

Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З.Гжицького

Факультет харчових технологій та біотехнологій

кафедра технологій м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів

Кваліфікаційна робота

магістр

(освітній ступінь)

**на тему: «Технологічні особливості виробництва варено-копчених виробів
з яловичини».**

Виконав: студент 6 курсу, групи №1

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Бобко Денис Андрійович

Керівник доцент Мороз О.О.

Рецензент _____

Львів – 2023

**Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького**

Факультет харчових технологій та біотехнологій

Кафедра технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів

Магістр

181 «Харчові технології»

Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 8 » 12 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Бобка Дениса Андрійовича

Тема роботи **«Технологічні особливості виробництва варено-копчених виробів з яловичини».**

Виконав роботи **Мороз Олена Олексіївна, к.т.н., доцент**

Затверджені наказом закладу вищої освіти від «22» 11 2023 року № 937-4

Термін подання студентом роботи **5.12.2023 р.**

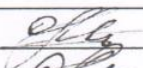
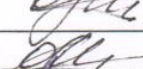
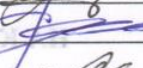
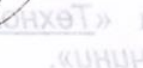
Вихідні дані до роботи:

характеристика, перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів при солінні м'яса, класифікація процесу соління цільном'язевої м'ясної сировини, вплив розрядно-імпульсної обробки на мікробіологічні показники модельних водних середовищ, фізико-хімічні властивості розсолу, вплив розрядно-імпульсної обробки на фізико-технологічні властивості м'ясної сировини, розробка технології варено-копчених виробів з яловичини з використанням розрядно-імпульсної обробки, технологічна схема і технохімічний аналіз готової продукції, оцінка економічної ефективності розробленої технології.

Вміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати) **Вступ, огляд літератури, матеріали та методи досліджень, результати досліджень, економічна ефективність, висновки, перелік використаної літератури, додатки,**

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслення, графіки, діаграми, таблиці, принципові технологічні схеми, технології виробництва).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Консультант ПІБ, посада	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Вступ	доц. Мороз О.О.		
2. Огляд літератури	доц. Мороз О.О.		
3. Матеріали і методи досліджень	доц. Мороз О.О.		
4. Експериментальна частина	доц. Мороз О.О.		
5. Економічна ефективність	доц. Березівський Я.П.		
6. Висновки та пропозиції виробництву	доц. Мороз О.О.		

7. Дата видачі завдання 29.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1.	Огляд літератури		30%
	I атестація:	11.09.2023	30%
2.	Матеріали і методи досліджень		20%
3.	Експериментальна частина		35%
	II атестація:	01.11.2023	55%
4.	Розрахунок економічної ефективності виробництва		10%
5.	Висновки та пропозиції виробництву		5%
	III атестація:	05.12.2023	15%
	Допуск до захисту:	08.12.2023	100%

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Бобко Д.А.

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Мороз О.О.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Дифузійно-осмотичні і фільтраційні процеси при солінні м'ясної сировини	6
1.2. Перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів при солінні м'яса	8
1.3. Інтенсифікація процесу соління цільном'язевої м'ясної сировини	11
1.4. Теоретичні аспекти розрядно-імпульсних технологій	17
1.5. Перспективи використання розрядно-імпульсної обробки для інтенсифікації процесу соління цільном'язевої сировини	18
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
3.1. Вплив розрядно-імпульсної обробки на мікробіологічні показники модельних водних середовищ	29
3.2 Вивчення впливу розрядно-імпульсної обробки на фізико-хімічні властивості розсолу	30
3.3 Дослідження впливу високого тиску на швидкість дифузійно-осмотичних процесів	30
3.4 Вплив розрядно-імпульсної обробки на мікроструктуру м'язевої тканини	35
3.5. Дослідження впливу розрядно-імпульсної обробки на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини	39
3.6. Дослідження впливу теплової обробки на показники якості модельних систем	41
3.7. Розробка технології варено-копчених виробів з яловичини з використанням розрядно-імпульсної обробки	47
3.8. Розрахунок економічної ефективності виробництва варено-копчених виробів з яловичини.	49
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Перед харчовою промисловістю завдання дослідження і впровадження нових технологій, що дозволяють істотно розширити асортимент продуктів харчування із заданими якісними характеристиками [53]. Сучасні тенденції в науці і технологіях, з позиції загальної концепції державної зовнішньоекономічної політики, повинні бути орієнтовані на розробку конкурентоздатних м'ясопродуктів нового покоління, перспективних в плані імпортозаміщення і збільшення внутрішнього попиту [28].

Основними цілями при розробці нових і вдосконаленні існуючих технологій є: скорочення тривалості технологічного процесу і підвищення продуктивності технологічного обладнання, зниження його енерго- і матеріаломісткості і поліпшення якості продуктів [68]. Для досягнення цих цілей розробляється і виготовляється нове вискооефективне обладнання, застосовуються різні фізико-хімічні методи на основі результатів науково-технічного прогресу і нових технологічних підходів у виробництві м'ясних продуктів.

В даний час одним з перспективних напрямів інтенсифікації технологічних процесів визнаються методи, засновані на імпульсних енергетичних діях із застосуванням різних фізико-хімічних ефектів [68]. У основу створення вискооефективних технологій можуть бути закладені принципово нові інженерні рішення, що базуються на теоретичних і експериментальних дослідженнях фізико-хімічних процесів в оброблюваних середовищах при інтенсивних імпульсних діях. На наш погляд такою технологією може стати розрядно-імпульсна обробка, заснована на ініціації електричного розряду в рідкому струмопровідному середовищі. При створенні усередині об'єму рідини короткочасного високовольтного імпульсного розряду виникає високий гідравлічний тиск, що супроводжується цілим комплексом фізико-хімічних явищ, які в сукупності створюють електрогідравлічний ефект (ЕГЕ) [69]. ЕГЕ може бути використаний в практичних цілях для інтенсифікації процесу соління м'яса.

Науковою базою для розробки технології соління м'ясної сировини з використанням розрядно-імпульсної обробки повинна стати нова методологія, що враховує взаємний вплив енергетичних полів, фізико-хімічних ефектів, трансформацію і інверсію видів енергетичної дії і їх впливу на якість і безпеку м'ясної сировини і готової продукції [68].

Закономірності сумісного впливу декількох фізичних чинників на властивості м'ясної сировини є складними і недостатньо вивчені. Розширення знань і практичного досвіду по використанню електрогідравлічного ефекту в

м'ясній промисловості дозволить розробити нові технології обробки м'ясної сировини для отримання м'ясопродуктів з високими показниками якості і безпеки.

Робота виконувалася на кафедрі технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З.Гжицького.

Мета і завдання досліджень. З урахуванням вищевикладеного, метою магістерської роботи є розробка науково обґрунтованої технології інтенсифікації процесу соління за рахунок розрядно-імпульсної обробки м'яса.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

1. Проаналізувати і систематизувати наукову, патентну і технічну інформацію за темою магістерської роботи.
2. Вивчити вплив розрядно-імпульсної обробки на швидкість дифузії і глибину проникнення солі в м'язову тканину.
3. Вивчити вплив розрядно-імпульсної обробки на мікроструктуру м'ясної сировини.
4. Визначити характер і ступінь впливу розрядно-імпульсної обробки на структурно-механічні і функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини.
5. Вивчити вплив термічної обробки на показники якості модельних зразків м'ясної сировини.
6. Дослідити вплив розрядно-імпульсної обробки на показники якості готового продукту.
7. Дати оцінку безпеки готового продукту та провести промислову апробацію.
8. Оцінити економічну ефективність розробленої технології,

Наукова новизна. Науково обґрунтована і експериментально підтверджена доцільність використання розрядно-імпульсної обробки м'яса в розсолі. Представлені результати дослідження впливу електрогідралічного ефекту на мікроструктуру, структурно-механічні і функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини. Виявлені закономірності впливу параметрів обробки на досліджувані показники якості м'яса. Приведені результати досліджень хімічного складу, структурно-механічних і функціонально-технологічних властивостей готової продукції. Дана оцінка мікробіологічної і хімічної безпеки готової продукції.

Методологія і методи досліджень. Методологічною основою магістерської роботи є праці вітчизняних та зарубіжних учених в області дослідження фізико-хімічних властивостей і безпеки м'ясної сировини та м'ясних продуктів.

При виконанні роботи застосовувалися стандартні, загальноприйняті методи для вивчення хімічного складу, функціонально-технологічних,

структурно-механічних, органолептичних властивостей, а також мікробіологічних показників об'єктів досліджень і безпеки сировини та готової продукції. Математична обробка експериментальних даних і їх графічне уявлення, виконані за допомогою програм Microsoft Word 2010, Excel 2010, Statistica 10.0.

Достовірність результатів підтверджується 3-кратною повторністю експериментів із застосуванням стандартних методів досліджень і статистичної обробки отриманих даних; використанням сучасних повірених приладів і обладнання, що мають встановлену межу відхилень; проведенням досвідчено-промислових досліджень розроблених технологій.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Дифузійно-осмотичні і фільтраційні процеси при солінні м'ясної сировини

Соління м'яса є однією з основних операцій в технології виробництва м'ясних продуктів. Його проводять для досягнення необхідних органолептичних характеристик, гальмування мікробіологічного псування, дозрівання м'яса, надання йому таких важливих властивостей, як клейкість, пластичність, висока вологоємність [76].

Мікробіологічні, біохімічні та фізико-хімічні процеси в м'ясних продуктах, а отже і їх якість у великій мірі визначаються не тільки концентрацією, але й способом внесення солі.

У основі різних варіантів соління м'ясної сировини лежать три класичні способи: сухий (сухою сумішшю), мокрий (розсолом) і змішаний. При будь-якому способі соління відбувається масообмін між солильними речовинами і розчинними складовими частинами продукту в системі «розсіл-м'ясо». При сухому солінні, спочатку, внаслідок гігроскопічності солі і за рахунок вологи сировини, утворюється розсіл. У момент зіткнення солі з поверхнею сировини між ними виникає обмінна дифузія, яка приводить до перерозподілу солильних речовин, води і розчинних компонентів продукту. Проникнення солі в тканину і перерозподіл між тканиною і розсолом відбувається, щонайменше, двома шляхами:

а) осмотично через мембрани і перетинки, що покривають зовнішню поверхню оброблюваної ділянки тканини;

б) через систему макро- і мікрокапілярів, які пронизують тканину на всіх напрямках, з подальшим перерозподілом солі і води між цією системою і клітинними елементами тканини.

При цьому проникнення солі другим шляхом відбувається з більшою швидкістю [36]. При мокрому солінні сировини перерозподіл солі і води складається з трьох одночасно протікаючих процесів:

1. Перерозподілу солі і води в розсолі;
2. Перерозподілу солі і води між розсолом і продуктом;
3. Перерозподілу солі і води всередині продукту.

Всі процеси перерозподілу солі і води відбуваються дифузійно-осмотичним шляхом і значною мірою залежить від концентрації дифузних речовин, тривалості процесу, коефіцієнту дифузії речовин у воді.

Важливим фактором, що впливає на регулювання рівня біохімічних процесів є кухонна сіль, масова частка якої визначає величину осмотичного тиску в її водній фазі, а отже, і умови розвитку мікроорганізмів [4]. Вміст солі у великих кількостях, створюючи високий осмотичний тиск середовища,

пригнічує розвиток мікроорганізмів. Величина осмотичного тиску, при якому розвиток бактеріальних клітин пригальмовується, для різних видів і штамів мікроорганізмів різна.

У гетерогенній системі розсіл-м'ясо процес розподілу речовин з розсолу залежить головним чином від величини опорів, що надаються дифузійному потоку тканинами м'ясопродукту. Критерієм процесу служить коефіцієнт проникності. Величина цього показника залежить від конкретних умов соління: параметрів розсолу і властивостей м'ясної сировини.

Як вже було відмічено, м'язова тканина володіє анізотропними властивостями: проникність її уздовж м'язових волокон приблизно на 11% вища, ніж упоперек волокон, що свідчить про переміщення речовин розсолу переважно по міжклітинний простір тканини [70]. Іншими словами, уздовж волокон коефіцієнт падіння швидкості дифузії менший, ніж упоперек волокон. Коефіцієнт падіння швидкості дифузії також залежить від початкового зневоднення тканин і активності води і істотно впливає на швидкість розподілу солильних інгредієнтів усередині м'язової системи.

Теоретично швидкість дифузії можна підвищити шляхом підвищення температури, концентрації розчину, кінетичної енергії системи (найчастіше за рахунок перемішування), або зміни структури сировини (розпушування, деструкції, розморожування, електростимуляції, ферментної обробки тощо) [28]. Проте збільшення температури розсолу загрожує небезпекою розвитку небажаних мікробіологічних процесів. Підвищення концентрації солі в розсолі інтенсифікує обмінну дифузію, але використання високих концентрацій хлориду натрію (14-25%) при тривалій дії приводить до денатурації і висолювання саркоплазматичних білків, що позначається на зниженні ВУЗ і формуванні щільнішої консистенції в поверхневому шарі [10].

Дії, що ведуть до підвищення проникності сарколеми і мембранних структур м'язових волокон, обумовлюють швидший і рівномірний розподіл в ній речовин з розсолу. Зміна проникливості тканини у процесі соління пов'язано зі зміною структури (розпушуванням) тканини і збільшенням проникності тканинних мембран.

В умовах перемішування основний опір дифузійному потоку в розсолі надає дифузійний прикордонний шар, на межі розділу системи розсіл-продукт. Прискорення руху розсолу і перехід від ламінарного потоку до турбулентного, призводить до зменшення товщини цього шару і збільшення швидкості процесу соління [76]. Якщо розсіл перемішується штучно, наприклад, унаслідок конвекції, переміщення продукту або по інших причинах, то дифузійне перенесення солі в розсолі витісняється молекулярним (конвективним) перенесенням. При інтенсивності перемішування, достатній для швидкого вирівнювання концентрації солі в розсолі, практично встановлюється

концентрація близька до середньої [10]. В цьому випадку дифузійне перенесення солі в розсолі матиме місце тільки в межах приграничного шару, товщина якого залежить від швидкості руху розсолу. При цьому перенесення солі з розсолу в продукт за інших однакових умов здійснюється з швидкістю, залежною від інтенсивності перемішування.

Проведення соління в умовах активних фізичних (механічних) дій: масажування, тумблювання (базується на принципах використання енергії циклічного стискання, падіння шматків м'яса з певної висоти, тертя їх між собою та стінки барабана), вібрації, електромасажування, що дозволяє значно прискорити масообмінні процеси. Це пов'язано з тим, що змінна механічна дія викликає разом з дифузійним обміном інтенсивне механічне переміщення розсолу (і солильних речовин), направлене на рівномірний розподіл їх у товщі продукту.

Рушійною силою процесу служить градієнт тиску, що виникає при механічній дії, забезпечує інтенсивне фільтраційне перенесення розсолу в тканинах. При цьому процес соління можна характеризувати як дифузійно-фільтраційно-осмотичний.

Таким чином, швидкість перебігу соління і інтенсивність проникнення солильних компонентів в продукт залежать від значень коефіцієнта дифузії D в системі «розсіл-м'ясо». Зміна коефіцієнта дифузії в динаміці соління до цих пір недостатньо вивчено і зазвичай обмежується математичним моделюванням [10,136,152, 178,179,180]. Але і в цьому випадку немає єдиного підходу до рішення задачі, що указує на актуальність і перспективність досліджень в області вивчення технологічних особливостей соління м'ясної сировини, зокрема при виробництві варено-копчених виробів з яловичини за різних умов.

1.2. Перебіг біохімічних і мікробіологічні процесів при солінні м'яса

Введення в м'ясну сировину речовин з розсолу робить істотний вплив на зміну колоїдно-хімічного стану білків і розвиток біохімічних і мікробіологічних процесів.

1.2.1 Біохімічні зміни основних компонентів м'язевої тканини.

Зміни білкових компонентів при солінні м'яса носять як кількісний, так і якісний характер.

Кількісні зміни пов'язані з міграцією білкових, екстрактних і мінеральних речовин в розсіл. Перехід білкових речовин в розсіл пов'язаний з розчиненням гідрофільних фракцій – альбуміну і глобулінів. Оскільки білкові речовини мають відносно великі розміри, вони не здатні дифундувати через стінки клітин, тобто їх втрати відбуваються через відкриті пори і капіляри, а також клітки з пошкодженими оболонками. У зв'язку з цим величина втрат певною мірою

залежить від повноти знекровлення м'яса і ступені руйнування тканин. Білки сполучної тканини – колаген і еластин – не переходять в розсіл. Проте при тривалому солінні колагенові волокна значно набухають.

Глибші зміни зазнають екстракtnі речовини м'яса. Так, кількість органічних фосфорних сполук при тривалому солінні зменшується приблизно удвічі порівняно з первинним. Рівень втрат цих речовин, в першу чергу, залежить від концентрації розсолу, рідинного коефіцієнта, виду сировини, температури, тривалості витримки сировини у контакті з розсолом, наявності попередньої механічної обробки м'яса, способу соління тощо [85].

Якісні зміни білкових речовин при солінні мають принципово важливе значення, оскільки ступінь їх розвитку зумовлює зміна рівня вологозв'язуючої здатності і ніжності; робить безпосередній вплив на формування смако-ароматичних характеристик [10].

При солінні охолодженого м'яса введення 6%-ним розчної хлориду натрію досить для створення в тканинній рідині концентрації, близької до оптимуму розчинності білків актоміозинової фракції, що, у свою чергу, приводить до збільшення ступеня гідратації міофібрилярних білків. При цьому кількість адсорбційно-зв'язаної вологи зростає, що приводить до зростання величини вологозв'язуючої здатності сировини [15].

При солінні іони солі дифундують в м'ясо через мембрани клітин. Суть цього ефекту полягає в тому, що іони низькомолекулярного електроліту переходять через мембрану у бік іонів високомолекулярного електроліту до тих пір, поки не встановиться мембранна рівновага по обидві сторони мембрани. Іншими словами, в клітинах м'язової тканини є іони, які не можуть дифундувати назовні з мембрани.

У свою чергу, гідратація білків м'яса при солінні відбувається за рахунок пептизуючої дії солі з полярними групами білків. При цьому важлива роль належить іонам хлору, оскільки вони розривають зв'язки між пептидними ланцюгами.

Таким чином, в процесі соління, за рахунок часткових змін денатурації білків унаслідок розриву внутрішньомолекулярних зв'язків між їх пептидними ланцюгами збільшується кількість адсорбційної зв'язаної вологи. При цьому в скріпленні вологи домінуюча роль належить міофібрилярним білкам, розриви пептидних ланцюгів яких сприяють підвищенню їх вологоутримуючої здатності, що здійснюється в сучасних способах соління м'яса.

Разом із зміною колоїдно-хімічного стану білків, хлористий натрій прискорює окислювальні процеси, в ході яких накопичуються різні похідні м'язового пігменту міоглобіну, чим обумовлюються колірні зміни м'язової тканини при солінні, виражені втратою природного забарвлення і придбанням сіруватого відтінку. У зв'язку з цим в практиці соління м'ясної сировини з

метою запобігання небажаній зміні забарвлення застосовують нітрит натрію (з 2011 року у вигляді нітритної солі). При використанні нітриту натрію у складі нітритної солі природний пігмент м'яса міоглобін переходить в нітратоформу за рахунок приєднання NO^- до активного центру міоглобіну-гема. У цьому з'єднанні (NOMb) нітратогрупа досить міцно пов'язана із залізом гема, що забезпечує порівняльну стійкість забарвлення соленого м'яса, яке в сирому продукті обумовлене присутністю нітратоміоглобіна, а у вареному – нітратогемохромогену, який також має червоне забарвлення [16].

Інтенсивність забарвлення м'ясних виробів залежить від кількісного вмісту м'язових пігментів в сировині, концентрації нітриту, реакції середовища, температури, активності ферментних систем, а також від окислювально-відновного потенціалу.

1.2.1. Консервуючий ефект соління

Відомо, що кухонна сіль пригнічує розвиток більшості мікроорганізмів, у тому числі і гнильних. Це обумовлено високим осмотичним тиском розчинів солі, що приводить до обезводнення протоплазми мікробних клітин, а також специфічною дією іонів натрію і хлору на ферментативну діяльність бактерій [90]. Крім того, в розчинах кухонної солі погано розчиняється кисень, необхідний для розвитку аеробної мікрофлори.

При великих концентраціях хлористий натрій здатний затримувати мікробіальну псування м'ясних продуктів впродовж тривалого часу, проте для цього потрібне використання 10-15%-го розчину солі. Проте, навіть насичений розчин солі повністю не знищує мікрофлору, тому з часом загальна кількість мікроорганізмів, що потрапили в розсіл з сілью, сировиною або іншим шляхом, збільшується як в продуктах, так і в розсолах [87, 88]. Мікрофлора розсолів має свою специфіку, яка є результатом своєрідної селекції. Із загальної кількості бактерій, що потрапляють в розсіл, виживають тільки ті, які здатні розвиватися в цих умовах. Серед мікроорганізмів, що зустрічаються в розсолах, зазвичай переважають мікрококи, грамнегативні палички і молочнокислі бактерії [12].

Розмноження солестійких мікроорганізмів, а також пристосовність деяких гнильних бактерій до високої концентрації солі можуть привести розсоли і солені продукти до псування. Інтенсивність розвитку мікроорганізмів залежить від концентрації солі і білкових речовин в розсолі, тобто вона змінюється в результаті обмінної дифузії в процесі соління, збільшуючись у міру зменшення концентрації солі і збільшення концентрації білкових речовин в розсолі.

Характер впливу хлориду натрію на мікроорганізми свідчить про те, що він не володіє бактерицидним ефектом. Його дія зводиться в основному до пригнічення розвитку більшості мікроорганізмів, що викликане частково

високим осмотичним тиском в його розчинах, який викликає більше або менше обезводнення клітин мікроорганізмів, зміну їх розмірів і форми і порушення водного обміну. Тобто використання солі в більшій мірі має бактеріостатичний ефект. Консервуючий ефект соління посилюється у присутності NaNO_2 .

Нітрит чинить бактерицидний вплив на грамнегативні палички сімейства кишкових бактерій, пригнічує розвиток сальмонел і багатьох видів клостридій, і зокрема на *Clostridium botulinum* [17, 18]. Що утворюється при гідролізі нітриту азотиста кислота є енергійним окислювачем ферментів мікробіальних клітин. Бактерицидними властивостями також володіє продукт відновлення нітриту – гідроксиламін.

Не дивлячись на певний консервуючий ефект, вживані в практиці соління концентрації солі не гарантують повного припинення життєдіяльності мікроорганізмів, що викликають псування продуктів з високим вмістом вологи. Тому для стабілізації їх властивостей необхідні додаткові фізико-хімічні бар'єри, такі як обробка ультрафіолетом, ультразвуком, високим тиском, генерування кавітації і ін, що є найбільш оптимальним рішенням на даному етапі розвитку м'ясопереробної галузі.

1.3. Інтенсифікація процесу соління цільном'язової м'ясної сировини

Можливості скорочення тривалості соління при збереженні якості солоних м'ясних виробів за допомогою класичних дифузійно-осмотичних процесів в даний час практично вичерпані [21, 23]. У сучасних способах соління широко застосовуються різні прийоми, що супроводжуються макро- і мікродеструктивними змінами морфологічного стану у м'язовій тканині м'яса. На сьогоднішній день відомі механічні, фізичні, електрофізичні, акустичні і біохімічні способи інтенсифікації процесу соління м'ясної сировини (рис. 1).

При використанні механічних способів (ін'єкція, тендеризація, тумблювання і масажування) соління м'яса проникнення речовин розсолу в об'єм оброблюваного об'єкту прискорюється в основному за рахунок процесів зниження гідродинамічного опору обробленої м'ясній субстанції і ефекту «губки». При цьому подальший внутрішньом'язовий розподіл інгредієнтів з розсолу здійснюється дифузійним шляхом.

Експериментально доведено, що ін'єкція розсолу в початкову м'ясну сировину значно скорочує тривалість соління, зменшує втрати білкових і інших розчинних речовин м'яса, підвищує вихід продукції після термічної обробки [21, 22, 25]. У момент ін'єкції розсолу в м'ясо речовини з розсолу формують в нім локальні зони з підвищеним тиском і, за рахунок примусової фільтрації, розподіляються по системі макро- і мікрокапілярів.

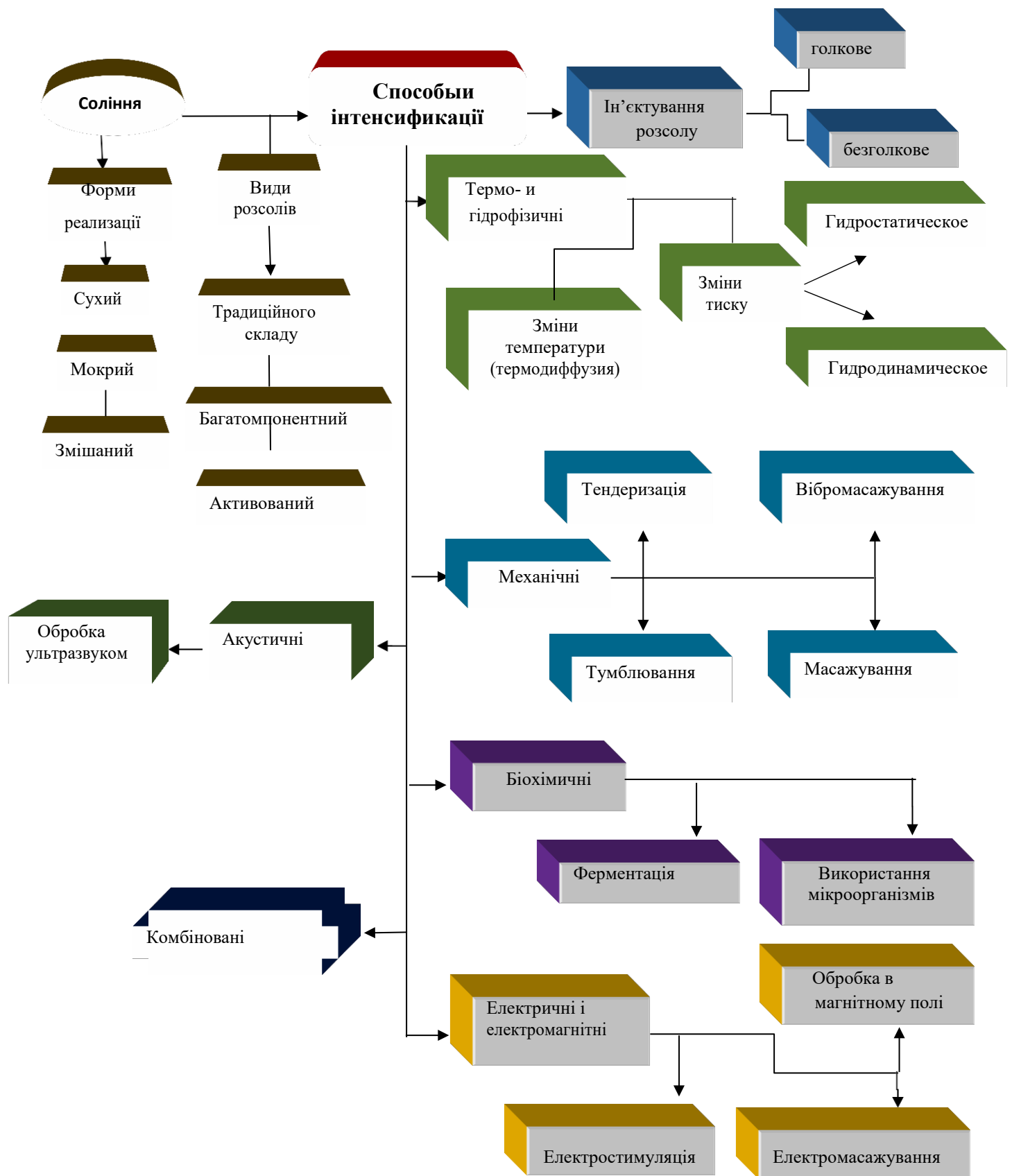


Рис. 1. Класифікаційна схема способів інтенсифікації процесу засолювання м'ясної сировини

Введення розсолів в м'ясну сировину можливо голчатим, струменевим способом і ін'єкцією через кровоносну систему. Голchatу ін'єкцію застосовують з використанням порожнистих голок з гострим наконечником і отвором в стінці. При шприцюванні через кровоносну систему застосовують порожнисту голку з центральним тиском. Надмірний тиск в обох випадках складає 0,2-1,0 МПа. Струменева ін'єкція здійснюється за допомогою насадки, що має отвір діаметром 0,1-0,3 мм, через яке розсіл під високим тиском (10-30 МПа) виходить у вигляді струменів. Результати досліджень свідчать про проникнення струменів не тільки в міжволоконний простір, як при голчатій ін'єкції, але і у всередину м'язового волокна, що прискорює розподіл розсолу і збільшує вихід готового продукту.

Ін'єкція істотно скорочує тривалість дифузійно-фільтраційних процесів при солінні, проте вимагає певної витримки сировини для досягнення рівномірного розподілу розсолу у всій товщі сировини.

Для цілеспрямованої деструктивної механічної обробки м'ясної сировини, що має високий вміст сполучної тканини або грубих м'язових волокон, з метою зміни її макро- і мікроструктури також використовують тендеризацію, що полягає в проколюванні або відбитті сировини. При цьому відбувається часткове руйнування сполучної тканини, розволокнення і розпушування м'язової тканини, унаслідок чого збільшується їх проникність для речовин з розсолу, поліпшується консистенція і підвищується соковитість готових продуктів.

Фахівцями Данського технічного центру розроблений спосіб тендеризації м'ясної сировини, при якій його піддають обробці в машині, оснащений роликowymi стрижнями або нерухомими голками [82]. Цей спосіб дозволяє інтенсифікувати процес поглинання м'ясом розсолу унаслідок проколювання м'язевих фасцій, що сприяє також збереженню форми і скороченню втрат маси продукту при тепловій обробці.

Збільшення проникності сировини на практиці часто здійснюється шляхом масажування або тумблювання м'яса. Тумблювання є видом механічної обробки, заснованим на використанні енергії падіння шматків м'яса з деякої висоти з ударами, одне об одне і об виступи і стінки ротаційного апарату при його обертанні [23]. Рушійною силою процесу є градієнт тиску, сприяючий фільтрації розсолу з поверхні шматків за системою пір і капілярів.

Тобто перерозподіл розсолу в м'язовій тканині при тумблюванні відбувається по законах нестандартної фільтрації, що значно прискорює процес соління.

Доведено, що тумблерування доцільніше застосовувати для жорсткого або мясокостного сировини. При цьому кісткова тканина в процесі обробки виконує роль додаткового внутрішнього масажуючого органу.

Для ніжнішої сировини переважно застосовують масажування. Суть його

полягає у терті поверхні шматків сировини один об одного і об внутрішні стінки апарату. Масажування, як правило, протікає в більш ощадливих умовах, ніж тумблювання, а, отже, вимагає тривалішої обробки.

У вітчизняній і зарубіжній практиці широко застосовується масажування і тумблювання м'ясної сировини під вакуумом (25-50 кПа), що дозволяє інтенсифікувати процес соління за рахунок розтягування і потоншення мембран і оболонок, збільшення діаметру мікрокапілярів, видалення з сировини повітряних бульбашок. В сукупності це забезпечує більш рівномірне і швидке проникнення речовин з розсолу в м'ясо [23].

Одним з сучасних напрямів, що дозволяють значно інтенсифікувати процес соління, є використання коливальних і хвилевих ефектів – вібрації. Вібромасажування м'ясної сировини отримало широке розповсюдження в США, Німеччині і Австралії [18]. Проведення мокрого соління у поєднанні з дією вакууму і вібрації дає можливість скоротити тривалість процесу на 30-40% і одночасно поліпшити смакові і ароматичні характеристики готового продукту [20],

Ще одним способом інтенсифікації процесу соління м'яса є електромасажування, що передбачає дію електричних імпульсів на заздалегідь ін'єктовану розсолом м'ясну сировину. Максимальний ефект від електромасажування досягається при обробці парного м'яса і обумовлюються скороченням м'язових волокон, що сприяє фільтраційному розподілу ін'єктованого розсолу в глибині м'яса [18]. Проте при великій затребуваності в Новій Зеландії, Австралії, Німеччині, США і Канаді, широкого розповсюдження в Україні даний метод не знайшов.

Прискорення дифузійних процесів перерозподілу інгредієнтів з розсолу також можна добитися дією ультразвукових коливань. В цьому випадку швидкість проникнення речовин з розсолу в м'язову тканину збільшується в 2,5-3 рази в порівнянні з класичним способом [58]. При цьому в м'язовій тканині спостерігається деструкція міофібрил з утворенням окремих фрагментів, внаслідок чого підвищується проникність м'язової тканини для інгредієнтів з розсолу. Проте більший ефект від застосування ультразвукової обробки в процесі соління м'яса полягає в активації розсолу, стабілізації його термодинамічних характеристик (досягнення агрегативної стійкості) [23].

У виробництві цільном'язевих виробів в основному використовують багатокомпонентні розсоли, що є складними дисперсними системами, що дозволяють поліпшити властивості м'ясної сировини. У їх рецептури, окрім речовин (хлориду натрію, нітриту, цукру) з розсолу, входять численні функціонально-технологічні інгредієнти (фосфати, харчові кислоти, карагінани, крохмалі, камедь, соєві білки і ін.) [15].

Відомо, що із-за мимовільного процесу укрупнення міхурів і їх спливання,

а також мимовільної коагуляції дрібнодисперсних частинок, багатокомпонентні розсоли агрегативно нестійкі. Отже, незмінні в часі параметри розсолів можуть підтримуватися лише в динамічному режимі. В даний час існує безліч способів регулювання термодинамічних характеристик розсолів, які можна розділити на реагентні і безреагентні.

Реагентні способи пов'язані з внесенням до системи спеціальних речовин – стабілізаторів. Безреагентні – включають механічні, електрофізичні і акустичні методи обробки розсолів. Провідними фахівцями в області практичного застосування активованих рідких систем А.А. Борисенко, Л.А. Борисенко і А.А. Брачихиніним використаний метод дезинтеграції кавітації розсолів з метою інтенсифікації технології соління м'ясної сировини [23]. Авторами встановлено, що при обробці кавітації розчину кухонної і нітритної солі істотним чином інтенсифікуються процеси дисоціації солей на іони, що прискорює процес соління. На даний момент активація дисперсних систем методом дезинтеграції кавітації є найбільш перспективним рішенням питання про термодинамічну стабільність розсолів при солінні м'яса за рахунок зниження окислювально-відновного потенціалу розсолів. Використання активованих засолах розсолів на основі структурованої води також може дати відчутний технологічний і економічний ефект при виробництві цільном'язевих м'ясопродуктів [24].

В даний час в цілях поліпшення смакових якостей продукції і інтенсифікації технологічного процесу соління використовують культури молочнокислих бактерій і мікрококів, адаптованих до умов соління. Так, розроблено метод прискореного соління окостів з використанням певних штамів солестійких молочнокислих бактерій (*L. plantarum*, *Str. lactis*), виділених з розсолів [82]. Запропонований метод дозволив інтенсифікувати процес соління окостів, в результаті скорочення терміну витримки в розсолі.

Одним з найбільш перспективних напрямів в області інтенсифікації технологічних процесів переробки м'ясної сировини є створення і впровадження нових ефективних технологій, заснованих на високому тиску. Використання гідростатичного і гідродинамічного тиску в технології переробки м'ясної сировини викликає великий науково-практичний інтерес як в Україні, так і за кордоном.

Метою обробки м'ясної сировини високим гідростатичним тиском є консервація, зміна кінетики дифузійно-осмотичного процесу, активація тканинних ферментів, зміна властивостей білків і жирів і так далі. Гідростатичний тиск при обробці може коливатися в діапазоні 100-1000 Мпа. Ученими інституту технології і якості м'яса «Max Rubner-Institute» (Німеччина) зроблено великий внесок в розвиток науки з обробки м'яса під високим тиском [16]. Результати дослідження I. Dederer, указують на те, що високий тиск впливає на гідрофобні зв'язки білків, надаючи дію на четвертинну і третинну

структуру за рахунок оборотного розгортання білків [58]. Подібні зміни білкової структури може сприяти підвищенню гідратації м'язових волокон при солінні. Встановлено, що обробка під високим тиском впливає на активність ферментів. При цьому можлива часткова активація і регенерація активності ферментів, що в процесі зберігання не виключає утворення токсичних речовин. Проте в роботах Heinz V, 2002, Fernandez G (2002 р.) токсичні сполуки при обробці сировини високим тиском не були виявлені.

Згідно дослідженням ряду учених [58, 63, 68, 84], обробка продуктів під високим тиском в межах 150-800МПа сприяє відмиранню більшості вегетативних форм бактерій. Сумісна дія високого тиску і температури може сприяти деактивації вірусів, а також спорових форм мікроорганізмів. Отже, застосування високого гідростатичного тиску може сприяти зниженню жорсткості м'язової тканини, підвищенню вологозв'язуючої здатності білків за рахунок їх часткової денатурації, а також інактивації бактерій як у вегетативній (більшою мірою), так і споровою (у меншій мірі) формах.

М'ясну сировину також можна піддати тендеризації і, щонайменше, частковій стерилізації за допомогою шоків ударних хвиль, що виникають при обробці гідродинамічним тиском. Механізм дії ударних хвиль пов'язаний з розсіюванням енергії і механічним навантаженням на граничні зони матеріалів, що мають різну швидкість розповсюдження звуку. Механічне навантаження, а також вторинні біохімічні реакції викликають прискорене дозрівання м'яса і скорочували тривалість мокрого соління в два рази. Після термічної обробки м'яса спостерігалось зниження зусилля зрізу продукту.

Співробітники MRI Siegfried Mьnch і Stefan Toepfl виявили, що при обробці шматків яловичини ударними хвилями (2-4 кВт) ніжність м'яса підвищувалася на 12-20%, а вихід обробленої сировини після семиденної витримки в розсолі був вищий, ніж у контрольного на 18-24% [7]. Високий гідродинамічний тиск також сприяє інактивації мікроорганізмів, порушуючи цілісність їх мембран.

У дисертації Р. J. Milly (2007) відбиті результати досліджень по інактивації мікроорганізмів в харчових продуктах за допомогою шоків ударних хвиль. Згідно приведеним в роботі даним, при обробці яблучного соку ударними хвилями (300-350 кПа) спостерігалось скорочення чисельності *E. Coli* на 4 log КУО/г. Кількість кишкової палички в томатному соці була скорочена на 5 log КУО/г – так само як і при обробці молока.

Таким чином, обробка м'ясної сировини гідродинамічним тиском здатна значно підвищити ніжність м'яса і вихід сировини після соління. Також ударні хвилі мають значний вплив на життєздатність мікроорганізмів, що може сприяти збільшенню термінів зберігання продуктів.

В даний час найбільш перспективними методами інтенсифікації технології

соління м'ясної сировини є методи, засновані на імпульсних енергетичних діях, що супроводжуються різними фізико-хімічними ефектами [25].

Імпульсне підведення енергії до продукту викликає не тільки кількісні, але і якісні зміни процесів. Великий інтерес представляє можливість акумуляції в часі енергії, а потім її виділення в надзвичайно малі проміжки часу, що дозволить, досягаючи високих значень миттєвої потужності, створювати принципово нові технологічні процеси [60].

Однією з таких технологій може стати розрядно-імпульсна технологія соління м'ясної сировини, заснована на пробі короткочасного високовольтного електричного розряду в розсолі, що супроводжується цілим комплексом фізико-хімічних процесів, потенційно здатних в сукупності вплинути на швидкість і інтенсивність процесу соління м'яса.

1.4. Теоретичні аспекти розрядно-імпульсних технологій

Документально підтверджено, що перші електричні розряди у воді були здійснені близько 240 років тому. Проте могутні гідродинамічні імпульси, що виникають при цьому, не знайшли практичного застосування у той час, внаслідок чого виявлений ефект був надовго забутий [102].

Пізніше, у міру розвитку електротехніки, при створенні могутніх високовольтних установок знов зіткнулися з електричними розрядами в рідинах, використовуваних в цих установках як діелектрики.

Руйнуюча дія, що виникає при електричному пробі діелектричних рідин, сформувала стійку думку про безперспективність електричного розряду в рідині.

Запропонував використовувати в технологічних процесах електричні розряди в рідині, а точніше, гідродинамічні імпульси, що виникають при цьому. Так був винайдений спосіб отримання високого і надвисокого тиску, який отримав назву електрогідравлічного ефекту (ЕГЕ), або ефекту Юткіна. При створенні усередині об'єму рідини спеціально сформованого імпульсного високовольтного електричного розряду навколо зони його освіти виникає складний комплекс фізичних і хімічних явищ: високий і надвисокий гідравлічний тиск, процеси кавітацій, світлове випромінювання каналу розряду, іонізація і розкладання молекул речовини в плазмі каналу і біля нього, інтенсивне ультрафіолетове і ультразвукове випромінювання, імпульсне магнітне поле і так далі. В сукупності ці процеси утворюють електрогідравлічний ефект і приводять до найрізноманітніших фізико-хімічних змін самої рідини і тих об'єктів, які знаходяться в ній [13].

Таким чином трансформація електричної енергії у роботу здійснюється, в основному, в інтервалі стадій переднього і заднього фронту, захоплюючи кінець передпробійного етапу і початок стадії подальших півхвиль. Оскільки у момент пробією міжелектродного проміжку утворюється канал розряду де за

десятитисячні долі секунди перетворюються десятки кілоджоулів електричної енергії, виникає проблема з джерелом електроенергії, оскільки такі енергії узяти із звичайної енергомережі без збитку для інших споживачів електрики неможливо. Дана проблема була вирішена, створено спеціальне обладнання – генератори імпульсів струму (ГІТ), що дозволяють впродовж деякого часу без жодного збитку для енергомережі накопичувати потрібну для електричного розряду енергію [22, 23].

В даний час електрогідрравлічний ефект знайшов широке застосування в будівництві, машинобудуванні, металургії і навіть медицині в Україні, Швеції, Іспанії, Угорщині і Японії.

Основні напрями застосування ЕГЕ в промисловості: різні види очищення, зняття внутрішньої напруги, штампування, зварка, електрогідрравлічні молоти і вібратори, електрогідрравлічні насоси, дроблення і подрібнення, (де) емульгування, знезараження, електроімпульсне знищення бур'янів, електророзрядне екстрагування і так далі [25].

Використання електрогідрравлічного ефекту в харчовій промисловості є відносно новим напрямом. Проте зважаючи на багатofакторність ЕГЕ можна припустити, що розрядно-імпульсні технології в харчовій промисловості перспективні з погляду інтенсифікації технологічних процесів і мають великий потенціал реалізації, оскільки на сьогоднішній день ще не вивчені повною мірою.

1.5. Перспективи використання розрядно-імпульсної обробки для інтенсифікації процесу соління цільном'язевої сировини

Імпульсне підведення енергії до продукту здатне викликати не тільки кількісні, але і якісні зміни процесів, що особливо специфічно для еоелектрофізичних методів [22]. Великий інтерес представляє можливість використання розрядно-імпульсних технологій в технологічному циклі виробництва цільном'язевих м'ясопродуктів. Акумуляція енергії і її миттєве виділення за допомогою електричного розряду дозволяє досягти високих значень миттєвої потужності і інтенсифікувати хіміко-технологічні процеси.

Так, наприклад, ударні переміщення рідини, що виникають при розвитку порожнин кавітацій, здатні викликати пластичні деформації об'єктів, поміщених поблизу зони розряду. Могутні ультразвукові коливання, супроводжуючі електрогідрравлічний ефект, додатково диспергують вже подрібнені матеріали, викликають резонансне руйнування крупних об'єктів на окремі складники, здійснюють інтенсивні хімічні процеси синтезу, розриву сорбційних і хімічних зв'язків. Електромагнітні поля розряду також роблять могутній вплив як на сам розряд, так і на іонні процеси, що протікають в рідині, що оточує його [24]. Змінюється окиснювально-відновний потенціал води, а так само можуть

відбуватися різноманітні фізичні і хімічні зміни в оброблюваній сировині. Ультрафіолетове випромінювання згубно впливає на мікрофлору оброблюваного середовища.

Утворення бульбашок кавітацій відбувається вже на початковій стадії формування електричного розряду, практично з моменту його запалення, і є результатом взаємодії ударних хвиль.

При генеруванні кавітації в розсолі утворюються гігантські імпульси тиск, який розповсюджується в нім із швидкістю звуку і викликає відповідні йому деформації. Трансформація потенційної енергії цих деформацій реалізує надтепловий механізм руйнування молекулярних асоціатів. При цьому вода переходить в термодинамічно нерівноважний стан, а розчинена в ній кухонна сіль повністю дисоціює на іони, які будуть міцно зв'язані в сольватних оболонках білків м'яса [23]. Це призводить до збільшення вмісту зв'язаної води і зростання пасивного і активного транспорту іонів в примембранному шарі.

Дії кавітацій накопичених бульбашок, що виникають при електрогідравлічному ударі, дозволяють інтенсифікувати багато технологічних процесів, що протікають в рідких середовищах.

Таким чином, розрядно-імпульсна обробка рідини і об'єктів, поміщених в неї, є могутньою високоефективною технологічною дією з широким спектром можливого застосування. Використання даного виду дії дозволить удосконалити що існують і створювати нові технології отримання різних харчових продуктів.

У м'ясній промисловості вже були зроблені спроби використання високовольтних електричних розрядів в технологічному процесі виробництва м'ясних продуктів пропонують технологію приготування м'ясних напівфабрикатів, в якій передбачається для розпушування міжм'язової сполучної тканини використовувати ефект електрогідравлічного удару. У основі цієї технології використовується здатність іскри, що виникає в товщі м'яса, руйнувати колагенові волокна, оболонки клітки, а при необхідності – хрящі і інші міцні частини м'яса [4]. При цьому відбувається руйнування тканин м'яса на відстань 3-8 мм і йде розрив колагенових волокон, хрящів, а також клітинної структури м'яса, що прискорює технологічний процес обробки м'ясної сировини для виробництва напівфабрикатів. Конструктивно негативний електрод повинен бути виконаний з великою площею контакту з руйнованим матеріалом, а позитивний електрод - з малою площею контакту. Споживана потужності близько 150. Розряди можуть відбуватися з частотою 50 Гц або інший, зручнішою в технологічному відношенні. Розряд триває від 10 до 100 мкс і викликає різке розширення рідини, а тиск в зоні іскри і на деякому видаленні від неї (2–3 см), згідно авторам технології, може досягати декількох тисяч кгс/см², залежно від потужності накопичувального конденсатора установки [4]. Описана технологія є контактною, причому електрод проникає безпосередньо в м'ясу

сировину, а електрогідроудар відбувається за рахунок високого вмісту вологи в м'язовій тканині.

Грунтуючись на теоретичних передумовах, можна припустити, що розрядно-імпульсна обробка системи «розсіл-м'ясо» дозволить і без контакту електродної системи з м'ясною сировиною інтенсифікувати процес соління і підвищити основні показники якості м'ясопродуктів.

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика об'єктів дослідження і умови проведення експерименту.

Відповідно до сформульованої мети і поставлених завдань був здійснений вибір об'єктів дослідження, умов проведення експерименту і розроблена схема його проведення. План проведення теоретичних і експериментальних досліджень припускав реалізацію декількох етапів досліджень.

На першому етапі були вивчені сучасні уявлення про електрогідравлічний ефект і проаналізовані області практичного застосування розрядно-імпульсної технології. Проведена комплексна оцінка впливу фізико-хімічних чинників електрогідравлічного ефекту на рідини і об'єкти, поміщені в них. Вивчені закономірності, що описують електрофізичні, акустичні, гідродинамічні і гідромеханічні процеси, що відбуваються в рідині під час пробою короткочасного високовольтного електричного імпульсу. Для відтворення розробленої моделі і підготовки безпосередньо до експерименту, були організовані випробування по пробою високовольтних електричних розрядів в розчині з ідентичним передбачуваному розсолу з вмістом солі - 7%. В ході проведення досліджень були визначені електричні і енергетичні параметри технологічного процесу виробництва.

На другому етапі проводилася розрядно-імпульсна обробка м'ясної сировини в розсолі. У роботі використовували м'ясо охолодженої яловичини, виділеної з тазостегнової частини, з традиційним ходом автолізу (рН = 5,6-6,2). Маса шматків складала 400 ± 50 грам. Експериментальні дослідження по розрядно-імпульсній обробці (PIO) м'ясної сировини проходили на базі «Ходорівського м'ясокомбінату» (м.Ходорів, Львівської області) за допомогою пілотної установки ГІТ (генератор імпульсів струму). Дана установка призначена для виробництва високовольтних розрядів в різних струмопровідних середовищах. Принцип дії генератора імпульсних струмів заснований на накопиченні електричної енергії на ємкісному накопичувачі миттєвому розряді її через високовольтний розрядник на навантаження. Як навантаження використовується випромінювач енергії, що знаходиться в струмопровідному середовищі. Конструкція і принципова електрична схема ГІТ приведені в Додатку А.

Розрядно-імпульсній дії піддавалася м'ясна сировина в робочій рідині. Робоче середовище (розсіл) розміщувалося в металевій тарі з товщиною стінок 4-5 мм. і заввишки 600 мм.



Рис 4. Тара з робочою рідиною

Розсіл був модельною системою, і містив 3 солильних інгредієнти: сіль кухонну (7%), цукор (1,5%) і нітрит натрію (0,015%). М'ясна сировина в безпосередньому контакті з розсолом оброблялася при наступних параметрах:

Таблиця 2.1

Параметри обробки

<i>Величина</i>	<i>Одиниці вимірювання</i>	<i>Значення</i>
Напруга заряду U	кВ	10
Ємкість конденсаторів C	мкФ	100
Активний опір кабелю, R	Ом	0,15
Індуктивність L	мкГн	1
Міжелектродний проміжок,	мм	10
Густина розсолу	кг/м ³	1050

Представлені значення основних параметрів розряду на даному етапі науково-дослідної роботи є найбільш оптимальними і отримані в ході серії експериментів, проведених в період з 2016 по 2017 рр.

Згідно із встановленими найбільш оптимальними режимами РІО, експериментальні дослідження, описані в магістерській роботі, проводилися при одному і тому ж рівні енергії, що становило на рівні – 5 кДж. Період заряду конденсаторної батареї складав 2 с, тобто частота розряду складала 0,5 Гц. Об'єкти дослідження піддавалися дії 100, 200 і 300 імпульсів. Контрольним зразком був шматок м'язової тканини виділений з тазостегнової частини яловичини, який витримувався в розсолі впродовж доби при температурі 4°C.

Після РІО проводилося дослідження властивостей розсолу і характеристик

м'ясної сировини. Проби розсолу відбиралися безпосередньо після обробки.

При визначенні коефіцієнта дифузії NaCl в досліджувані зразки враховувався тільки тендеризуючий ефект обробки, у зв'язку з чим шматки м'яса були ізольовані від контакту з розсолом багатшаровою поліетиленовою плівкою. Результати досліджень дослідних зразків порівнювали з результатами досліджень інтактних (нативних) і контрольних зразків.

Для проведення решти експериментальних досліджень м'ясна сировина витримувалася в розсолі впродовж 24 годин після обробки. З метою дослідження впливу теплової обробки на м'ясну сировину, схильну до розрядно-імпульсної обробки, була проведена термічна обробка досліджуваних зразків, яка складалася з трьох етапів: підсушила ($t=95-100^{\circ}\text{C}$ $\tau=15$ хв), варіння ($t=85-90^{\circ}\text{C}$, до $t_{\text{п}}=72^{\circ}\text{C}$) і копчення ($t=40-45^{\circ}\text{C}$, $\tau=3-3,5$ год).

На третьому етапі досліджували готовий продукт – варено-копчений виріб з яловичини, проведений за розробленою технологією і контрольний зразок.

У готових продуктах визначали фізико-хімічні і структурно-механічні характеристики, а також їх хімічний склад. Третій етап включив комплексні дослідження безпеки продукту і технології, що включають мікробіологічні дослідження як самого продукту, так і оброблених розчинів. Також було вивчено вплив тривалості зберігання на безпеку розробленої продукції.

Основні дослідження обробленої м'ясної сировини виконані на базі ТзОВ «Ходорівський м'ясокомбінат» і кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького. Решта досліджень проводилася на базі лабораторій сторонніх організацій.

2.2. Методи досліджень

Відповідно до схеми експерименту в процесі виконання роботи були виконані комплексні дослідження з використанням стандартних загальноприйнятих, спеціальних і оригінальних методів аналізу досліджуваних показників об'єктів дослідження.

Стандартні методи досліджень згруповані і представлені у таблицях 2.2-2.3.

Таблиця 2.2

Стандартні методи досліджень розсолів

№ з/п	Досліджуваний показник	Метод дослідження
1	2	3
1	Вміст сухих речовин	Гравіметричний метод визначення масової концентрації сухого залишку, заснований на зважуванні залишку, отриманого при випаровуванні аликвотної частини відфільтрованою проби досліджуваної води і висушеного при температурі $105 \pm 2^\circ\text{C}$
2	Вміст білків	Фотометричний метод визначення білка і метод визначення вмісту білків за Кьельдалем

Таблиця 2.3

Стандартні методи досліджень м'ясної сировини і готового продукту.

№ п/п	Досліджуваний показник	Використовуваний метод
<i>Хімічний склад</i>		
1	Вміст води	Висушування наважки до постійної маси при температурі $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (без використання піску)
2	Вміст білка	Фотометричний метод визначення білка і метод визначення вмісту білків по Кьельдалю
3	Вміст жиру	Екстракційний метод Сокслета
4	Вміст золи	Метод, заснований на висушуванні, обуглюванні, озоленні при температурі $(550 \pm 25)^\circ\text{C}$ проби.
5	Вміст солі	Класичний метод Мора ,Метод Фольгарда
<i>Фізико-хімічні властивості</i>		
6	Концентрація водневих іонів (pH)	Методом потенціометра за допомогою pH-3DS.
7	ВЗЗ	Метод Грау і Хамма в модифікації В.Л. Воловінської і Б.І. Келман, заснований на пресуванні проб м'яса і підрахунку площі плями води, що виділилася.
8	ВУЗ	Метод М. Станку, заснований на центрифугуванні проб.
9	Активність води	Кріоскопічний метод за допомогою пристрою АВК-6.

10	Вихід сировини після соління	Зважування зразків до і після соління.
11	Втрати маси при термічній обробці	Зважування зразків до і після термічної обробки. Розрахунок втрат маси у відсотках.
12	Вихід готового продукту	Зважування зразків до і після термічної обробки. Визначення маси зразків у відсотках від маси до обробки.
13	Вміст залишкового нітриту натрію	Метод, заснований на реакції нітриту з N-(1-нафтил) - етилендіамін дигидрохлоридом і сільфаниламидом у обезбелоченому фільтраті і подальшому фотоколориметричному або візуальному визначенні інтенсивності забарвлення
14	Вміст нітрозопігментів і загальної кількості пігментів	Метод, заснований на екстрагуванні пігментів м'яса і м'ясопродуктів водним розчином ацетону з подальшим вимірюванням оптичної щільності екстракту на фотоелектроколориметре КФ- 77 при довжині хвилі 540 нм
15	Колірні характеристики продукту	Розрахунковим методом за загальноприйнятим алгоритмом
<i>Структурно-механічні властивості</i>		
15	Пластичність	Метод пресування проб з подальшим розрахунком площі об'єкту, що деформувався
16	Ступінь penetraції	Метод, заснований на зануренні голчастого індентора в зразок за допомогою консистометра Гепплера.
<i>Показники безпеки</i>		
17	Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів	За стандартними методиками
18	Наявність бактерій групи кишкової палички	По стандартних методиках. При визначенні кількості мікроорганізмів посівом на (в) агаризовані середовища результати виражаються КУО

19	Наявність цвілей <i>Aspergillus</i>	(колонієутворююча одиниця) в 1 г продукту, при визначенні кількості мікроорганізмів по методу НВЧ (найбільш вірогідне число) - кількістю клітин в 1 г продукту.
20	Вміст кишкової палички	
Органолептична оцінка		
27	Органолептичні показники	Дегустація з виставлянням оцінок за п'ятибальною системою.

Здійснення розрядів в розчині проводився в металевій ємності з товщиною стінки 5-6 мм. Висота бочки 100 см, діаметр 30 см. Випромінювач (1) занурювався на глибину 35 см і його торець знаходився на відстані 50 см від дна ємності. Для вимірювання тиску у воді застосовувалися п'єзоелектричні датчики тиску (3), встановлені на штатив (2). Використовувалися диски з п'єзокераміки ЦТС-19 діаметром 8 мм і товщиною 1 мм. Повний діаметр датчиків з урахуванням ізоляції і акустичної розв'язки від корпусу бочки склав 20 мм. Датчики розміщувалися на тій же глибині, що і робоча головка, але поблизу стінки бочки. Тиск також визначався за допомогою манометра (4). Датчики при цьому підключалися до осцилографа (5) через емітерний повторювач (6) з вхідним опором не менше 1 ГОм.

Схема розміщення випромінювача і датчиків тиску показані на рис.8.

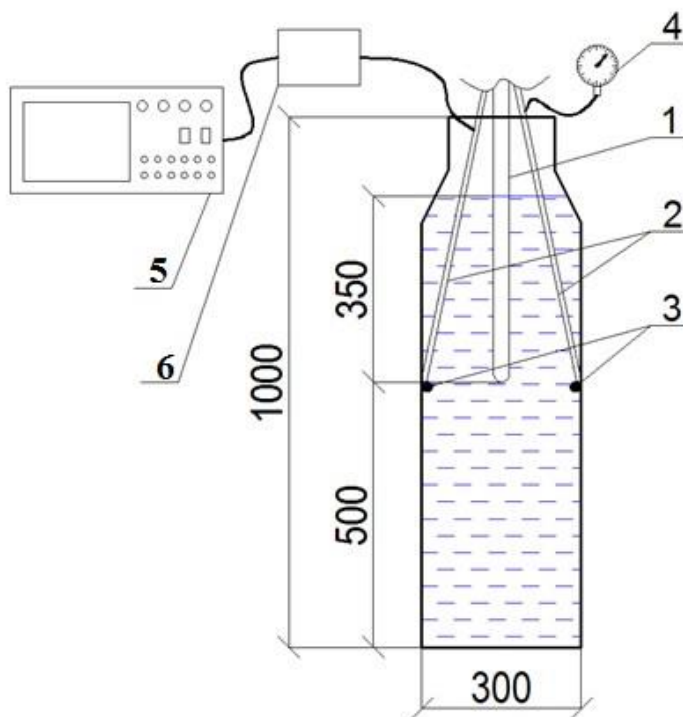


Рис. 8. Схема розміщення випромінювача і датчиків

Коефіцієнт дифузії солі в м'ясну сировину визначали за методом, заснованим на створенні різниці концентрації солі в двох шарах.

Зразками м'язової тканини (2) були зрізи контрольних і дослідних шматків

м'ясної сировини упоперек волокон кроком 5 мм для отримання лінійних розмірів 5х50х50 мм. Нарізані шматки фіксувалося між стінок ємкостей А і Б за допомогою болтових кріплень (3,4) так, щоб повністю закрити отвір діаметром 20 мм. Тобто активна площа дифузії солі в м'язову тканину дорівнювала 314 мм². Після установки м'язової тканини ємкості А і Б одночасно заповнювалися 7% розчином NaCl і дистильованою водою, відповідно. Висота рідин доводилася до однієї мітки, щоб виключити при обчисленнях додаткову змінну у вигляді градієнта тиску. Ризик появи ще однією змінною – градієнта температури був мінімізований проведенням досліджень в приміщеннях з постійною температурою, близькою до температури стандартних фізичних умов.

Рідини також витримувалися при кімнатній температурі до досягнення постійної температури.

Глибина проникнення солі в м'ясо визначалася згідно методики відбору проб з різних шарів у товщі м'яса (рис 9).

Оскільки при дії високого гідростатичного тиску здійснювався сухий вид соління (5% до маси м'ясної сировини), після обробки контрольні і дослідні зразки 24 години зберігалися в упакованому вигляді при температурі 1-2°C. Контрольні і дослідні зразки при дослідженні впливу розрядно-імпульсної обробки на швидкість проникнення солі в м'язову тканину витримувалися в розсолах так само впродовж 24 годин. Після добової витримки всі досліджувані зразки промивалися водопровідною водою від залишкової солі на поверхні.

Промиті шматки м'яса були розділені умовно на зовнішній, середній і внутрішній шари завтовшки 10 мм кожен (рис. 10). Тобто при початкових розмірах шматків 50х50х100 мм після відділення зовнішнього шару геометричні параметри змінювалися до 30х30х80мм, а розміри внутрішнього шару складали 10х10х60 мм.

Якщо прийняти товщину шматків H , то максимальна глибина проникнення солі знаходиться на відстані $h = H/2$ – в центральній площині внутрішнього шару.

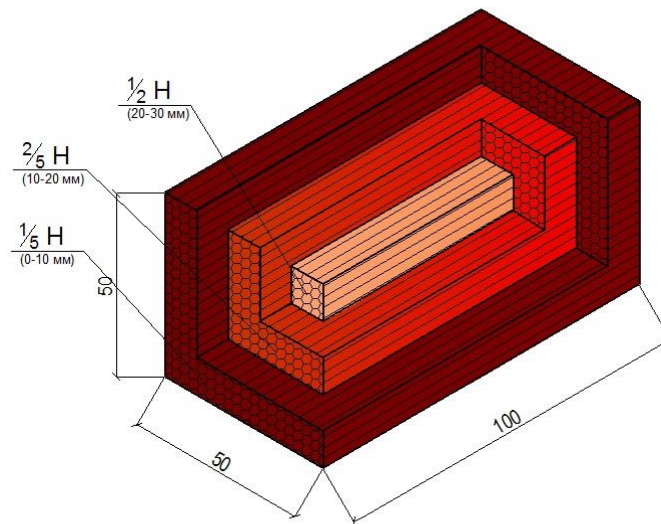


Рис. 9 Схематичне зображення умовно заданих зовнішнього, середнього і внутрішнього шарів досліджуваних шматків м'яса.

Масову частку солі в кожному шарі визначили за стандартною методикою Фольгарда.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Word 2010, Excel 2010, Statistica 10.0, MatLab 8.03, MathCad 15.0 portable, Mathsolution. Дослідження проводилися з 3-разовою повторюваністю. В основному дані представлені у форматі арифметичне середнє значення $\pm$ стандартне відхилення. Відхилення більш, ніж на 5% приймалося як статистично недостовірне.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вплив розрядно-імпульсної обробки на мікробіологічні показники модельних водних середовищ

Як було відмічено раніше, деякі процеси, що протікають при РІО, можуть надавати бактерицидну дію. Основними чинниками ЕГЕ що пригнічують мікрофлору, можуть виступати гідродинамічний тиск, що викликаються ударною хвилею і пульсацією ПГП, ультразвукове випромінювання, ультрафіолетове свічення, утворення вільних радикалів і активних форм кисню (озон, пероксид водню), а також ерозія металів ЕС.

Для підтвердження бактерицидного ефекту розрядно-імпульсної обробки була проведена порівняльна оцінка мікробіологічних показників обробленої і необробленої водопровідної води з примусовим внесенням мікрофлори. Дослідний зразок обробляли 300 імпульсами. Мікробіологічний аналіз проводили за наступними показниками: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), бактерії групи кишкової палички (БГКП) і цвілі (*Aspergillus*).

Результати досліджень показали, що посіви контрольного і дослідного зразків водопровідної води з примусово внесеною мікрофлорою на середовище МПА не виявили присутності БГКП в дослідних зразках (рис.15). При цьому в контрольних зразках спостерігалось утворення непрозорих колоній правильної форми кремового, жовтого або оранжевого кольору, що, мабуть, пов'язано із зростанням *E.coli*.



Рис 10. Посіви зразків з присутністю бактерій групи кишкової палички

Аналогічна залежність була виявлена при дослідженні контрольного і дослідного зразків води, в яку внесли спори цвілі *Aspergillus*. Посів проводили на середовище Сабуро (Рис. 11).



Контроль

Дослідний зразок

Рис. 11. Посіви зразків з присутністю цвілі роду *Aspergillus*

Як видно на рис.11, в контрольному зразку після термостатування були виявлені жовті і коричневі колонії, а в дослідному зразку цвіль не проросла. Отже, РІО може робити згубний вплив як на вегетативні, так і на спорові форми мікроорганізмів.

При визначенні КМАФАнМ контрольних і дослідних зразків також було встановлено бактерицидний ефект обробки. Результати дослідження мікробіологічних показників заздалегідь забрудненого водного середовища, підданий розрядно-імпульсній обробці, представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Мікробіологічні показники водопровідної води з примусово внесеною мікрофлорою

Мікробіологічні показники	Зразок	
	контрольний	дослідний
КМАФАнМ, КУО/г	$2,5 \cdot 10^2$	не виявлено
БГКП, в 1 мл води	виявлено	не виявлено
Цвілі <i>Aspergillus</i> , КУО/г	виявлено	не виявлено

На підставі приведених даних можна зробити вивід, що в дослідних зразках модельних водних середовищ відбулося придушення всій примусово внесеної до води мікрофлори. Отже, доведений бактерицидний ефект РІО.

3.2 Вивчення впливу розрядно-імпульсної обробки на фізико-хімічні властивості розсолу

Згідно проведеному аналізу літератури, швидкість соління, як дифузійно-осмотичного процесу, пропорційна різниці концентрацій і температурі і назад пропорційна в'язкості розсолу, розміру частинок з розсолу і товщині прикордонного шару. Причому, прикордонний шар скорочується як штучним

шляхом – механічним перемішуванням розсолу, так і природним – за рахунок броунівського руху частинок. Інтенсивність броунівського руху частинок надає визначальний вплив на значення ентропії, тобто при збільшенні інтенсивності безладного руху розчинених в розсолі частинок його термодинамічний стан прагнучим до максимальної ентропії, що позначиться на збільшенні агрегативної стійкості.

В розділі 1 наголошувалося, що останніми роками як в Україні, так і за кордоном інтенсивно розвиваються методи розрядно-імпульсного дроблення і подрібнення крупних матеріалів і мікрочасток. Основними чинниками розрядно-імпульсного дроблення, що діють, є імпульсний гідродинамічний тиск і ультразвукове випромінювання, супроводжує електрогідравлічний ефект.

Таким чином, аналіз розподілу частинок в контрольному і дослідному зразках розсолів показав, що розрядно-імпульсна обробка сприяла диспергуванню речовин, що знаходяться в розсолі. Внаслідок обмінної дифузії в системі «розсіл-м'ясо» при солінні, в розсіл переходять білкові (переважно саркоплазматичні білки) і екстрактні речовини м'яса, а також мінеральні речовини і вітаміни, розчинні у воді і слабосоленому середовищі. Таким чином, при дослідженні розміру частинок в розсолах, крім основних трьох компонентів, містилася деяка кількість органічних речовин, що мігрували з м'ясної сировини. Кількість перехідних з м'яса в розсіл речовин залежить від їх властивостей, умов соління (тривалість, інтенсивності, температури, кількості і концентрації розсолу) і виду сировини.

З метою визначення загального вмісту органічних і неорганічних речовин, а також ступеня міграції білкових речовин в контрольний і дослідний розсоли було проведене відповідне дослідження хімічного складу зразків, результати якого представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Результати дослідження вмісту сухих речовин в контрольному і дослідному зразках розсолу з уточненням вмісту білка

<i>Досліджувані показники</i>	<i>Результати досліджень</i>	
	<i>Контрольний зразок</i>	<i>Дослідний зразок</i>
Сухий залишок, г/л	7,87±0,79	8,47±0,81
Вміст білків, міліграм/л	0,74±0,02	0,81±0,02

Перехід в розсіл водо- і солерозчинних білкових речовин, частинки яких мають відносно великі розміри, відбувається через відкриті пори і капіляри м'язової тканини, а також з волокон з пошкодженою структурою [127].

Результати дослідження сухого залишку в розсолах показали, що при розрядно-імпульсній обробці міграція речовин з м'яса в розсіл посилюється в

порівнянні з класичним мокрим засолом. Сухий залишок в дослідному зразку був на рівні 7,6% більший, ніж в контрольному, що узгоджується з даними за вмістом білкових речовин в дослідному зразку – в обробленому зразку було на 9,5 % більше білка, ніж у необробленому. Мабуть, перехід досліджуваних речовин з м'яса в розсіл пропорційно пов'язаний з дифузією з розсолу речовин углиб м'язової тканини і гідратацією міофібрилярних білків. Таким чином, на підставі результатів дослідження фізико-хімічних властивостей розсолів можна зробити припущення про інтенсивніше протікання масообмінних процесів в системі «розсіл-м'ясо» при солінні за допомогою розрядно-імпульсної обробки, що може бути підтверджене при детальнішому вивченні процесу протікання в цих умовах дифузії речовин з розсолу в м'язову тканину.

3.3 Дослідження впливу високого тиску на швидкість дифузійно-осмотичних процесів

Швидкість протікання соління і інтенсивність проникнення компонентів з розсолу в продукт в значній мірі залежать від значень коефіцієнта дифузії D в системі розсіл-м'ясо і коефіцієнта п'єзопровідності ϵ м'язової тканини, які, найчастіше, невідомі. Зміна коефіцієнта дифузії в динаміці соління до цих пір недостатньо вивчено і зазвичай обмежується математичним моделюванням, але і в цьому випадку немає єдиного підходу до рішення задачі.

Досліджено коефіцієнта дифузії і глибини проникнення солі в м'язову тканину при обробці високими гідростатичним і гідродинамічним тиском. Результати визначення вмісту солі в пробах розчинів приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Вміст NaCl в розчині ємкості Б у момент часу

Момент часу після початку дифузії, год	Вміст солі в зразку %			
	Контроль ний	Дослідний (PIO)		
		100 імпульсів	200 імпульсів	300 імпульсів
1	0,28	0,32	0,41	0,54
2	0,88	0,91	1,37	1,63
3	1,46	1,59	1,91	2,14
4	1,82	2,2	2,23	2,69
24	2,41	2,65	2,78	2,91

Слід враховувати, що при кожному відборі проб об'єм розчинів зменшувався на 10 мл або 10^{-5} м³. Таким чином, при розрахунку значення b параметр V_2 носить змінний характер, при постійних значеннях $L = 0.05$ м і $S = 3.14 \cdot 10^{-4}$ м².

При обробці шматків м'яса 100 імпульсними розрядами в першу годину D_1 практично рівний коефіцієнту дифузії в контрольному зразку, проте при

двогодинному інтервалі намічається різниця в $0,4 \text{ мм}^2/\text{с}$. Зміна коефіцієнта дифузії солі в м'язову тканину при обробці високим гідростатичним тиском схоже із змінами при обробці 100 імпульсними розрядами. Найефективніше, судячи по отриманих даних, дифузія солі в м'язову тканину проходила в зразках, оброблених 300 імпульсами. Коефіцієнт дифузії в цьому випадку за годину часу перевищував аналогічний показник в контрольному зразку на $1 \text{ мм}^2/\text{с}$. Після двох годинників різниця в значеннях D складала більше $1,5 \text{ мм}^2/\text{с}$, після чого почала поступово спадати, що пояснюється зниженням градієнта концентрацій. Через 24 години середнє значення коефіцієнта дифузії в дослідних зразках також виявилось вищим, ніж в контрольних – на $0,05 \text{ мм}^2/\text{с}$ при обробці високим гідростатичним тиском, $0,03 \text{ мм}^2/\text{с}$ при обробці 100 імпульсами, $0,07 \text{ мм}^2/\text{с}$ при дії 200 імпульсами і $0,13 \text{ мм}^2/\text{с}$ – при 300 імпульсах.

Відомо, що хлористий натрій прискорює окислення гемових пігментів м'яса. Окиснення гемових центрів приводить до утворення метпигментів, унаслідок чого природне забарвлення м'яса порівняно швидко зникає і воно набуває сіруватого кольору з різними відтінками, причому чим більше за сіль проникає в м'язову тканину, тим більше помітним стає таке забарвлення. На рис. 12 виразно видно слід проникнення NaCl в зразки м'язової тканини.

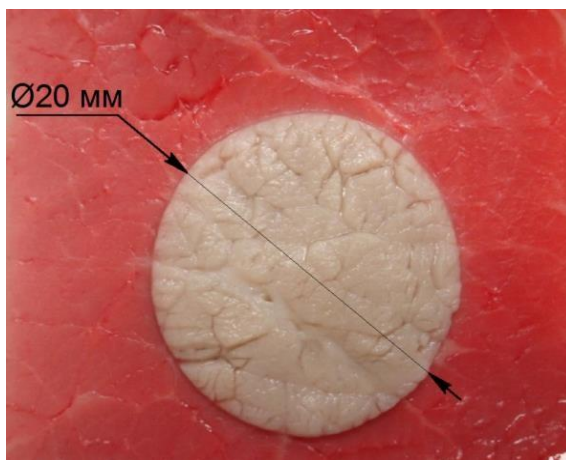


Рис. 12 Активна площа дифузії хлориду натрію углиб м'язової тканини

Діаметр сірого кола відповідає діаметру отвору між стінками ємкостей А і Б, тобто слід від проникнення солі дорівнював перетину дифузійного потоку.

Згідно Соколову А.А. [84] при дифузії уздовж м'язових волокон середня швидкість проникнення солі в м'язову тканину в звичайних умовах соління складає близько $0,59 \text{ мм/год}$, при дифузії упоперек волокон – близько $0,39 \text{ мм/год}$. При подібних швидкостях міграції солі углиб м'язовій тканині зміна коефіцієнта дифузії на $0,15\text{-}1,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ матиме значний ефект, оскільки швидкість соління зростає прямо пропорційно коефіцієнту дифузії. Для отримання емпіричної залежності швидкості соління від значення ефективного коефіцієнта дифузії були проведені дослідження по концентрації хлористого натрію на різній

глибині контрольних і дослідних зразків м'яса.

Згідно рис. 10 (Розділ 2), якщо прийняти товщину шматків H , то максимальна глибина проникнення солі знаходиться на відстані $h = H/2$ – в центральній площині внутрішнього шару.

Дані за визначенням концентрації солі на різній глибині досліджуваних зразків представлені в таблиці 3.4 (у разі дії високим гідростатичним тиском) і 3.5 (у разі розрядно-імпульсної обробки).

Таблиця 3.4

Вміст хлориду натрію на різній глибині контрольних і дослідних зразків

Глибина, мм	Вміст солі в зразку %	
	Контрольний	Досвідчений (ВГТ)
0-10	1.3±0.1	1,9 ±0,14
10-20	0,8±0.07	1,2±009
20-30	0.3±0.09	0,6±0,08

Результати досліджень показали, що використання високого тиску при солінні м'яса сприяє збільшенню швидкості проникнення солі в глибину м'язової тканини. При обробці м'яса ВГД між шматками м'яса і середовищем виникає різниця тиску, сприяюча фільтраційному перенесенню розчиненої солі в м'ясо, чим пояснюється різниця в 0,6% NaCl в поверхневих шарах контрольних і баростатически оброблених дослідних зразків. Використовуваний тиск в 400 Мпа (Додаток Е) здатне підвищити ніжність м'яса за рахунок часткових розривів м'язових волокон і розпушування структури, проте, оскільки при обробці тиск рівномірно розподілявся по всіх напрямках, значного розпушування дослідних зразків не спостерігалось. Таким чином, при використанні високого гідростатичного тиску проникнення солі в м'язову тканину в основному відбувається по фільтраційному закону Дарсі [86], тоді як дифузійно-осмотичний розподіл солі за об'ємом м'яса протікає не набагато інтенсивніше, ніж в контрольному зразку.

Таблиця 3.5

Вміст хлориду натрію на різній глибині контрольних і дослідних зразків

Глибина, мм	Вміст солі в зразку %			
	Контрольний	Досвідчений (PIO)		
		100 імпульсів	200 імпульсів	300 імпульсів
0-10	1,8±0,1	2,1±0.12	2,3±0,11	2,8±0,13
10-20	1,3±0,06	1,5±0.09	1,6±0,15	2,1±0,08
20-30	0,9±0,04	1,2±0.11	1,3±0,12	1,5±0,12

При розрядно-імпульсній обробці концентрація солі на різній відстані від поверхні шматків м'яса також виявилася вищою, ніж в контрольних зразках.

При цьому концентрація солі в дослідних зразках мінялася пропорційно кількості імпульсів при обробки.

М'язове волокно, маючи композитну будову, може витримати значну по силі статичну напругу. Проте динамічна напруга, у вигляді імпульсно змінного гідравлічного тиску, здатна порушити цілісність структури волокна, що може привести до збільшення кількості поперечно-щілиновидних порушень, руйнування мембранних структур і розпушування м'язової тканини в цілому, тобто приведе до її тендеризації. При такому ефекті витримка оброблених шматків в розсолі приводить до набухання м'язових волокон по всій товщині м'яса за рахунок заповнення розсолом поперечно-щілиновидних просторів, що утворюються, і інтенсивного проникнення солі у волокна через розриви міофібрилярних мембран.

При сухому солінні шматків яловичини з дією високого гідростатичного тиску ефект концентрації солі в глибині м'язової тканини виявився вищим, ніж при класичному сухому солінні контрольних зразків. Проте, судячи по отриманих даних, навіть при використанні ВГД коефіцієнт дифузії солі при сухому солінні опинився нижчим, ніж при класичному мокрому. З урахуванням того, що використання ВГД в першу чергу направлене на тендеризацію сировини і придушення розвитку мікрофлори, прискорення проникнення солі в глибину м'язової тканини також можна віднести до однієї з переваг використання даного методу перед класичними способами обробки м'яса.

Набутих значень коефіцієнта дифузії солі в м'язову тканину при мокрому солінні корелюють із значеннями, отриманими в попередньому дослідженні. Використання розрядно-імпульсної обробки в технології мокрого соління м'ясної сировини сприяє прискоренню проникнення і розподілу хлориду натрію в глибині м'язової тканини, тобто інтенсифікації процесу соління.

3.4. Вплив розрядно-імпульсної обробки на мікроструктуру м'язової тканини.

В процесі соління відбувається проникнення, розподіл і приєднання солі і речовин з розсолу до білок м'язових волокон, що позначається на морфологічній структурі м'язової тканини.

Як відомо, при традиційному тривалому мокрому солінні, не дивлячись на помітний протеоліз, м'язові волокна м'ясної сировини практично не руйнуються, але істотно міняють свій діаметр. Згідно з Нарижним А.Г. [90], діаметр м'язових волокон на другу добу соління скорочується, але після 4-5 діб починає зростати, а до кінця процесу перевищує початкову величину. В процесі соління виразно змінюється внутрішня структура м'язових волокон. Вже через 12 ч поперечна покреслена стає менш помітною, або зовсім зникає; відбувається руйнування і злиття в аморфну масу білків міофібрил.

Большаковим а.С. відмічене, що використання інтенсивних дій в процесі соління збільшує кількість поперечних мікротріщин і щілин в м'язових волокнах, приводить до їх фрагментації. Разом з деструкцією м'язових волокон виникають локальні руйнування сарколеми. Вони прискорюють проникнення розсолу в глибину волокон [21].

Вихід дрібнозернистої білкової маси, зникнення або ослаблення поперечної покресленої, набухання м'язових волокон і інші мікроструктурні зміни м'язовій тканині свідчать про високий градієнт концентрації і швидкий розподіл хлориду натрію.

Найбільш наочним методом оцінки стану м'язової тканини, що дозволяє на мікроструктурному рівні визначити ефективність соління, є гістологічні дослідження.

З метою дослідження впливу розрядно-імпульсної обробки на структуру м'язової тканини були проведені гістологічні дослідження контрольних і дослідних зразків м'яса після 24 год витримки в розсолі. Склад розсолу приведений в розділі 2 (розділ 2.2).

При мікроскопії приготованих гістологічних зрізів дослідних зразків наголошувалося часткове руйнування структури м'язової тканини, а також набухання м'язових волокон (рис. 22, 23), що свідчить про інтенсивне проникнення і розподіл солі в товщі шматків м'яса, а також деструктивному впливі електрогідравлічних ударів на структуру м'язової тканини.

Детальне вивчення подовжніх гістологічних зрізів контрольних зразків показало, що м'язовими волокнами були щільно прилеглі один до одного прями структури із слабозаметной поперечною покресленою. Межі волокон, як і відстань між ними, більшою мірою, були збережені.

У гістологічних зрізах дослідних зразків відмічено потовщення м'язових волокон, спостерігалася відсутність поперечної покресленої, в деяких ділянках відсутність ядер, що піддалися деструкції у міру збільшення кількості імпульсів при обробки. Як видно з рис. 14, м'язові волокна дослідних зразків злегка звиті, що, можливо, викликано інтенсивною адсорбцією вологи активними центрами міофібрилярних білків. Цим же викликана та, що сильно виявляється в гістологічних зрізах дослідних зразків гофрированность, що є наслідком активного проникнення солі у волокна при високій швидкості дифузії і осмотичного розподілу розсолу. Так, приблизно, в кожному 3-4 волокні дослідних зразків №1 і №2 спостерігалася чітко виражена гофрированность волокон, а в зразках №3 кількість гофрованих волокон досягала 50-60%. Поперечні волокна на знімках дослідних зразків ослаблена, а в останньому (обробка 300 Мп.) не виражена. У дослідних зразках є множинні пошкодження і деформації волокон, що найсильніше виявляються при обробці 300 імпульсами. У просторах між волокнами зразків №1-3 помітно незначна кількість білкової

маси. Білкова маса є розчинною фракцією, що перейшла в процесі масообмена в розсіл, який в значній мірі заповнив міжволоконний простір.

На мал. 15 видно, що поперечні зрізи контрольних і дослідних зразків м'язових волокон представлені в полігональній і округлій формах. Загальна картина співпадає з результатами досліджень подовжніх гістологічних зрізів. Волокна контрольних зразків щільно прилягали один до одного. Як діаметр м'язових волокон, так і відстань між м'язовими волокнами помітно збільшилося після розрядно-імпульсної обробки. При дослідженні проб м'яса, виділених на глибині більше 2 см, статистичній достовірності по діаметру м'язових волокон контрольного і дослідних зразків виявлено не було. Проте, проби, узяті на глибині до 2 см, характеризувалися значнішим коливанням діаметру волокон (рис.15).

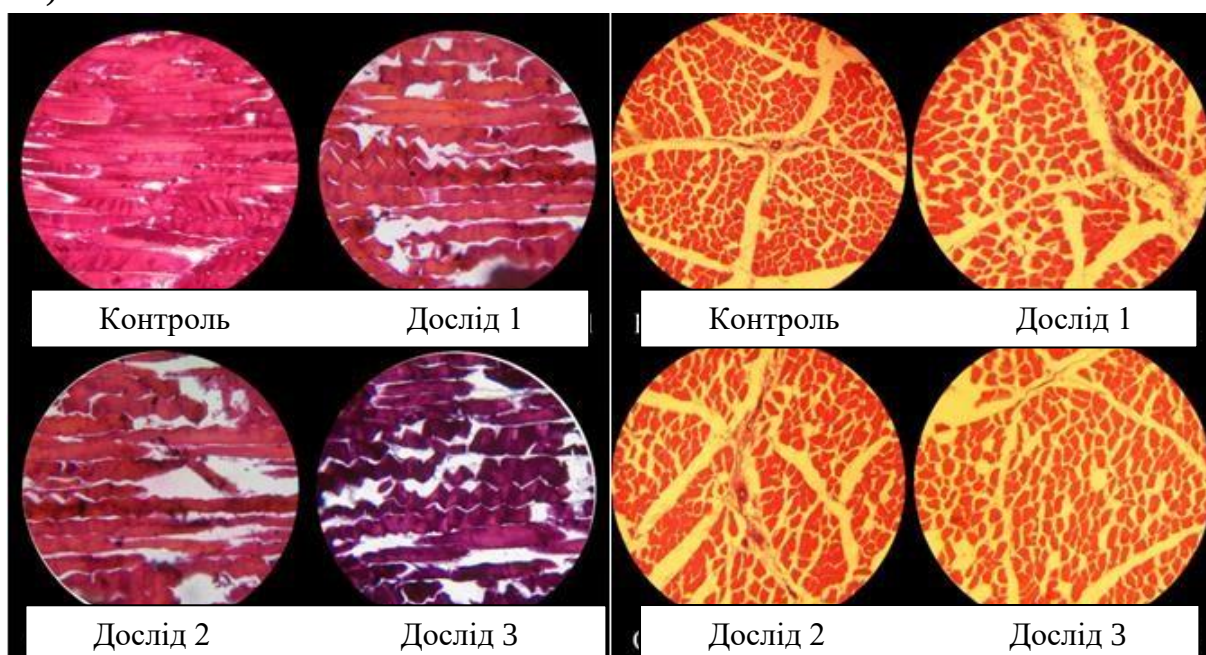


Рис. 14. Поздовжні гістологічні зрізи м'язевих волокон забарвлених гематоксилином і еозином (збільшення $\times 200$).

Рис 15. Поперечні гістологічні зрізи м'язевих волокон забарвлених гематоксиліном і еозином (збільшення $\times 100$)

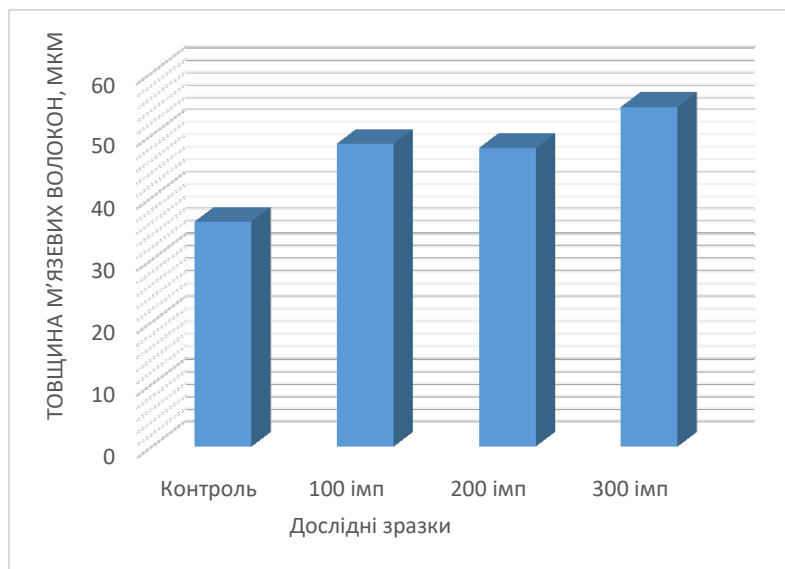


Рис. 16. Динаміка зміни діаметру м'язевих волокон контрольного і дослідних зразків.

За даними діаграми, представленої на рис. 16, діаметр м'язових волокон дослідних зразків, в порівнянні з контрольним, збільшився в середньому на 32-51%, що помітно як на подовжніх, так і на поперечних гістологічних зрізах. Підвищення ступеня тієї, що набухає білків м'язової тканини сприяє збільшенню показника вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ).

Таким чином, мікроструктурні дослідження подовжніх і поперечних гистосрезів м'язових волокон контрольного і дослідних зразків показали, що розрядно-імпульсна обробка м'ясної сировини в розсолі надає деструктивну дію на волокна, сприяє заповненню простору між ними розсолом і прискоренню проникнення солі углиб м'язовій тканині. Це виявляється в разволокненні з порушенням фрагментації міофібрил, часткових розривах структури волокон, зміні форми волокон на гофровану і звиту. Високий тиск, що виникає при пробіі розряду в розсолі, активізує фільтраційне перенесення розсолу в об'єм м'яса, а також безпосередньо впливає на м'язові волокна.

Не дивлячись на високу міцність волокон на розтягування і стиснення, серія ударних хвиль, супроводжуваних електрогідравлічний ефект, а також ультразвукове випромінювання, мабуть, сприяють разволокненню і руйнуванню мікроструктури м'язової тканини. Деструкція волокон і збільшення простору між волокнами, заповненого розсолом, приводить до «розпушування» м'ясної сировини, тобто відбувається його тендеризація. При цьому відбувається інтенсивне набухання волокон і, як наслідок, збільшення їх діаметру в дослідних зразках.

Швидше за все, це пов'язано з тим, що розпушування міофібрилярних структур супроводжується збільшенням кількості вільних функціональних груп, здатних зв'язувати воду. Також збільшується вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ), яка підвищується за рахунок іонізації хлориду натрію і активації утворення

нових активних центрів білків. Іншим важливим чинником є швидкість проникнення і розподілу солі в м'язовій тканині. Імовірно, ударні хвилі сприяють розпушуванню м'язової структури, за рахунок чого збільшуються проникність м'язової тканини і площа контакту волокон з розсолом. Крім гофрованості волокон і їх діаметру, про збільшення швидкості соління свідчить наявність дрібнозернистої білкової маси в міжволоконному просторі, кількість якої була істотно більша в дослідних зразках, ніж у контрольних, тобто масообмінні процеси в оброблених шматках проходили швидше.

3.5 Дослідження впливу розрядно-імпульсної обробки на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини

При дослідженні мікроструктури контрольного і дослідних зразків м'ясної сировини було виявлено, що при розрядно-імпульсній обробці відбувається розпушування м'язової тканини за рахунок часткового розриву волокон, збільшення мікротріщин і заповнення міжволоконного простору розсолом. Такі зміни можуть відбитися на зміні структурно-механічних властивостей сировини, сприяючи його тендеризації. При дослідженні властивостей м'язової тканини представляє інтерес її деформаційна поведінка при розрядно-імпульсній обробці. Деформаційні зміни м'язовій тканині багато в чому залежать від міцності м'язових волокон.

М'язове волокно є досить складним об'єктом для вимірювання його жорсткості, у зв'язку з тим, що механічні характеристики волокна визначаються структурно-функціональною взаємодією його складових частин з принципово різними механічними властивостями.

У сучасній літературі представлена відносно невелика кількість робіт, присвячених дослідженню жорсткості м'язових волокон. Вимірювання модуля пружності (модуля Юнга) проводили шляхом втискування вістря зонда в клітину і отримання силових кривих [63]. Модуль пружності обчислювали за отриманими експериментальними даними: залежності сили, що виникає при зближенні двох пружних тіл, від величини їх відносного переміщення при втискуванні один в одного.

При дослідженні пружності м'язових волокон оцінка модуля пружності волокна ускладнювалася тим, що механічні властивості його структур анізотропні, тобто залежать від того, в якому напрямі прикладені навантаження.

При солінні виникає зворотна тенденція – збільшення діаметру волокон за рахунок набухання призводить до зниження їх міцності. Так, жорсткість волокон дослідних зразків виявилася нижчою, ніж в контрольних на 12,2- 13,4% і на 10,9-12,1%, ніж в нативних. При цьому найменша жорсткість волокон була у зразка, обробленого 300 імпульсними розрядами. Значення модуля пружності

корелювали із значеннями жорсткості волокон, причому величина даного показника була найбільшою у контрольного зразка. Вища жорсткість контрольних зразків, швидше за все, пов'язана із зсувом вектора масообмінної рідинами у бік розсолу на ранніх етапах соління.

Значень коефіцієнта жорсткості волокон контрольних і дослідних зразків корелюють із зміною величини діаметру волокон. Коефіцієнт кореляції (коефіцієнт Спірмена) рівний 0,9.

Достовірність отриманих результатів визначали по методу множинних порівнянь Шеффе, згідно якому жорсткість волокон в зразках, оброблених 100 і 200 імпульсами достовірно ($p=0,84$) не відрізняється один від одного. У решті всіх випадків жорсткість і модуль пружності волокон зразків достовірно відрізняються.

Модуль пружності (модуль Юнга) за визначенням – це фізична величина, що характеризує властивості матеріалу чинити опір пружній деформації. Зміна значень модуля Юнга при дослідженні волокон інтактних, контрольних і дослідних зразків відповідає зміні жорсткості волокон. Деструкція компонентів м'язової тканини під час розрядно-імпульсної обробки сприяла зниженню опору м'язових волокон до напруги.

Проведені розрахунки середньої довжини волокон показали, що довжина волокон м'язової тканини контрольних зразків (5,32 см) опинилася більше довжини дослідних зразків (4,76 см (100 імп.), 5,02 (200 імп.), 4,99 (300 імп.)). Скорочення середньої довжини волокон дослідних зразків, мабуть, пов'язане з частковими розривами, що відбуваються при розрядно-імпульсній обробці, що також підтверджує результати гістологічних досліджень.

Електрогідролітичний ефект, що виникає в розсолі при розрядно-імпульсній обробці, впливає на структуру компонентів м'язової тканини, знижуючи їх міцність, що призводить до розм'якшення м'язової тканини в цілому. Отже, можна припустити, що м'ясопродукти, отримані з обробленого імпульсними розрядами сировини, характеризуватимуться високою ніжністю і низькими втратами при тепловій обробці. У зв'язку з цим необхідно провести дослідження впливу РІО на структурно-механічні і функціонально-технологічні властивості сировини і готового продукту.

Під впливом ультразвукових випромінювань відбувається деструкція складених компонентів волокон, а під дією могутніх електромагнітних полів відбувається інтенсивне проникнення углиб м'язової тканини і приєднання солі унаслідок її іонізації і активації міофібрилярних білків. АСМ волокон досліджуваних зразків показала зміни фізико-механічних властивостей м'язової тканини на мікрорівні. Для визначення фізичних властивостей м'яса на макрорівні було проведено дослідження його структурно-механічних властивостей (СМВ).

Структурно-механічні властивості характеризують поведінку продукту в умовах напруженого стану і дозволяють зв'язати між собою напруги, деформації або швидкості деформацій в процесі додатку зусиль [4]. Одним з найбільш важливих параметрів, що характеризують структурно механічні властивості сировини є консистенція. Для оцінки консистенції контрольних і дослідних зразків м'яса були проведені дослідження з визначення граничного напруження зрізу і пластичності м'ясної сировини (рис. 17).

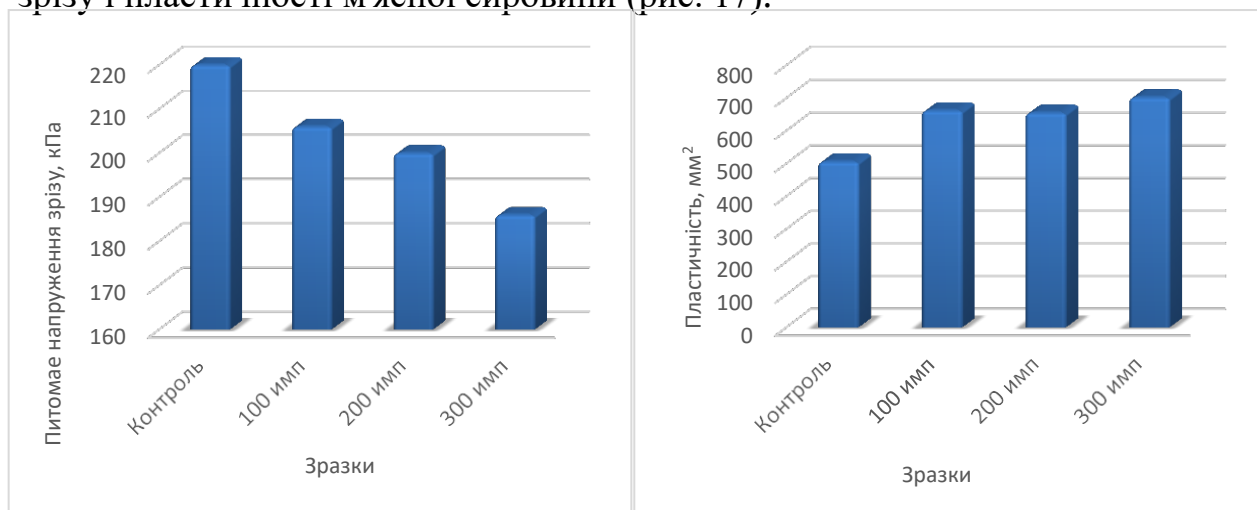


Рис. 17. Результати дослідження граничної напруги зрізу і пластичності контрольних і дослідних зразків

Отримані дані, що характеризують величину граничної напруги зрізу (ГНЗ) і пластичності шматків м'яса контрольних і дослідних зразків, свідчать про підвищення ніжності м'яса під дією електрогідралічного ефекту. Так, при обробці м'ясної сировини 100 імпульсами відбувається зниження показника ГНЗ на 10,7%. Обробка 200 імпульсами сприяє зниженню даного показника ще на 3%. Мінімальне значення ГНЗ, яке на 11,8% менше, ніж в контрольних, відповідає зразкам, обробленим 300 імпульсами (186 кПа). В той же час в дослідних зразках, в порівнянні з контрольними, спостерігається збільшення пластичності. Максимальна різниця в пластичності контрольних і дослідних зразків склала 39%.

Як видно з результатів досліджень структурно-механічних властивостей дослідних зразків, із збільшенням кількості що повідомляються системі розсіл-м'ясо електричних імпульсів, знижується гранична напруга зрізу і підвищується пластичність м'язової тканини.

Встановлено, що структурно-механічні властивості сировини пов'язані з його функціонально-технологічними властивостями (ФТВ) і змінюються залежно від вмісту і форми зв'язку води. З метою вивчення динаміки зміни вмісту води і ступеня гідратації білків м'язової тканини при розрядно-імпульсній дії, були проведені дослідження за визначенням основних показників ФТВ контрольних і дослідних зразків.

При контролі зміни маси досліджуваних зразків до і після соління була виявлена тенденція до збільшення виходу сировини залежно від кількості, ся імпульсів в процесі розрядно-імпульсної обробки (рис. 18).

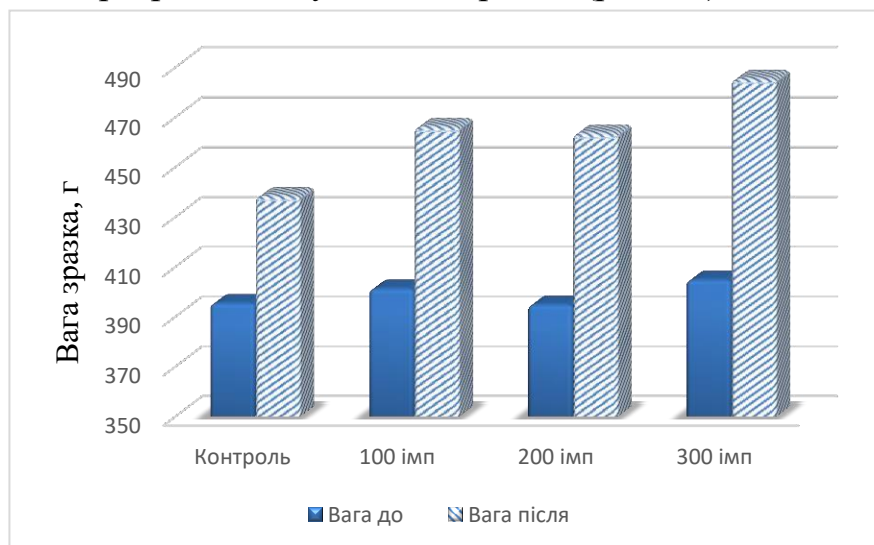


Рис. 18. Зміна маси засоленої сировини

Згідно представленим на рис. 18 діаграмам, вихід зразків яловичини, витриманих в розсолі впродовж 24 годин склав 111%. Використання розрядно-імпульсної обробки дозволило підвищити вихід м'ясної сировини після соління. Істотної різниці в значенні виходу зразків м'яса, оброблених 100 і 200 імпульсами не спостерігалось, оскільки їх маса збільшувалася в середньому на 116% і 117% відсотків відповідно. Дослідні зразки, оброблені 300 імпульсами, змінили масу при витримці в розсолі на 24%, що порівнянно з виходом м'яса при масажуванні.

Зміни маси зразків обумовлені інтенсивністю проникнення розсолу в м'язову тканину і гідратацією білків. Так, на підставі розрахунку коефіцієнта кореляції (0,9) підтверджений кореляційний зв'язок між товщиною волокон і масою зразків.

Вміст води і здатність білків утримувати її при різних видах дій багато в чому залежать від рівня рН сировини [25]. Проведені ученими дослідження закономірності підпорядкування ВЗЗ як функції від рН показали, що при підвищенні кислотності сировини на 0,15-0,25 од. вологозв'язуюча здатність може збільшитися на 15-20%. Результати дослідження рН, вміст загальної води і вологозв'язуючої здатності даних зразків м'яса показав аналогічну тенденцію (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Результати дослідження вмісту і форми зв'язку води в досліджуваних зразках

Найменування показника	Контрольні зразки	Дослідні зразки		
		100 імн	200 імн	300 імн
рН, од	$5,71 \pm 0,04$	$5,85 \pm 0,06$	$5,91 \pm 0,02$	$6,09 \pm 0,05$
Вміст води %	$71,3 \pm 0,8$	$75,5 \pm 0,8$	$76,4 \pm 0,7$	$78,1 \pm 0,9$
ВЗЗ % до загальної води	$73,8 \pm 1,2$	$82,9 \pm 2,6$	$85,6 \pm 1,8$	$91,3 \pm 1,4$

Дослідження рН водних витяжок м'язової тканини контрольних і дослідних зразків дозволило виявити збільшення кислотності у бік нейтральних значень середовища при обробці сировини імпульсними електричним розрядами. Зміна рН, можливо, пов'язана з активацією розсолу і його інтенсивним проникненням в дослідні зразки.

Під час розрядно-імпульсної обробки відбувається фільтраційне перенесення розсолу углиб м'язовій тканині за рахунок динамічно змінного тиску. Іонізація солі і активація полярних груп білків під дією електромагнітних полів сприяли кращій гідратації волокон, що відбилося на утриманні загальної води. М'ясна сировина, оброблена 100 імпульсами, після витримки в розсолі містило на 4,2% більше води, чим необроблена сировина. При порівнянні дослідних зразків, оброблених 100 і 200 імпульсами, статистично достовірної різниці в вмісті води не встановлено. Зразки м'яса, схильні до дії 300 імпульсних розрядів, містили найбільшу кількість води (78,1%), що відповідає результатам визначення приросту маси засоленої сировини.

Величина вологозв'язуючої здатності безпосередньо залежить від кількості сталих адсорбційних зв'язків між активними центрами білків і іонами Na^+ і (переважно) Cl^- . Згідно приведеним в таблиці 3.8 даними, при розрядно-імпульсній обробці адсорбційні процеси протікали інтенсивніше. ВЗЗ дослідних зразків виявилася вищою, ніж у контрольних на 9...18% залежно від кількостей імпульсів, що повідомляються.

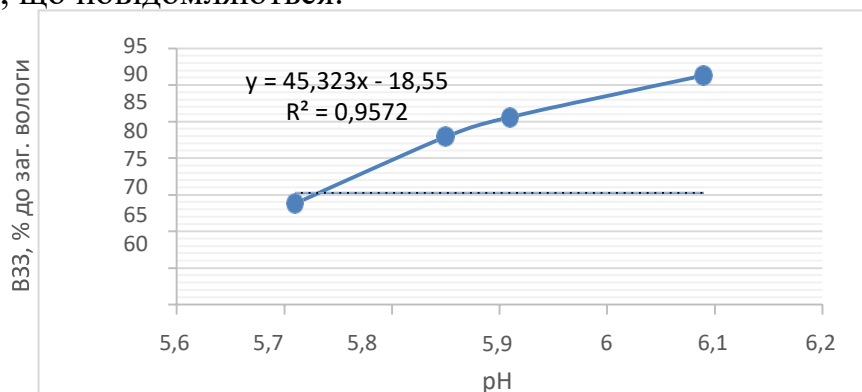


Рис. 19. Залежність ВЗЗ м'язової тканини від рН зразків при різних кількостях імпульсів в процесі РІО.

Залежність ВЗЗ м'язової тканини від зміни рН можна виразити графічно і лінеаризувати, отримавши лінію тренда (поліноміальної лінії регресії):

Згідно лінії тренда, характер залежності ВЗЗ від зміни рН матиме вигляд: $Y = 45,323x - 18,55$. Таким чином, регулюючи зміну рН м'ясної сировини при розрядно-імпульсній обробці, можна буде з визначеною точністю (достовірність апроксимації = 0,96) прогнозувати збільшення ВЗЗ зразків.

3.6 Дослідження впливу теплової обробки на показники якості модельних систем.

Теплова обробка робить значний вплив на властивості, склад і, відповідно, харчову цінність м'яса. У зв'язку з цим представляє інтерес дослідження якості м'яса, схильного до розрядно-імпульсної обробки, після термічної обробки.

Термічну обробку солених зразків проводили за схемою, описаною в розділі 2. У таблиці 3.6 представлені результати досліджень зміни хімічного складу, фізико-хімічні і структурно-механічні показники м'ясної сировини після термічної обробки і охолодження продукту до температури 8°C.

Таблиця 3.6

Вплив РІО на показники якості досліджуваних зразків після термічної обробки

Показник	Контрольні зразки	Дослідні зразки		
		100 імпульсів	200 імпульсів	300 імпульсів
хімічний склад				
Вміст води %	62,6±0,4	66,2±0,5	67,6±0,8	68,7±1,1
Вміст білка %	19,27±0,2	18,52±0,2	18,36±0,2	18,29±0,2
Вміст жиру %	7,65±0,06	6,26±0,04	6,14±0,04	5,97±0,04
Вміст золи %	5,51±0,05	4,42±0,1	4,18±0,05	4,03±0,1
Вміст солі %	2,24±0,3	2,54±0,2	2,61±0,4	2,71±0,2
фізико-хімічні показники				
рН	5,82±0,06	6,01±0,06	6,13±0,02	6,15±0,04
ВУЗ % до загальної води	70,3±1,3	76,7±0,8	78,2±0,5	81,0±1,2
Активність води	0,9574	0,9501	0,9488	0,9472
Втрати при тепловій обробці %	29,5±0,4	26,6±1,1	24,1±0,7	21,9±0,6
Вихід % до масі несолоної сировини	81,3±0,8	89,5±1,2	93,3±0,9	97,9±0,7
структурно-механічні показники				
Зусилля зрізу, Н - вздовж волокон	1,05±0,05	0,95±0,05	0,9±0,05	0,75±0,05

- у поперек волокон	1,2±0,05	1,05±0,05	0,95±0,05	0,85±0,05
Глибина penetрації, мм				
- вздовж волокон	3,8±0,1	4,2±0,2	4,4±0,1	4,6±0,1
- у поперек волокон	2,9±0,1	3,2±0,1	3,5±0,1	3,7±0,1
Межа міцності на розрив, кПа	223±5	195±6	181±6	164±4

Згідно з отриманими даними, вихід контрольних зразків після термічної обробки склав 81,3% до маси несоленої сировини. При розрядно-імпульсній дії втрати, супроводжуючі теплову обробку, опинилися менше, ніж в контрольній групі. Так, при обробці 100 імпульсами вихід готового продукту склав 89,5%, що на 3,8% менше, ніж у зразків, оброблених 200 імпульсами (93,3%). Вихід зразків, схильних в процесі соління 300 імпульсним розрядам, склав 97,9%, що на 16,6% більше, ніж у необробленого продукту.

РІО також зробила безпосередній вплив на зміну в хімічному складі досліджуваних зразків. Вміст води в готових продуктах істотно різнився і залежав від кількості повідомлених системі «розіл-м'ясо» імпульсів в процесі розрядно-імпульсної обробки. Згідно з результатами, представленими в табл. 3.6, вміст води в контрольному зразку готового продукту склав 62,6%, що на 3,6% менше, ніж в дослідному зразку, обробленому 100 імпульсами. Вміст води в готовому продукті, обробленому 200 імпульсами, склало 67,6%, а третьому дослідному зразку – 68,7%. Вміст білка в дослідних зразках декілька менше, ніж в контрольному, що, мабуть, пов'язано із збільшенням вмісту води. Згідно з представленими даними, вологоутримуюча здатність в необроблених зразках готового продукту виявилася нижчою, ніж в оброблених зразках на 6,4% (при обробці 100 імпульсами), на 7,9% (при обробці 200 імпульсами) і на 10,7% (при обробці 300 імпульсами). Подібна тенденція спостерігалася ще при дослідженні вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ) зразків до термічної обробки. Після термічної обробки значення рН зразків, підданих РІО, як і слід було чекати, виявилось вищим, ніж в зразках, засолених класичним способом. При активній кислотності контрольного зразка 5,82 од., рН дослідного коливалась в межах 6,01...6,15 залежно від кількості імпульсів, повідомлених системі «розіл-м'ясо» в процесі соління. Отримані дані за вмістом солі в зразках узгоджуються з результатами дослідження величини коефіцієнта дифузії і глибини проникнення NaCl у м'язеву тканину оброблених і необроблених шматків м'яса.

Важливим показником якості продуктів, що розробляються, є їх структурно-механічні властивості, значення яких відображають характер і глибину змін, подій в процесі розрядно-імпульсної обробки, витримки в розсолі і термічної обробки. Характеристики міцності досліджуваних зразків визначали по величині зусилля зрізу, глибини penetрації і межі міцності на розрив. Згідно

з отриманими даними, застосування розрядно-імпульсної обробки привело до зниження величини зусилля зрізу готових продуктів, причому як вздовж волокон, так і у поперек. Так, значення досліджуваного показника уздовж волокон в контрольному зразку опинилося на 9,6% більше, ніж в дослідному зразку, схильному до обробки в 100 імпульсів. При обробці 200 імпульсами величина зусилля зрізу уздовж волокон опинилася менше, ніж контрольного на 14,3%, а при 300 імпульсах – на 29,6%.

В процесі дослідження величини зусилля зрізу контрольних і дослідних зразків у поперек волокон була виявлена схожа тенденція, за тим виключенням, що між дослідними зразками, обробленими 100 і 200 імпульсами, статистично достовірної різниці виявлено не було. Максимальне зусилля, прикладене лезом по нормалі до волокон, було виявлене в контрольних зразках і склало в середньому 1,2 Н, що на 0,35 Н більше, ніж в дослідних зразках, оброблених 300 імпульсами. Глибина penetрації голки в досліджувані зразки також змінилася при розрядно-імпульсній обробці, що підтверджується відповідними результатами досліджень, представлених в табл. 3.6. В результаті обробки проникнення голки углиб продукту, в порівнянні з контрольним зразком, збільшилося на 0,3; 0,6 і 0,8 мм уздовж волокон і на 0,3; 0,6 і 0,8 мм у поперек волокон в зразках, оброблених 100, 200 і 300 імпульсами відповідно. Основною характеристикою міцності при розтягуванні продукту є його модуль пружності. При дослідженні межі міцності на розрив була отримана та ж залежність, що і при дослідженні модуля пружності волокон м'ясної сировини. Максимальний опір розтягуванню був встановлений під час досліджень з контрольними зразками. Мінімальний опір і, отже, мінімальний модуль пружності, відповідали зразкам, обробленим 300 імпульсами. Різниця між найбільшим і найменшим значеннями межі міцності на розтягування склала 59 кПа. Аналіз отриманих результатів показав стовідсоткову кореляцію між величиною межі міцності на розтягування продукту і значеннями модуля пружності волокон м'язової тканини контрольного і дослідних зразків м'ясної сировини (коефіцієнт Спірмена рівний 1).

Таким чином, дослідження структурно-механічних властивостей контрольного і дослідних зразків після термічної обробки показало, що розрядно-імпульсна обробка сприяла зниженню жорсткості продукту. Швидше за все, це пов'язано з розпушуванням структури (згідно гістологічним дослідженням сировини) і підвищенням вологоутримуючої здатності білків м'язової тканини.

На підставі проведених досліджень встановлено, що кращими фізико-хімічними і структурно-механічними властивостями володіли модельні системи, оброблені з використанням 300 імпульсів при енергії напруги 10 кВ і ємкості батарей 100 мкФ, що і прийняте в якість оптимальних параметрів для розробки

технології варено-копченого виробу з яловичини.

3.7 Розробка технології варено-копчених виробів з яловичини з використанням розрядно-імпульсної обробки

Результати виконаних досліджень дали підставу вважати, що розрядно-імпульсна обробка в режимі 10кВ, 100 мкФ, 300 імп. може сприяти значній інтенсифікації процесу соління м'яса і поліпшенню фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей продукції.

З метою дослідження впливу розрядно-імпульсної технології на показники якості готового продукту, у виробничих умовах ТзОВ «Ходорівський м'ясокомбінат» (м. Ходорів, Львівська обл.) була проведена партія варено-копчених виробів з яловичини за технологічною схемою (рис. 36)

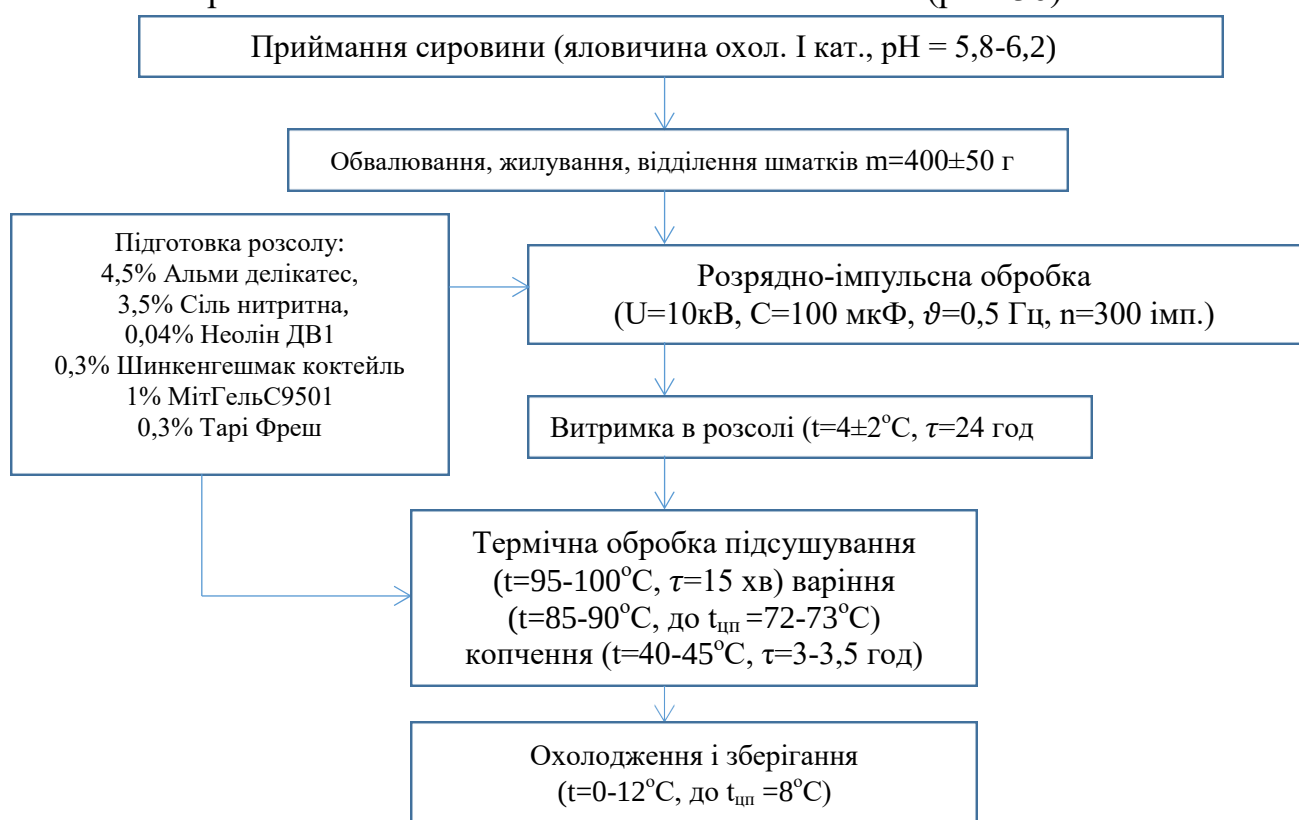


Рис. 20. Технологічна схема виробництва варено-копченого виробу з яловичини.

Як базовий контроль для порівняльної оцінки була вироблена партія варено-копченого виробу «Яловичина пряна» згідно ТУ 9213-802-00419779-10 «Продукти зі свинини і яловичини».

3.7.1 Вплив розрядно-імпульсної обробки на показники якості готового продукту

У таблиці 3.7 представлені результати досліджень зміни хімічного складу, фізико-хімічних і структурно-механічних характеристик м'ясної сировини, підданої розрядно-імпульсній обробці (дослідний зразок), і необробленого

(контрольний зразок), а також після термічної обробки і охолодження продукту до температури 8°C.

Таблиця 3.7.

Вплив РІО на показники якості м'ясної сировини і готового продукту

Показник	Контрольний зразок		Дослідний зразок	
	м'ясна сировина	готовий продукт	м'ясна сировина	готовий продукт
<i>хімічний склад</i>				
Вміст води %	72,1±0,8	62,9±0,9	78,4±1,1	69,8±0,8
Вміст білка %	19,62±0,2	19,33±0,2	18,35±0,2	18,19±0,2
Вміст жиру %	3,46±0,02	7,41±0,04	2,08±0,04	4,83±0,02
Вміст золи %	2,35±0,05	5,56±0,1	2,62±0,05	5,44±0,1
Вміст солі %	1,76±0,2	2,19±0,3	2,41±0,1	2,83±0,2
<i>фізико-хімічні показники</i>				
pH	5,71±0,02	5,88±0,04	6,06±0,02	6,22±0,04
ВЗЗ % до загальної води	67,2± 1,2	—	81,2± 1,6	—
ВУЗ % до загальної води	—	71,9±1,3	—	85,3±1,2
Втрати при тепловій обробці, %	—	28,5±0,4	—	19,4±0,6
Вихід % до маси несоленої сировини	—	84,7±0,8	—	99,2±0,7
<i>структурно-механічні показники</i>				
Зусилля зрізу, Н				
-уздовж волокон	—	0,95±0,02	—	0,7±0,02
-упоперек волокон	—	1,15±0,02	—	0,85±0,02
Глибина penetraції, мм				
-уздовж волокон	—	3,6±0,1	—	4,7±0,1
-упоперек волокон	—	3,1±0,1	—	3,8±0,2
Межа міцності на розриви	—	212±7	—	151±4

В ході проведення досліджень було виявлено, що вихід контрольного зразка після термічної обробки склав 84,7% до маси несоленої сировини, тоді як при розрядно-імпульсній обробці вихід продукту виявився рівним 99,2%. Така різниця у виході продуктів є наслідком різного збільшення маси сировини при солінні і нижчими втратами маси дослідного зразка при термічній обробці – 19,4% при 28,5% в контрольному зразку.

Згідно з результатами, представленими в табл. 4.1, вміст води в контрольному зразку готового продукту склав 62,9% (втрати води після термічної обробки – 9,2%). Вміст води в дослідному зразку готового продукту

дорівнював 69,8% (втрати води при термічній обробці – 8,6%). Отже, не дивлячись на істотне збільшення вмісту води в дослідному зразку м'ясної сировини, після термічної обробки втрати води в оброблених шматках опинилися менше, ніж в необроблених, що, очевидно, пов'язано з характером зв'язку води з білками м'язової тканини. Вміст білка в контрольному зразку в процесі термічної обробки знизився на 0,29%, тоді як в дослідному зразку – 0,16%. Мабуть, зниження втрат води і білка в дослідному зразку взаємозв'язане і обумовлене збільшенням вологоутримуючої здатності (ВУЗ) білків, що підтверджується результатами досліджень ВУЗ в контрольному і дослідному зразках. В процесі дослідження виявлено, що водоутримуюча здатність в необроблених зразках готового продукту виявилася нижчою, ніж в оброблених зразках на 13,4%.

Як було відмічено в розділі 3, значення рН м'язової тканини в значній мірі визначає рівень ВЗЗ сировини. При термічній обробці значення рН, як і слід було чекати, підвищилося у всіх зразках. Проте, в контрольному зразку відбулося зрушення у бік лужного середовища на 0,17 од., тоді як в дослідному зразку – на 0,16 од, що неістотно вплинуло на кінцевий результат, оскільки значення рН в дослідному зразку виявилася вищим, ніж в контрольному. При активній кислотності необробленого продукту 5,88 од., рН обробленого продукту виявився рівним 6,22 од.

Високі показники ВЗЗ (рН) і ВУЗ, а також зменшення втрат при термообробці свідчать про поліпшення фізико-хімічних показників якості продукту при використанні РІО.

В сукупності результати дослідження структурно-механічних характеристик готової продукції свідчать про жорсткішу структуру контрольного зразка, тобто при розрядно-імпульсній обробці продукт набуває ніжнішої консистенції.

Відповідно до проведених досліджень, якість готового продукту характеризується сукупністю великої кількості властивостей різної значущості. В ході проведення порівняльного аналізу показників якості контрольного і дослідного зразків готового продукту були отримані дані, на підставі яких з'явилася можливість зробити достатньо об'єктивні висновки про перевагу того або іншого продукту. Проте, вирішальний вплив на споживчі властивості і купівельний попит надають органолептичні властивості продукту.

Органолептична оцінка варено-копчених продуктів проводилася викладачами кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів, факультету харчових технологій та біотехнологій ЛНУВМБ за п'ятибальною шкалою. Результати оцінки зовнішнього вигляду, кольору, запаху, консистенції і смаку представлені у вигляді пелюсткової діаграми (рис. 21).

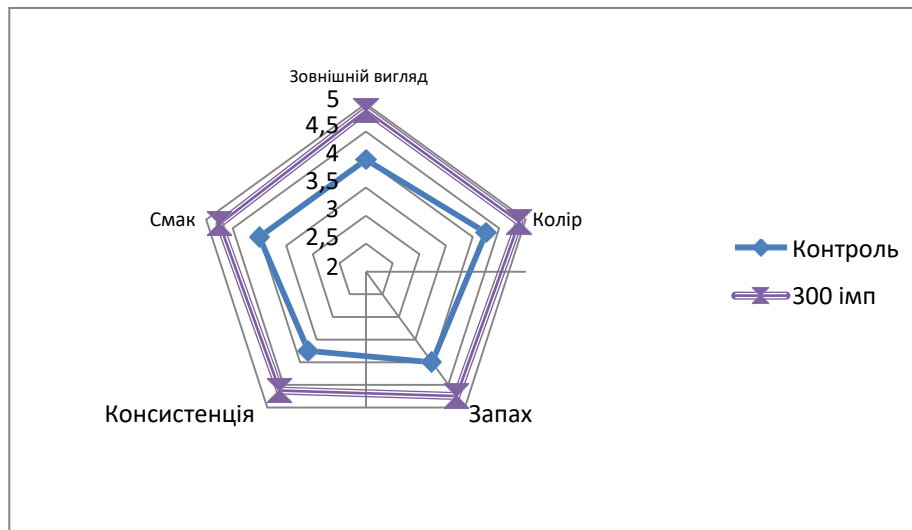


Рис. 21 Органолептична оцінка досліджуваних зразків.

Згідно виставленим балами, дослідний зразок випередив контрольного за всіма показниками. Таким чином, органолептична оцінка контрольного і дослідного зразків готового продукту показала, що РІО приводить до поліпшення консистенції, набутті більш вираженого забарвлення і позитивно відбивається на результуючому сприйнятті зовнішнього вигляду, що позитивно позначається на споживчих властивостях продукту.

3.7.2. Вивчення впливу розрядно-імпульсної обробки на безпеку продукції.

При розробці нових способів обробки м'яса особливу увагу слід приділити впливу пропонованої технології на показники безпеки сировини і готової продукції. Безпека м'ясопродуктів обумовлена усуненням ряду ризиків біологічного, хімічного і фізичного походження [65].

З метою визначення безпеки розрядно-імпульсної технології були проведені дослідження процесів, що характеризуються найбільшими ризиками негативного впливу на безпеку м'ясопродуктів, зокрема вплив РІО на мікробіологічні показники готового продукту.

Вплив розрядно-імпульсної обробки на мікробіологічні показники готової продукції.

У зв'язку з доведеним бактерицидним ефектом РІО науковий інтерес представляє тривалість протимікробної стійкості (бактеріостатичний ефект) готового продукту, оскільки розвиток мікроорганізмів в процесі зберігання продукту є одним з лімітуючих чинників термінів придатності.

В даний час одним з найбільш інформативних показників є визначення термінів зберігання і характеристики стійкості продуктів до мікробіологічного псування.

Слід зазначити, що на 14 день зберігання в контрольному зразку можна

було відчуту кислувато-затхлий запах, а на 15 день на поверхні продукту виявили декілька колоній сіро-зеленого кольору, тобто опісля два тижні необроблений зразок піддався мікробіологічному псуванню. При спостереженні за дослідним зразком пройшло 20 днів до появи слабого запаху затхлості, а на 21 день поверхня продукту була покрита колоніями сіро-зелених і коричнево-зелених колоній. Імовірно виявлена цвіль відносилася до роду *Aspergillus* (*A. flavus* або *A. fumigatus*).

Об'єктивні результати по мікробіологічному псуванню були отримані шляхом посіву і термостатування проб досліджуваних зразків. Порівняльний аналіз проводився для контрольного і дослідного зразків, обробленого 300 імпульсами. Результати дослідження представлені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Результати дослідження мікробіологічних показників контрольного і дослідного зразків готового продукту при зберіганні

Зразок	Контрольний зразок				Дослідний зразок			
	1 д	7 д	14д	21д	1 д	7 д	14д	21д
КМАФАнМ КУО/г	$2,4 \cdot 10^2$	$6,4 \cdot 10^2$	$1,41 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$0,35 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$	$5,9 \cdot 10^2$	$2,07 \cdot 10^3$
БГКП, в 1 г	—	—	+	+	—	—	—	+
<i>Aspergillus</i> КУО/г	—	—	+	+	—	—	—	+

* «+» – виявлено, «—» – не виявлено.

Згідно з отриманими даними, на 14 діб зберігання контрольний зразок піддався мікробіологічному псуванню: при посіві проби були ідентифіковані БГКП і колонії цвілі, а КМАФАнМ перевищило встановлені норми [83]. Подібні зміни в дослідному зразку були виявлені лише на 21 день зберігання.

Вочевидь, така різниця пов'язана з бактерицидним ефектом РІО. Таким чином, з урахуванням розрахункових даних, мікробіологічне псування контрольного зразка наступило на 12-13 діб зберігання, а дослідного зразка – на 17-18. Унаслідок можливого бактеріостатичного ефекту впродовж перших днів зберігання продукту, мікробіологічне псування готового продукту, обробленого 300 імпульсними розрядами в процесі соління, наступила на 5 днів пізніше, ніж у необробленого зразка. Як було відмічено вище, механізм бактерицидної дії РІО утворений комплексом фізико-хімічних явищ.

При обробці м'яса виникнення в розсолі активних вільних радикалів здатне в значній мірі вплинути на окислительно-антиоксидантну систему м'язової тканини, прискоривши процес окиснення жирів і, отже, скоротивши термін придатності обробленого продукту. Зниження антиоксидантної активності може привести до збільшення швидкості окиснення і жирів в

оброблених зразках при зберіганні. Вирішення потенційної проблеми може бути пов'язане з використанням у складі розсолів інгібіторів і природних антиоксидантів. Відповідні дослідження будуть заплановані в рамках подальших НДР.

3.8. Розрахунок економічної ефективності виробництва варено-копчених виробів з яловичини.

Дослідження показників якості контрольного і дослідних зразків варено-копченого виробу з яловичини показало, що РІО надає позитивного впливу на якість готового продукту, сприяючи поліпшенню як фізико-хімічних, так і структурно-механічних показників. Комплексна оцінка дослідних зразків показала, що найбільш ефективним з технологічної точки зору режимом розрядно-імпульсної обробки є дія на м'ясну сировину 300 імпульсами з енергією розряду 5 кДж.

Впровадження результатів досліджень в технологічний процес виробництва варено-копченого виробу з яловичини дозволить збільшити вихід готової продукції на 14,5% порівняно до класичної технології виробництва. Проте при цьому підвищуються витрати на електроенергію. Оскільки решта технологічних операцій при виробництві контрольного і дослідного продукту здійснювалася при однакових режимах і в однакових умовах, оцінка економічної ефективності виробництва варено-копчених виробів з яловичини порівняно з класичною технологією може бути здійснена зіставлення витрат на сировину і енергію.

Енергоспоживання ГІТ-6 при встановленому режимі обробки складає 5кВт/год. Оскільки частота проходження імпульсів складає 0,5 Гц, тривалість процесу займає 600 с. З урахуванням завантаження і вивантаження сировини – 660 с. Максимальне завантаження в робочу ємність – 20 кг.

Результати розрахунку витрат на сировину і електричну енергію при виробництві 1000 кг продукту класичним і новим способом представлено в таблиці 3.9.1. Вартість яловичини категорії А в І кварталі 2016 року складала 32 грн/кг. Вартість електроенергії – 1,97 грн/кВт.

Таблиця 3.9

Розрахунок витрат на сировину і електрику при виробництві контрольного і дослідного зразків варено-копченого виробу з яловичини

<i>Зразок</i>	<i>Вихід %</i>	<i>Необхідна кількість яловичини кат. А, кг</i>	<i>Витрати на яловичину, тис.грн</i>	<i>Необхідна кількість електроенергії кВт</i>	<i>Витрати на ел. енергію, грн</i>
Контрольний	84,7	1180,6	377,8	-	-
Дослідний	99,2	1008,1	322,6	45,8	90,2

Таким чином, при виробництві 1 тони контрольного зразка варено-копченого виробу витрати опиняться більше, ніж на виробництво 1 т дослідного зразка на $377,8 - 322,9 = 54,9$ тис. грн.

У промислових умовах широко використовуються інтенсивні методи соління м'яса, у зв'язку з чим необхідно провести порівняльний аналіз економічної ефективності варено-копченого виробу і базисного продукту, що виготовляється в умовах реального м'ясопереробного підприємства. Як базисний продукт вибрана «Яловичина делікатесна» в/с, що виготовляється згідно ТУ 9213-802-00419779-10 в ПрАТ Хдорівський м'ясокомбінат (м.Ходорів, Львівська обл). В процесі соління вибраного продукту здійснюється ін'єкція розсолу (4% кухонної солі, 3% нітритної солі, 4,7% Ефектану 5СМ) з подальшим масажуванням в цьому ж розсолі. Вихід «Яловичини делікатесної» складає 96%.

Нижче приведений порівняльний аналіз економічної ефективності виробництва варено-копченого виробу за пропонованою технологією і технологією, використовуваною на підприємстві. Розрахунок собівартості продуктів і техніко-економічних показників їх виробництва виконаний відповідно до Рекомендацій по розрахунках економічної ефективності впровадження передових технологій, механізації і автоматизації виробничих процесів в м'ясній промисловості за цінами станом на жовтень 2017 р.

Таблиця 3.10

Характеристика і вартість обладнання

Найменування обладнання	Марка	Продуктивність кг/год	Вартість тис. грн.
Ін'єктор	DORIT PSM 21/42	2000	812
Масажер	"VARIO-VAC" VV-1-150	10	691
Генератор імпульсів струму	ГІТ-6	110	500

Таблиця 3.11

Розрахунок собівартості продукції

Найменування статей витрат	Витрати на 1 т готової продукції, грн	
	«Яловичина делікатесна»	Дослідна
1.Сировина і матеріали всього	354916,5	335183,2
Яловичина кат. А.	333 333,3	322592,0
Сіль харчова	660,0	660,0
Нітритна сіль	7650,0	7650,0
Цукор	—	1001,3
Ефектан 5СМ	9996,9	—

Вода	55,8	59,4
Шпагат	72,0	72,0
Підпергамент	1600	1600
Ящики з гофрованого картону	1548,5	1548,5
2. Паливо і енергія на технологічні цілі	31568,5	31674,6
Електроенергія	1762,8	1868,9
Вода холодна	624,0	624,0
Газ	163,2	163,2
Холод	28808,0	2808,0
Пара	210,5	210,5
3. Витрати на оплату праці	1708,7	1918,5
4. Вміст обладнання і будівель	2352,1	1568,0
Амортизація обладнання	2196,1	1421,3
Амортизаційні відрахування на будівлі споруди	156,0	146,7
5. Внутрішньоцехові витрати	923,1	792,2
6. Цехова собівартість	239 729,7	225 563,8
7. Внутрізаводські витрати	4794,6	4511,3
Повна собівартість	635993,2	601211,6

Таблиця 3.12

Техніко-економічні показники виробництва

<i>Показник</i>	<i>«Яловичина делікатесна»</i>	<i>Дослідна</i>
Кількість продукції, кг	1000	1000
Повна собівартість всього випуску, грн.	635993,2	601211,6
Гуртова ціна продукції, грн/т	731392,2	731392,2
Прибуток (збиток), грн.	95398,9	130181,6
Рівень рентабельності, %	14,9	21,7

Розрахунок економічної ефективності технології показав, що рівень рентабельності продукції складає 21,7%, що на 6,8% більше, ніж у базисного продукту. Такого рівня виробництво, за умови раціонального використання капіталів, має досить високі перспективи зростання, підвищення своєї продуктивності. А виробництво даного виду продукції є економічно вигідним за всіма показниками.

ВИСНОВКИ

1) Проведено аналіз наукової, патентної і технічної інформації за темою досліджень. Вивчено впливи розрядно-імпульсної обробки на швидкість дифузії і глибину проникнення солі в м'ясну сировину. Встановлено, що при 24-годинному процесі середнє значення коефіцієнта дифузії в дослідних зразках виявилось вищим, ніж в контрольному: на $0,03 \text{ мм}^2/\text{с}$ при обробці 100 імпульсами, $0,07 \text{ мм}^2/\text{с}$ при дії 200 імпульсами і $0,13 \text{ мм}^2/\text{с}$ – при 300 імпульсах. Концентрація солі на різній відстані від поверхні оброблених зразків також виявилася вищою, ніж в контрольних зразках;

2) Вивчено вплив розрядно-імпульсної обробки на мікроструктуру м'ясної сировини. Дослідження показали, що РІО має деструктивну дію на волокна, сприяє заповненню простору між ними розсолон і прискоренню проникнення солі углиб м'язовій тканині, що виявляється в розволокненні з порушенням фрагментації міофібрил, часткових розривах структури волокон, зміні форми волокон на гофровану і звиту. Встановлено, що товщина м'язових волокон дослідних зразків, в порівнянні з контрольним, збільшилася в середньому на 32-51%.

3) За допомогою зондського мікроскопа виявлено, що жорсткість волокон дослідних зразків виявилася нижчою, ніж в контрольних на 12,2-13,4% і на 10,9-12,1%, чим в нативних. При обробці 300 імпульсами граничного напруження зрізу м'яса дорівнювала 186 кПа, що на 11,8% менше, ніж в контрольному. Дослідні зразки також виявилися пластичнішими – максимальна різниця з контрольним зразком склала 39%. ВЗЗ дослідних зразків виявилася вищою, ніж у контрольних на 9-18% залежно від кількості імпульсів при обробці. Зразки м'яса, схильні до дії 300 імпульсних розрядів, містили найбільшу кількість води – 78,1%, що на 6,8% більше, ніж в контрольному.

4) Дослідження показників якості контрольного і дослідних модельних зразків після термічної обробки показало, що РІО сприяє формуванню кращих фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей продукту. На підставі отриманих результатів прийнято, що обробка 300 імпульсами (при енергії розряду 5 кДж) є найбільш оптимальною для досягнення кращих показників якості продукту.

5) Розроблена інтенсивна технологія варено-копчених виробів з яловичини з використанням розрядно-імпульсної обробки. Вивчений вплив РІО на показники якості готового продукту. Згідно з результатами досліджень, вихід готового продукту при розрядно-імпульсній обробці опинився на 14,5% більше, ніж в необробленому зразку, а вміст вологи в дослідному зразку – на 6,9%. Встановлено, що вологоутримуюча здатність в контрольному зразку готового

продукту виявилася нижчою, ніж в дослідному на 13,4%.

6) Дана оцінка безпеки продукту. Виявлено, що рівень КМАФАнМ в обробленому продукті в день виробництва був в 7 разів меншим, ніж в необробленому, що свідчить про бактерицидний ефект РІО. Згідно з результатами проведених досліджень, продукт, відповідає вимогам до безпеки, регламентованим стандартом. Гарантійний термін зберігання продукту без упаковки в охолодженому стані – 10 діб.

7) Оцінка економічної ефективності розробленої технології показала, що прибуток від реалізації 1 тони розробленого продукту складе 130181,6 грн, що на 34782,7 грн більше, ніж від реалізації 1 тони базисного продукту. Рівень рентабельності складає 21,7% при 14,9% при реалізації продукту «Яловичина Делікатесна».

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АМ – аналітичний модуль
АСМ – атомно-силова мікроскопія
АФК – активні форми кисню
БГКП – бактерії групи кишкової палички
ВГД – високий гідростатичний тиск
ВЗЗ – вололгозв’язуюча здатність
ВУС – влагоудерживающая здатність
ГІТ – генератор імпульсів струму
КМАФАнМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів
КУО – колонієутворюючі одиниці
КЧ – кислотне число
МПА – м’ясопептонний агар
ГДК – гранично допустима концентрація
ПГП – парогазова порожнина
ГНС – гранична напруга зрізу
РГМ – розрахунково-графічний модуль
РІО – розрядно-імпульсна обробка (**РІТ** – розрядно-імпульсна технологія).
СМВ – структурно-механічні властивості
ТД – технічна документація
ФТВ – функціонально-технологічні властивості

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аблесимов, В.Е. Вимірювання характеристик електричного розряду в розчині NaCl / В.Е. Аблесимов [і ін.] // Журнал технічної фізики. 2015. №3. – Том 85. – С. 42-44.
2. Алексеева, Е.І. Результати оцінки якості м'яса бичків абердин-ангусської породи / Е. І. Алексеева, Н. А. Лушникова, Т. Л. Лещук // Вісник аграрної науки. 2014. № 3. С. 53-56.
3. Большаков, А.С. Гравитационно-ударная обработка сырья под вакуумом
4. Вінникова, Л.Г. Технологія м'яса і м'ясних продуктів: навчальний посібник / Л.Г. Вінникова. Київ: «ІНКОС», 2006. 600 с.
5. Akiyama, N. Transverse stiffness of myofibrils of skeletal and cardiac muscles studied by atomic force microscopy / Akiyama N., Ohnuki Y., Kunioka Y., Saeki Y., Yamada T. // J. Physiol. Sci. 2006. Vol. 56. P. 145–151.
6. Alarcon-Rojo, A.D. Power ultrasound in meat processing / A.D. Alarcon-Rojo, H. Janacua, J.C. Rodriguez, L. Paniwnyk, T.J. Mason // Meat Science. 2015. Vol. 107. P. 86-93.
7. Bajovic, B. Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products / B. Bajovic, T. Bolumar, V. Heinz // Meat Science. 2012. Vol. 92. p. 280–289.
8. Голих, Р.Н. Підвищення ефективності ультразвукової дії кавітації на хіміко-технологічні процеси в гетерогенних системах з високов'язкою або неньютонівською рідкою фазою: автореф. дис. . канд. техн. наук 05.17.08 / Голих Роман Миколайович. Бійськ, 2014. 19 с.
9. Bolumar, T. New developments in shockwave technology intended for meat tenderization: Opportunities and challenges. A review / T. Bolumar, M. Enneking, S. Toepfl, Volker Heinz // Meat Science. 2013. Vol. 95. p. 931- 939.
10. ДСТУ 3938-99 М'ясна промисловість. Продукти забою худоби. Терміни та визначення ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (ССБП. Пожежна безпека. Загальні вимоги) 2014. 12 с.
11. ДСТУ 31674-2012 Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення загальної токсичності. К.: Держспоживстандарт України, 2012. 29 с.
12. ДСТУ 33319-2015. М'ясо і м'ясні продукти. Метод визначення масової частки вологості. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 8 с.
13. ДСТУ 50814-95. М'ясопродукти. Методи визначення penetraції конусом і голчастим індентором. К: Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.

14. ГОСТ 51478-99. М'ясо і м'ясні продукти. Контрольний метод визначення концентрації водневих іонів (рН). К.: Стандартінформ, 2010. 6 с.
15. ДСТУ 51447-99. М'ясо і м'ясні продукти. Методи відбору проб. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 6 с.
16. ДСТУ 51480-99. М'ясо і м'ясні продукти. Визначення масової частки хлоридів. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. 6 с.
17. ДСТУ 53159-2008 . Органолептичний аналіз. Методологія. Метод трикутника. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с.
18. ДСТУ 8558.1-78. Продукти м'ясні. Методи визначення нітриту. К.: ПІК Видавництво стандартів, 2003. 11 с.
19. ДСТУ 9957-73. Ковбасні вироби і продукти зі свинини, баранини і яловичини. Методи визначення вмісту хлористого натрію. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 5 с.
20. ДСТУ 9959-91. Продукти м'ясні. Загальні умови проведення органолептичної оцінки. М.: Стандартінформ, 2010. 10 с.
21. ДСТУ 55480-2013. М'ясо і м'ясні продукти. Метод визначення кислотного числа. К.: Держспоживстандарт України, 2013. 8 с.
22. Bolumar, T. Effect of electrohydraulic shockwave treatment on tenderness, muscle cathepsin and peptidase activities and microstructure of beef loin steaks from Holstein young bulls / T. Bolumar, U. Bindrich, S. Toepfl, F. Toldrá, V. Heinz // Meat Science. 2014. Vol. 98. p.759-765.
23. Filipović, V. Mass transfer and microbiological profile of pork meat dehydrated in two different osmotic solutions / V.S. Filipović, Lj. Ćurčić Biljana, R. Nićetin Milica, V. Plavšić Dragana, B. Koprivica Gordana, M. Mišljenović Nevena // SCIENTIFIC PAPER. 2012. Vol. 66(5). P. 743-748.
24. Grossi, A. High pressure treatment of brine enhanced pork affects endopeptidase activity, protein solubility, and peptide formation / A. Grossi, V. Gkarane, J. A. Otte, P. Ertbjerg, V. Orlien // Food Chemistry. 2012. Vol. 134 (3). P. 1556-1563.
25. Hashiba, H. Dual mode diffusion and sorption of sodium chloride in pork meats under cooking conditions / H. Hashiba, H. Gocho, J. Komiyama // WT- Food Science and Technology. 2009. Vol. 42. P. 1153-1163.
26. Zuckerman, H. Microstructure alterations in beef intramuscular connective tissue caused by hydrodynamic pressure processing / H. Zuckerman, B. C. Bowker, J.S. Eastridge, M.B. Solomon // Meat Science. – 2013. – Vol. 95. – P.603-607.
27. Hui, Y. H. Handbook of meat and meat processing / Y. H. Hui [et al.]. CRC Press, 2012. 982 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Конструкція і принципова електрична схема ГІТ-6

ГІТ-6 зібраний з конденсаторів К75-40а (40 мкФ, 5кВ). Шість пар послідовно включених конденсаторів об'єднуються в модуль шляхом паралельного включення. Таким чином, максимальна ємність батареї складає 120 мкФ. Всі модулі випробувані напругою 5,5 кВ. Тому з великим ступенем упевненості можна вважати, що батарею можна заряджати до 10 кВ, що відповідає енергії 6 кДж, що запасається. Підключення кожного модуля до комутатора здійснене кабелем РК-50-11-11 завдовжки 2м.

Для підключення випромінювача до другого електроду розрядника приєднані 4 коротких кабелю РК-50-11-11 (для забезпечення симетрії розряду в розряднику), що об'єднуються на одній загальній клемі.

ГІТ-6 характеризується наступними технічними даними:

- Максимальна напруга заряду накопичувальних конденсаторів 9,5-10 кВ
- Максимальна енергія заряду 6 кДж (минимальная- 1 кДж)
- Максимальне значення ємності накопичувальних конденсаторів 120 мкФ (мінімальне – 20 мкФ)

- ГІТ-6 виробляє імпульс синхронізації для запуску зовнішніх пристроїв з амплітудою не менше 10 В і тривалістю не менше 2 мс. Конструкція установки представлена на рис. А1.



Рис. А1– Конструкція ГІТ-6

Електроживлення здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою 220 В з частотою 50 Гц. Габаритні розміри ГІТ-6 в зборі складають 700х700х900 мм. Конструктивно генератор виконаний у вигляді стійки, що складається з 3 блоків: блок зарядного пристрою, блок конденсаторів, блок управління зарядом і розрядника.

Вибір оптимальних режимів обробки

З метою виявлення оптимальних параметрів розрядно-імпульсної обробки було проведено дослідження зміни вмісту води і вологозв'язуючої здатності м'ясної сировини при різній ємкості конденсаторів (1-6 кДж) і різній кількості імпульсів (100-500 імп.) Результати дослідження представлені в таблиці Б2.

Таблиця Б1 – Вплив різних параметрів РІО на вміст води і вологозв'язуючу здатність м'ясної сировини

Енергія розряду, кДж	Кількість імпульсів	Показники м'ясної сировини	
		Вміст води, %	ВЗЗ, %
1	100	71,6±1,2	69,5±0,6
	200	72,2±1,1	72,2±0,3
	300	73,1±0,7	73,3±2,0
	400	73,6±1,1	74,2±1,1
	500	74,5±0,9	75,2±0,4
2	100	72,4±0,4	73,5±0,8
	200	72,8±0,8	74,2±1,3
	300	74,9±1,4	76,8±1,4
	400	75,7±1,5	78,6±2,1
	500	76,1±2,1	79,3±2,2
3	100	73,1±1,5	76,1±1,2
	200	74,7±1,1	77,5±1,7
	300	75,8±1,2	80,4±0,8
	400	77,7±0,9	81,6±0,7
	500	78,5±0,6	83,2±1,9
4	100	74,7±1,3	78,9±1,4
	200	76,4±1,6	82,6±1,1
	300	77,1±1,2	87,9±0,4
	400	79,4±0,8	88,4±0,7
	500	80,3±1,1	89,2±0,7
5	100	76,5±0,5	82,9±2,6
	200	77,4±1,1	85,6±1,8
	300	83,1±0,8	91,3±1,4
	400	82,5±0,3	81,2±0,8
	500	81,8±0,3	73,3±1,6
6	100	78,5±1,4	72,9±1,9
	200	79,4±1,6	72,6±1,3
	300	82,8±1,1	71,3±1,8
	400	82,7±2,2	71,2±2,1
	500	81,2±1,7	70,3±2,4

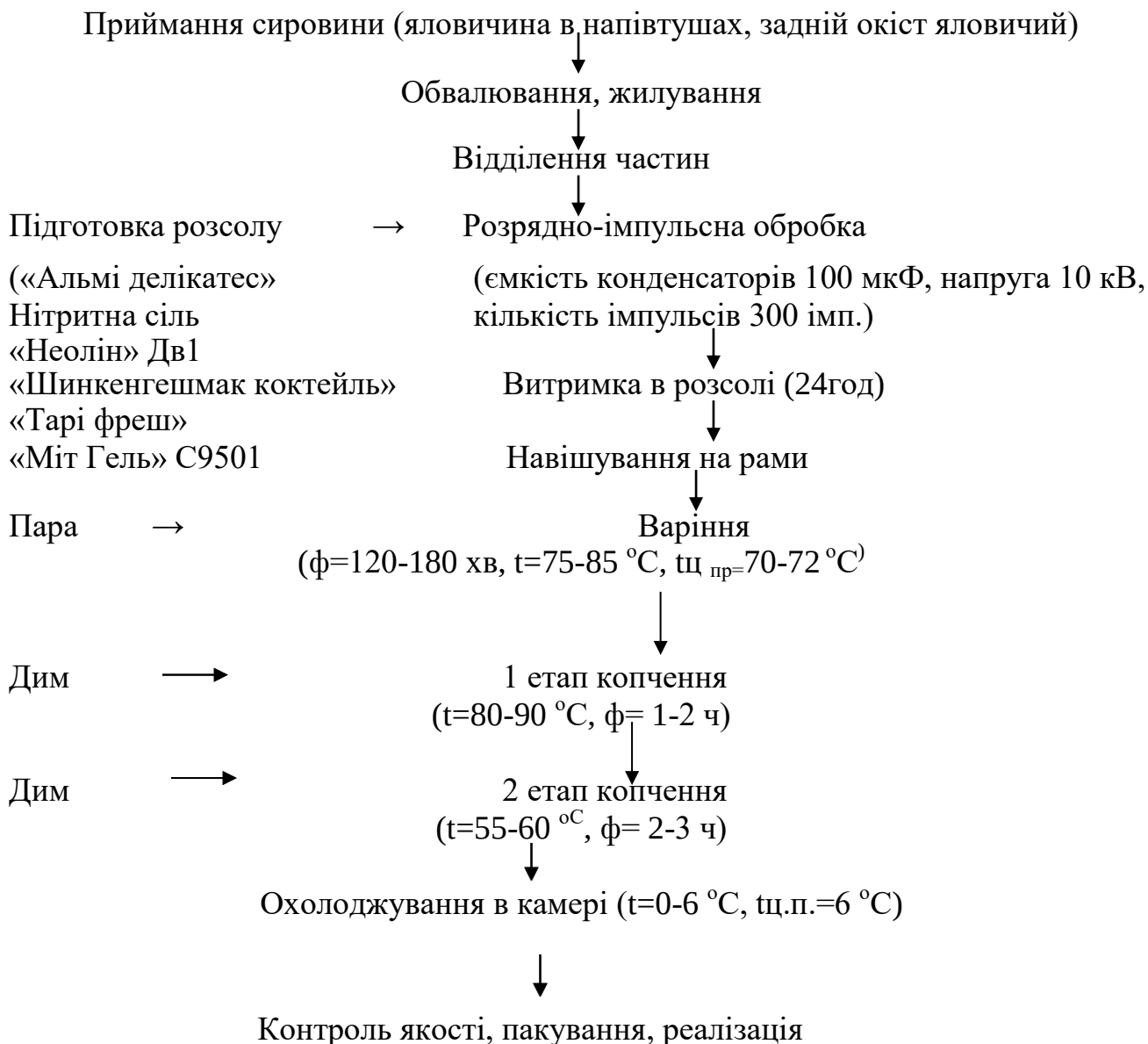
Варто відзначити, що на початковому етапі експериментальних досліджень використовувалися відносно низькі енергетичні параметри розряду.



Рис. Б1. Розрядно-імпульсна обробка м'ясної сировини.

Аналіз даних за вмістом води і вологозв'язуючої здібності м'ясної сировини показав, що якнайкращий результат досягається при пробі розрядів з енергією 5 кДж. При цьому позитивна тенденція зростання досліджених показників спостерігається в діапазоні 100-300 імпульсів, тоді як значення вологозв'язуючої здатності сировини, як і загального вмісту води, починає знижуватися при пробі 400 і більш за імпульси. У зв'язку з цим, було ухвалено рішення провести експериментальні дослідження в модельній системі «розсіл-м'ясо» з параметрами розряду 100 мкФ і 10 кВ (що відповідає 5 кДж). Кількість імпульсів була обмежено 100, 200 і 300 імпульсами для отримання достовірнішої картини зміни основних показників якості.

Технологічна схема виробництва варено-копченого виробів з яловичини



Рецептура варено-копченого виробу з яловичини «Унікум»

- 1) Частини заднього окосту яловичого жилованного
- 2) «Альмі делікатес»
- 3) Нітритна сіль
- 4) «Неолін» Дв1
- 5) «Шинкенгешмак коктейль»
- 6) «Тарі фреш»
- 7) «Міт Гель» С9501

АКТ ДЕГУСТАЦІЇ

«Затверджую»

Завідувач кафедри ТММОЖВ

Доцент _____ Драчук У.Р.

« ____ » _____ 2023 р

Ми, що нижче підписалися співробітники кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького:

доценти: к.т.н. Драчук У.Р., к.т.н. Галух Б.І., к.с.-г.н. Басараб І.М., Сімонова І.І.

асистенти: Пришляк Г.Я. підтверджуємо, що 19 жовтня 2023 року була проведена органолептична оцінка варено-копченого продукту з яловичини, виготовленого магістрантом Бобко Д.А. із застосуванням розрядно-імпульсної обробки охолодженої м'ясної сировини в процесі соління. Дослідні зразки піддавалися обробці 100, 200 і 300 імпульсами в розсолі з 4% вмістом кухонної солі, 3% вмістом нітритної солі і 1,5% -цукру. Після обробки зразки витримувалися в розсолі впродовж доби. Для проведення порівняльної оцінки було виготовлено контрольний зразок, який також витримувався протягом 24 годин в стандартному розсолі.

Термічна обробка контрольного і дослідних зразків проводилася за однакових умов (підсушування $t=90-110^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15-20$ хв), варіння $t=80-90^{\circ}\text{C}$, до $t_{\text{цп}} = 72-73^{\circ}\text{C}$), копчення ($t = 35-50^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3-3,5$ год).

Органолептична оцінка представлених продуктів здійснювалася за 5 бальною шкалою. Оцінювані показники: зовнішній вигляд, колір, запах, консистенція і смак.

При обробці дегустаційних листів були обчислені значення за кожним показником у контрольному і дослідних зразках. Результати органолептичної оцінки представлені в таблиці 1

Таблиця 1

Результаты органолептической оценки варено-копченых продуктов з яловичини

<i>Зразок</i>	<i>Зовнішній вигляд</i>	<i>Колір</i>	<i>Запах</i>	<i>Консистенція</i>	<i>Смак</i>	<i>Середній бал</i>
Контроль	4,0	4,25	3,75	3,9	4,2	4,02
Дослідний № 1	4,5	4,625	4,875	4,25	4,5	4,55
Дослідний №2	4,75	4,875	4,375	4,625	5,0	4,725
Дослідний №3	4,875	4,75	4,625	4,625	5,0	4,775

За результатами органолептичної оцінки членами дегустаційної комісії відзначено, що кращий зовнішній вигляд був у дослідних зразків №2 і №3. Найвища оцінка за показником кольору була присвоєна зразкам, обробленим 200 імпульсами. Кращий аромат був визначений в дослідному зразку №1, а смак - у дослідному зразку №2. Однак, середня оцінка смако--ароматичних характеристик виявилася вищою у дослідного зразка №3. Обробка м'ясної сировини 300 імпульсами також позитивно позначилася на консистенції варено-копченого продукту.

На підставі результатів органолептичної оцінки зразків, члени дегустаційної комісії рекомендували для впровадження на підприємства м'ясної промисловості дослідні зразки №2 та №3.

Члени комісії:

_____ Драчук У.Р.
 _____ Галух Б.І.
 _____ Басараб І.М.
 _____ Сімонова І.І.
 _____ Пришляк Г.Я.

