

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

УДК 637.523.4

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету харчових технологій
та управління якістю продукції АПК

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

«_____» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технологій м'ясних,
рибних та морепродуктів

_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

«_____» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини»

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

_____ Сергій 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
СТУДЕНТЦІ**

Козакову Сергію Васильовичу

Спеціальність **181«Харчові технології»**

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

Орієнтація освітньої програми **освітньо-професійна**

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

Термін здачі студентом завершеної роботи на кафедрі - 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; характеристика конструктивних особливостей вовчків та їх технологічні можливості; проведення оцінки органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних 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 прийняла до виконання _____ Сергій КОЗАКОВ

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури, який містить 52 джерела. Роботу викладено на 99 сторінках, що містять 19 рисунків, 8 таблиць.

Тема магістерської роботи: «Вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини».

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню вдосконаленого процесу подрібнення харчової сировини та обладнання для його реалізації на підприємствах харчування. Вдосконалена методика розрахунку енергетичних складових процесу подрібнення харчової сировини на м'ясорубках.

Об'єкт дослідження – процес подрібнення м'ясних продуктів на харчових підприємствах.

Предмет дослідження – ріжучі та транспортуючі робочі органи вовчку, фарш.

Досліджений вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок на показники якості фаршевих продуктів енергетичні та на техніко-економічні показники процесу подрібнення харчової сировини.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ВОВЧОК, ЯЛОВИЧИНА, М'ЯСОРУБКА, ШНЕК, КУТЕР, НІЖ, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1. Аналіз ефективності процесів подрібнення харчової сировини на харчових підприємствах.....	7
1.2. Характеристика методів подрібнення продуктів.....	14
1.3. Властивості дослідження дисперсного складу фаршів.....	19
1.4. Характеристика конструктивних особливостей вовчків та їх технологічні можливості.....	25
Висновки до розділу 1.....	38
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
2.1. Об'єкт і предмет досліджень	40
2.2. Схема проведення досліджень	40
2.3. Методи дослідження.....	42
2.4. Методи статистичної обробки даних.....	46
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ.....	47
3.1. Розроблення експериментальної установки для дослідження енергетичних показників процесу подрібнення.....	47
3.2. Розроблення експериментальної установки для дослідження показників якості фаршів	53
3.3. Дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних параметрів вовчків на показники якості одержуваних фаршів.....	60
3.4. Дослідження структурно-механічних показників фаршів.....	72
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	80
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	87
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	95

ВСТУП

Харчова промисловість — це галузь економіки, що займається виробництвом харчових продуктів. Вона охоплює всі процеси, пов'язані з перетворенням сировини (такої як зерно, м'ясо, овочі, молоко) в готові до споживання продукти. Харчова промисловість включає виробництво, обробку, зберігання, пакування та розподіл продуктів харчування.

Ця галузь є однією з найважливіших для економіки, адже від неї залежить продовольча безпека країни, здоров'я населення та розвиток сільського господарства.

Подрібнення – це процес механічного або фізичного розділення твердих матеріалів на дрібніші частини. У харчовій промисловості процес подрібнення є важливим етапом обробки сировини, оскільки впливає на консистенцію, текстуру, смак, а також на засвоюваність і терміни зберігання продуктів.

Таким чином, конструктивні особливості вивчів забезпечують високу продуктивність, багатофункціональність, гнучкість у регулюванні ступеня подрібнення та відповідають сучасним вимогам до санітарії та гігієни в харчовій промисловості.

Незважаючи на поширеність процесу подрібнення, на сьогоднішній день відсутні наукові дослідження впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів процесу подрібнення на комплекс показників якості фаршів (дисперсність, питому площу поверхні, структурно-механічні властивості, вологозв'язуючу здатність тощо), що негативно впливає на вдосконалення обладнання, технології та якості фаршевих виробів.

В зв'язку з цим актуальною є задача наукового обґрунтування напрямків вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини та технологічного обладнання для його реалізації на харчових підприємствах з метою зниження енергоємності та трудомісткості процесу, розширення функціональних можливостей обладнання та підвищення показників якості фаршів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи – обґрунтування вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини та технологічного обладнання для його реалізації на харчових підприємствах.

Виходячи з мети магістерської роботи сформовано певні завдання досліджень:

- визначити вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів технологічного обладнання для подрібнення на показники якості фаршевих продуктів;

- визначити вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів технологічного обладнання на енергетичні та техніко-економічні показники процесу подрібнення м'ясної сировини;

- вдосконалити робочі органи технологічного обладнання для процесу подрібнення з метою розширення діапазону технологічних можливостей, зниження питомої енергоємності та трудомісткості процесу подрібнення.

Об'єкт дослідження – процес подрібнення м'ясних продуктів на харчових підприємствах.

Предмет дослідження – ріжучі та транспортуючі робочі органи вовчку, фарш.

Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, методи математичної обробки експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Аналіз ефективності процесів подрібнення харчової сировини на харчових підприємствах

На підприємствах харчування переробляється значний асортимент харчової сировини [1]. Відмінною рисою підприємств харчування є наявність у них значної різноманітності продуктів при невеликих обсягах їхньої переробки. Відзначена особливість не дозволяє поширити в них технологічний досвід переробки сільськогосподарської сировини, що мається на підприємствах харчових галузей промисловості. Технології промислової різних видів сировини відрізняються більш ефективним використанням усіх її компонентів, меншою питомою енергоємністю та трудомісткістю процесів переробки. Існуюча ситуація обумовлена великими техніко-економічними можливостями виробництв, що мають значні обсяги переробки однотипної сировини. Підприємства харчування, як відзначалося вище, мають незначні обсяги переробки різноманітних типів харчової сировини, що не дозволяє використовувати в них технології промислової переробки продуктів.

Аналіз процесів переробки м'ясної сировини на підприємствах харчування свідчить про те, що з нього виробляється дуже великий асортимент напівфабрикатів, обідньої та кулінарної продукції. У технологіях м'ясної продукції підприємств харчування використовують практично усі види основних процесів: механічні, теплові та процеси масообміну. Крім приведених процесів обробки м'ясних продуктів широко використовують специфічні та комбіновані процеси [12, 18]. Слід зазначити, що розглянуті технології м'ясопродуктів громадського харчування, як правило, містять у собі велику кількість технологічних операцій, починаючи від первинної обробки сировини і завершуючи процесами доведення продукції до кулінарної готовності, її порціонуванням і подачею. Крім того, слід зазначити, що процеси механічної

обробки м'яса істотно впливають на процеси масообміну та теплові процеси, що у комплексі визначає показники якості одержуваної продукції, а також ефективність технологічного використання сировини в цілому.

З усього асортименту м'ясної кулінарної й обідньої продукції найбільш повно представлені блюда зі смаженого, тушкованого та відвареного м'яса яловичини і свинини. Аналіз кулінарного використання окремих частин туші свідчить про те, що основним технологічним напрямком переробки м'ясної сировини є виробництво з нього, так званих, смажених січених м'ясних виробів, а також, м'ясних фаршів і начинок для борошняних виробів. При цьому з туші яловичини може бути використане для цих цілей близько 40% м'яса від її маси, а з туші свинини – близько 29%.

Проведений аналіз кулінарного використання туші яловичини дозволяє відзначити те, що при її переробці на підприємствах харчування утворюються 3,2...3,4% відходів, які представлені сухожиллями, хрящами, плівками й іншими видами відходів обробки, зачищення та жилування м'яса. Традиційні технології м'ясопродуктів масового харчування не передбачають їхню переробку в харчових цілях.

М'ясна сировина, що містить значну кількість грубої з'єднувальної тканини, представлена в основному яловичиною. Аналіз морфологічної будови м'яса яловичини свідчить про те, що з'єднувальна тканина складає від 9 до 14% від маси туші. Її основу складають колагенові та еластинові волокна, що є фібрлярними білками. Особливістю з'єднувальної тканини яловичини є її висока гідротермічна стійкість, що і визначає особливі режими її технологічної обробки. Зокрема, при переробці окремих частин туші яловичини, з великою кількістю з'єднувальної тканини, широко використовують процеси подрібнення для наступної реструктуризації м'язової, з'єднувальної та жирової тканин. До таких частин відносять у першу чергу м'якоть шийної частини, пашину, покромку та обріз, що отримують при обробленні туш. Відзначені частини туші традиційно називають котлетним м'ясом. Крім зазначених частин туші яловичини, що містять значну кількість сполучної тканини (по стандарту не перевищує 5% по масі), при

переробці туш утворюється до 3,5% відходів, які складаються з сухожиль, хрящів, плівок та інших відходів обробки, зачищення та жилювання. По нашим розрахунках дана група нетрадиційної м'ясної сировини орієнтовно містить до 25...30% білка і до 7...15% жиру, що характеризує її як висококонцентрований харчовий продукт. Аналізована сировина складається в основному із з'єднувальної тканини (до 80%) з незначними включеннями м'язової і жирової тканин. Тому основні технологічні властивості даної сировини залежать від складу та будови з'єднувальної тканини. З'єднувальна тканина аналізованої сировини складається з колагенових та еластинових волокон. Пучки колагенових та еластинових волокон разом з речовиною, що поєднує їх в одне ціле та складається з білкового полісахаридного комплексу, утворюють плівки ендомізія та перимізія [11, 21].

Склад та будова з'єднувальних тканин котлетного м'яса і відходів обробки, зачищення і жилювання відрізняються один від одного. Так котлетне м'ясо має менш розвитку з'єднувальну тканину з більш тонкими колагеновими та еластиновими волокнами в порівнянні з відходами обробки, зачищення та жилювання, у яких спостерігається підвищена кількість еластинових волокон і маються товсті колагенові пучки з перехрещеною структурою [11, 20]. Відзначене визначає специфіку і відмінність структурно-механічних властивостей охарактеризованих видів м'ясної сировини.

З'єднувальна тканина даної сировини відрізняється високою механічною міцністю й еластичністю. Її міцність у 200 разів перевищує міцність м'язових волокон [24]. Відзначене є частою причиною відмови вовчків при переробці сухожиль. Згідно досліджень [6], сухожилля та плівки мають межу міцності при розтяганні в 1000 разів перевищуючу її значення для м'язових волокон і в 3...4 рази для яловичого м'яса з великою кількістю з'єднувальної тканини. Опір різання різних м'язів яловичини складає 1,3...8,6 кН/м, а з'єднувальної тканини – 27...40 кН/м. При цьому модуль Юнга м'язів складає в середньому 2,6 МПа, а з'єднувальної тканини – 69,4 МПа. Напруга розриву відповідно складає 0,135 МПа для м'язової тканини і 6,75 МПа для з'єднувальної.

Варто також звернути увагу і на той факт, що в сучасних економічних умовах в системі підприємств харчування іноді здійснюється забій і обробка тварин, що традиційно реалізуються на м'ясокомбінатах. При цьому на підприємствах харчування додатково утворюються відходи з великим вмістом колагену у виді, так званого, м'ясного обрізу. М'ясний обріз традиційно відносять до субпродуктів II категорії, він являє собою обрізки шийної (95,5% від загального складу обрізу) і черевної (4,4%) частин туш яловичини та свинини. За хімічним складом м'ясний обріз незначно відрізняється від м'яса. При середньому вмісті білка в м'ясі 19,2%, в обрізу яловичини його міститься 18,9%, у свинячому – 16%. Вміст жиру в яловичому обрізу складає близько 5,5%, у свинячому – 38,4%.

Кількість колагену в білках яловичого м'ясного обрізу складає 3,8%, незамінних амінокислот у білках досягає 34,42%, що незначно відрізняється від м'яса (39,59%). По вмісту таких амінокислот як гістидин, аргінін білки м'ясного обрізу перевершують білки м'яса [5]. Крім того, м'ясний обріз є коштовним джерелом мінеральних речовин.

На підприємствах м'ясної промисловості м'ясний обріз використовується з різними цілями, але в основному для вироблення варених ковбас нижчих сортів [2, 49]. Частка м'ясного обрізу у варених ковбасних виробках складає від 15...60%. Одним зі способів використання м'ясного обрізу є його застосування при виробництві напівкопчених ковбас. За кордоном м'ясний обріз широко використовують для виготовлення ковбасних виробів і консервів. Так, у США він застосовується для виробництва холодцю, свинячих відбивних, сосисок сервілатних та ін.

Згідно даних багатьох дослідників вважалося, що з'єднувальна тканина м'яса, що у досить великій кількості знаходиться в м'ясному обрізу та відходах жилування, володіє низькою біологічною цінністю, тому що не містить деяких незамінних амінокислот [13]. Однак, було також встановлено, що збільшення до визначеного ступеня частки з'єднувальних білків у м'ясопродуктах не приводить до зниження їхньої біологічної цінності. Більш того, клінічні спостереження

показали, що збільшення в яловичині частки з'єднувальних білків (гідролізованого колагену) приводить до підвищення біологічної цінності м'ясопродуктів. В теперішній час проведені дослідження, у яких встановлено, що підвищення змісту в м'ясі колагену до 15% від загальної маси м'ясних білків приводить до збільшення збалансованості сумарного амінокислотного складу білків м'яса стосовно білка – еталону [7, 6].

Отже, дані види нетрадиційної м'ясної сировини необхідно розглядати як досить значне джерело кошовної харчової сировини тваринного походження, що доцільно використовувати для виробництва продуктів масового харчування. При цьому слід також зазначити, що найбільш раціональним напрямком їхньої переробки, на наш погляд, є одержання на їх основі тонкодисперсних харчових систем безпосередньо на підприємствах харчування без істотного поновлення парку технологічного устаткування.

При цьому слід зазначити, що традиційні технології рублених м'ясних кулінарних виробів і фаршів найчастіше не забезпечують високі показники якості одержуваної продукції, внаслідок використання м'ясної сировини з великим вмістом грубої з'єднувальної тканини. Розглянуті технології м'ясних виробів, фаршів і начинок передбачають одноразове або дворазове подрібнення сировини з використанням у комплекті робочих органів м'ясорубки ножових решіток з діаметром отворів 3; 4,5; 5; 6; 9 мм. Одержувані вироби, при органолептичній оцінці, виявляють у своєму складі тверді частки колагенових тканин, що знижують їхні споживчі переваги. Тому в традиційних технологіях напівфабрикатів з яловичини, свинини та баранини передбачають використання сировини з вмістом з'єднувальної тканини відповідно не більш 5% і 10%. Відзначене обумовлено тим, що, з одного боку, традиційні процеси теплової обробки м'ясної сировини на підприємствах харчування не забезпечують термічного руйнування грубих з'єднувальних тканин, а, з іншого боку, процеси механічної обробки не дозволяють одержати тонко дисперсний продукт, у якому частки грубої з'єднувальної тканини після теплової обробки не відчуються при органолептичній оцінці якості. Дана проблема, на наш погляд, обумовлена,

насамперед, недосконалим апаратурним оформленням процесів.

При виробництві обідньої і кулінарної продукції, на підприємствах харчування використовується найчастіше універсальне устаткування, що в окремих випадках виявляється малоефективним. Відзначене відноситься, насамперед, до м'ясорубок, які є універсальним і практично єдиним видом подрібнювачів різних видів м'ясної сировини на підприємствах харчування. Даний вид технологічного устаткування підприємств харчування не забезпечує якісне подрібнення грубої з'єднувальної тканини, що у свою чергу обмежує технологічні можливості ефективного використання і переробки м'ясної сировини з великим вмістом з'єднувальної тканини.

Для тонкодисперсного подрібнення сировини, з великим вмістом колагену, на підприємствах м'ясопереробної промисловості традиційно використовують кутери та емульсітатори. Однак, мінімальна продуктивність машин даної групи устаткування істотно перевищує потреби, навіть, великого підприємства харчування. Тому використання промислових кутерів та емульсітаторів на підприємствах харчування зовсім не ефективно з економічної точки зору.

Так звані побутові кутери чи кутери малої продуктивності не можуть забезпечити необхідної якості процесу подрібнення усіх видів м'ясної сировини з підвищеним вмістом колагену, що визначено їхнім використанням лише для традиційних видів м'яса.

Аналіз технологій переробки риби на підприємствах харчування дозволив виділити в них напрямок виробництва фаршевих напівфабрикатів і кулінарних виробів. [12]. Традиційні технології рибних фаршевих продуктів підприємств харчування (котлети, тефтельки, фрикадельки, биточки й ін.) передбачають, зокрема, переробку деяких видів риби без відділення від неї дрібної кістки, яку досить важко відділити. При цьому на підприємствах харчування рибна сировина, як і м'ясна, піддається, як правило, здрібнюванню на м'ясорубках з використанням ножових решіток з отворами діаметром 3...5 мм. У випадку використання в розглянутих технологіях рибних фаршевих кулінарних виробів в якості сировини великої риби, при споживанні виявляються окремі тверді включення кістки, що

знижують органолептичну оцінку виробів. Відзначено, на наш погляд, також обумовлено обмеженим діапазоном технологічних можливостей традиційних м'ясорубок, які не можуть забезпечити одержання рибного тонкодисперсного фаршевого продукту високої якості.

Плодоовочева та фруктова сировина на підприємствах харчування при переробці в деякі види кулінарної продукції (фаршеві продукти, харчові емульсії, суспензії, піни) піддається здрібнюванню [10, 13]. Процеси подрібнення плодоовочевої сировини на підприємствах харчування реалізують, як правило, після теплової обробки, коли істотно змінюються його структурно-механічні властивості, структура тканин, відбувається перерозподіл вологи [16, 18]. Відзначена зміна властивостей даної сировини, позитивно впливає на ефективність процесу їхнього подрібнення на м'ясорубках. У випадку подрібнення на м'ясорубках сировини з великим вмістом вільної вологи ефективність процесу різко знижується за рахунок втрати соку і забивання отворів ножових решіток твердими включеннями (жомом) внаслідок чого отримують неоднорідний фарш.

Проблема переробки плодоовочевої сировини, обумовлена зниженням органолептичних показників одержуваних харчових суспензій і емульсій, за рахунок неоднорідності їхньої структури при наявності твердих, цінних в біологічному відношенні включень досить великих розмірів (більш 0,5..0,8 мм.). Рішення даної технологічної задачі одержання тонко дисперсних продуктів однорідної консистенції на традиційних подрібнювачах підприємств харчування, шляхом збільшення кратності подрібнення сировини, виявляє економічну недоцільність внаслідок пропорційного зростання енергоспоживання, трудомісткості та тривалості процесу, істотного зниження органолептичних і екологічних показників якості продукту за рахунок нагромадження в ньому металевих домішок.

Для одержання тонко-дисперсних харчових мас на підприємствах харчування іноді використовують машину, яка реалізує процеси роздавлювання, стирання попередньо відвареного та здрібненого продукту, що

має текучу консистенцію [15, 17]. Однак, дана машина не може забезпечити технологічний прорив у напрямку безвідходних прогресивних технологій переробки плодоовочевої сировини на підприємствах харчування, внаслідок її специфічної технологічної спрямованості та зв'язаним з цим малим попитом на неї і її поширенням.

Аналізовані технології переробки плодоовочевої сировини на підприємствах харчування практично не передбачають процесів їхнього подрібнення з використанням побутових кутерів, оскільки їхнє застосування не дозволяє строго контролювати ступінь подрібнення різних видів продуктів і забезпечувати стабільні показники їхньої якості. Використання промислових кутерів для переробки даних видів сировини не представляється можливим з техніко-економічних розумінь, обумовлених специфікою організаційної структури підприємств харчування.

Таким чином, аналіз технологічних напрямків переробки різних видів харчової сировини на підприємствах харчування свідчить про те, що деякі його види не знаходять ефективного використання для виробництва кулінарної продукції. Так, наприклад, традиційне використання котлетного м'яса яловичини, що містить значну кількість грубої з'єднувальної тканини, риби та деяких видів овочів представляється нам малоефективним внаслідок низької якості рубаних виробів, а також їх обмеженого асортименту. Крім того, традиційно не використовуються в харчових цілях досить цінні відходи обробки, зачищення та жилування м'яса (сухожилля, хрящі, плівки й інші види). Відзначене обумовлює практичний інтерес до питань їх ефективною переробки.

1.2.Характеристика методів подрібнення продуктів

Для одержання дисперсних харчових систем традиційно використовують дрібне, тонке і надтонке подрібнення, які характеризуються визначеними геометричними розмірами часток продукту. Відповідно до класифікації при дрібному здрибнюванні одержувані частки мають середній розмір від 10 до 2 мм,

при тонкому здрібнюванні – від 2 до 0,4 мм, при надтонкому – менше 0,4 мм. Для дрібного, тонкого і надтонкого подрібнення харчових продуктів, як правило, використовують наступні процеси руйнування: роздавлювання, стирання, удар і різання [55, 56].

Роздавлювання, як процес руйнування продукту, характеризується наявністю деформацій по всьому об'ємі, які виникають під дією робочих органів [27]. Даний спосіб досить ефективний при тонкому здрібнюванні низькоміцних в'язко-пластичних продуктів. Подрібнення високоміцної харчової сировини відрізняється підвищеною енергоємністю і низькою якістю одержуваних продуктів. Слід зазначити, що аналізований спосіб подрібнення продуктів практично не має апаратного оформлення. Однак, у ряді випадків, робочі органи подрібнювачів реалізують спосіб роздавлювання як додатковий.

Стирання характеризується впливом на продукт тангенціальних і нормальних складових зусиль робочих органів, який супроводжується процесом тертя [1, 2, 6]. Даний процес ефективний для тонкого та надтонкого подрібнення харчових продуктів. Однак, аналізований процес відрізняється значною питомою енергоємністю.

Даний процес широко використовують як основний спосіб руйнування продукту в протиральних машинах різних типів і колоїдних млинах.

В окремих видах протиральних машин процес подрібнення продукту реалізується впливом на продукт робочих органів (протиральних лопат різних конструкцій), що руйнують продукт об поверхню робочої камери за рахунок протирання, роздавлювання та удару.

Відомі конструкції спеціальних протиральних машин, у яких процес стирання поєднується з зсувом і високочастотним коливанням продукту у вузькому зазорі між конусними статором і ротором, що мають на робочій поверхні спеціальні канавки різної глибини.

Колоїдні млини різних конструкцій також мають виконавчий механізм, який складається з нерухомого статора та ротора, який обертається з високою швидкістю, у зазорі між якими подрібнюють попередньо підготовлені в'язко-

пластичні продукти текучої консистенції. Маса, що подрібнюється, піддається розтяганню, стиску, кавітаційним ударам і стиранню [3, 4].

Відомі також комбіновані машини для подрібнення м'ясних мас, у яких використовують процес стирання в поєднанні з іншими процесами руйнування [16].

Процес різання характеризується наявністю значних концентрацій напруги в обмеженій зоні контакту продукту з ріжучим органом, та його руйнуванням у даній зоні. Особливістю даного способу подрібнення продуктів є обов'язкова наявність ріжучих робочих органів. Найчастіше ріжучі органи представлені ножами різної форми, які мають леза у вигляді двогранного одностороннього чи двостороннього клина з опорною і робочою гранями. Лінія перетину опорної та робочої граней зветься ріжучим краєм леза. Кут, утворений опорною і робочою гранями, називають кутом заточення леза. Для реалізації процесу різання необхідно відносне переміщення ріжучого органа та продукту. При цьому, у залежності від напрямку швидкості руху ріжучого органа, розрізняють рубляче та ковзке різання [5].

Рубляче різання характеризується переміщенням ріжучого інструмента у напрямку перпендикулярному його ріжучому краю. При рублячому різанні лезо ножа деформує й ущільнює його поверхневий шар, у якому виникають місцеві контактні напруги стиску, що мають максимальне значення в зоні контакту з гострим краєм леза ножа. В міру зростання сили впливу ножа на продукт збільшується деформування останнього і зростають контактні напруги. Як тільки контактна напруга досягає граничної величини, відбувається руйнування продукту під гострим краєм леза ножа.

При ковзному різанні різальний інструмент переміщується під гострим кутом до ріжучого краю леза. При такому різанні, в результаті руху ножа перпендикулярно ріжучому краю, відбувається проникнення його в товщу продукту, а при русі ножа уздовж ріжучого краю – перепилювання дрібними мікрозубцями леза волокон і стінок клітин продукту. Ковзне різання в порівнянні з рублячим різанням вимагає менше ущільнення і зусилля, тому що продукт перерізається окремими мікрозубцями. Тому ковзне різання менш енергоємний

процес руйнування в порівнянні з рублячим різанням [25].

Аналіз різних видів різання свідчить про те, що дані процеси руйнування продуктів відрізняються від описаних вище мінімальною енергоємністю за рахунок значної концентрації руйнівних напружень в обмеженій зоні впливу ріжучого краю ножа. Крім того, різання дозволяє широко варіювати і контролювати показники якості продуктів, що подрібнюються, (ступінь дисперсності, фракційний склад, якість поверхні часток продукту). Відзначене визначило значну різноманітність апаратного оформлення процесів різання. Особливу групу здрібнювально-ріжучого устаткування представляють машини для одержання фаршевих продуктів різного ступеня дисперсності (від середнього до тонкого подрібнення).

На м'ясопереробних підприємствах широко використовують різні типи подрібнювачів, що мають робочі органи у вигляді ножів різних конструкцій, ножових решіток, перфорованих барабанів і інших конструктивних виконань, які дозволяють одержати тонкодисперсні м'ясні фаршеві системи зі стандартної м'ясної сировини. Відомі багатоножові подрібнювачі, що містять набір різних за формою ножів, які монтують на валу усередині корпусу чи обертового барабана, або оснащені багатозубими ножами з парною ріжучою деталлю у вигляді решіток. Відомі також багатодискові подрібнювачі, подрібнювальний механізм яких включає комплект дисків з зубами, або ряд послідовно встановлених решіток з отворами. Конструкція барабанних подрібнювачів складається з обертового перфорованого барабана з закріпленими усередині чи поза ним ножами, що обертаються з більшою швидкістю ніж барабан, або нерухомими ножами. На м'ясопереробних підприємствах застосовують також комбіновані подрібнювачі, що мають подрібнювальний механізм з одиночних ножів і парних ріжучих деталей, виконаних у вигляді плоских, циліндричних чи конічних решіток, або з ножового, кавітаційного чи дезінтеграторного пристрою [19, 26].

Аналіз цієї групи устаткування свідчить про те, що дані види машин являють собою вузькоспеціалізоване устаткування для великих м'ясопереробних підприємств, яке призначене для переробки різних видів м'ясної сировини. Використання цих типів машин у системі підприємств харчування для переробки

різних груп нетрадиційної м'ясо-рослинної сировини не можливе з техніко-економічних розумінь.

На м'ясопереробних підприємствах набули велике поширення кутери. Їх відносять до машин для тонкого подрібнення харчових продуктів. Основним способом руйнування в кутерах є ковзне різання. Розглянуті подрібнювачі мають робочу камеру у вигляді обертової кільцевої чаші та ножі різних форм і розташування. Конструктивною особливістю подрібнювального механізму сучасних кутерів є наявність ножового пристрою з комплектом серповидних ножів, які швидко обертаються та можуть бути з декількома ріжучими краями. Випускаються також універсальні кутери, у яких поєднуються операції перемішування, попереднього й остаточного подрібнення. Причому, процес подрібнення може проводитися як у відкритій чаші так і під вакуумом [23, 29,]. Основною перевагою кутерів є можливість одержання продуктів тонкого подрібнення, а також поєднання процесів подрібнення та перемішування. Недоліком даної групи подрібнювачів є висока питома енергоємність процесів подрібнення за рахунок, так званого, перекутерування продукту, при якому здрібнена частина продукту не виводиться із зони впливу робочих органів. Крім того, процес різання на кутері супроводжується виділенням великої кількості тепла, що підвищує температуру сировини і може привести до денатурації білків. Кутери не знайшли широкого застосування на підприємствах харчування внаслідок їхньої ефективності тільки для тонкого подрібнення. При одержанні на них фаршів для традиційних кулінарних виробів дрібного ступеня подрібнення не забезпечується необхідна рівномірність розмірів часток.

На м'ясопереробних підприємствах і підприємствах харчування широке поширення одержали вовчки. Основним видом руйнування продукту в різних конструкціях вовчків є ковзне та рубляче різання. На цих машинах можна також здійснювати середнє і тонке подрібнення сировини шляхом установки в подрібнювальному механізмі відповідних робочих органів. Практично усі вовчки мають однакову принципову конструкцію. Вони мають робочу камеру, ріжучий механізм та механізм подачі. Механізм подачі вовчка складається з черв'яка та робочого циліндра з горизонтальним або похилим розташуванням. Ріжучий

механізм вовчка складається з набору ножів і ножових решіток. На підприємствах харчування практично єдиним видом устаткування для подрібнення продуктів є вовчки малої продуктивності (м'ясорубки).

Прямим наслідком ефективності їхнього використання для переробки різних видів харчової сировини є широка поширеність на всіх типах підприємств масового харчування і м'ясопереробних підприємствах. Даний вид подрібнювального устаткування відрізняється великою різноманітністю моделей з різними функціональними можливостями. У зв'язку з відзначеним представляється доцільним провести більш детальний аналіз відомих конструкцій вовчків і м'ясорубок, щоб розглянути раціональні варіанти рішення проблеми ефективного подрібнення нетрадиційних видів харчової сировини на підприємствах харчування.

1.3. Властивості дослідження дисперсного складу фаршів

Однією з найбільш важливих якісних характеристик процесів подрібнення є дисперсність одержуваного продукту, тобто розмір його часток. Тому, удосконалювання процесів і установок для подрібнення продуктів безпосередньо залежить від ефективності використовуваних методів і установок для характеристики ступеня їхньої дисперсності.

Значна видова різноманітність дисперсних систем, а також умов їхнього одержання, визначила велику кількість методів і установок для визначення їхнього дисперсного складу, а також відсутність універсальних методик однаково ефективних для усіх випадків. На сьогодні нараховується близько 70 методів визначення дисперсного складу продуктів.

Відомі диференціальні методи визначення дисперсності, до яких відносяться, насамперед, мікроскопічний та гістологічний методи.

Мікроскопічний метод заснований на візуальному рахунку та вимірі розмірів часток. Для визначення розмірів часток за допомогою мікроскопа застосовують різні методи мікроскопії, які засновані на розходженні оптичних характеристик дисперсної та дисперсійної фаз аналізованої речовини [15]. При цьому методі використовують установки, що забезпечують збільшення розмірів часток продуктів за допомогою спеціальної оптичної системи лінз. Крім

звичайних оптичних мікроскопів все більшого застосування знаходить електронний мікроскоп, який дозволяє бачити дрібні частинки і, навіть, окремі молекули білків [17].

Різновидом мікроскопічного методу є планіметричний спосіб, що полягає у вимірі сумарної площі, займаної частками кожного розмірного класу окремо за допомогою планіметра по мікрофотографії препарату.

Механіко-мікроскопічний метод визначення ступеня подрібнення сировини заснований на обліку середніх розмірів часток шляхом розбивки їх на розмірні класи та розрахунку ефективного діаметра. При цьому використовується метод варіаційної статистики, який дозволяє знайти ефективний діаметр часток.

Різновидом мікроскопічних методів є використання автоматичних аналізаторів із застосуванням скануючого мікроскопа, фотоелементів і фотопримножувача. В основу методу покладена залежність інтенсивності світлового потоку, що попадає в зону, утворену джерелом світла і фоточутливим елементом, від розмірів частинки. Метод сканування втілений в аналізаторах вітчизняного та закордонного виробництва.

Крім мікроскопічних методів аналізу фракційного складу продуктів існують також оптичні, які не вимагають застосування мікроскопа. Ці методи засновані на зміні параметрів світлового потоку в результаті взаємодії первинної (падаючої) хвилі з виникаючими під її впливом вторинними хвилями, що випускаються частками. Дані методи застосовуються в харчовій промисловості для монодисперсних систем. Ці оптичні методи на відміну від мікроскопічного відносяться до інтегральних.

Описані вище різновиди мікроскопічних методів дослідження фракційного складу в основному використовуються для монодисперсних систем.

При гістологічному дослідженні дисперсного складу з відібраних об'єктів готують гістологічний препарат, що включає наступні операції: підготовку досліджуваного зразка, фіксацію, промивання, заливання об'єкта парафіном або

желатином, різання та фарбування.

До загальних переваг мікроскопічного та гістологічного методів можна віднести можливість детальної оцінки форми часток продукту. Недоліками описаних методів є значна трудомісткість процесу й, у більшості випадків, необхідність складного дорогого устаткування.

Відомі електромагнітні методи дисперсного аналізу засновані на взаємодії електромагнітного поля з аналізованим продуктом. Різновидами електромагнітних методів є електроімпульсний та електромеханічний.

До переваг електромагнітних методів відноситься швидкість і автоматизація вимірів. Аналізовані методи мають наступні недоліки: за допомогою їх можна аналізувати лише порошкоподібні провідні чи напівпровідні частинки; значні погрішності методу за рахунок зіткнення часток і мікроіскрין.

Існують також електрометричні методи аналізу. Вони підрозділяються на індивідуальні, кондуктометричні та ємнісні. Найбільш розробленим є кондуктометричний метод дисперсного аналізу, що базується на залежності гетерогенної системи від електрофізичних і геометричних параметрів дисперсної фази. Переважаючим методом аналізу дисперсних систем, за допомогою контактних кондуктометричних осередків, є метод виміру з використанням постійного струму чи струму низької частоти. Визначення інтегральних характеристик дисперсного складу цим методом базується на використанні залежності питомої провідності системи від концентрації і природи розчиненої речовини, та від об'ємної частки й електричних властивостей компонентів дисперсної системи. До основних переваг вищенаведеного методу відносяться: можливість його автоматизації і використання в широкому діапазоні розмірів часток. Поряд з перевагами кондуктометричному методу властиві і недоліки, що знижують точність результатів аналізу:

- температурна похибка вимірів, яка виникає внаслідок залежності питомого опору від температури;

- необхідність підбора спеціального електроліту для зменшення концентрації часток в одиниці об'єму;

- похибки за рахунок перемішування речовини і скорочення тривалості аналізу.

Ємнісні методи дисперсного аналізу, як інтегральні, так і диференціальні, базуються на відмінностях електрофізичних властивостей дисперсної фази та дисперсного середовища, і призначені для визначення дисперсних характеристик м'ясних і молочних продуктів з переважаючими діелектричними властивостями. Диференційні ємнісні методи дисперсного аналізу являють собою якісно новий етап у розвитку електричних методів, які зв'язані з необхідністю аналізу мікророзмірів за результатами вимірів кожної мікрочастинки окремо. До переваг ємнісних методів можна віднести високий ступінь точності, до недоліків – складність установок реалізуючих даний метод дисперсного аналізу.

Існують прилади (гріндометри) для визначення дисперсного складу речовин, що засновані на принципі заклинювання часток у зазорі визначеної глибини [44]. До переваг даного способу можна віднести простоту апаратурного оформлення і швидкість вимірів при достатньому ступені точності, до недоліків – можливість використання для визначення дисперсного складу переважно мінеральних речовин [56].

На сьогодні у м'ясній і молочній промисловості велике поширення одержали методи седиментаційного аналізу, за допомогою яких визначають розмір аналізованих часток в інтервалі $(1..100)10^{-6}$ м. Седиментаційні методи аналізу засновані на використанні характерної здатності дисперсних систем до поділу в полі дії гравітаційних чи відцентрових сил. У залежності від співвідношення густини дисперсної фази та дисперсного середовища частинки можуть осаджуватися (седиментація) або спливати (зворотна седиментація). Метод седиментаційного аналізу є інтегральним, тобто дозволяє одержати характеристику дисперсності речовини за даними про деяку сукупність часток. В основі седиментаційного методу визначення розмірів часток лежить рівняння Стокса, відповідно до якого швидкість осідання часток пропорційна квадрату їхніх розмірів. Використовуючи дане рівняння розраховують середній діаметр аналізованих часток. До переваг методу варто віднести простоту проведення

аналізу та широкий діапазон застосування, до недоліків – недостатню точність результатів.

Найбільше поширення при оцінці дисперсності сухих порошкоподібних м'ясних і молочних продуктів знайшов ситовий метод, що має досить просте апаратне оформлення та методику аналізу. Ситовий метод дозволяє одержати інтегральну характеристику дисперсного складу продукту, яка дає представлення про розміри деякої сукупності часток. Даний метод аналізу полягає в послідовному пропусненні проби сипучого, порошкоподібного продукту через набір сит з визначеним діаметром отворів, і у визначенні процентного вмісту залишку від усієї проби на кожному ситі. Мінімальний розмір отворів, який визначає границю допустимості способу, складає величина порядку $(40...60) \times 10^{-6}$ м. Найбільшого поширення одержали металеві пробивні сита зі штампованими отворами круглої, щільовидної та прямокутної форм, а також металеві дротові та синтетичні волокняні прямокутної, квадратної та інших форм.

При виборі розташування сит віддається перевага вертикальному компонуванню, у якій більш раціонально використовуються робочі площі.

Для забезпечення класифікації аналізатором система сит приводиться в зворотно-поступальний, круговий, поступальний і вібраційний рухи за допомогою різноманітних приводних механізмів.

Відомі конструкції аналізаторів, в основу яких покладена система сит, що коливається, яка робить зворотно-поступальний рух.

Існують також барабанні аналізатори. Конструктивно вони представляють систему сит, яка утворена циліндричним чи багатогранним (складеним із плоских сит, закріплених на багатокутному каркасі) дірчастим барабаном, установленим під деяким кутом до горизонту на опорному пристрої.

Відомі конструкції гіраційного і вібраційного ситових аналізаторів. Система сит гіраційного аналізатора підвішується на ексцентрикових шийках вала, від якого й одержує кругові коливання у вертикальній площині, у результаті чого аналізована речовина струшується і розсіюється. Гіраційні аналізатори ефективно працюють і у випадку розміщення продукту на ситі порівняно товстим шаром,

тому що частинки продукту, крім поступального руху уздовж сита, струшуються, перемішуються і підкидаються. Перевагою вібраційного і гіраційного аналізаторів є їх висока ефективність і надійність.

Ситовий метод класифікації застосовується не тільки для дисперсного аналізу сипучих продуктів, але і для класифікації різних суспензій. [1, 18, 25]. Так, різновидом ситового методу є фільтраційний метод аналізу, що полягає в пропущенні суспензій через пористі матеріали-фільтри з наступним визначенням маси осадку.

Відома конструкція ситового аналізатора, у якій мається нерухоме горизонтально розміщене металеве сито, через яке пропускають мінеральну суспензію. У конструкції пристрою мається спеціальний поршень із сегментними отворами здійснюючий зворотно-поступальний рух над ситом, для забезпечення турбулізації поділюваного продукту. У пристрої використовують примусову циркуляцію суспензій.

Дослідження фракційного складу фаршевих продуктів має особливо важливе значення для їхньої органолептичної оцінки, тому що дозволяє визначити небажані фракції великих часток, які знижують показники якості. Але для загальної більш точної оцінки дисперсності коректніше використовувати такий показник, як питома площа поверхні всіх його часток. Даний показник більш точно характеризує такі показники якості фаршевих систем як здатність утримання вологи, їх структурно-механічні властивості, вихід готової продукції тощо.

Даний показник дає загальну об'єктивну кількісну оцінку ступеня дисперсності продукту. Визначення значень питомої площі поверхні фаршевих продуктів проводили різними розрахунково-аналітичними методами. Приведені методи розрахунку не можуть забезпечити точність при визначенні значень даного показника, внаслідок наявності в них грубих допущень при моделюванні процесу подрібнення і не враховують всіх реальних умов його протікання.

Більш досконала аналітична методика визначення питомої площі поверхні фаршів була розроблена Бубиренко В.К. В даній методиці умовно вважається, що фарш є монодисперсною системою з частками у вигляді циліндру з діаметром

основи рівним діаметру отворів ножової решітки. При цьому висота циліндру аналітично визначалася через швидкість руху сировини в робочій камері, швидкістю обертів ножа та кількість його лопатей.

Тому, для більш точної оцінки дисперсності фаршу та питомої площі поверхні необхідно розробити методики, яка базується на експериментальній основі з максимальним наближенням процесу, що моделюється до реального.

1.4.Характеристика конструктивних особливостей вовчків та їх технологічні можливості

На сьогодні випускається велика кількість моделей вовчків [5, 6]. Відзначене різноманіття моделей обумовлене необхідністю даного виду технологічного устаткування для всіх типів підприємств харчування, його багатофункціональністю, універсальністю, надійністю конструкції, простотою експлуатації та обслуговування.

Слід зазначити, що всі сучасні моделі вовчків, незважаючи на їхню різноманітність, мають однаковий принциповий устрій. В даний час випускається два типи вовчків малої продуктивності: з індивідуальним приводом і в якості змінних виконавчих механізмів до універсальних приводів. М'ясорубки мають горизонтальну робочу камеру у вигляді пустотілого циліндра з оребреною внутрішньою поверхнею. Ребра має вигляд гвинтових або подовжніх канавок. Кут підйому гвинтової лінії, в залежності від моделі, коливається від 30 до 50°. Більшість конструкцій має від 3 до 5 заходів гвинтових канавок. Глибина і ширина канавок коливається в незначних межах, обумовлених геометричними розмірами робочої камери та шнека. Гвинтова нарізка робочої камери забезпечує ефективне просування кускових продуктів від завантажувального пристрою до ріжучого механізму. Однак, внаслідок того, що ребра (канавки) виготовляються по всій довжині робочого циліндра, їхня присутність може приводити до виникнення зворотного плинину здрібненої сировини, що обумовлено відсутністю підпора зворотному плинину продукту в перетині канавок і перепадом тиску в зоні різання та завантаження. Перепад тиску у свою чергу обумовлений тим, що нагнітаюча здатність шнека перевищує пропускну спроможність ріжучого механізму, для створення необхідного надлишкового тиску перед ножовими

решітками з метою деформації і вдавнення продукту в їхні отвори. Величина об'ємної витрати зворотного плинину залежить від глибини каналу, діаметра і довжини шнека, в'язкості матеріалу та величини перепаду тиску в зоні різання і завантаження. Зворотній плин спостерігається у випадку повторного подрібнення фаршевих продуктів, а також при здрібнюванні окремих видів сирих овочів і ягід ніжної консистенції. Наявність каналів при обробці внутрішньої поверхні робочої камери, а також значного зазору між шнеком і робочою камерою істотно (у 2 рази і більш) знижує продуктивність м'ясорубок.

Механізмом подачі м'ясорубки є шнек, що має крок витків зменшуваний у бік розвантаження в 2...3 рази. Зменшення міжвиткового простору шнека при нерівномірному завантаженні забезпечує ущільнення кускових продуктів для створення монолітної маси продукту і додаткового тиску в зоні різання, що частково забезпечує вдавнення і відрізання продукту в отворах ножових решіток. Шнеки сучасних конструкцій м'ясорубок мають принципово однаковий устрій і відрізняються лише геометричними розмірами, кутами підйому гвинтової лінії, коефіцієнтом ущільнення, класами обробки поверхонь, матеріалами, технологіями їхнього виготовлення та деяких інших параметрів [16, 17]. Здатність шнека подавати продукт залежить від числа заходів і кута підйому його гвинтової лінії, форми та розмірів міжвиткових впадин, кількості витків, частоти обертання, довжини шнека, кута підйому і кута профілю останнього витка. Помітно впливає на продуктивність довжина черв'яка та довжина гвинтової ділянки шнека. При незначній довжині черв'яка та малій кількості витків зростає зворотний плин сировини. Збільшення кількості витків до 5-6 приводить до зменшення зворотного плинину продукту і до підвищення продуктивності м'ясорубок. Подальше збільшення довжини шнека та кількості витків стабілізує продуктивність збільшуючи питому витрату енергії.

Аналізовані конструкції шнеків м'ясорубок забезпечують якісне просування лише кускових продуктів. При повторному здрібнюванні фаршевих продуктів зменшення кута підйому гвинтової лінії приводить лише до зростання тиску в зоні різання і збільшенню зворотного плинину продукту. Крім того, при подачі шнеком продуктів кут підйому гвинтової лінії шнеків сучасних м'ясорубок не відповідає

їх оптимальному значенню для ефективного просування продукту по робочій камері.

Аналіз відомих конструкцій вовчків великої продуктивності свідчить про велику різноманітність їхніх механізмів подачі. Основне розходження їх полягає в способі подачі сировини з завантажувального бункера в робочу камеру. При цьому використовується як примусова подача, так і подача без використання живильних пристроїв. Використання живильників дозволяє значно підвищити продуктивність вовчків завдяки безперервності подачі продукту в робочу камеру. У більшості промислових вовчків використовуються шнекові та спіральні живильники, які монтуються перпендикулярно до осі основного шнека [3, 34, 42]. Відомі також вовчки з іншими типами живильників. Наприклад, фірма „Omet“ (Іспанія) випускає вовчки з пальцевими живильниками. Використання живильників приводить до значного збільшення металоємності, габаритних розмірів і вартості вовчків. Тому, у вовчках малої продуктивності механізми живильників не знайшли застосування.

За формою шнеки вовчків великої продуктивності бувають циліндричні та конічні, з перемінним або постійним кроком. Відомі конічні шнеки, а також комбіновані з ділянками конічної та циліндричної форми. Вид нарізки робочого шнека залежить від умов роботи, виду сировини, що подрібнюється, і розмірів шматків. Хоча існує велика різноманітність форм нарізки витків, оптимальна – не визначена. Практикою встановлено, що для подрібнення свіжого м'яса кращий черв'як з різко зменшуваним кроком витків на початку і плавним – наприкінці; для подрібнення мороженого м'яса - з постійним чи незначно зменшуваним кроком витків; для подрібнення жирової сировини використовують шнеки з підігрівом. Основний напрямок в удосконаленні конструкцій робочого шнека зв'язаний з забезпеченням ним надійної, рівномірної подачі сировини до ріжучого механізму.

Для збільшення рівномірності подачі сировини до ріжучих робочих органів пропонують пристрій, усередині корпусу якого встановлений шнек з перемінним кроком витків, а в останньому витку є отвори. Краї кожного отвору, з боку механізму подрібнення, виконані з гострими кутами заточення, при цьому

нерівномірні по об'єму та масі шматки продукту, при підході до ріжучих органів частково подрібнюються, що поліпшує рівномірність подачі сировини до ріжучого механізму.

Відомий механізм подачі, що складається з кільцевого ножа встановленого на вході в робочу камеру, яким регулюється зазор між його ріжучим краєм і шнеком. При транспортуванні шматків м'яса в робочий циліндр виступаючі частини м'яса попадають у цей зазор і зрізуються, що дозволяє знизити енергоємність процесу подачі продукту до ріжучого механізму.

Для забезпечення надійної. рівномірної подачі сировини до ріжучого механізму останній виток шнека виконують з виступом, який є продовженням витка, що примикає до однієї з лопатей ножа. Наявність виступу сприяє більш інтенсивній подачі продукту в отвори решіток, перешкоджаючи при цьому прокручуванню його навколо вала шнека.

Для підвищення надійності роботи вовчків використовують шнек, що складається зі спіралі, навитої навколо нерухомого оребреного стрижня. Завдяки наявності подовжніх ребер у циліндрі та на нерухомому стрижні продукт переміщається до решіток без обертання.

Існує механізм подачі, що включає шнек з перемінним кроком витків і підпирний елемент виконаний у вигляді вільно розміщеної навколо шнека спіралі, яка має привід, що забезпечує її обертання в напрямку протилежному шнеку. Дана конструкція сприяє переміщенню продукту без закручування під високим тиском.

Аналіз конструкцій пристроїв подачі вовчків, великої продуктивності свідчить про те, що проблемі підвищення ефективності транспортування продукту від завантажувального пристрою до ріжучого механізму, надається велика увага. Дослідженнями спрямованими на удосконалення роботи механізму подачі займалися багато вчених [5, 7, 8, 24]. Описані вище конструкції механізмів подачі вовчків забезпечують підвищення продуктивності, рівномірності та надійності подачі продукту, а також зниження питомих енерговитрат процесу. Слід зазначити, що дані конструктивні рішення неможливо використовувати в конструкціях м'ясорубок унаслідок їхньої складності, або вузької спрямованості

для деяких видів сировини.

Основним конструктивним елементом м'ясорубки є його ріжучий механізм. Ефективність його роботи, складається з багатьох факторів: комплектності, конструкції окремих елементів, матеріалу, ступеня їхнього затягування і зносу, структурно-механічних властивостей продукту, що подрібнюється, технологічного призначення процесу й інших факторів.

Вовчки великої продуктивності, що випускаються серійно, мають ріжучі механізми, які складаються з трьох і більше ножових решіток.

У деяких конструкціях вовчків є окремі приводи для обертання ножів і шнека, що дозволяє варіювати продуктивністю і якістю продукту, що подрібнюється [3, 18].

Відомі також спеціальні комплекти ріжучих механізмів, які крім основної функції виконують операції сортування продукту, на дві фракції – м'ясний фарш і відходи жиловки (сухожилля, дрібна кіста і т.п.). Вони використовуються в наступних комплектах ріжучих механізмів, вовчків, що серійно випускаються. Вовчки фірми „Seydelmann“ (Німеччина) мають механізм подрібнення, у якому завдяки наявності на вихідній решітці спеціальних поглиблень (каналів), симетрично розташованих по радіусу (від центра до периметра), ніж у процесі подрібнення направляє по них сполучну тканину за рахунок тиску, створюваного в зоні різання. Сполучна тканина витісняється по цих каналах до центра решіток і гвинтоподібною частиною ножа виштовхуються по спеціальному патрубку назовні.

Вовчки фірми „Laska“ (Австрія) мають механізм подрібнення, до складу якого входять пристрій жиловки та багатозубий ніж. Жиловочний чотирьохзубий ніж має на поверхні зубів поперечні канавки, розташовані під визначеним кутом, що забезпечує подрібнення й одночасне нагнітання здрібної з'єднувальної тканини до центра обертання. Через осьовий отвір вихідної решітки та спеціальний патрубок відходи жиловки виводяться назовні.

Фірма „Kramer-Grebe“ (Німеччина) також випускає вовчки, що поєднують процеси жиловки та подрібнення. Жиловка виконується чотирьохзубим ножом, замкнутим по периметрі кільцем. Зуби ножа мають форму гнутого швелера, у якого закінчення бічних полиць є ріжучими краями. Канал між краями служить для нагромадження не здрібненої з'єднувальної тканини й інших частин, що витісняються до периферії ножа і через отвір у робочому циліндрі видаляється з механізму подрібнення.

Проаналізуємо конструктивні виконання окремих елементів ріжучих механізмів м'ясорубок.

Прийомні чи підрізні решітки звичайно мають три отвори складної геометричної форми, які забезпечують попереднє подрібнення продукту.

Проміжні та вихідні ножові решітки в більшості випадків мають циліндричні отвори розміщені в шаховому порядку діаметрами 2; 3; 3,5; 4,5; 5; 6; 9 мм.

Відомі розробки в яких є складені ножові решітки, що складаються з трубчастих елементів, які знаходяться між опорним кільцем та хомутом, що стягує їх. Дана конструкція решіток забезпечує зниження зусилля різання та підвищення продуктивності вовчка за рахунок збільшення коефіцієнта використання площі перетину решіток. При цьому решітки не надійні в експлуатації, а також вимагають високий ступінь точності виготовлення всіх її елементів.

Інші ножові решітки мають отвори двох видів: краплеподібні та круглі. Дані решітки рекомендовано для подрібнення м'ясо-кісткової сировини та сировини з підвищеним вмістом колагену. При використанні решіток такого типу підвищується продуктивність і надійність процесу. Однак, при цьому відбувається зниження показників якості одержуваних фаршів за рахунок наявності в них великих часток, що пройшли крізь отвори краплеподібної форми. Крім того, виготовлення отворів краплеподібної форми вимагає спеціального устаткування та технологій.

Існують решітки призначені для подрібнення сировини з підвищеним

вмістом колагену, що мають циліндричні отвори діаметри яких збільшуються від периферії до центра. Відзначене негативно впливає на показники якості одержуваного фаршу за рахунок значного діапазону дисперсності його часток.

Розроблено ножові решітки, які мають циліндричні перехресні отвори виконані під гострим кутом до робочої площини, що приводить до зменшення зусиль різання [9, 11]. Однак дані решітки відрізняються дуже значною трудомісткістю виготовлення.

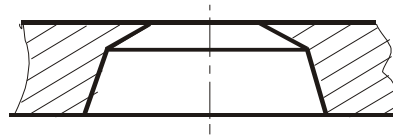


Рис. 1.1 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Цікаве конструктивне рішення ножових решіток запропоновано в пристрої . Отвори даних решіток виконані у вигляді співвісно з'єднаних поверхонь верхнього та нижнього усічених конусів, причому діаметр нижньої основи верхнього конуса дорівнює діаметру верхньої основи нижнього усіченого конуса (рис. 1.1). При використанні решіток даної конструкції підвищуються показники якості одержуваних фаршів і знижується енергоємність процесу подрібнення за рахунок наявності гострих кутів заточення країв отворів. Недоліком даної конструкції решіток є наявність гострих кутів заточення країв отворів тільки з одного боку, що дозволяє їх ефективно використовувати лише в ріжучому механізмі з однією площиною різання, а в механізмі з декількома площинами установлювати в якості вихідної.

Розроблена конструкція решітки з циліндричними отворами просвердленими під гострими кутами ($\alpha = 30 \dots 85^\circ$) до ріжучої площини (рис. 1.2). Реалізація вищезгаданих технічних рішень приводить до утворення гострого кута заточення країв отворів, що на думку авторів у 2...3 рази зменшує зусилля різання. Крім переваг цій конструкції притаманні також і суттєві недоліки. Решітки даної конструкції можна ефективно використовувати лише в ріжучому механізмі з однією площиною різання. Але її виготовлення вимагає спеціальних технологій та технічного оснащення підприємств.

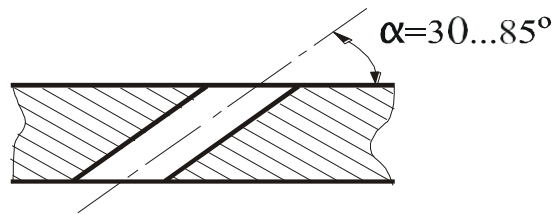


Рис. 1.2 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Відомі решітки, що складаються з двох дисків, у яких отвори виконані співвісно, причому отвір другого диска більше отвору першого диску [19] (рис. 1.3). Використання даних решіток забезпечує зниження енергоємності процесу подрібнення за рахунок зменшення сили тертя продукту в каналах отворів. Недоліком даної конструкції решіток є можливість її ефективного використання в механізмі тільки з однією площиною різання.

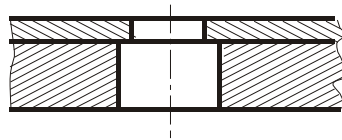


Рис. 1.3 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Розроблено решітки, що складаються з одного диска з отворами у виді двох співвісних циліндрів різного діаметра (рис. 1.4). При їх використанні відбувається зменшення сил тертя продукту в отворах решіток, що і знижує енергоємність процесу. Однак решітки даної конструкції ефективно використовувати тільки в якості вихідної.

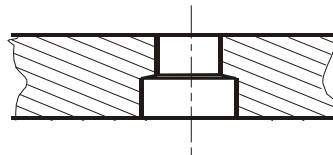


Рис. 1.4 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Відомі решітки з отворами виготовленими у виді сопел, що прогресивно розширюються безпосередньо від торцьової поверхні решітки, взаємодіючої з ножом (рис. 1.5). При використанні даних решіток також відбувається зниження енергоємності процесу за рахунок зменшення сил тертя продукту об внутрішню

поверхню отворів. Однак дану конструкцію ножових решіток ефективно можна використовувати в ріжучому блоці тільки в якості вихідної.

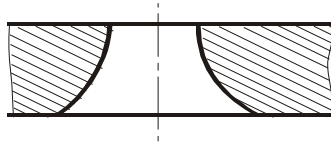


Рис. 1.5 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Розроблена решітка, яка складається з набору трьох дисків, у яких діаметр наскрізних циліндричних отворів зовнішніх дисків менше ніж у центрального диска (рис. 1.6). Використання ножових решіток даної конструкції дозволяє, на думку авторів, знизити енергоємність процесу подрібнення за рахунок зниження сил тертя в отворах описаної форми, що обумовлено збільшенням прохідного перетину.

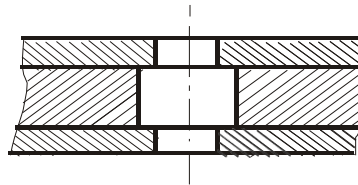


Рис. 1.6 - Геометрична форма отворів ножової решітки.

Відома конструкція решіток у якій циліндричні отвори розташовані по колу з різними міжцентровими відстанями. При цьому величина міжцентрової відстані отворів пропорційна передбачуваній кількості продукту, що проходить через цю зону. Дана конструкція решіток дозволяє усунути зминання та втрати соку продукту, що подрібнюється. Істотним недоліком описаних решіток є зниження продуктивності і підвищення питомих енерговитрат за рахунок не ефективного використання їх площі.

У сучасних м'ясорубах використовують ножі різної геометричної форми складеної та цільної конструкції. Складені ножі відрізняються від цільних наявністю з'ємних чи нероз'ємних лез, виготовлених із особливого зносостійкого матеріалу. Виробництво складених ножів дозволяє істотно заощадити високоцінні дорогі матеріали і замінити їх більш дешевими. Однак, виготовлення складених ножів відрізняється більшою складністю. Найбільше поширення у

вітчизняній промисловості та за кордоном одержали чотирьохзубі прямолінійні ножі з прямим кутом заточення країв ріжучих лез. При цьому випускаються й інші види ножів.

Відома конструкція прямолінійного ножа в якому ріжучі краї лез мають гострий кут ($70\dots 80^\circ$) заточення (рис. 1.7.). Застосування даного конструктивного рішення дозволяє істотно знизити питому енергоємність процесу різання.

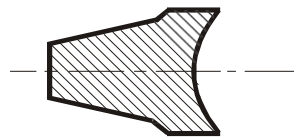


Рис. 1.7 - Розріз зуба ножа.

Ніж іншої конструкції відрізняється від попереднього тим, що його увігнута поверхня V-образної форми має перемінну глибину, що забезпечує різні кути заточення ріжучих країв лез (від 60° до 90°), які зменшуються в напрямку до периферійної частини лопаті. Дана конструкція забезпечує підвищення міцності зубів ножа при досить ефективних кутах заточення країв їхніх лез.

У конструкції іншого ножа ріжучі краї лез, також мають гострий кут заточення ($35\dots 50^\circ$) та криволінійну форму. Описана конструкція ножа дозволяє знизити енергоємність процесу за рахунок реалізації ковзного різання та гострих кутів заточення країв лез.

Відомі ножі чашоподібної форми, що кріпляться безпосередньо на торці шнека з можливістю обертання навколо своєї осі. Застосування ножів даної конструкції, на думку авторів, дозволяє істотно знизити енергоємність процесу та підвищити якість продукту за рахунок реалізації процесу ковзного різання та наявності гострого кута заточення країв лез ножів. Недоліком ножів описаної конструкції є необхідність використання для них тільки спеціального шнека, а також неможливість застосування їх у ріжучому механізмі з декількома площинами різання.

Розроблені багатозубі ножі, що мають леза шаблеподібної форми з гладкими та зубцюватими ріжучими краями. Кут заточення ріжучих країв лез даних ножів складає від 40 до 80° .

Відома також конструкція складеного ножа, що складається з двох однозубих шаблеподібних елементів, кожний з яких здійснює різання з різними

решітками [14]. Описані конструкції ножів також дозволяють знизити питому енергоємність процесу за рахунок реалізації ковзного різання.

Ніж запропонований автором виконаний у вигляді пластини з формою паралелограма, похилі грані якого відігнуті по рівнобіжним їм лініям на кут $95\dots 100^\circ$. Ріжучі краї розташовані на відігнутих гранях. При використанні ножа даної конструкції також знижується енергоємність процесу подрібнення за рахунок реалізації ковзного різання.

Зуби ножів авторів обладнані додатковими ріжучими краями тетраїдальної форми. Використання даного ножа, внаслідок реалізації процесу ковзного різання, призводить до зменшення питомої енергоємності процесу подрібнення. Недоліком даної конструкції є недоцільність застосування її в пристроях, що мають декілька ріжучих площин ніж-решітка.

Відомий ніж, зуби якого виготовлені у виді паралелограма (рис. 1.8.). Запропоноване конструктивне рішення дозволяє здійснювати різання лезом з гострим кутом заточення ріжучого краю. Недоліком конструкції даного ножа є можливість ефективного використання тільки в ріжучих механізмах з однією площиною різання.

Оригінальну конструкцію мають ножі виконані у вигляді сателітів (зубцюватих шестірней) планетарного механізму, з'єднаних зубцюватим зачепленням з нерухомою коронною шестірнею та з обертовою сонячною шестірнею жорстко закріпленої на валу. При цьому сателіти виконані з наскрізними отворами. У даному механізмі також реалізуються процеси ковзного різання. Недоліком даної конструкції ножів є її складність. Крім того її використання зменшує пропускну здатність ножових решіток.



Рис. 1.8 - Ріжуча пара: 1 – ніж; 2 – решітка

Відоме конструктивне рішення в якому роль ножів виконує абразивна поверхня торця шнека та робоча поверхня решіток. При цьому зазор між решіткою та торцем шнека повинний складати 2,5...3 розміри найбільшого зерна абразивного матеріалу. Однак, дана конструкція не ефективна при здрібнюванні з'єднувальної тканини, тому що колагенові волокна не будуть подрібнюватися в зазорі.

Існують конструкції ножів у яких кінці зубів їх лез з'єднані кільцем і нагадують підрізну решітку [30, 33]. Дана конструкція має підвищену міцність. Однак, процес подрібнення з використанням даної конструкції буде більш енергоємним за рахунок збільшення площі контакту ножів із решітками.

Відомі пристрої в яких роль ножа виконують обертові решітки. Дана конструкція досить ефективна при здрібнюванні сировини з підвищеним вмістом колагену, внаслідок реалізації ковзного різання з боку обох робочих органів. Однак, зменшення площі прохідного перетину ріжучого механізму та збільшення площі контакту ріжучих органів призводить до зниження продуктивності та підвищення енергоємності процесу подрібнення.

Аналіз конструкцій основних елементів ріжучого механізму м'ясорубок (ножів і решіток) дозволяє зробити наступні висновки.

Сучасні конструкції ножів та решіток, що серійно випускаються для м'ясорубок відрізняються незначною різноманітністю їхніх геометричних форм, яких переважають ножові решітки з циліндричною формою отворів виконаних під прямим кутом до площини різання з діаметрами 3...9 мм, а обертові ножі мають від 2 до 5 зубів прямолінійної чи криволінійної форми з прямим чи гострим кутами заточення ріжучих країв. Розглянуті конструкції ножів і решіток сучасних моделей м'ясорубок відрізняються простотою форм і ефективні при переробці традиційної м'ясної сировини. Однак, демонструють низьку ефективність при використанні нетрадиційної м'ясної та рослинної сировини.

Різноманіття конструкцій ножів та решіток сучасних вовчків великої продуктивності та перспективних розробок у цій області свідчить про актуальність проблеми удосконалення даних елементів ріжучого механізму, а також про відсутність єдиних універсальних високоефективних конструктивних

рішень. Кожне індивідуальне, конструктивне виконання ножів і решіток має вузькоспеціалізовану спрямованість і забезпечує деяке підвищення ефективності в даному напрямку.

Підвищення якості продуктів, що подрібнюються, зниження енергоємності процесів їхнього подрібнення забезпечуються шляхом розробки конструкцій з гострими кутами заточення ріжучих країв лез ножів та країв отворів решіток а також за рахунок реалізації ними процесів ковзного різання. Ковзне різання забезпечується шляхом розробки різних криволінійних, прямолінійних, з розташуванням по дотичній до окружності та зміщенням паралельно радіусу ножа і зубцюватих форм ріжучих країв, використання чашоподібних і шестерних ножів, здійснюючих обертальний чи планетарний рух, а також за рахунок складного руху ножа в площині обертання [14, 15].

Основними напрямками удосконалювання конструкцій ріжучих механізмів та механізмів подачі є:

- підвищення надійності та довговічності конструкцій;
- підвищення якості продукту, що подрібнюється;
- розширення діапазону їхніх функціональних можливостей;
- зниження енергоємності процесу подрібнення;
- покращення техніко-економічних показників.

Багато авторів вважають, що поліпшення якості нарізки м'яса в ріжучих парах за рахунок ковзного різання та різання з гострими кутами заточення ріжучих країв лез ножів і отворів решіток, забезпечує кращі органолептичні показники якості готової продукції. Однак порівняльних досліджень, які підтверджують даний висновок у літературі, нами не виявлено. Таким чином, не визначений вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок (діаметрів і геометрії отворів решіток, конструкції ножів, кратності подрібнення) на фракційний склад різних видів м'ясо-рослинної сировини, їхні структурно-механічні характеристики, органолептичні показники якості та вихід готового продукту.

Розширення діапазону функціональних можливостей ріжучого механізму

здійснюється шляхом розробки спеціальних конструкцій ножів і решіток, а також за рахунок використання додаткових елементів і пристосувань. Крім основної функції подрібнення продукту в ріжучих парах ніж-решітки дані розробки дозволяють проводити сортування сировини на дві фракції (сухожилля, кісту та м'язову тканину), а також дозування фаршевих продуктів. Дуже перспективним напрямком розширення функціональних можливостей м'ясорубок, на наш погляд, є:

- розробка універсальних комплектів їхніх робочих органів, що включають поряд зі стандартними органами додаткові спеціальні ножі, решітки, шнеки та інші пристосування, що забезпечують високоефективне подрібнення різних видів традиційної і нетрадиційної харчової сировини, які значно відрізняються структурно - механічними властивостями;

- модернізація робочих органів м'ясорубок з метою одержання дрібнодисперсних продуктів, фракційний склад яких наближається до продуктів отриманих у процесі кутерування.

Питаннями дослідження впливу параметрів ріжучого інструмента на ефективність процесів різання та подрібнення займалися багато дослідників.

Відомі дослідження направлені на визначення техніко-економічних показників різних подрібнювачів в результаті яких були визначені залежності продуктивності, питомої витрати енергії від числа ріжучих площин діаметрів отворів вихідних решіток і швидкостей обертання ножів і шнека та ін.

Аналізуючи вищезазначене можна зробити висновок про необхідність проведення комплексних досліджень направлених на визначення впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок на техніко-економічні та технологічні показники процесу подрібнення.

Висновки до розділу 1

1. На підприємствах харчування не ефективні процеси переробки деяких видів цінної харчової сировини, внаслідок недосконалості процесів та обладнання для їх подрібнення. Найбільш поширеним устаткуванням, що реалізує процеси виробництва фаршевих продуктів, є м'ясорубки. Але ефективність їх використання при подрібненні деяких специфічних видів сировини досить низка,

що обумовлено недоцільними їх конструктивними параметрами. Однією з причин, що перешкоджає вдосконалення процесів подрібнення на м'ясорубках, є недосконалість методик та установок для оцінки ступеня дисперсності фаршевих продуктів, які б дозволили виявити вплив того чи іншого параметра процесу подрібнення на головний якісний показник фаршів – їх дисперсність.

2. Аналіз процесів подрібнення різних видів продуктів на м'ясорубках дозволив визначити найбільш перспективні напрямки їх вдосконалення:

- розширення діапазону функціональних можливостей. Важливими напрямками розширення діапазону функціональних можливостей є модернізація ріжучих робочих органів з метою можливості отримання як звичайних так і дрібнодисперсних фаршевих продуктів різного ступеня дисперсності, можливості переробки різних видів нестандартної харчової сировини та ін.;

- підвищення техніко-економічних параметрів процесу подрібнення за рахунок вдосконалення транспортуючих та ріжучих робочих органів. Одним з напрямків покращення техніко-економічних параметрів процесу подрібнення м'ясної сировини з підвищеним вмістом з'єднувальної тканини є модернізація ріжучих робочих органів з метою більш якісного подрібнення високоміцних еластинових та колагенових волокон. Вищевідзначене виключило б випадки забивання отворів ножових решіток не подрібненими волокнами з'єднувальної тканини та намотування їх на пера ножів, які призводять до зниження техніко-економічних параметрів процесу подрібнення.

- зниження енергоємності процесів подрібнення за рахунок модернізації ріжучих робочих органів. При поліпшенні даних показників процесів подрібнення різних видів сировини важливе значення мають методики їх розрахунку. Відомі методики при подрібненні різних видів сировини досить неточні. Перспективним напрямком зниження енергоємності процесів подрібнення на м'ясорубках є реалізація ковзкого різання та використання ріжучих робочих органів з різними гострими кутами заточення ріжучих країв робочих органів.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

При виконанні магістерської роботи експериментальні дослідження проводили в умовах науково-дослідній лабораторії кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів, в лабораторії кафедри процесів і обладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України та в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК (сmt. Чабани).

Літературний огляд було підготовлено за використанням бібліотечного фонду НУБіП України, бібліотеки ім. Вернадського та інформації розміщеної в Інтернет мережі.

2.1. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження – процес подрібнення м'ясних продуктів на харчових підприємствах.

Предмет дослідження – ріжучі та транспортуючі робочі органи вовчку, фарш.

2.2. Схема проведення досліджень

У відповідності визначеній меті та поставленим завданням була розроблена схема проведення експериментальних досліджень, яка представлена на рис. 2.1.

У якості робочих органів, використовувалися стандартні й експериментальні ножі та ножові решітки. Експериментальні двосторонні чотирьохлопатові ножі мають на кожній лопаті по два ріжучі краї з тупими кутами заточення та два з гострими. Геометричні параметри ножових решіток представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Основні геометричні параметри решіток

Назва геометричного параметру	Чисельні значення						
	15°	30°	45°	60°	90°	120°	150°
Кут заточення країв отворів, град.							
Діаметр отворів, мм.	5, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5, 9	5, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Товщина решітки, мм	5						

У якості транспортуючих робочих органів використовували стандартні шнеки та модернізовані шнеки з вставками-гільзами. Внутрішній діаметр вставки- гільзи відповідає зовнішньому діаметру шнека, а зовнішній її діаметр дорівнює внутрішньому діаметру виступів робочої камери. Кут підйому гвинтової лінії модернізованих шнеків складав 5°, 10°, 15°, 20°.

Предметами досліджень були також продукти тваринного і рослинного походження. З продуктів тваринного походження використовували сире та варене котлетне м'ясо (яловичина II категорії шийна частин), а також відходи оброблення, зачищення та жилування яловичої туші, які включають, сухожилля хрящі, плівки й інші обрізки. М'ясо птиці представлено філе. З продуктів рослинного походження, як предмети дослідження, використовували сирі та варені моркву, буряк.

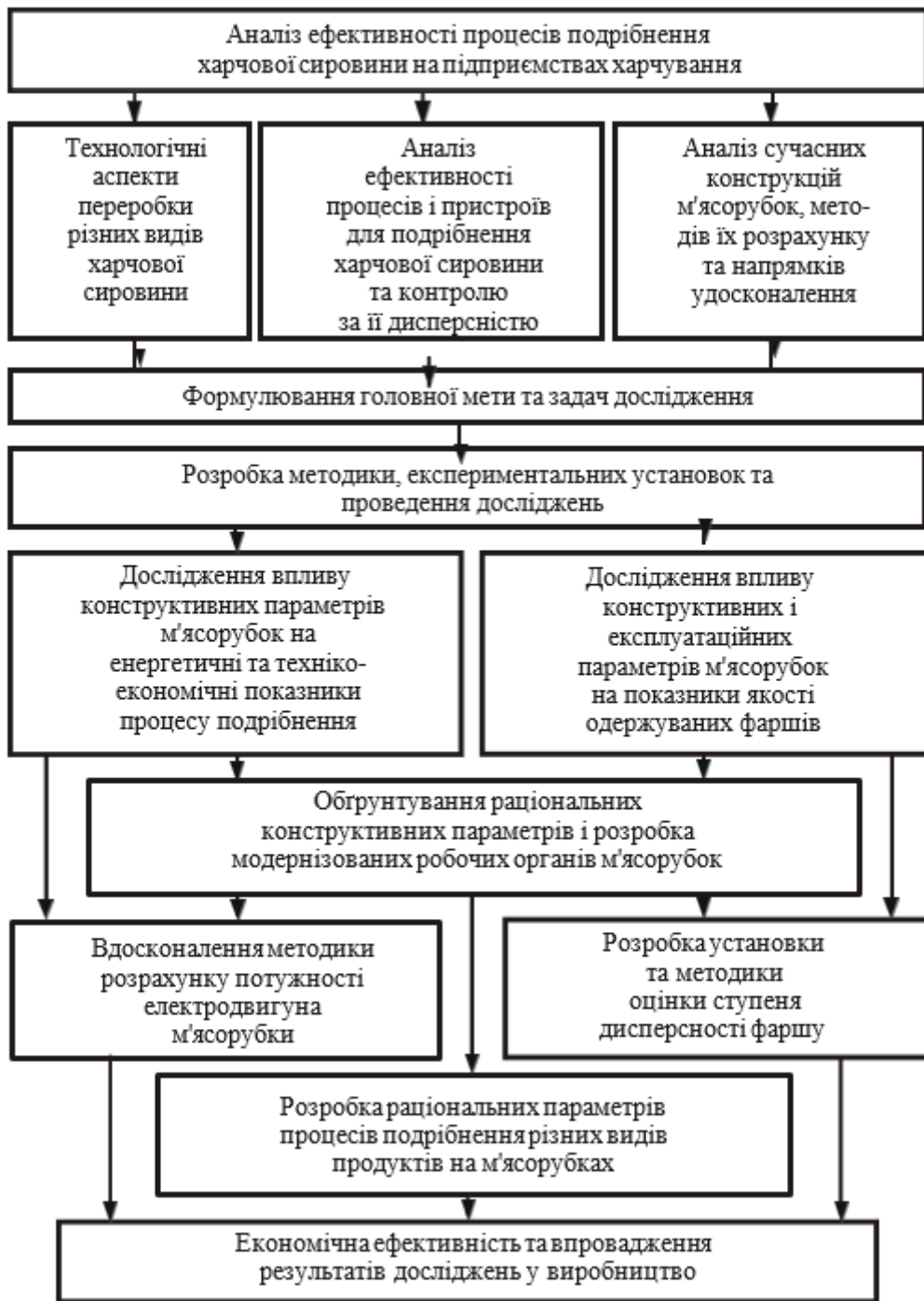


Рис. 2.1. Схема проведення експерименту

2.3 Методи дослідження

Для визначення раціональних геометричних параметрів ріжучих робочих органів нами були використані значення питомої роботи різання визначеної розрахунково-експериментальним методом. Значення питомої роботи різання визначали для різних комбінацій робочих органів з різними кутами заточення ріжучих країв лез ножів і отворів ножових решіток. Кути заточення країв отворів експериментальних решіток і ріжучих країв лез ножів склали 15°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 150°.

Раціональні геометричні параметри транспортуючих робочих органів визначалися нами виходячи з раціональних техніко-економічних показників, що характеризують продуктивність подрібнювачів і питомих енергетичних показників. В експериментальній установці використовували стандартний і експериментальний шнеки з постійними кутами підйому гвинтової лінії 5°, 10°, 15°, 20° і вставку-гільзу внутрішній діаметр якої відповідав зовнішньому діаметру шнеків, а зовнішній відповідав внутрішньому діаметру робочої камери. Крім того для проведення даних експериментів використовували ваги РН-10Ц-13У з набором гирь і секундомір. Для забезпечення рівномірної подачі фаршів при повторному їхньому подрібненні використовувався спеціальний завантажувальний бункер, що має конічну форму, який встановлювали замість завантажувальної чаші.

Для визначення раціонального кута підйому гвинтової лінії шнека з постійним кроком витків при повторному подрібненні використовували фарші рослинного та тваринного походжень. Їх завантажували в завантажувальну чашу м'ясорубки і подрібнювали, фіксуючи при цьому час його подрібнення за допомогою секундоміра. Фарш, отриманий при повторному подрібненні за визначений період часу, разом із прийомною тарою зважували, попередньо зваживши масу порожньої тари. Погрішність зважування при використанні даних ваг не перевищувала 2,5%. Масу отриманого фаршу визначали використовуючи наступну формулу:

$$m_i = m_{заг} - m_m, \quad (2.1)$$

де m_i – маса здрібненого продукту в i -му процесі подрібнення за визначений період часу, кг;

$m_{заг}$ – маса прийомної тари й отриманого фаршу, кг;

m_m – маса прийомної тари, кг.

Для дослідження впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів процесу подрібнення на динаміку показників якості одержуваних продуктів нами була використана м'ясорубка із приводом П II-1. У комплект ріжучого механізму, входили стандартні й експериментальні ножі та решітки. Кут заточення країв лез експериментальних ножів складав 30° і 150°. В комплект ріжучого механізму входили ножові решітки з кутами заточення країв отворів 30°, 90° і 150°. Діаметри

отворів ножових решіток з кутом заточення країв отворів 30° складали 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 і 9 мм. Решітки з кутом заточення країв отворів 90° і 150° мали аналогічні діаметри та кількість отворів як і з кутом заточення 30° . Для забезпечення рівномірної подачі фаршів при повторному їхньому подрібненні нами був використаний спеціальний завантажувальний бункер, що має конічну форму, який встановлювали замість завантажувальної чаші. При такому завантаженні фарші подавалися в робочу камеру м'ясорубки під дією сили ваги.

Вміст зв'язаної та вільної вологи в досліджуваних зразках визначали методом пресування. Для визначення вологоутримуючої здатності утримувати вологу фракцію продукту масою $m_o = 0,3\text{г}$ зважували на торсійних вагах. Перед роботою ваги встановлювали за рівнем за допомогою опорних гвинтів. Звільняли коромисло пересуваючи закріпний важіль вправо. Установлювали показчик маси на нуль за допомогою важеля натягу і сполучали показчик рівноваги з рисою рівноваги за допомогою тарувальної голівки. Далі відкривали кришку корпусу, поміщали на підвіску досліджуваний продукт на кружку з поліетилену з діаметром рівним діаметру чашки ваг, закривали кришку і зважували продукт, рухаючи закріпний важіль вправо і повертаючи важіль натягу з показчиком маси до сполучення показчика рівноваги з рисою рівноваги.

Після зважування навішення продукту переносили на фільтр, і розміщали таким чином, що навішення виявлялося під кружком. Попередньо фільтр витримували протягом 3 діб в ексікаторі над насиченим розчином хлориду кальцію для однорідного зволоження до вмісту вологи 8 – 9%. Зверху продукт накривали такою ж пластинкою, як і нижня, установлюючи на неї вантаж масою 1 кг і витримували 10 хв. Потім фільтр з продуктом звільняли від вантажу і нижньої пластинки, після чого олівцем окреслювали контур плями навколо спресованого м'яса. Зовнішній контур вимальовувався при висиханні фільтрувального папера на повітрі. Площі плям, утворених спресованим м'ясом і адсорбованою вологою вимірювали планіметром.

Розмір вологої плями обчислювали по різниці між загальною площею зовнішньої плями і площею плями, утвореного м'ясом. Експериментально встановлено, що 1 см^2 площі вологої плями складає 8,4 мг води [51]. Вміст зв'язаної вологи розраховували за наступними формулами:

$$X_{зв'яз.1} = (A - 8,4B) 100 / m_o; \quad (2.2)$$

$$X_{зв'яз.2} = (A - 8,4B) 100 / A, \quad (2.3)$$

де $X_{зв'яз.1}$ – вміст зв'язаної вологи, % до м'яса;

$X_{зв'яз.2}$ – вміст зв'язаної вологи, % до загальної вологи;

A – загальний вміст вологи в продукті, мг;

B – площа вологої плями, см².

Вміст вільної вологи визначали по формулі:

$$X_{віль.1} = X - X_{зв'яз.1}; \quad (2.4)$$

$$X_{віль.2} = 100 - X_{зв'яз.2}; \quad (2.5)$$

де $X_{віль.1}$ – вміст вільної вологи, % до маси напівфабрикату;

X – вміст загальної вологи, % до маси напівфабрикату;

$X_{віль.2}$ – вміст вільної вологи, % до загальної маси вологи.

Для кожного аналізованого зразка досліди проводили в триразовій повторності.

Для визначення вмісту загальної вологи в аналізованих зразках висушували до постійної маси порожню бюксу, після чого поміщали на її дно рівним шаром аналізований зразок (5 г). Продукт поміщали в сушильну шафу і протягом 80 хв висушували при температурі 130 ± 2 °С.

Вміст загальної вологи розраховували по формулі:

$$X = (m_1 - m_2) 100 / (m_1 - m), \quad (2.6)$$

де m_1 – маса продукту з бюксою до висушування, г;

m_2 – маса продукту з бюксою після висушування,

г; m – маса бюкси, г.

2.1.1 Методика досліджень виходу смажених кулінарних виробів. Вихід готової продукції визначали за відомою методикою [40]. При проведенні експериментів готові вироби і напівфабрикати піддавали зважуванню на вагах РН-10Ц-13У. Похибка зважування не перевищувала 2,5%.

$$x = \frac{m_{з.в.}}{m_{н/ф}} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де x – вихід готових виробів, %;

$m_{г.в.}$ – маса готового виробу, кг;

$m_{н/ф}$ – маса напівфабрикату, кг.

З метою виключення погрішності порівняльних досліджень виходу різних зразків м'ясних рубаних кулінарних виробів процес підготовка напівфабрикатів і теплова обробка проводилася в аналогічних умовах (при незначній різниці температур гріючої поверхні з однаковою тривалістю їхнього перемішування, формування та теплової обробки), шляхом одночасної спільної жарки на сковороді. Експерименти проводили в п'ятикратній повторності. Результати експериментів піддавалися статистичній обробці по методу найменших квадратів.

Готовність виробів визначали досягненням температури усередині зразка 90° С.

При обробці експериментальних даних використовувалися сучасні комп'ютерні технології: для статистичного моделювання – табличний процесор Excel, для відображення графічного матеріалу – професійно-спрямована програма CogelDROW-10, для автоматизації введення результатів експериментів та графічної інформації – скануючий пристрій та системи оптичного розпізнавання. Для фотографування промислових зразків модернізованих робочих органів та дослідних установок використовували цифрову фотокамеру.

2.4. Методи статистичної обробки даних

Обробку результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням обчислювальної техніки.

По серії кожного експерименту розраховувалось його середньоарифметичне значення за наступною формулою:

$$y_{сер.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.8)$$

де $y_{сер.}$ – середнє значення показника;

y_i – значення даних отриманих в i -тому експерименті;

n – число експериментів.

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

3.1. Розроблення експериментальної установки для дослідження енергетичних показників процесу подрібнення

Для дослідження енергетичних показників процесу подрібнення була спроектована і виготовлена експериментальна установка (рис. 3.1), яка складається з двох закріплених на рамі приводів П П-1 (поз. 2 і 1) з асинхронними двигунами з номінальною потужністю 1,5 кВт. Установка включає м'ясорубку (поз. 5), що складається з чавунного корпусу 5, шнека 8, завантажувальної чаші 6 з штовхачем 7, затискної гайки 12, набору комплектів стандартних і модернізованих ріжучих робочих органів (ножів 9 та решіток 10).

Слід зазначити, що шнек використовуваний в експериментальній установці має висвердлений отвір у місці кріплення пальця, у якому розміщена бронзова втулка-підшипник. Отвір із втулкою-підшипником призначено для опори спеціального розбірного вала-пальця 13 ріжучого механізму, який приводить у рух ножі, від приводу 2. Для передачі обертання від вала 15 приводу 2 до ножа 9 ріжучого механізму, вал-палець 13 з однієї сторони має хвостовик, що входить у зачеплення з валом 15. Для передачі обертального руху від однієї частини вала-пальця до іншої використовується муфта 14. Слід зазначити, що вал 15 приводу 2 має обертання протилежне валу приводу 1.

Для виміру енергетичних показників ріжучих механізмів та механізмів подачі застосовували два вимірювальних комплекти (поз. 3 і 4). Дані комплекти призначені для виміру сили струму, напруги та потужності в однофазних і трифазних ланцюгах перемінного струму. Прилади, що входять в комплект відповідають класу точності 0,5. Межа основної допустимої погрішності приладів, комплекту безпосередньо після включення та у

режимі тривалого навантаження дорівнює 0,5% від кінцевого значення діапазону вимірів.

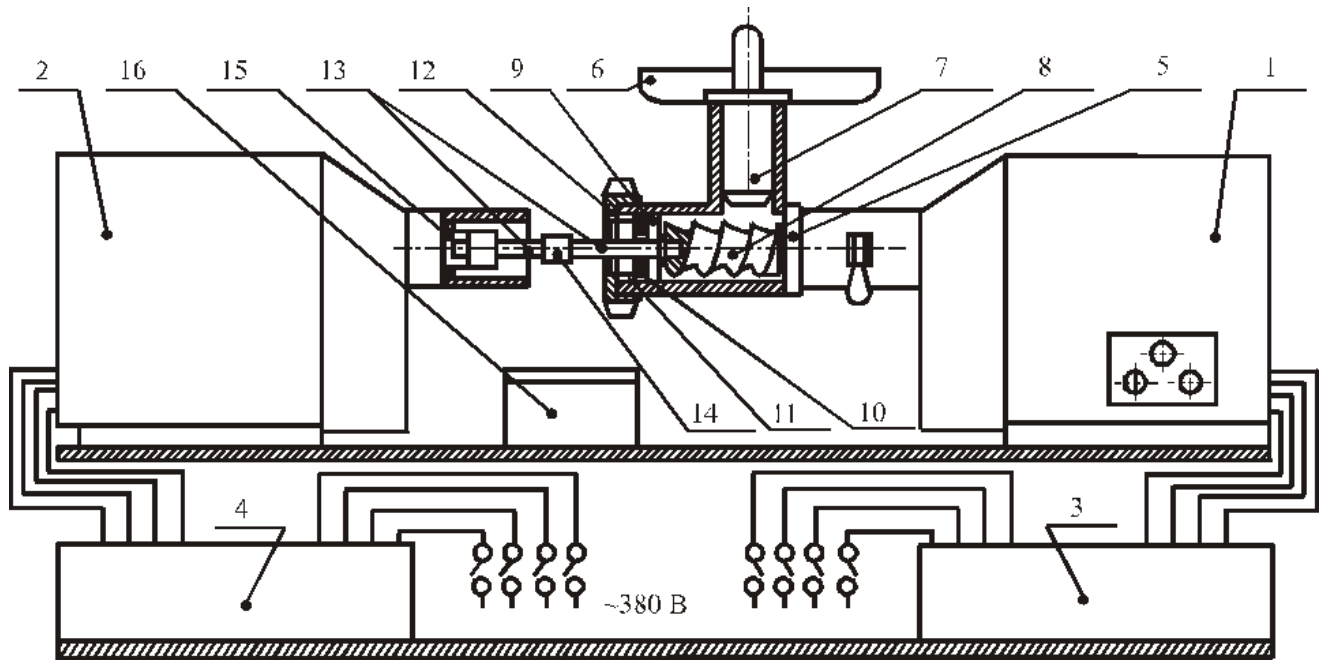


Рис. 3.1 - Установка для дослідження енергетичних параметрів процесів подрібнення: 1, 2 – привод; 3, 4 – вимірювальний комплект; 5 – корпус м'ясорубки; 6 – завантажувальна чаша; 7 – штовхач; 8 – шнек; 9 ніж; 10 – решітка; 11 – упорне кільце; 12 – затискна гайка; 13 – рознімний вал-палець; 15 – вал приводу 2; 16 – прийомна тара

Для виміру енергетичних показників ріжучих механізмів та механізмів подачі застосовували два вимірювальних комплекти (поз. 3 і 4). Дані комплекти призначені для виміру сили струму, напруги та потужності в однофазних і трифазних ланцюгах перемінного струму. Прилади, що входять в комплект відповідають класу точності 0,5. Межа основної допустимої погрішності приладів, комплекту безпосередньо після включення та у режимі тривалого навантаження дорівнює 0,5% від кінцевого значення діапазону вимірів.

Кути заточення країв отворів решіток і країв лез ножів складали 15°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 150°.

Слід зазначити, що застосування в експериментальній установці двох

приводів 1, 2 і двох вимірювальних комплектів 3, 4 та вала-пальця 13 дозволило безпосередньо експериментально визначити структуру складових потужності процесу подрібнення, що у свою чергу дозволило розрахувати питому роботу подачі шнека та питому роботу різання. Крім того дане конструктивне рішення експериментальної установки дозволило визначити вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів подрібнювачів на енергетичні складові процесу подрібнення.

Використання додаткового приводу 2 з вимірювальним комплектом 4 дозволило експериментально заміряти потужність затрачувану безпосередньо на різання продукту в ріжучій площині ніж-решітка $N_{різ}$.

Для досліджень енергетичних показників процесу подрібнення була розроблена методика (рис. 3.2).

Для визначення структури складових потужності процесу подрібнення різних продуктів, використовуючи вимірювальні комплекти 3 і 4 попередньо заміряли потужності N_1 , N_2 роботи приводів 1, 2. Після визначення потужностей роботи приводів приєднували корпус м'ясорубки 5 до приводу 1, установлювали шнек 8, необхідні (стандартні або модернізовані) ніж 9, решітки 10, упорне кільце 11, частину рознімного вала-пальця 13 і затягували затискною гайкою 12.

З'єднання виступаючої частини вала-пальця 13 з приводом 2 установлювали другу його частину і з'єднували їх за допомогою муфти 14. Для виміру потужності $N_{тр}$, що витрачається на подолання сил тертя в площині контакту опорних граней ножа і ножових решіток включивши приводи 1 і 2 за допомогою вимірювального комплекту 4 заміряли потужність N_4 використовувану приводом 2 на роботу приводу і подолання сил тертя в площині різання. Слід зазначити, що під час даного виміру потужності в робочу камеру м'ясорубки 5 нами додавалася вода для зближення значень сили тертя, що виникає в ріжучій парі, з реально існуючими в процесі подрібнення продуктів. Після чого розраховували потужність $N_{тр}$, що використовується на подолання сил тертя в ріжучому механізмі по наступній формулі:

$$N_{mp.} = N_4 - N_2, \quad (3.1)$$

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 2 на роботу приводу і подолання сил тертя ріжучих робочих органів у площині різання, Вт;

N_2 – потужність роботи приводу 2, Вт.

Для визначення потужності використовуваної шнеком вмикали приводи 1 та 2 приєднували завантажувальну чашу 6 до горловини корпусу м'ясорубки 5 і попередньо підготовлений продукт завантажували в м'ясорубку. Перед завантаженням продукт нарізали на шматочки з середньоарифметичним розміром 20...40 мм. За допомогою вимірювального комплексу 3 заміряли потужність, що використовується на роботу приводу 1 і роботу шнека $N_{шн.}$. Після чого розраховували потужність використовувану шнеком по наступній формулі:

$$N_{шн.} = N_3 - N_1, \quad (3.1)$$

де $N_{шн.}$ – потужність, що затрачується на просування шнеком різних видів продуктів у зону різання, вдавнення його в отвори ножових решіток, а також затрачувана на подолання сил тертя виникаючих при контакті продукту із внутрішньою поверхнею робочої камери, з поверхнею шнека і різними поверхнями ріжучих робочих органів, Вт;

N_3 – потужність, що використовується на роботу приводу 1 зі шнеком, Вт;

N_1 – потужність, що використовується на роботу приводу 1, Вт.

Для визначення потужності використовуваної безпосередньо на різання різних видів продуктів у площині різання паралельно з виміром $N_{шн.}$ за допомогою вимірювального комплексу 4 заміряли потужність, що використовується приводом 2 на його роботу, а також на подолання сил тертя та різання досліджуваного продукту. Потужність різання розраховували за наступною формулою:

$$N_{риз} = N_5 - N_4, \quad (3.2)$$

де $N_{риз}$ – потужність, що використовується безпосередньо на різання різних видів продуктів у зоні різання, Вт;

N_5 – потужність, що використовується на роботу приводу 2, подолання сил тертя на поверхні стику ріжучих робочих органів і різання продукту, Вт.

Структуру складових потужності при подрібненні різних продуктів визначали за наступною формулою:

$$C = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \cdot 100, \quad (3.3)$$

де C – процентний вміст i -тої складової потужності подрібнення, %;

N_i – абсолютне значення i -тої складової потужності подрібнення, Вт;

n – кількість складових потужності подрібнення, шт.

Питому роботу подачі продукту шнеком розраховували по наступній формулі:

$$B_{num} = \frac{N_{шн}}{S_{шн} \cdot n}, \quad (3.4)$$

де B_{num} – питома робота шнека, Дж/м²;

$S_{шн}$ – показник, що характеризує основні геометричні параметри шнека, м²;

n – частота обертання шнека і ножа, с⁻¹.

Показник, що характеризує основні геометричні параметри шнека визначали по наступній формулі:

$$S_{шн} = L_{шн} \cdot D_{шн}, \quad (3.5)$$

де $L_{шн}$ – довжина гвинтової ділянки шнека, м;

$D_{шн}$ – зовнішній діаметр витків шнека, м.

Питому роботу різання ріжучої пари ніж-решітка розраховували за наступною формулою:

$$A_{num} = \frac{N_{piz}}{F_{отв} \cdot \psi \cdot z \cdot n}, \quad (3.6)$$

де A_{num} – питома робота різання ріжучою парою ніж-решітка, Дж/м²;

$F_{отв}$ – сумарна площа отворів ножової решітки, м²;

ψ – кількість площин різання ріжучого механізму, шт;

z – кількість пер ножа, шт.

Сумарну площу отворів ножових решіток розраховували за наступною формулою:

$$F_{отв} = a \cdot \frac{\pi \cdot d_{отв}^2}{4}, \quad (3.7)$$

де a – кількість отворів ножових решіток, шт;

$d_{отв}$ – діаметр отворів ножових решіток, м.

Середнє значення тиску на поверхні контакту опорних граней ножів і решіток розраховували по формулі:

$$P = \frac{P_3}{b \cdot z \cdot (r_{max} - r_{min})}, \quad (3.8)$$

де P – середній тиск на поверхні контакту опорних граней ножів і решіток, Па;

P_3 – зусилля зтягування ріжучого механізму, Па;

b – ширина контакту пер ножа з ножовими решітками, м.

r_{max} – максимальний радіус пер ножа, м;

r_{min} – мінімальний радіус пер ножа, м;

Зусилля зтягування ріжучого механізму, розраховували з урахуванням значення N_{mp} (2.1) по наступній формулі:

$$P_3 = \frac{N_{тер}}{\pi \cdot n \cdot (r_{max} + r_{min}) \cdot f \cdot \Psi}, \quad (3.9)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання ножа об решітки в присутності продукту, що подрібнюється (приймали $f=0,1$).

При визначенні енергетичних показників процесів багаторазового подрібнення різних продуктів використовували вищеописану методику.

3.2. Розроблення експериментальної установки для дослідження показників якості фаршів

Найбільш прийнятним методом дослідження фракційного складу фаршів, як відзначалося вище, є седиментаційний. Даний метод дозволяє одержати досить точні дані про фракційний склад продукту, відрізняючись при цьому значною тривалістю проведення дослідження. Тому седиментаційний метод нами був використаний як контрольний метод для корегування даних фракційного складу, отриманих за допомогою модернізованого нами ситового методу і відповідної експериментальної установки.

Седиментаційний метод аналізу базується на використанні характерної здатності дисперсних систем до поділу в полі дії гравітаційних або відцентрових сил. В основу седиментаційного методу визначення розмірів часток покладене рівняння Стокса, відповідно до якого швидкість осадження при ламінарному русі одиночної сферичної частки в безмежному середовищі пропорційна квадрату її діаметра:

$$\omega_{oc} = D_{екв.}^2 (\rho - \rho_c) g / (18\eta), \quad (3.10)$$

де ω_{oc} – швидкість осадження, м/с;

$D_{екв.}$ – діаметр частки, м;

ρ – густина часток, кг/м³;

ρ_c – густина середовища, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

η – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, Па·с.

Для часток м'ясних і овочевих фаршів, що мають неправильну геометричну форму, швидкість осадження розраховували з урахуванням поправочного коефіцієнта форми $\varphi=0,66$.

При визначенні розмірів часток седиментаційним методом враховували і той факт, що рівняння Стокса використовується для осадження одиночної частки в безмежному середовищі, що з достатнім ступенем точності можна використовувати для аналізу малокоцентрованих, тобто сильнорозбавлених дисперсних систем. У зв'язку з цим, досліджувані фарші попередньо розбавляли в ємності з водою, у співвідношенні по масі 1:10.

Досліджувані фарші являли собою полідисперсні системи, в яких частки осаджувалися з різними швидкостями. Тому нами встановлювалася залежність маси осаду від часу його осадження, графічно зображувана як крива седиментації.

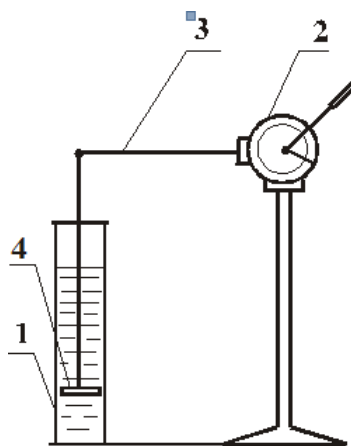


Рис. 3.3 - Схема експериментальної установки для проведення дисперсного аналізу фаршів седиментаційним методом: 1 – циліндр; 2 – терези торсіонні; 3 – коромисло; 4 – чаша

Установка для дисперсного аналізу фаршів седиментаційним методом (рис. 3.3) складається зі скляного циліндра 1, заповненого водою, торзійних ваг 2 типу ВТ–500 ТУ-64-1-990-81, до коромисла 3 яких прикріплена чашечка 4. На циліндр нанесені риски, що позначають початок і кінець шляху осадження. Абсолютна погрішність терезів складає не більш ± 1 мг, найбільше допустиме навантаження 500 мг.

Підготовлену суспензію досліджуваного фаршу вливали безпосередньо в скляний циліндр 1 з водою.

У початковий момент осадження частки рухалися з прискоренням. Однак зі збільшенням швидкості збільшувався опір середовища і відповідно зменшувалося прискорення. З часом сила опору середовища вирівнювався із силою, що діє на частку. З настанням цього моменту, так званого динамічною рівновагою, частки рухалися рівномірно, з постійною швидкістю, називаною швидкістю осадження. За допомогою секундоміра визначався час осадження часток, маса осаду визначалася за допомогою ваг 2.

За допомогою термометра визначали температуру рідинного середовища й у залежності від неї визначали його фізичні властивості.

Масу осілого фаршу визначали по формулі:

$$m_{фр} = (Q / H) \omega_{ос} \tau, \quad (3.11)$$

де $m_{фр}$ – маса фракції фаршу, кг;

Q – загальна маса дисперсної фази, кг;

H – початкова висота суспензії в циліндрі, м;

τ – час осадження частки, с.

Використовуючи рівняння Стокса (3.11) для швидкості осадження часток перетворимо вираз 3.12:

$$m_{фр} = Q g (\rho - \rho_c) D_{екв.}^2 \tau / 18H\eta, \quad (3.12)$$

Використовуючи рівняння 3.13 знаходили еквівалентний діаметр часток фракції:

$$D_{екв.} = \sqrt{\frac{18H\eta m_{фр}}{Qg\tau(\rho - \rho_c)}} \quad (3.13)$$

На основі отриманих даних будували криві седиментації (рис. 3.4)

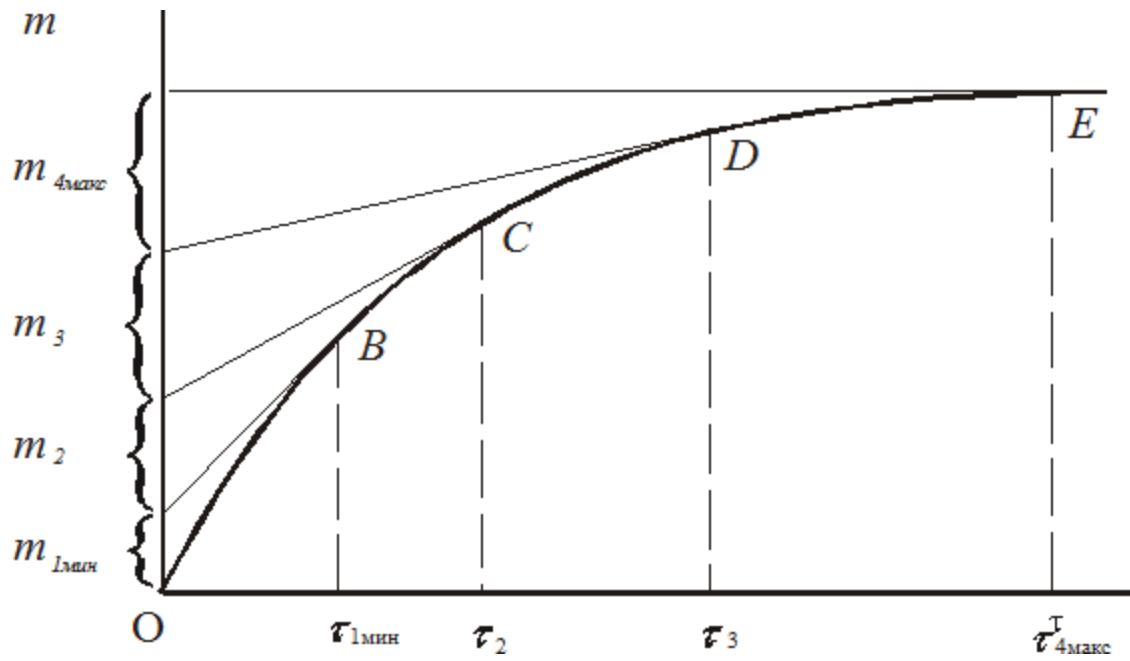


Рис. 3.4 - Крива седиментації

На рисунку осадженню самої великої та самої дрібної фракції полідисперсної системи відповідає час осадження $\tau_{лхв}$ і $\tau_{4макс}$. Проміжне значення τ_2 і τ_3 відповідає часу осадження фракції з розмірами часток, що лежать у межах від максимального до мінімального розміру. Масу часток відповідних фракцій одержували, проводячи дотичні через точки кривої седиментації, що відповідають моменту осадження цих фракцій (B, C, D, E) при відомих значеннях висоти стовпа суспензії H та часу повного осадження розраховували діаметр часток кожної фракції, що є граничним для сусідніх фракцій. Отримані значення діаметрів часток фракцій використовували для побудови гістограм, що представляють сукупність прямокутників, абсциса кожного з яких дорівнює ΔD , а ордината – відповідному відношенню збільшення масових часток фракцій до загальної маси усіх фракцій.

Процентний вміст різних фракцій визначали по формулі:

$$C = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \cdot 100, \quad (3.14)$$

де C – процентний вміст i - тої фракції, %;

m_i – маса часток i -тої фракції, кг;

n – загальна кількість фракцій.

Використовуючи гістограми будували диференційні криві розподілу часток, відкладаючи на осі абсцис значення діаметрів, а на осі ординат – відношення масових часток фракцій до загальної маси досліджуваного фаршу.

Для проведення дисперсного аналізу ситовим методом нами була розроблена експериментальна установка для механічної класифікації м'ясних і овочевих фаршів підготовлених у вигляді суспензій. Установка складається з вертикально розміщеного циліндричного прозорого корпусу 1, розбірного набору сит 2 змонтованого на вертикальному штоку 3, вентиля 4 і патрубку 5 для відводу технологічної рідини, вентиля 6 і патрубку 7 для підведення технологічної рідини (рис. 3.5). Сита були виготовлені з отворами діаметром 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 мм. Слід зазначити, що в наборі сита були розташовані таким чином, що діаметр їхніх отворів послідовно зменшувався за рухом технологічної рідини.

Під час проведення дослідів, в якості технологічної рідини використовували водопровідну воду з температурою 18...20°. Технологічна рідина, що виходила з патрубку для відводу рідини 5 збиралася в збірнику 8, де піддавалася фільтруванню через фільтр 9, для виявлення маси часток, розмір яких менше розміру мінімальних отворів сит.

Досліджуваний продукт завантажували на верхнє сито і відкриттям вентиля 6 на патрубку підведення 7 заповнювали циліндр водою вище рівня продукту на верхнім ситі. Після заповнення циліндра водою відкривали вентиль 4 на патрубку відводу 5 і регулювали вентиля так, щоб рівень води в корпусі був постійним з оптимальною швидкістю потоку. З метою запобігання випадків, коли великі частки продукту не давали можливості наблизитися до поверхні сит меншим, система сит вручну періодично приводилася в коливальний зворотно-

поступальний рух у вертикальній площині в поєднанні з круговими рухами в горизонтальній за допомогою штока 3. За рахунок проходження рідини через отвори сит при коливальному зворотно-поступальному русі в корпусі виникав інтенсивний турбулентний рух, який накладалося на коливальний круговий рух, тобто створювалися циркуляційні потоки з регульованою турбулентністю, що призводило до руйнування осаду на ситах. Турбулентність регулювалася візуально через прозорий корпус за рахунок зміни параметрів зворотно-поступального і коливального кругового рухів.

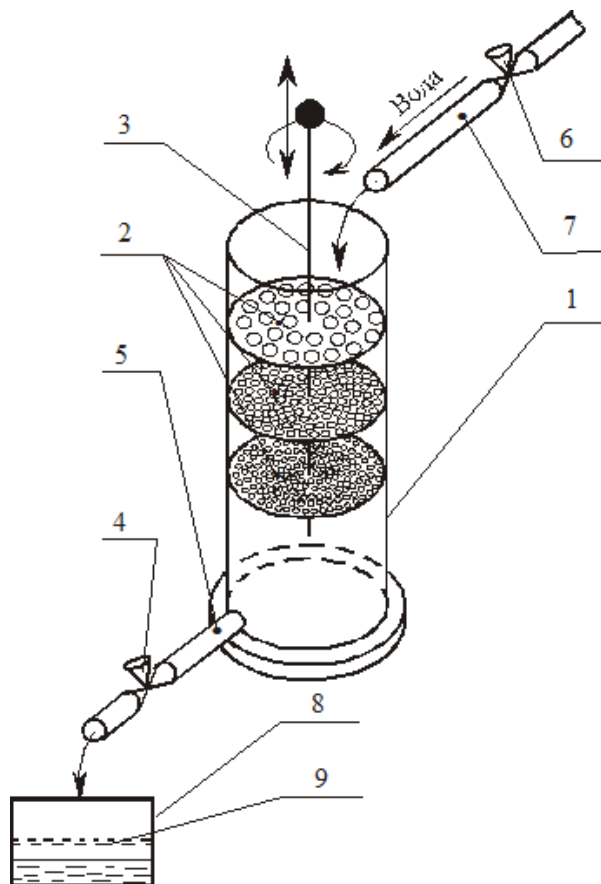


Рис. 3.5 - Схема експериментальної установки для проведення дисперсного аналізу фаршів: 1 – корпус; 2 – набір сит; 3 – шток; 4 – вентиль для відводу технологічної рідини; 5 – патрубок для відводу технологічної рідини; 6 – вентиль для підводу технологічної рідини; 7 – патрубок для підводу технологічної рідини; 8 – збірник технологічної води; 9 – фільтр

По закінченню процесу класифікації закривали вентиль для підведення технологічної рідини 6, збирали всю рідину в збірник 8 витягали набір сит,

розбирали його і зважували кожне сито разом з частками, що осіли на ньому. Після чого визначали масу осаду кожної фракції по формулі:

$$m_{фр.} = m_{заг.} - m_{сита}, \quad (3.15)$$

де $m_{фр.}$ – маса часток фракції, м;

$m_{заг.}$ – маса сита з осілими частками, м;

$m_{сита}$ – маса сита, м.

Для визначення маси фракції часток, розмір яких менше мінімального діаметра отворів сита, зважували масу часток осілих на фільтрі 9.

Для виміру маси використовували терези технічні 4-го класу типу Т-4. Розмір часток визначали як середньоарифметичний діаметр кожної фракції за формулою:

$$d_{фр.} = (D_{i \text{ макс.}} + D_{i \text{ мин.}}) / 2, \quad (3.16)$$

де $d_{фр.}$ – середньоарифметичний діаметр часток фракції, мм;

$D_{i \text{ макс}}$ – діаметр отворів верхнього сита, мм;

$D_{i \text{ мин}}$ – діаметр отворів нижнього сита, мм.

Результати досліджень представляли у вигляді гістограм по яким будували хибні диференціальні криві розподілу часток по масі.

Питому площу поверхні часток визначали за наступною формулою:

$$S_{num.} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} S_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i}, \quad (3.17)$$

де S_{num} – площа поверхні часток усіх фракцій,

m^2 ; S_i – площа поверхні часток i -тої фракції,

m^2 ; m_i – маса часток i -тої фракції, кг;

n – загальна кількість одержуваних фракцій, шт.

При розрахунку площі поверхні припускали, що частки кожної i -тої фракції умовно мають однакові розмір і форму.

Для проведення досліджень енергетичних параметрів процесу подрібнення було використано оригінальну методику з використанням розробленої експериментальної установки, яка дозволяє експериментально визначити

незалежно одна від одної складові потужності, а саме потужність, що використовується безпосередньо на різання продукту в площині різання $N_{різ}$, потужність, що затрачується на просування шнеком різних видів продуктів у зону різання, вдавнення його в отвори ножових решіток, а також затрачувана на подолання сил тертя виникаючих при контакті продукту із внутрішньою поверхнею робочої камери, з поверхнею шнека і різними поверхнями ріжучих робочих органів $N_{шн}$, потужність, що витрачається на подолання сил тертя в площині контакту опорних граней ножа і ножових решіток $N_{тр}$ та потужність, що використовується на роботу приводу $N_{пр}$.

3.3. Дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних параметрів вовчків на показники якості одержуваних фаршів

Відомо, що ступінь подрібнення м'ясопродуктів визначає консистенцію напівфабрикатів і готових виробів, форми зв'язку вологи та структуру продукту, його в'язкість, пружність, пластичність, вихід готового виробу його соковитість і ніжність. Однак, у літературі практично не зустрічається вичерпних даних про вплив діаметра отворів ножових решіток м'ясорубок і кратності подрібнення на показники якості напівфабрикатів і готової продукції.

Відсутність систематизованих даних досліджень про вплив конструктивних параметрів м'ясорубок на ступінь подрібнення продуктів і відповідну зміну властивостей фаршевих систем не дозволяє оптимізувати показники якості готової продукції й удосконалювати технології їхнього виробництва.

Для визначення залежностей між діаметром отворів ножових решіток $d_{отв}$, кутом заточення країв їхніх отворів, кутом заточення ріжучих країв лез ножів і розмірами часток фракцій фаршів $d_{фр}$ рослинного та тваринного походження нами були проведені комплексні дослідження, результати яких представлені на рис. 3.7, 3.8 і 3.9. Для можливості порівняння результатів досліджень з даними інших дослідників, що займалися визначенням дисперсного складу різних видів м'ясних фаршів, одержуваних на кутерах, результати експериментів по визначенню дисперсного складу м'ясних яловичих фаршів отриманих на м'ясорубках представляли також у тривимірному зображенні рис.4.1. Результати дисперсного аналізу овочевих фаршів були представлені нами в двомірному виді

тому що вони, на наш погляд, більш зручні у використанні (рис. 4.2, 4.3). Аналізуючи залежність дисперсного складу м'ясних яловичих фаршів від діаметра отворів ножових решіток (рис. 4.1), можна відзначити, що фарш, будучи полідисперсною системою, включає фракції середній розмір часток яких більше діаметра отворів ножових решіток. При подрібненні на м'ясорубці з використанням ножових решіток, що мають отвори діаметром 9 мм дана фракція складає 9%. У випадку ж подрібнення з ножовими решітками, які мають отвори діаметром 1 мм кількість такої фракції збільшується до 62...64%. Максимальне значення мають фракції середній розмір часток яких складає 7,5 і 1,5 мм відповідно при подрібненні з використанням ножових решіток з отворами, що мають діаметр 9 мм і 1 мм.

Усе вищевідзначене говорить про те, що діаметр отворів ножових решіток є не єдиним параметром, що визначає розмір часток, хоча він і є головним, тому що розподіл часток фаршу віддалено наближений до нормального закону розподілу випадкової величини.

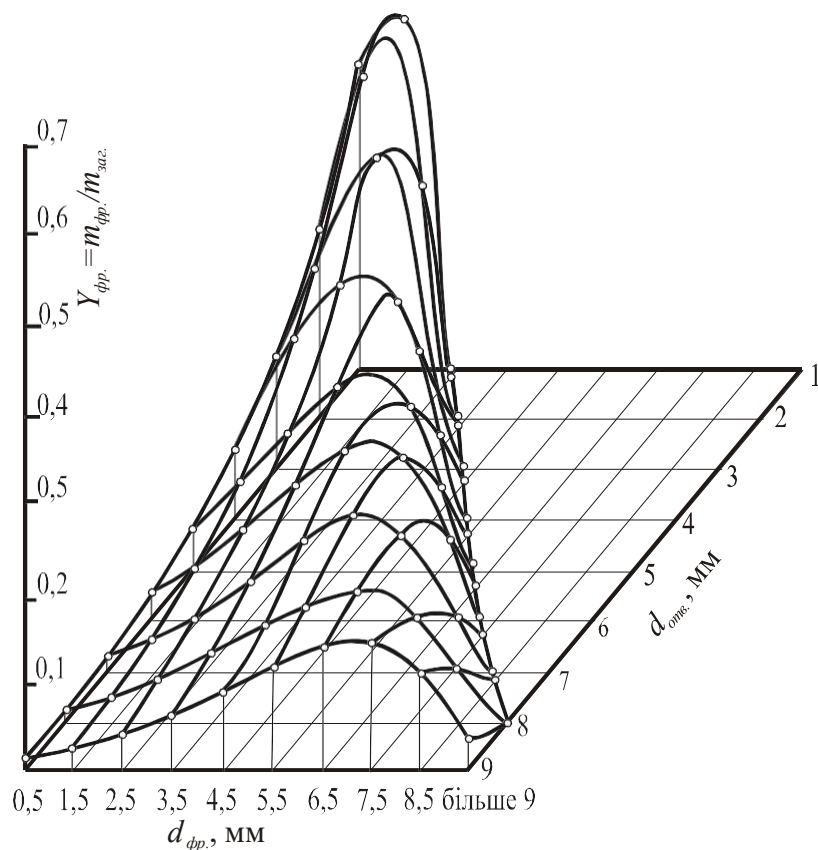


Рис. 4.1 - Залежність дисперсного складу м'ясних фаршів від діаметру отворів ножових решіток (традиційні робочі органи)

Фракційний склад м'ясних яловичих фаршів отриманих при використанні ножів з гострим кутом заточення ріжучих країв лез ножів і гострим кутом заточення країв отворів ножових решіток (30°) незначно (до 5%) відрізняється від фракційного складу фаршів отриманих при використанні традиційних робочих органів.

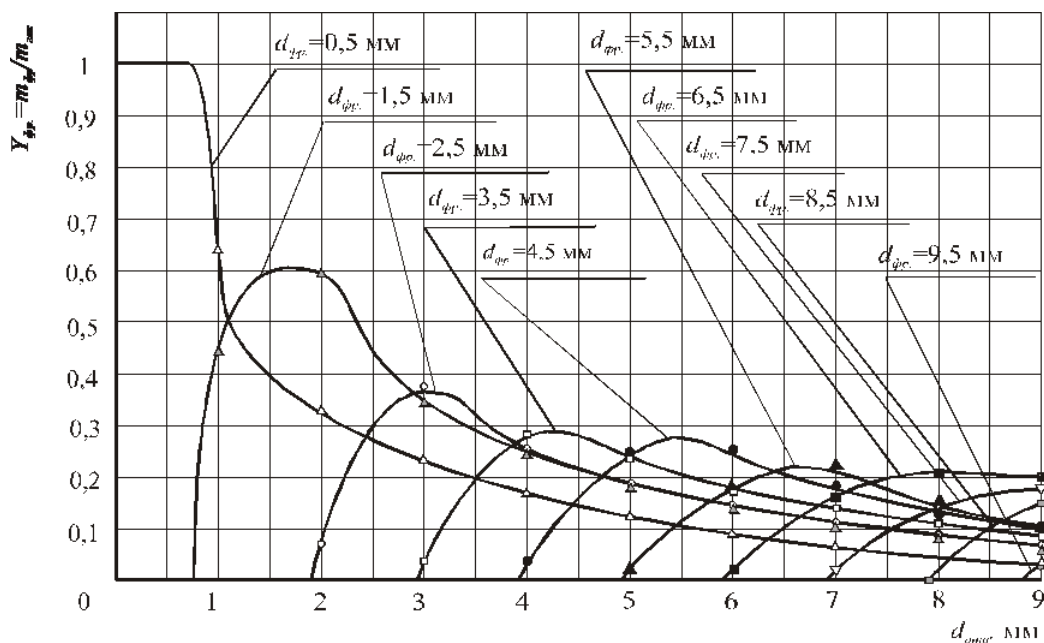


Рис. 4.2 - Дисперсний склад рослинних фаршів отриманих при використанні традиційних ножів та решіток

Аналізуючи результати досліджень спрямованих на визначення фракційного складу фаршів рослинного походження (усереднені дані при подрібненні гарбуза, буряка і моркви) рис. 4.2, можна відзначити, що їхній дисперсний склад дещо відрізняється від складу м'ясних фаршів отриманих у подібних умовах, що свідчить про вплив на нього структурно-механічних властивостей продукту. У випадку подрібнення продуктів рослинного походження спостерігаються три піки значень фракційного складу, що говорить про існування мінімум трьох руйнівних факторів, які помітно впливають на фракційний склад рослинних фаршів. Піки хибної диференційної кривої, які обумовлені даними руйнівними факторами, знаходяться над фракціями з середнім діаметром часток 1,5 мм.; 4,5 мм.; 6,5 мм.

На наш погляд, першим руйнівним фактором, який сприяє виникненню екстремуму функції при середньому діаметрі часток фракції 1,5 мм, є зазор між

зовнішнім діаметром витків шнеку та виступами гвинтової нарізки на внутрішній поверхні робочої камери. При подрібненні з використанням експериментальних шнеків, у яких був різний зазор між зовнішнім діаметром його витків та внутрішнім діаметром виступів гвинтової нарізки робочої камери, екстремум функції, що знаходиться над фракцією з середнім діаметром часток 1,5 мм, переміщувався пропорційно зазору.

Іншим руйнівним фактором, який сприяє виникненню піка кривої для фракції з середнім діаметром часток 4,5 мм, є зазор між зовнішнім діаметром витків шнеку та впадинами на внутрішній гвинтовій циліндричній поверхні робочої камери. Вищезазначений висновок також підтвердився при проведенні експерименту з використанням експериментального шнеку та спеціальної вставки-гільзи, у якій відсутня гвинтова нарізка.

Руйнівний фактор, що сприяв виникненню третього піку кривої для фракції з середнім діаметром часток 6,5 мм, обумовлений руйнуванням продукту безпосередньо в площині різання, тобто в площині контакту граней ножа з краями отворів решітки. При подрібненні продуктів тваринного походження в даних умовах екстремум хибної диференційної кривої розподілу часток фаршу знаходиться над тією ж фракцією з розміром часток 6,5 мм. Відзначене підтверджує, що в цих випадках діє один руйнівний фактор.

Візуальний аналіз зразків рослинних та тваринних фаршів показує також відмінність форми отриманих часток. Форма часток м'ясних фаршів при їх розмиванні має найчастіше вигляд волокон різної товщини та довжини, а овочеві фарші представлені у вигляді часток різноманітних геометричних форм та розмірів. Аналіз фракційних складів свідчить про те, що у фаршах тваринного та рослинного походження міститься деякий відсоток часток, середні розміри яких більші за розміри отворів ножових решіток, з використанням яких їх було отримано. У фаршах зі свіжих овочів кількість часток більшого розміру за отвори ножових решіток складає відповідно від 58...62% до 6...8% для решіток з діаметром отворів від 1 до 9 мм.

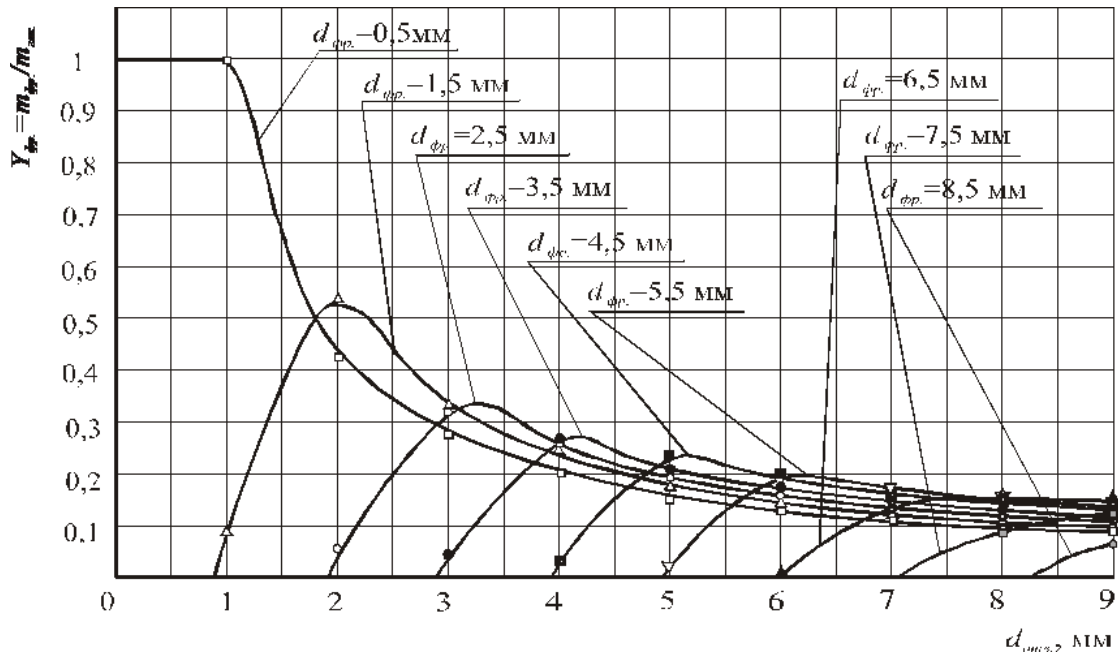


Рис. 4.3 - Дисперсний склад рослинних фаршів отриманих при використанні ножів та решіток з тупим кутом заточення лез та країв отворів

Зазначене дозволяє зробити такі висновки:

- по-перше, при подрібненні будь-якого продукту на м'ясорубках у зоні його руйнування відбувається досить суттєве його стиснення, яке й зумовлює збільшення розмірів часток після їх виходу з зони стиснення та руйнування.
- по-друге, розміри отворів ножових решіток не є одним параметром, який зумовлює всі розміри часток, як рослинного так і тваринного походження (умовно довжину, ширину та висоту).

Наприклад, один з розмірів часток залежить від швидкості руху продукту в зоні різання (через отвори решітки) та частоти різання (кількості різів ножів в одиницю часу). Вплив цих параметрів узагалі підтверджується аналізом фракційних складів фаршів, тому що в усіх випадках дослідження просліджується чітка динаміка зниження у фаршах вмісту часток з розмірами більшими за отвори ножових решіток при збільшенні абсолютного розміру. Таким чином можна зробити висновок, що при подальшому збільшенні розмірів отворів ножових решіток в умовах даного експерименту кількість часток, що перебільшують розміри отворів решітки, буде знижуватись, до певного їх мінімального значення,

обумовленого процесом стиснення продукту та його структурно-механічними властивостями.

На дисперсний склад рослинних фаршів більш істотно впливає і кут заточення країв лез ножів та країв отворів ножових решіток (рис. 4.3). Так при використанні ріжучих робочих органів з тупим (150°) кутом заточення вміст фракцій меншого середнього розміру часток зростає, а фракцій, що мають більш великий середній розмір зменшується. Так наприклад, при подрібненні рослинної сировини з використанням ножових решіток, що мають діаметр отворів 2 мм при використанні традиційних ріжучих робочих органів, (рис. 4.2) вміст фракцій часток, які мають середній розмір, рівний 0,5 мм складає 30...32%, а при подрібненні аналогічної сировини в аналогічних умовах з використанням ріжучих робочих органів з тупим кутом заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів (рис. 4.3) вміст даної фракції збільшується до 40...42%. При подрібненні даної сировини з використанням ножових решіток з діаметром отворів 9 мм в аналогічних умовах вміст даної фракції зростає від 2% до 8%.

Вищевідзначене обумовлено зміною руйнуючого впливу ріжучих робочих органів, тому що при використанні традиційних робочих органів відбувається рубляче різання продукту, а у випадку використання ріжучих робочих органів з тупими кутами заточення країв отворів ножових решіток та ріжучих країв лез ножів (150°) руйнування відбувається, в основному, за рахунок стиску та роздавлювання [56].

Слід також зазначити, що всі хибні диференційні криві представлені на рис. 4.3 віддалено наближаються до нормального закону розподілу випадкових величин. Вищевідзначене обумовлено використанням вставки-гільзи та експериментального шнека, що зводить до мінімуму дію руйнівних факторів факторів, що обумовлені наявністю зазорів між торцями гвинтової лінії шнека та западинами і виступами робочої камери.

На дисперсний склад фаршів істотно впливає також кількість подрібнень, тобто проходжень продукту через м'ясорубку. Ми провели дослідження з метою визначення залежності дисперсності фаршів від кількості подрібнень, результати

яких для фаршів тваринного походження (яловичини) при подрібненні з використанням ножових решіток з діаметрами отворів 9...1 мм відображено на рис. 4.4. Дана залежність дозволяє прогнозувати дисперсний склад фаршів у залежності від кількості подрібнень від 1 до 7. Аналізуючи цю залежність, можна відзначити, що фракційний склад фаршів істотно змінюється при подрібненні продукту 1 – 4 рази. При подрібненні ж більше 4 разів зміна дисперсності фаршів дещо уповільнюється. Відмічене корелюється з даними інших дослідників, які досліджували вплив кількості подрібнень на різних типах подрібнювачів з ріжучими робочими органами ніж-решітка.

Використовуючи залежність, відображену на рис. 4.4, ми можемо побудувати хибні диференційну криві, а також гістограми для будь-якої кількості подрібнень від 1 до 7 при використанні традиційних ріжучих робочих органів та будь-якого діаметру отворів ножових решіток. Аналізуючи залежності, що зображені на рис. 4.4, ми можемо сказати, що із збільшенням кількості подрібнень екстремум функції зміщується на фракції з меншим діаметром часток, тобто загальний розмір часток фаршу зменшується.

Знаючи фактори, які впливають на дисперсний склад фаршів, та змінюючи їх, можна безпомилково отримувати та прогнозувати склад фаршів із заданими технологічними вимогами, а економічно обґрунтувавши запропонувати ту чи іншу технологічну схему процесу подрібнення для отримання фаршів з наперед заданою якістю.

Незважаючи на важливість такої якісної характеристики фаршевого продукту якою є його дисперсний склад, що показує питомий вміст у продукті окремих його фракцій з різними розмірами часток, при порівняльній оцінці ступеня дисперсності близьких за структурою і якістю фаршевих продуктів дуже важко використовувати графічні дані їхнього фракційного складу, тому що вони не мають загального кількісного показника, що характеризує „сумарну“ ступінь дисперсності продукту в цілому. На наш погляд, такою об'єктивною кількісною характеристикою фаршевого продукту може служити величина питомої площі поверхні всіх її часток. Питома площа поверхні продукту, що визначається як

відношення загальної площі всіх його часток до їхньої загальної маси, досить точно характеризує необхідну величину „ сумарної “ дисперсності аналізованих фаршевих продуктів.

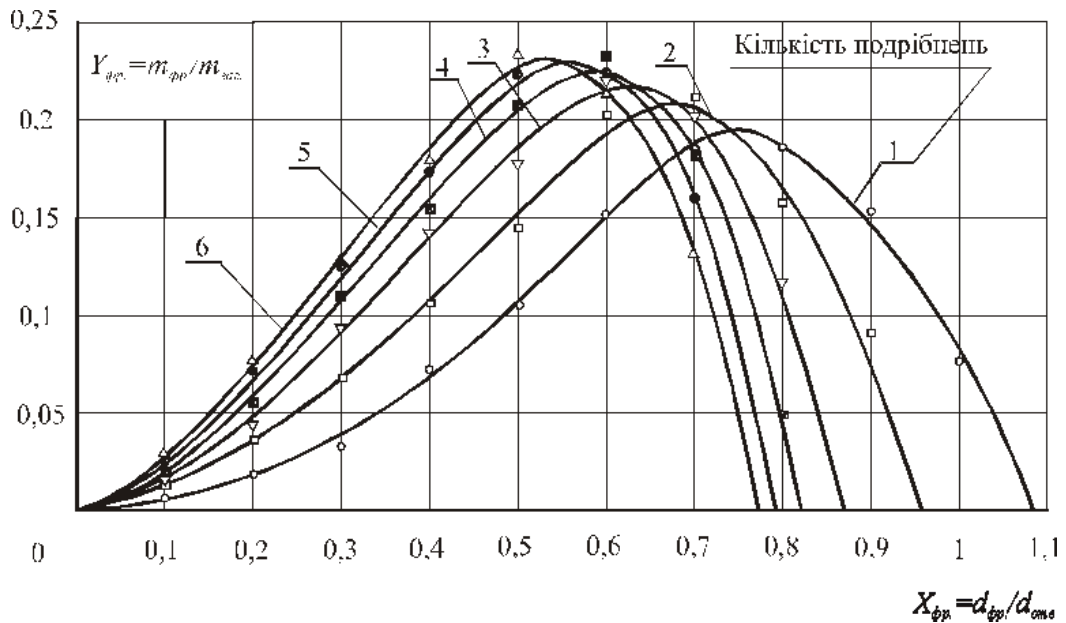


Рис 4.4 - Залежність дисперсного складу м'ясних фаршів від кількості подрібнень

По величині питомої площі поверхні полідисперсних продуктів можна судити про ефективність процесів і устаткування, використовуваних для їхнього подрібнення, прогнозувати структурно-механічні та фізико-хімічні властивості одержуваних напівфабрикатів і готової продукції, оцінювати можливу швидкість наступних процесів масообміну та теплових процесів обробки напівфабрикатів на різних стадіях їхньої технологічної переробки, прогнозувати динаміку окремих показників якості харчових продуктів.

Важливість даного показника продукту, що характеризує дисперсність, а також окремі параметри процесу подрібнення підтверджується рядом інших досліджень.

Відомі методики розрахунку питомої площі поверхні фаршевих продуктів, одержуваних на подрібнювачах з ріжучою парою ніж-решітка, не дозволяють одержати реальних значень цього показника, а також не зв'язують його функціональними залежностями з конструктивними параметрами процесів

подрібнення.

У ряді методів розрахунку питомої площі поверхні в основу розрахунків були покладені припущення, що нові поверхні утворюються лише в зоні різання ножа і решітки, без врахування геометричних параметрів решіток. При цьому умовно вважається, що збільшення площі поверхні часток продукту відбувається тільки за рахунок утворення нових поверхонь основ циліндрів (допустивши теоретично, що всі частки мають геометричну форму циліндрів). Таким чином, не враховується утворення нової площі циліндричної складової поверхні часток. Крім того, питома площа поверхні м'ясних фаршів розраховується непрямим чином, використовуючи паспортні й експлуатаційні значення продуктивності й умовну величину, що характеризує ріжучу здатність, механізму подрібнення. Значення питомої площі продуктів, що подрібнюються, отримані за аналізованою методикою приведені на рис. 4.5 (крива 1).

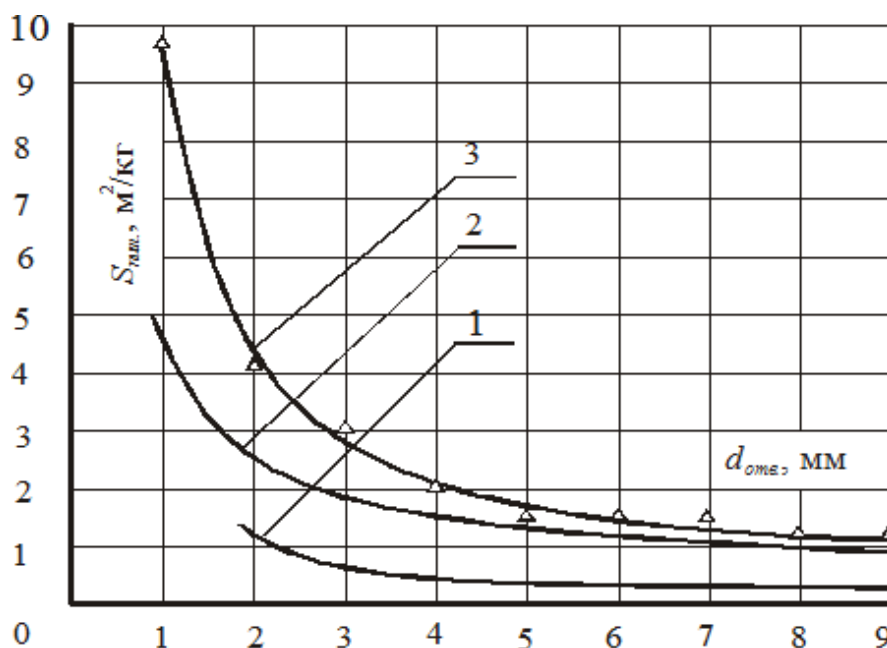


Рис. 4.5 - Залежності питомої площі поверхні м'ясних фаршів (яловичина) від діаметра отворів ножових решіток

Відповідно до іншої методики питому площу поверхні часток фаршу визначають розрахунково-аналітичним методом з урахуванням швидкості витікання продукту через ножові решітки, тривалості повороту ножового вала на кут, утворений перами ножа, густини продукту та діаметра отворів ножових решіток. Дана методика побудована на припущенні, що всі частки продукту, які

утворюються при подрібненні, мають форму циліндрів з діаметром основ рівним діаметру отворів ножових решіток і висотою, що дорівнює глибині вдавнення продукту в отвори решіток. При цьому глибина вдавнення продукту визначалася через швидкість руху продукту. Одним з основних недоліків вищезгаданого методу є допущення того, що фарш є монодисперсною системою, з частками однакової величини, що не відповідає дійсності. Однак, у порівнянні з попередніми методами дана методика дозволяє одержувати більш реальні величини питомої поверхні фаршевих продуктів і аналітично демонструє їхню залежність від основних геометричних параметрів ріжучого механізму (рис 4.5 крива 2).

У цілому, всі описані аналізовані методики інших дослідників не враховують реальної геометричної форми часток продукту, що утворюються, розходження в їхніх розмірах і питомий склад різних часток у їх загальній масі. Ці методики базуються на експериментально-аналітичних дослідженнях устаткування, а не на даних досліджень фракційного складу одержуваних продуктів.

Тому нами була розроблена спеціальна оригінальна методика, у якій продукт розглядається як полідисперсна система, при цьому кожна фракція часток визначеного розміру умовно має монодисперсний характер. При проведенні експериментів ми розділяли продукт на 10 фракцій. Погрішності розрахунків питомої площі поверхні продуктів, зв'язані з умовними допущеннями їхнього монодисперсного складу в межах кожної фракції, у порівнянні з аналізованими методиками знижуються, на наш погляд на порядок (рис. 4.5).

Аналізуючи дані про площу поверхні часток м'ясного фаршу, отримані з використанням різних методиках (рис 4.5), можна відзначити, що значення їх не збігаються. Значення площі поверхні часток м'ясного фаршу визначені по

методиках інших авторів на 9...27% менше значень визначених за розробленою методикою при діаметрі отворів ножових решіток 9 мм і на 55...70% менше при діаметрі 1 мм. Розходження в значеннях обумовлено неповним врахуванням авторами всіх руйнівних факторів, що виникають при подрібненні.

Результати проведених досліджень фракційного складу м'ясних яловичих фаршів отриманих при використанні ножових решіток з діаметрами отворів від 1 до 9 мм у випадку багаторазового подрібнення продукту, приведені на рис. 4.6. Отримані залежності дозволяють використовувати їх для характеристики м'ясних яловичих фаршів при відомих значеннях діаметрів отворів ножових решіток в інтервалі значень 1...9 мм і кратності здрібнювань в інтервалі 1...6, тому що в якості розміру часток фракцій при розрахунку були використані безрозмірні величини, що представляють собою відношення еквівалентного діаметра частки до діаметра отворів ножових решітки ($d_{фр}/d_{отв.}$).

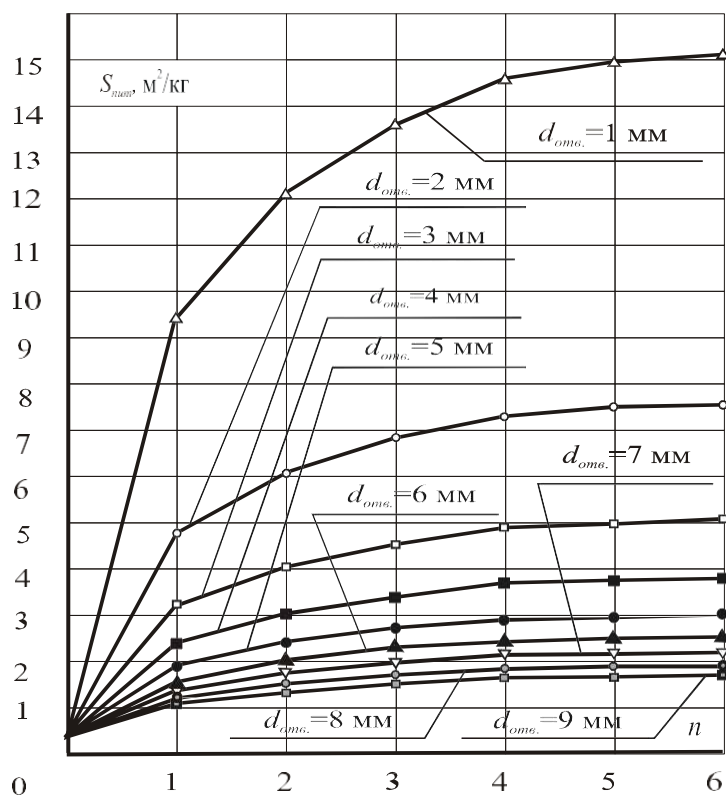


Рис. 4.6 - Залежність питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів (S_{num}) від кількості подрібнень (n) та діаметру отворів решіток ($d_{отв}$)

Аналіз залежності питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів від кількості подрібнень та діаметра отворів ножових решіток свідчить про значну швидкість процесу збільшення питомої площі поверхні часток продукту при

однократному його подрібненні, з наступним уповільненням темпу приросту нової поверхні. Так при однократному подрібненні з використанням, що мають діаметр отворів 1 мм питома площа збільшується в 23...25 разів, а при решітках з діаметром 9 мм – в 2..4 рази. Виходячи з вищезазначеного, можна зробити висновок про те, що найбільш значним конструктивним фактором при утворенні нових площ поверхні полідисперсних продуктів є величина отворів ножових решіток.

Отримані залежності та конкретні значення питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів корелюють з основними показниками якості м'ясних напівфабрикатів і кулінарних виробів з них (виходом, граничною напругою зсуву, вологоутримуючою здатністю, соковитістю, ніжністю й ін.). Використовуючи дані проведених досліджень (рис. 4.6), можна удосконалювати апаратурні параметри технологічних процесів при розробці нових видів кулінарної продукції з наперед заданими показниками якості.

Для визначення впливу таких конструктивних параметрів як кути заточення країв отворів ножових решіток і кути заточення ріжучих країв лез ножів на питому площу поверхні часток одержуваного фаршу нами був проведений комплекс експериментів, результати яких представлені на рис. 4.7.

Аналізуючи результати вище представлених досліджень, можна відзначити, що структурно-механічні властивості різних харчових продуктів у тій чи іншій мірі впливають на залежність питомої площі поверхні від кутів заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів. Так при подрібненні м'яса зменшення кута заточення практично не впливає на величину питомої площі поверхні часток одержуваного фаршу, а збільшення його призводить до одержання так званого „ м'ятого “ фаршу, що характеризується зменшенням питомої поверхні часток. При цьому варто врахувати що зменшення питомої поверхні часток відбувається за рахунок не здрібнених волокон з'єднувальних тканин, які намотуються на ножі та забивають отвори ножових решіток. У результаті вищевідзначеного процес подрібнення може взагалі припинитися, або виникне необхідність підвищити зусилля затягування ріжучого механізму, що

приведе до перевитрати електроенергії внаслідок підвищеної витрати потужності використовуваної на подолання сил тертя в площині контакту ріжучих робочих органів. Підвищені витрати потужності на подолання сил тертя призводять до інтенсивного нагрівання м'ясопродуктів, що негативно впливає на їх показники якості.

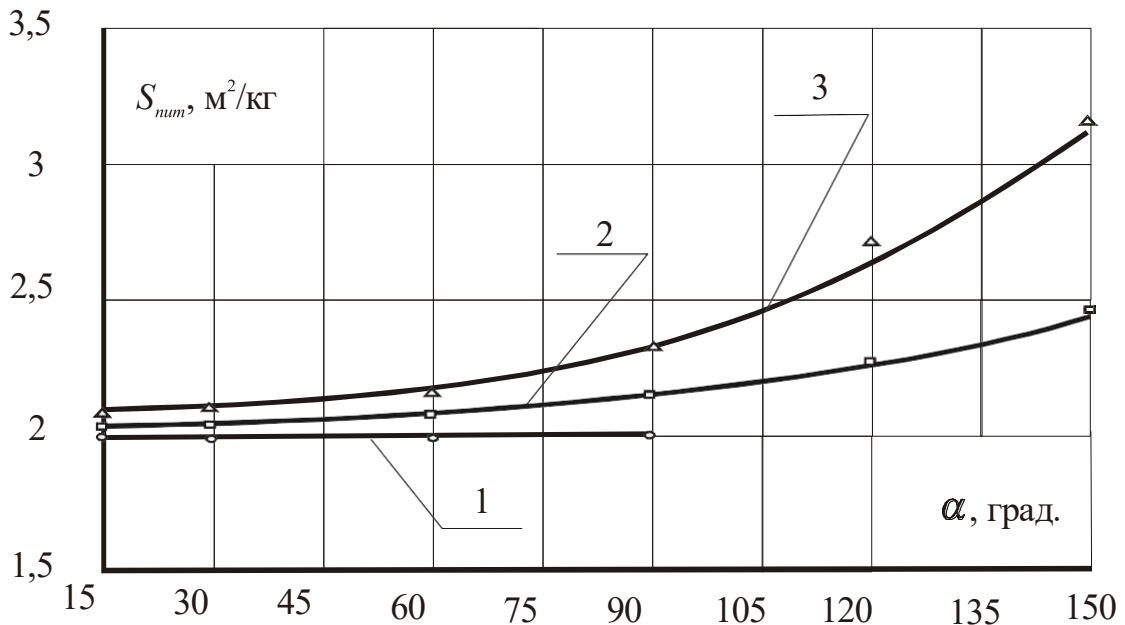


Рис. 4.7 - Залежність питомої площі поверхні часток фаршів (S_{nut}) від кута заточення отворів решіток та ріжучих країв лез ножів (α) при використанні ножової решітки з діаметром отворів 5 мм: 1 – м'ясо котлетне; 2 – овочі сирі; 3 – овочі варені

При подрібненні порівняно маломіцних харчових продуктів рослинного походження спостерігається збільшення питомої площі поверхні продуктів, особливо варених, що зумовлено низькими їх показниками міцності. Вищевідзначене обумовлює доцільність застосування для маломіцних харчових продуктів ріжучих робочих органів з тупими кутами заточення країв отворів ножових решіток і тупим кутом заточення ріжучих країв лез ножів [56].

3.4. Дослідження структурно-механічних показників фаршів

На якість м'ясних продуктів суттєво впливає вологоутримуюча здатність. Для одних продуктів (наприклад, варених ковбас) необхідно підвищувати цю здатність, для інших (наприклад, сирокочених ковбас) її треба різко знижувати. Тому регулювання вологоутримуючої здатності продуктів є важливим фактором

при виготовленні різних м'ясних продуктів.

Вологоутримуюча здатність м'яса залежить від ступеня його подрібнення. Тому нами була проведена серія експериментів спрямованих на визначення залежностей вільної та зв'язаної води від діаметра отворів ножових решіток, кількості здрібнювань і питомої площі поверхні часток фаршу при подрібненні яловичини, результати яких представлені на рис. 4.8, 4.9, 4.10.

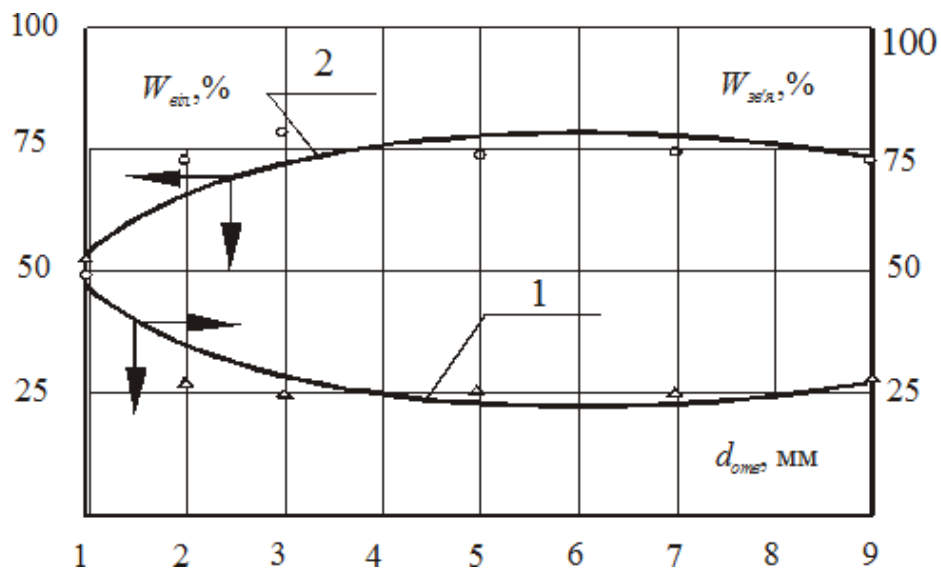


Рис. 4.8 - Залежність вільної ($W_{віль}$) та зв'язаної води ($W_{зв'я}$) фаршу з яловичини від діаметру отворів ножових решіток

отв

отв

віль

отв

Аналізуючи результати експериментів, що представлені на рис.4.8 можна відзначити, що змінюючи діаметр отворів в інтервалі 1...9 мм можна майже вдвічі змінити кількість зв'язаної води. Слід зазначити, що при меншому ступені подрібнення, яке супроводжується значним ступенем руйнувань м'язових волокон, м'язова тканина володіє високою вологоутримуючою здатністю. Невисокий ступінь подрібнення незначно змінює величини вільної та зв'язаної води. Так в інтервалі використання ножових решіток з діаметром отворів від 9 до 3 мм кількість вільної та зв'язаної води змінюється на 1...3%, а в інтервалі 3...1 мм кількість вільної та зв'язаної води збільшується на 20...22%.

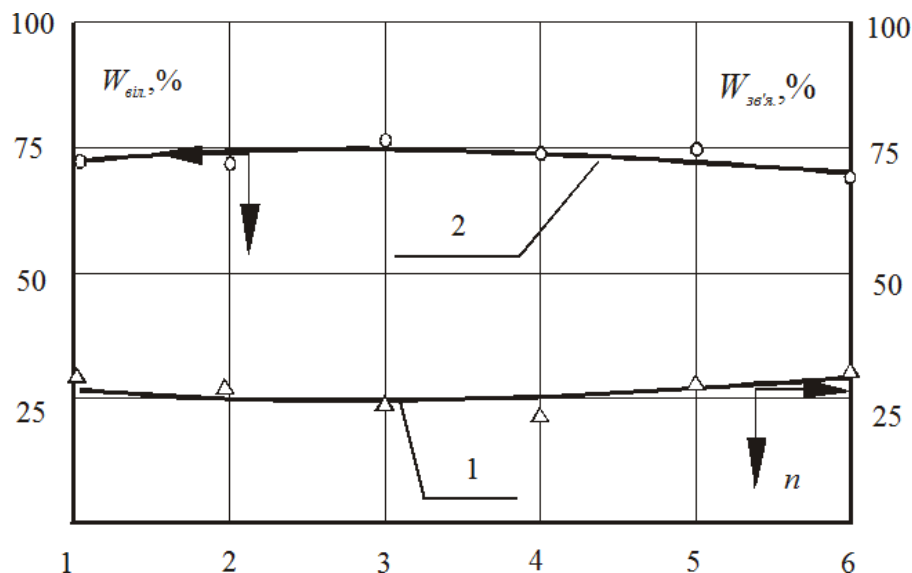


Рис. 4. 9 - Залежність вільної ($W_{віль}$) та зв'язаної ($W_{зв'я}$) вологи фаршу з яловичини від кількості подрібнень (n), (діаметр отворів ножової решітки)

Розглядаючи вплив кількості здрібнювань на вологоутримуючу здатність фаршів (рис. 4.9), можна відзначити, що кількість здрібнювань менш істотно впливає на вміст вільної та зв'язаної вологи ніж зміна діаметру отворів ножових решіток. Це пояснюється тим, що при багаторазовому подрібненні площа поверхні часток одержуваних фаршів змінюється менш інтенсивно (у порівнянні зі зміною діаметра отворів ножових решіток), оскільки їх вологоутримуюча здатність залежить від площі поверхні часток. Так при зміні площі поверхні часток яловичого фаршу від 1 до 5 м²/кг (рис. 4.10) кількість вільної і зв'язаної вологи практично не змінюється, а при зміні від 5 до 9 м²/кг кількість зв'язаної вологи збільшується майже вдвічі.

Для більш повної оцінки технологічних властивостей одержуваних фаршевих напівфабрикатів необхідно було визначити їхні структурно-механічні властивості. Якість фаршу і кулінарних виробів найкраще характеризує величина граничної напруги зсуву. У порівнянні з пластичною й ефективною в'язкістю гранична напруга зсуву найбільше чутлива до зміни технологічних і механічних факторів. Цей показник дуже успішно можна використовувати для технологічної

оцінки фаршу в процесі його виготовлення.

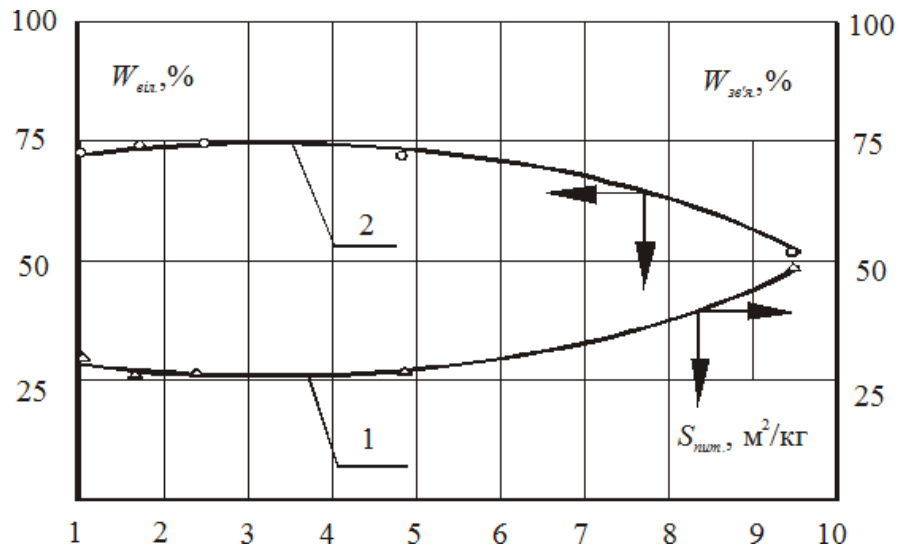


Рис.4.10 - Залежність вільної ($W_{віль}$) та зв'язаної ($W_{зв'я}$) води фаршу з яловичини від питомої площі поверхні його часток

Нами був проведений ряд досліджень [52, 56] по визначенню впливу діаметра отворів ножових решіток на величину граничної напруги зсуву, результати яких представлені на рис. 4.11.

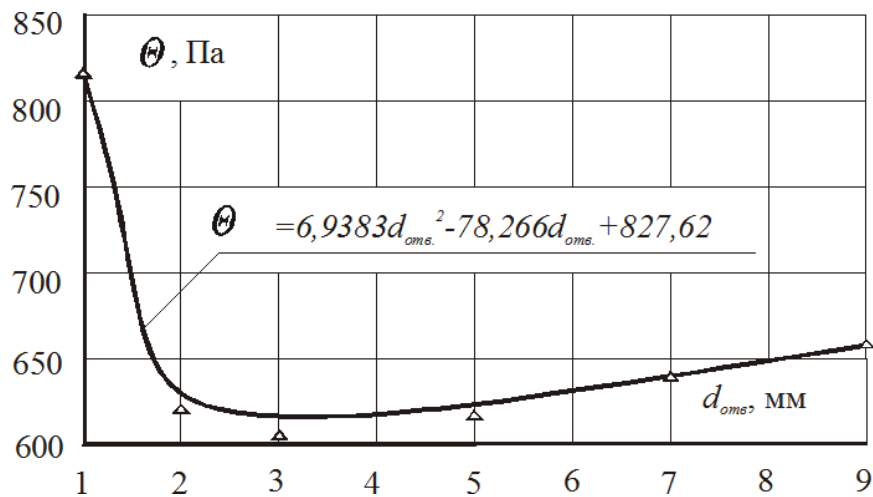


Рис. 4.11 - Залежність граничної напруги зсуву (Θ) фаршу яловичини від діаметру отворів ножових решіток ($d_{омс}$)

Аналіз отриманої залежності свідчить про те, що розмір часток м'ясних фаршів впливає на величину їхнього зв'язку в загальній масі та граничну напругу

зсуву. Частки фаршу розміщені в дисперсному середовищі водно-білкового розчину (м'ясного соку) у виді тонких прошарків. При збільшенні дисперсності фаршу відбувається зменшення розмірів часток із пропорційним зростанням загальної площі їхньої поверхні та кількості адсорбційно-зв'язаної вологи. При цьому процес збільшення кількості виділеної вологи йде інтенсивніше процесу збільшення поверхні часток. Відзначене приводить до зниження граничної напруги зсуву на 5...7% від 660 Па (фарш отриманий з використанням ножових решіток з отворами 9 мм) до 610 Па (при використанні решіток з отворами 3 мм). Потім відбувається різка зміна співвідношення кількості вологи, що виділилася, і площі поверхні часток, при цьому розмір часток окремих фракцій попадає в область колоїдних. Відзначене приводить до значного зростання граничної напруги зсуву фаршів на 28...30% до 820 Па (при подрібненні м'яса на решітках з отворами 1 мм). Отримані закономірності корелюють з даними досліджень ковбасних фаршів, де також виявляється подібна динаміка консистенції фаршевих м'ясних систем [1].

Результати експериментів спрямованих на визначення залежності граничної напруги зсуву від кількості здрібнювань (рис. 4.12) показують, що найбільш істотно кількість здрібнювань впливає на значення граничної напруги зсуву при подрібненні з використанням ножових решіток з діаметром отворів 3 мм.

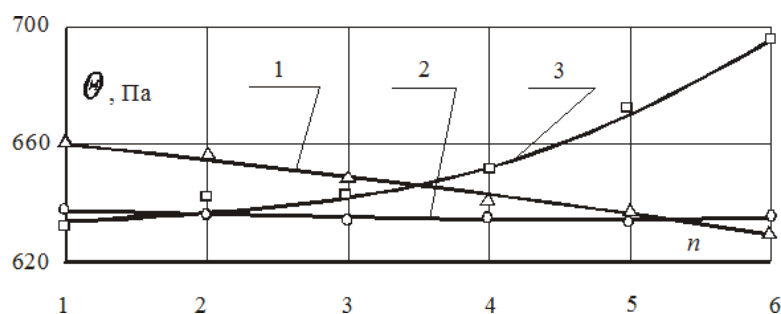


Рис.4.12 - Залежність граничної напруги зсуву (θ) яловичини від кількості подрібнень (n) та діаметру отворів ножових решіток

Так у випадку шестиразового подрібнення при використанні ножових решіток з діаметром отворів 9 мм гранична напруга зсуву зменшується на 5%, при

використанні ножових решіток з діаметром 5 мм гранична напруга зсуву практично не міняється, а при подрібненні з використання решіток, що мають отвори діаметром 3 мм гранична напруга зсуву збільшується на 10%. Усе вищевідзначене пояснюється залежністю граничної напруги зсуву від питомої площі поверхні часток фаршу (рис. 4.13).

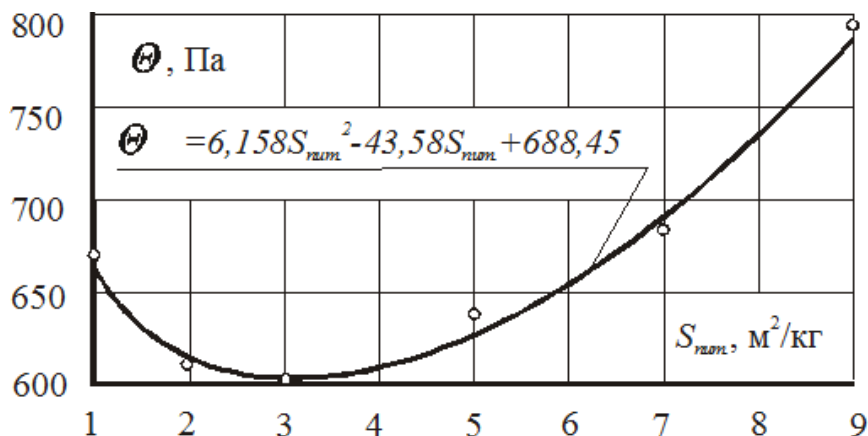


Рис. 4.13 - Залежність граничної напруги зсуву (Θ) фаршу яловичини від питомої площі поверхні його часток (S_{num})

Аналізуючи результати досліджень, представлені на рис. 4.13, можна відзначити, що при зміні питомої площі поверхні часток фаршу на 90% (від 1 м²/кг до 9 м²/кг) гранична напруга зсуву змінюється на 25% (від 600 Па до 800 Па). При збільшенні площі від 1 м²/кг до 3 м²/кг гранична напруга зменшується від 650 Па до 600 Па, а при подальшому збільшенні площі до 9 м²/кг гранична напруга зсуву зростає до 800 Па.

Аналізуючи усе вищевідзначене, потрібно відзначити, що змінюючи площу поверхні часток фаршу будь-яким способом (змінюючи діаметра отворів ножових решіток, кількістю здрібнювань), можна в залежності від технологічних вимог одержати оптимальне значення граничної напруги зсуву.

Вологоутримуюча здатність фаршів і гранична напруга зсуву безпосередньо зв'язані з виходом готових кулінарних виробів. Нами був проведений ряд досліджень, які були спрямовані на визначення залежностей виходу готової продукції від діаметра отворів ножових решіток, кількості здрібнювань і питомої площі поверхні часток фаршу (рис. 4.14, 4.15, 4.16).

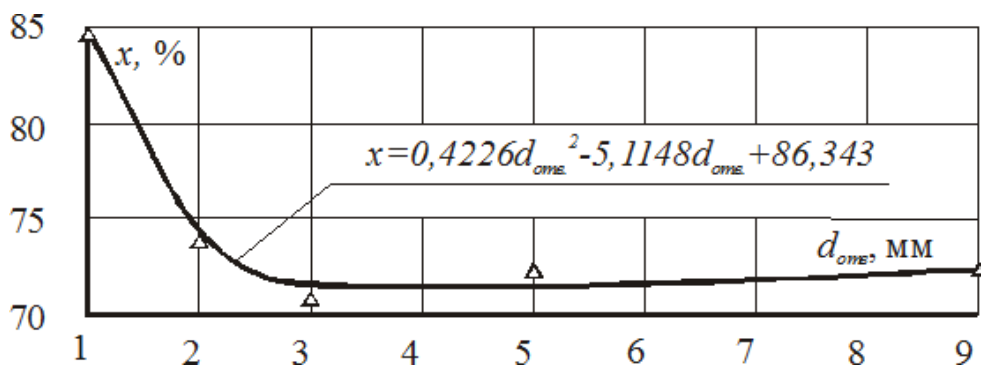


Рис. 4.14 - Залежність виходу (x) смажених виробів з фаршу яловичини від діаметру отворів ножових решіток (d_{ome})

Аналізуючи дані представлені на рис. 4.14 можна відзначити, що значення виходу смажених кулінарних виробів практично не змінюється в інтервалі діаметрів отворів ножових решіток 9...3 мм (зменшується на 1...3%), що корелює з незначною зміною вологоутримуючої здатності та граничної напруги зсуву в даному діапазоні отворів ножових решіток. При цьому в діапазоні діаметрів отворів ножових решіток 3...1 мм спостерігається ріст виходу смажених рубаних виробів на 11...14% з 72%, при діаметрі отворів решіток 3 мм до 85%, при діаметрі решіток 1 мм, що також підтверджується різкою зміною граничної напруги зсуву та вологоутримуючої здатності на даному інтервалі.

При зміні кількості здрібнювань вихід готових кулінарних виробів також змінюється (рис. 4.15), але менш інтенсивно ніж при зміні діаметра отворів ножових решіток. Так кількість здрібнювань (діаметр отворів 3, 5 і 9 мм) найбільш суттєво впливає на вихід готової кулінарної продукції у випадку застосування ножових решіток з діаметром отворів 3 мм. Для решіток 5 і 9 мм кількість здрібнювань практично не робить істотного впливу на вихід, що обумовлено незначною зміною в даному випадку його вологоутримуючої здатності, граничної напруги зсуву та площі поверхні часток фаршу [56].

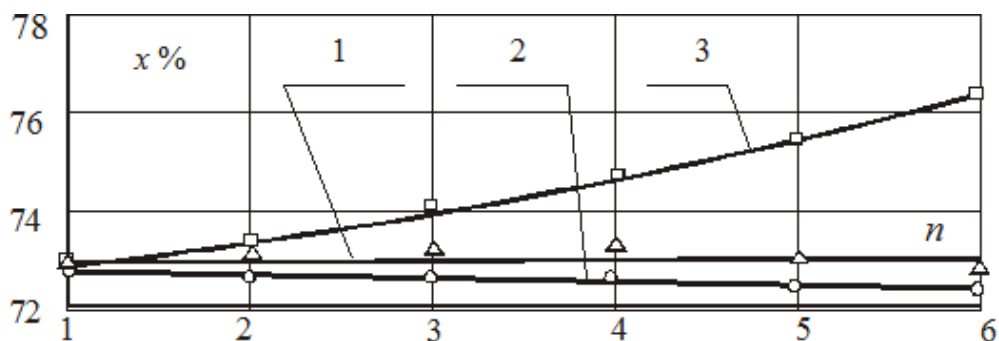


Рис. 4.15 - Залежність виходу (x) смажених виробів з фаршу яловичини від кількості подрібнень (n) та діаметру отворів ножових решіток

Розглядаючи залежність виходу смажених кулінарних виробів з фаршу яловичини від площі поверхні його часток (рис. 4.16), можна зробити висновки про те що в діапазоні S від 1 до 3,5 м²/кг вихід практично не змінюється, це корелює з залежністю вологоутримуючої здатності та граничної напруги зсуву від площі поверхні часток фаршу. При збільшенні площі поверхні часток від 3,5 м²/кг до 9 м²/кг вихід готової продукції збільшується з 73% до 85%, що також корелює з даними по граничній нарузі зсуву та здатністю утримувати вологу.

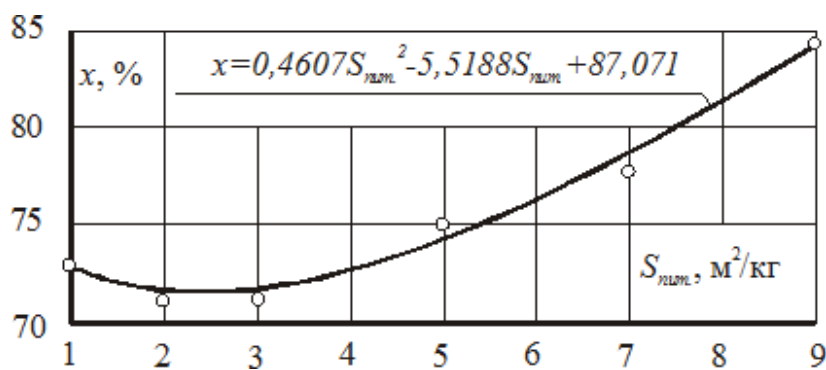


Рис. 4.16 - Залежність виходу смажених виробів з фаршу яловичини від кількості подрібнень та діаметру отворів ножових решіток.

Вивчивши вплив конструктивних і експлуатаційних параметрів процесу подрібнення на показники якості напівфабрикатів і готових кулінарних виробів можна з достатнім ступенем точності змодельовати процес подрібнення різних видів харчових продуктів з одержанням продуктів з наперед заданими показниками якості.

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 зблоковують 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 пожежовибухонебезпечних речовин. Для теплоізоляції устаткування потрібно застосовувати тільки неспалимі або важкозаймисті 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. 4.2.

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, кромок, різких звужень поперечного перерізу. Конструкція устаткування із замкнутою системою санітарного бб 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 унеможливлувати 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-навивної 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 шкірно-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 CO_2 від величині 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 II-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 [56].

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, (приймаємо по рис. 4.1);

$U_{м-н}$ – 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:

$$\Delta M = O_{н.с.} \cdot Ц_{н.с.} - O_{н.с.} \cdot U_{м-н(н.с.)} \cdot Ц, \quad (5.4)$$

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

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

$U_{м-н(н.с.)}$ – питома енергоспоживання при переробці одного кілограма нетрадиційної сировини при використанні модернізованих ріжучих робочих органів, кВт·год/кг (приймаємо за рис. 4.1)

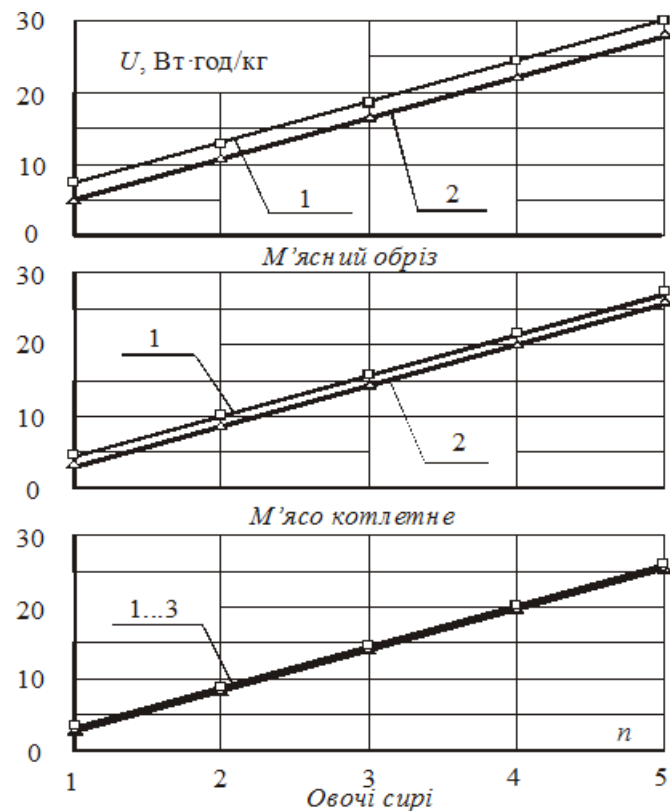


Рис. 4.1 - Залежність питомого енергоспоживання (U) процесу подрібнення від кількості подрібнень (n): 1 – традиційні робочі органи; 2 – робочі органи з гострим кутом (30°) заточення країв лез ножів та країв отворів ножових решіток; 3 – робочі органи з тупим кутом (150°) заточення країв лез ножів та країв отворів решіток

Обсяг перероблюваної нетрадиційної сировини, яка виникає при переробці певного обсягу традиційної м'ясної сировини розраховується за наступною формулою:

$$O_{н.с} = O \cdot j, \quad (5.5)$$

де j – коефіцієнт який залежить від якості перероблюваної сировини, а саме вмісту в ній включень сировини, яка традиційно не використовується ($j = 0,035$).

Розрахуємо відносне зменшення питомого енергоспоживання за формулою 4.3:

$$\Delta U = 0,005 - 0,003 = 0,002$$

Розрахуємо значення зниження витрат за рахунок відносного зменшення питомого енергоспоживання при подрібненні 1000 кг яловичини з використанням модернізованих ріжучих робочих органів за формулою 4.2:

$$\Delta M = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 0,75 = 1,875 \text{ грн}$$

Розрахуємо обсяг перероблюваної нетрадиційної сировини, яка виникає при переробці 1000 кг традиційної м'ясної сировини розраховується за наступною формулою:

$$O_{н.с} = 1000 \cdot 0,035 = 35 \text{ кг.}$$

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 яловичини за формулою 4.1:

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

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 котлетного м'яса з використанням даних робочих органів енергоємність процесу подрібнення зменшується на 18...22% (рис. 4.1).

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

1. На основі отриманих залежностей показників якості фаршів, техніко-експлуатаційних і енергетичних показників м'ясорубок від конструктивних параметрів їх ріжучих та транспортуючих робочих органів були розроблені модернізовані ріжучі (універсальний ніж, леза якого мають два ріжучих краї з гострими кутами заточення $30...45^\circ$ та два з тупими $135...150^\circ$, ножові решітки з гострими кутами заточення країв отворів $30...45^\circ$ та з тупими $135...150^\circ$) і транспортуючі (шнек з постійним кроком витків, що має кут підйому гвинтової лінії $8...16^\circ$ та відповідну вставку-гільзу) робочі органи. Використання модернізованих робочих органів з гострим кутом заточення ріжучих країв в залежності від виду м'ясної сировини дозволяє зменшити питому роботу різання на $45...70\%$.

2. Вдосконалена методика розрахунку енергетичних складових процесу подрібнення харчової сировини на м'ясорубках. Розроблено новий алгоритм розрахунку потужності шнеку з використанням вперше запропонованих показників, що характеризують питому роботу шнека та його геометричні параметри. Дана методика уточнює результати розрахунку на $20...45\%$ в порівнянні з відомими її використання дозволяє враховувати при проектуванні обладнання структурно-механічні властивості сировини та конструктивне виконання робочих органів.

3. Запропонована методика дослідження фракційного складу фаршевих продуктів, яка базується на ситовому методі аналізу, та розроблена експериментальна установка для її реалізації. В установці використовується процес керованої гідравлічної класифікації. Використання даної установки та методики дозволяє інтенсифікувати даний процес в $1,5...2,5$ рази порівняно з седиментаційними методами.

4. Вдосконалена методика розрахунку питомої площі поверхні фаршів, отриманих на м'ясорубках, яка істотно спрощує процес оцінки ступеня

дисперсності продукту та підвищує точність отриманих результатів на 27...55% в порівнянні з відомими методиками.

5. Досліджений вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок на показники якості фаршевих продуктів. Встановлено, що під час однократного подрібнення при використанні ножових решіток з діаметром отворів 9...1 мм питома площа поверхні фаршу збільшується в 3...24 рази. Визначено, що при зміні діаметру отворів від 9 до 3 мм гранична напруга зсуву зменшується на 5...7%, кількість зв'язаної вологи змінюється на 1...3%, вихід смажених виробів зменшується на 1...3%, а при зменшенні діаметру отворів від 3 до 1 мм гранична напруга зсуву збільшується на 28...30%, кількість зв'язаної вологи збільшується на 20...22%, вихід смажених виробів збільшується на 11...14%.

6. Досліджений вплив конструктивно-експлуатаційних параметрів м'ясорубок на енергетичні та техніко-економічні показники процесу подрібнення харчової сировини. Встановлено, що при повторному подрібненні фаршів використання вставки-гільзи в комплекті зі шнеком, який має постійний крок підйому гвинтової лінії, дозволяє в залежності від виду подрібнюваної сировини збільшити продуктивність м'ясорубок на 25...35% в порівнянні з використанням стандартних шнеків. Встановлено, що при подрібненні різних видів яловичини при зменшенні кута заточення ріжучих країв лез від 90° до 15° питома робота різання зменшується в 1,7...3,5 рази. Визначено, що при подрібненні м'ясної сировини використання ріжучих робочих органів з гострим кутом заточення ріжучих країв знижує енергоємність процесу подрібнення на 20...40%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Brivibaa K., Gräfc 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., Revstedt 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 Productis*. *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., Oleksienko 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., Oleksienko 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., Верхоланцева 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. Методрекоме́ндації № 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.