харчових цілях розраховується за наступною формулою:

$$\Delta M = 35 \cdot 10 - 35 \cdot 0,008 \cdot 0,3 = 349,9 \text{ грн}$$

Розрахуємо загальне зниження витрат при переробці 1000 кг курятини за формулою:

$$\Delta B = 0,75 + 349,9 = 350,65 \text{ грн.}$$

Таким чином, використання модернізованих робочих органів забезпечують фінансовий ефект підприємствам, що використовують їх в виробництві фаршевої продукції, а також ефект більш високого порядку – енергозбереження, що істотно впливає на екологію довкілля.

Аналізуючи результати досліджень націлені на визначення залежності питомого енергоспоживання від конструктивного виконання ріжучих робочих органів (рис. 5.1) можна відзначити, що при однократному подрібненні м'ясної сировини використання робочих органів з гострим кутом заточення ріжучих країв знижує енергоємність процесу подрібнення на 20...40%. Так при подрібненні м'ясного обрізу з використанням ріжучих робочих органів з гострим кутом заточення ріжучих країв лез ножів та країв отворів ножових решіток дозволяє на 36...44% знизити енергоємність процесу подрібнення, а при подрібненні стандартного курячого м'яса з використанням даних робочих

органів енергоємність процесу подрібнення зменшується на 18...22%

Досягнуте зниження собівартості процесу виготовлення фаршевої продукції та зниження енергоємності процесу подрібнення обґрунтовує доцільність використання модернізованих робочих органів. Крім того, зниження енергоємності будь-якого процесу сприяє вирішенню загальнонаціональної програми по вирішенню проблеми енергозбереження.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу досліджень процесу подрібнення м'яса курятини, результатів власних експериментальних досліджень, обґрунтовані та одержані важливі результати, які вирішують актуальну науково-практичну задачу по оптимізації процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини на основі комплексного показника якості. Сукупність одержаних нових даних дозволяє сформулювати наступні висновки та узагальнення.

1. На основі комплексних досліджень зразків різних видів м'яса курятини визначено в'язкість, деформацію, вологозв'язуючу здатність, дисперсність та коефіцієнт неоднорідності досліджуваних зразків.

2. Встановлено, що дослідження в'язкості та деформації фаршів з м'яса курятини необхідно проводити при напруженні 50 Па. При інших величинах напруження відбувається руйнація структури фаршу, що не дозволяє визначити кінетичні криві деформації та в'язкості.

3. Встановлено вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясоподрібнювачів на показники якості фаршів. Визначено, що при зміні діаметру отворів від 4,5 до $3 \cdot 10^{-3}$ м деформація фаршів зменшується на 5...10%, однорідність фаршів збільшується на 5...8%, розмір м'ясних часток збільшується на 3...5%. Застосовуючи під час процесу подрібнення ножа з кутом нахилу кромки ножа від 60 до 90 градусів коефіцієнт неоднорідності фаршів зменшується від 3 до 6%, в'язкість збільшується на 5...6%.

4. Встановлено вплив конструктивно-технологічних параметрів м'ясоподрібнюючого обладнання на енергетичні показники процесу подрібнення м'яса курятини. Визначено, що при подрібненні м'яса гомілки та суміші філе+м'ясо гомілки у співвідношенні 1:1 використання ножа зі сталим кутом нахилу кромки ножа енергоспоживання процесу подрібнення знижується на 30...35%.

5. Вперше використано для узагальнення одиничних параметрів оптимізації процесу подрібнення м'яса курятини комплексний показник якості, який дозволив визначити оптимальні конструктивно-технологічні параметри процесу подрібнення різних видів м'яса курятини:

- для фаршу з філе курятини $n = 150$ об/хв, $d = 4,940 \cdot 10^{-3}$ м, $F = 14$ Н, $a = 80^\circ$, який має комплексну оцінку 0,74, що відповідає оцінці «добре»;
- для фаршу з м'яса гомілки курятини $n = 150$ об/хв, $d = 5,340 \cdot 10^{-3}$ м, $F = 8,8$ Н, $a = 30^\circ$ має комплексну оцінку 0,68, що відповідає оцінці «добре»;
- для фаршу з суміші філе+м'ясо гомілки курятини у співвідношенні 1:1 $n = 150$ об/хв, $d = 5,7 \cdot 10^{-3}$ м, $F = 13,2$ Н, $a = 32^\circ$ та має комплексну оцінку 0,79, що відповідає оцінці «добре».
- Запропоновано трьохлопатевий ніж зі сталим кутом нахилу ріжучої кромки ножа $a = 30^\circ$, який у порівнянні зі стандартним ножем покращує реологічні властивості фаршів та зменшує енергоспоживання на 30...35%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Brivibaa K., Gräfe V., Walzc E., Guamisd B., P. Butz P. Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico–chemical and physiological effect. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 192, P. 82–89.
2. Bylund G. Homogenizers. In: *Dairy Processing Handbook*. Chapter .3. Teknotext AB (Ed.) Tetra Pak Processing Systems ABS–221 86, Lund, Sweden, 2003. P. 115–122.
3. Delmas H., Barthe L. Ultrasonic mixing, homogenization, and emulsification in food processing and other applications. *Power Ultrasonics Applications of High–Intensity Ultrasound*. 2015. P. 757–791.
4. Drankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*. 2014. Vol. 4, Iss. 5.
5. Fuchs L., Innings F., Revstcdt J., Bjorn Bergenstahl, Christian Tragardh. 2010. Visual observations and acoustic measurements of cavitation in an experimental model of a high–pressure homogenizes. *Journal of Food Engineering* 100 (3). P. 504–513.
6. *Homogenizer Handbook Processing of Emulsions and Dispersions*. APV, An SPX Brand. 2009. P.23.
7. Huppertz T. Homogenization of Milk Other Types of Homogenizer (High–Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*. 2011. P. 761–764.
8. Innings F. Analysis of the flow field in a high–pressure homogenizer. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2007. Vol. 32(2), P. 345– 354.
9. Innings F. Visualization of the Drop Deformation and Break–Up Process in a High-Pressure Homogenizer. *Chemical Engineering & Technology*. 425 2005. Vol. 28. Issue 8. August. 2005. P. 882–891.
10. Jahnke Stefen. Homogenisieren faserhaltiger produkte // *Labor Praxis*. 2001. №7. P. 24–28.
11. John Thomas Tobin Sinead P. Heffernan Daniel M. Mulvihill Thom Huppertz Alan L Kelly. *Applications of High–Pressure Homogenization and*

Microfluidization for Milk and Dairy Products. Emerging Dairy Processing Technologies. 2005.

12. Loncin M., Merson R. Food Engineering. Principles and Selected Applications New York: Academic Press, 2009. 279 p.

13. McKillop A.A., Dunkley W.L., Brockmeyer R.L., Perry R.L. The Cavitation Theory of Homogenization. Journal of Dairy Science, Vol. 38(3), 1955. P. 273–283.

14. Promptov M.A., Monastirsky M.X. Model of cavitations cluster in rotor impulse apparatus. Baltic Acoustic 2000: conf proc. of 1 Intern. Anniversary Conf. Vilnius, 2000. P. 243–245.

15. Samoichuk K., Kiurchev S., Oleksiienko V., Palyanichka N., Verholantseva V. Investigation of homogenization of milk in a pulsation machine with a vibrating rotor. Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. 2016. №6/11 (84). P. 16–21.

16. Samoichuk K., Zahorko N., Oleksiienko V., Petrychenko S.. Generalization of Factors of Milk Homogenization. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature: Switzerland AG, 2019. P. 191–198.

17. Samoichuk K., Zhuravel D., Viunyk O., Milko D., Bondar A., Sukhenko Y., Sukhenko V., Adamchuk L., Denisenko S. Research on milk homogenization in the stream homogenizer with separate cream feeding. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. Nitra, Slovakia 2020. Vol. 14. P. 142–148.

18. Stone H.A Dynamics of drop deformation and breakup in viscous fluids // Annual Review of Fluid Mechanics. 2014. V.26. P. 65–102.

19. Walstra P., Wouters J.T.M., and Geurts T.J. Homogenization. In: Dairy Science and Technology. Second Edn. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton, London, New York, 2006. P. 279.

20. Wilbey R.A. Homogenization of milk. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2002. P. 1346–1349. 21. Wilbey R.A. Homogenization of Milk: Principles and Mechanism of Homogenization, Effects and Assessment of Efficiency: Valve Homogenizers. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). 2011. P. 750–754.

21. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Кюрчев С.В., Олексієнко В.О.,

Паляничка Н.О., Верхованцева В.О. Протитечійно–струминна гомогенізація молока: монографія. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2017. 188 с.

22. Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, В. А. Павлюк та ін. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини: колективна монографія. Харків : Факт, 2017. 380 с.

23. Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, О. С. Бессараб та ін. Новий напрямок глибокої переробки плодів та овочів в оздоровчі продукти : колективна монографія. Харків : Факт, 2021. 253 с.

24. Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська Нанотехнології «NatureSuperFood» для здорового харчування. Харків : Факт, 2019. 487 с.

25. Клименко М.М., Віннікова Л.Г., Береза І.Г. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 640 с

26. З. Некоз О. І., Батраченко О. В. Проектування м'ясорізальних вовчків: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ. 2014. 221 с

27. Hubka V., Eder W. E. Theory of technical systems: a total concept theory for engineering design. Springer Science & Business Media. 2012.

28. Kunz B. Lexikon der Lebensmitteltechnologie. Springer-Verlag. 2013.

29. Ryder S. Effektive Prozesse sichern den Erfolg. Fleischwirtschaft. 2014. No 1. S. 52-54.

30. Puolanne E. and Petaj E. Principles of meat fermentation. in Handbook of Fermented Meat and Poultry, F. Toldra, Ed., pp. 13–17, West Sussex, UK, Wiley Blackwell, 2nd edition, 2015.

31. Cocolin L., Dolci P., Rantsiou K., Urso R., Cantoni C., Comi G. Lactic acid bacteria ecology of three traditional fermented sausages produced in the North of Italy as determined by molecular methods, *Meat Science*, vol. 82, no. 1, pp. 125– 132, 2009.

32. Варченко О. М., Свиноус І. В., Липкань О. В. Особливості формування попиту на продовольство в сучасних умовах. Актуальні проблеми економіки. 2017. № 1 (187). С. 50-61.

33. Власенко І. Г., Власенко В. В., Лоянич Г. С. Стан виробництва і споживання м'яса в Україні. Товари і ринки. 2016. № 2. С. 21-31.

34. Sannik U., Lepasalu L., Poikalainen V. Interactions between size reduction and thermal processes during treatment of animal by-products. *Agron. Res.* 2013. 11(2), 513-520.

35. Stephan Produktportfolio. Microcut. Hameln. Stephan Machinery. 2017. 8 s.

36. Дейніченко Г.В., Простаков О.О., Дуб В.В. Удосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування [Текст] : монографія. Г.В. Дейніченко, О.О. Простаков, В.В. Дуб ; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Х.: Студцентр, 2003. 349 с.

37. Перцевий Ф. В. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби. К. : Інкос, 2016. 346 с.

38. Поляков О. М., Журба І. О. Методика визначення якості продукції м'ясної промисловості. Черкаси : ЧДТУ, 2002. 27 с.

39. Клесов О.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. ТВІМС. 2018, 427 с.

40. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.

41. Березуцький В. В. Основи охорони праці: навч. посіб. Х.: Факт, 2007. 480 с.

42. Ткачук К. Н. і Халімовський М. О. Основи охорони праці : підручник. К. : Основа, 2006 448 с.

43. Іваненко В. С. Комплексна безпека підприємств агропромислового комплексу, як складова система управління. Проблеми та перспективи розвитку бізнесу в Україні : матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, м. Львів, 19 лютого 2021р. Львів : Львівський торговельно-економічний університет, 2021. С. 295 – 297.

44. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України (офіц. текст: за станом на 05 липня 2017 р.) / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2017. № 31. С. 343.

45. Державні санітарні норми та правила: Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок від 23.07.96 № 222. МОЗ України, 1996. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text>.

46. Закон про охорону праці — Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/T269400?_ga=2.1275634.2115066496.16994568901160229127.1699456890#_gl=1*tnhjz6*_gcl_au*MTI0MTgxOTUzNS4xNjk5NDU2ODg5

47. Типове положення № 55 — Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства, затверджене наказом Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/RE13578?_ga=2.189552488.2115066496.16994568901160229127.1699456890#_gl=1*1uvukks*_gcl_au*MTI0MTgxOTUzNS4xNjk5NDU2ODg5

48. Порядок № 442 — Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці, затверджений постановою КМУ від 01.08.1992 р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/KMP92442?_ga=2.235700034.2115066496.16994568901160229127.1699456890#_gl=1*tcad9o*_gcl_au*MTI0MTgxOTUzNS4xNjk5NDU2ODg5

49. Методрекомедації № 41 — Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці, затверджені постановою Мінпраці від 01.09.1992 р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/FIN622?_ga=2.224156632.2115066496.16994568901160229127.1699456890#_gl=1*1rbld1q*_gcl_au*MTI0MTgxOTUzNS4xNjk5NDU2ODg5

50. Мінімальні вимоги № 1804 — Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці, затверджені наказом Мінсоцполітики від 29.11.2018 р. URL: https://ips.ligazakon.net/document/RE32946?_ga=2.159537150.2115066496.16994568901160229127.1699456890#_gl=1*a30atn*_gcl_au*MTI0MTgxOTUzNS4xNjk5NDU2ODg5

51. «Інструкції з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції на підприємствах м'ясної промисловості незалежно від форм власності» - Бібліотека офіційних видань.

52. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, затверджені Наказом Державного комітету промислової політики України від 02.02.2001 р. №47.

53. Дуб В.В., Гончаренко Г.М. Модернізація м'ясорубки з метою використання її для ефективного подрібнення овочів // Праці 67-ї наук. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених. – Київ: УДУХТ. – 2001. – С. 60.

54. Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В. Підвищення ефективності переробки сировини у вовчках // Системи розробки та постановки продукції на виробництво: міжнар. наук.-практ. конф., 17-20 травня 2016 р.: тези доп. Суми: Сум. держ. ун-т, – 2016. – С. 177–180.