

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механізації сільського господарства

ГНАТИШИНА ОЛЬГА СЕРГІЇВНА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОЛІННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ
ПІД ДІЄЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

Спеціальність 8.05050313 – Обладнання переробних та харчових
виробництв

Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр”

Науковий керівник:
кандидат технічних наук, доцент
ФІАЛКОВСЬКА ЛАРИСА ВАСИЛІВНА

Вінниця 2017

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механізації сільського господарства

Кафедра процесів та обладнання переробних та харчових виробництв ім. професора П.С. Берника

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою _____ В.П. Янович

“ _____ ” _____ 2017 р.

Завдання на магістерську роботу

Студентці Гнатишиній Ользі Сергіївні

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОЛІННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

ПІД ДІЄЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ»

затверджену наказом від «23» травня 2017 р., № 96М

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План-проспект магістерської роботи.
3. Підручники і навчально-методичні посібники.
4. Науково-дослідна інформація (документи промислових зразків, авторські свідоцтва).
5. Навчально-методична література м'ясного виробництва та технології переробки м'ясної сировини.
6. Технічна документація підприємства, нормативна та спеціальна література.
7. Дані власних досліджень, одержаних в попередній період.

8. Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Обсяг, стор.	Термін підготовки
Вступ			
Розділ 1	СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ		
Розділ 2	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ		
Розділ 3	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВІТАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ		
Розділ 4	УЛЬТРАЗВУКОВЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОСОЛУ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ НА БАЗІ ВИПРОМІНЮЮЧОЇ ПЛАСТИНИ		
Висновки			
Список використаних джерел			

Термін подання роботи на кафедру
для попереднього захисту « ___ » _____ 2017 р.

Завдання видав
керівник « ___ » _____ 2017 р.

Підпис _____

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на тему: «Дослідження процесу соління м'ясної сировини під дією ультразвукових коливань».

Виконала студентка групи 6–МП спеціальність 8.05050313 – Обладнання переробних і харчових виробництв заочної форми навчання Гнатишина Ольга Сергіївна.

Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи – 79 сторінок, містить – 19 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел з 26 найменувань.

Роботу присвячено розробці технології та обладнання для соління м'ясної сировини на основі експериментальних досліджень впливу ультразвуку на процес

Ключові слова: м'ясо, соління, ультразвук, ультразвукова ванна, пластина, коливальна система

ABSTRACT

Graduation work on the topic: "Investigation of the process of pickle of meat raw materials under the action of ultrasonic vibrations."

Completed a student of the group of 6-MII specialty 8.05050313 – Equipment of processing and food production of correspondence form of training Hnatishina Olga Sergeevna.

Master's work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, list of used literary sources. The total volume of work - 79 pages, contains - 19 figures, 9 tables, list of sources used from 26 names.

The work is devoted to the development of technology and equipment for picking meat raw materials on the basis of experimental research on the effects of ultrasound on the process.

Keywords: meat, pickles, ultrasound, ultrasonic bath, plate, oscillatory system.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Загальна характеристика, хімічний склад та властивості тканин м'ясної сировини	11
1.2 Технологічні процеси переробки м'яса і способи їх інтенсифікації	24
1.3 Перспективи використання ультразвукової дії в технології виробництва продуктів переробки м'яса	32
1.4 Висновки до розділу 1	37
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
2.1. Плоска кавітаційна камера з ультразвуковим приводом- випромінювачем на донній поверхні	38
2.2 Товарознавча оцінка якості продуктів переробки м'яса, вироблених з використанням ультразвукового впливу	40
2.3 Вплив обробки ультразвуковими хвилями на зміну температури м'ясної сировини	45
2.4 Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВІТАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ	49
3.1 Аналіз методик розрахунку ультразвукових технологічних апаратів	51
3.2 Інженерна методика розрахунку кавітаційного апарату на базі випромінюючої пластини	55
3.3. Перевірки працездатності УЗ-кавітаційного пристрою	59
3.4 Розрахунок конструктивних параметрів ультразвукового кавітаційного пристрою	64

3.5 Висновки до розділу 3	67
РОЗДІЛ 4 УЛЬТРАЗВУКОВЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОСОЛУ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ НА БАЗІ ВИПРОМІНЮЮЧОЇ ПЛАСТИНИ	68
4.1 Технічні вимоги та завдання на проектування апарату	68
4.2 Будова та принцип дії ультразвукової установки	69
4.3 Розрахунок потужності електродвигуна ультразвукової установки для посолу м'ясної сировини	72
4.4 Висновки до 4	75
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

ВСТУП

Актуальність теми. Постійно зростаючий попит на м'ясну продукцію, обмеженість сировинної продовольчої бази та зміна структури харчування населення в сучасних умовах змушує виробників впроваджувати ефективні ресурсозберігаючі технології, безперервно розширювати асортимент виробів, при цьому не залишати поза увагою гарантованість стійких показників якості і безпечності готової продукції. Беручи до уваги досвід світової харчової індустрії, керуючись концепцією оптимального харчування, а також із використанням новітніх досягнень задля захисту та збереження здоров'я споживачів необхідно створювати екологічно безпечні, натуральні продукти нового покоління, із заданими функціональними властивостями та мінімальним вмістом хімічних добавок.

Наявність цілого комплексу повноцінних білків, жирів, вітамінів, біологічно активних та мінеральних речовин, незамінних амінокислот дає підстави вважати м'ясні вироби та м'ясо в цілому найважливішими продуктами харчування людини.

Одним з існуючих на сьогодні підходів, завдяки якому найбільш ефективно вирішуються питання інтенсифікації технологічних процесів у харчових виробництвах є використання нових видів енергії та її високоефективне підведення до взаємодіючих речовин. Таким видом енергії є ультразвукові коливання високої ефективності, які дозволяють інтенсифікувати процеси харчових виробництв.

Грунтуючись на дослідженнях вчених присвячених питанню використання ультразвуку, заснованого на властивостях і специфічності впливу ультразвукових коливань на масообміні процеси, можна висунути гіпотезу, що як основу ультразвукової обробки м'ясної сировини можна використати енергетичний вплив ультразвукових коливань на клітинну структуру, за якого відбуваються як змінні процеси у м'язових волокнах,

так і активація ферментного комплексу, що інтенсифікує соління і зменшує витрати енергетичних ресурсів.

З огляду на вищезазначене, вдосконалення технології солених виробів з м'ясної сировини з використанням ультразвукових коливань є актуальним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення технології та обладнання для соління м'ясної сировини на основі експериментальних досліджень впливу ультразвуку на процес.

Відповідно до поставленої мети сформульовано наступні **завдання**:

- 1 обґрунтувати процес соління м'ясної сировини;
- 2 провести порівняльний аналіз різних способів соління на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини;
- 3 визначити раціональні технічні параметри процесу посолу з використанням ультразвукових технологій та дослідити функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини;
- 4 обґрунтувати конструктивні параметри випромінюючої ультразвукової коливальної системи;
- 5 розробити конструкцію ультразвукового технологічного обладнання для посолу м'ясної сировини на базі випромінюючої пластини.

Об'єкт досліджень. Технологічний процес соління м'ясної сировини з використанням ультразвукових кавітаційних технологій.

Предмет дослідження. Технологічні параметри процесу соління м'ясної сировини, схеми та характеристики ультразвукового обладнання.

Методи дослідження – аналітичні, теоретичні та експериментальні з використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні методики дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів:

– науково обґрунтована можливість та доцільність підвищення ефективності процесу соління м'ясної сировини з використанням

ультразвукових коливань;

– експериментально встановлені та науково обґрунтовані раціональні параметри ультразвукового поля, які забезпечують високу ефективність обробки сировини.

Практичне значення одержаних результатів:

– запропоновано спосіб ультразвукового соління м'ясної сировини та визначено параметри, що забезпечують високу ефективність процесу;

– розроблено принципово нову конструкцію ультразвукового апарату, що забезпечує ефективний процес соління м'ясної сировини за рахунок узгодженої роботи декількох ультразвукових коливальних систем;

– результати досліджень мають практичне значення для розробки високоефективних ультразвукових кавітаційних апаратів для реалізації способу посолу м'ясної сировини на базі випромінюючої пластини.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика, хімічний склад та властивості тканин м'ясної сировини

В умовах переробних підприємств м'ясом називають тушу, яка містить м'язову тканину з іншими прилеглими до неї тканинами і утвореннями – жиром, кістками, кров'ю та інше. В залежності від співвідношення тканин у складі м'яса, змінюється його хімічний склад, органолептичні, фізичні якості, харчова цінність, здатність до переробки. Взаємозв'язок складу та властивостей м'ясної сировини показано на рис. 1.1 [1].

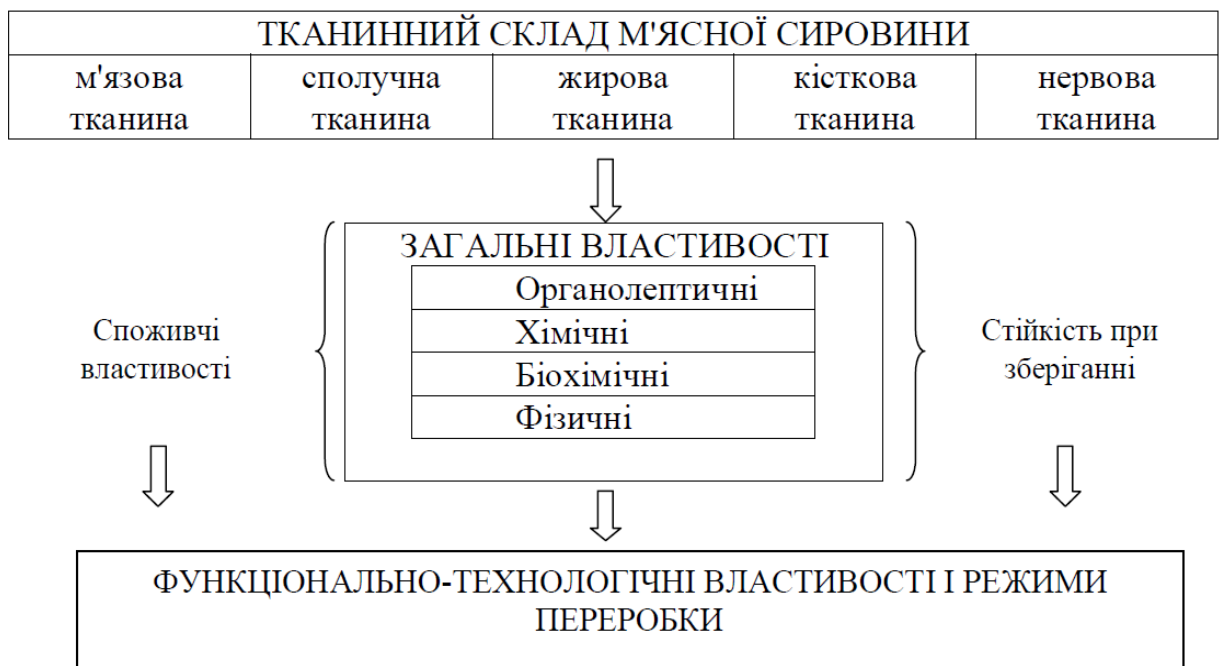


Рисунок 1.1. Взаємозв'язок складу та властивостей м'ясної сировини

Тканини м'яса мають неоднакову гістологічну будову і харчову цінність, а тому їх співвідношення впливає на споживчі властивості м'яса. Співвідношення окремих тканин залежить від виду і породи тварин, статі,

віку, вгодованості, частини туші (табл. 1.1, 1.2).

Таблиця 1.1 – Приблизне співвідношення окремих тканин у м'ясі тварин різних видів

Вид тканини	Частка тканини у м'ясі, % до маси розробленої туші		
	яловичина	свинина	баранина
М'язова	57,0...62,0	39,0...58,0	49,0...56,0
Жирова	3,0...16,0	15,0...45,0	4,0...18,0
Сполучна	9,0...12,0	6,0...8,0	7,0...11,0
Кісткова і хрящова	17,0...29,0	10,0...18,0	20,0...35,0
Кров	0,8...1,0	0,6...0,8	0,8...1,0

Таблиця 1.2 – Співвідношення тканин у м'ясі яловичини різного ступеня вгодованості

Вид тканини	Частка тканини (%) у яловичині різної вгодованості			
	невідгодовані	відгодовані	напіввідгодовані	жирні
М'язова	60,6	56,6	59,7	52,3
Жирова	3,5	16,1	10,3	23,0
Сполучна	14,0	11,6	22,5	9,6
Кісткова і хрящова	21,9	15,7	17,5	15,1

М'ясо неоднорідне і складається із тканин, які класифікують за їх харчовою цінністю і технологічному призначенню. Таке розділення носить умовний характер, але має практичну суть, так як можливе відділення однієї від іншої більшої частини тканин для подальшого диференційованого їх використання. Властивості і кількісне відношення тканин визначають якість м'яса [1].

Тканиною називають групу клітин, однакових за морфологічною будовою, що виконують спеціальну функцію і об'єднаних міжклітинною речовиною.

М'язова тканина – основна і найбільш важлива в кількісному і якісному відношенні складова частина туші.

Будова. М'язова тканина за морфологічним складом поділяється на поперечно-смугасту і гладку. Поперечно-смугаста тканина складає м'язи скелета, м'язи серця і являється найбільш цінною. Гладка м'язова тканина складає стінки внутрішніх органів, кишківника [1].

М'язова тканина складається із великої кількості клітин – м'язових волокон та рихлої неклітинної структури, пронизаної нервовими закінченнями і судинами.

Окремі м'язові волокна об'єднуються у невеликі пучки рихлої з'єднувальної тканини, а невеликі пучки, у більш великі, що утворюють м'язи. М'язи покриті плівкою щільної сполучної тканини. Сполучна тканина формує своєрідний каркас, щільність якого впливає на жорсткість м'язової тканини.

Основний елемент м'язової тканини – м'язове волокно. Волокна – це сильно витягнуті клітини розміром до 15 см в довжину і 10...100 мкм в товщину. Покриті оболонкою – сарколемою.

В середині м'язового волокна по його довжині розміщені довгі ниткоподібні волокна – міофібрили, які займають 60...65% внутрішнього об'єму клітини. Міофібрили мають здатність скорочуватися і відіграють головну роль у руховій функції організму. Вони складаються з періодично-повторюваних структурних елементів – саркомерів. Внаслідок чергування саркомерів оптично більш і менш щільних поперечних волокон утворюється поперечне формування міофібрил, через що м'язи називаються поперечно- смугастими [1].

Кожна із міофібрил в свою чергу складається із розташованих один до одного тонких і товстих ниток – філаментів. Міофібрили оточені внутрішньо- клітковою рідиною – саркоплазмою, в якій вміщується білки глікогену, ліпіди, ферменти, неорганічні солі, екстрактивні азотисті речовини.

М'язове волокно, на відміну від більшості клітин має багато ядер, мітохондрій, рибосом, лізосом та інші органели.

Хімічний склад м'язової клітини складний і включає воду, органічні і неорганічні речовини. Головним компонентом органічних речовин у м'язах являються білки. Розподіл білків у структурних елементах м'язів показано у вигляді схеми, рис. 1.2 [2].

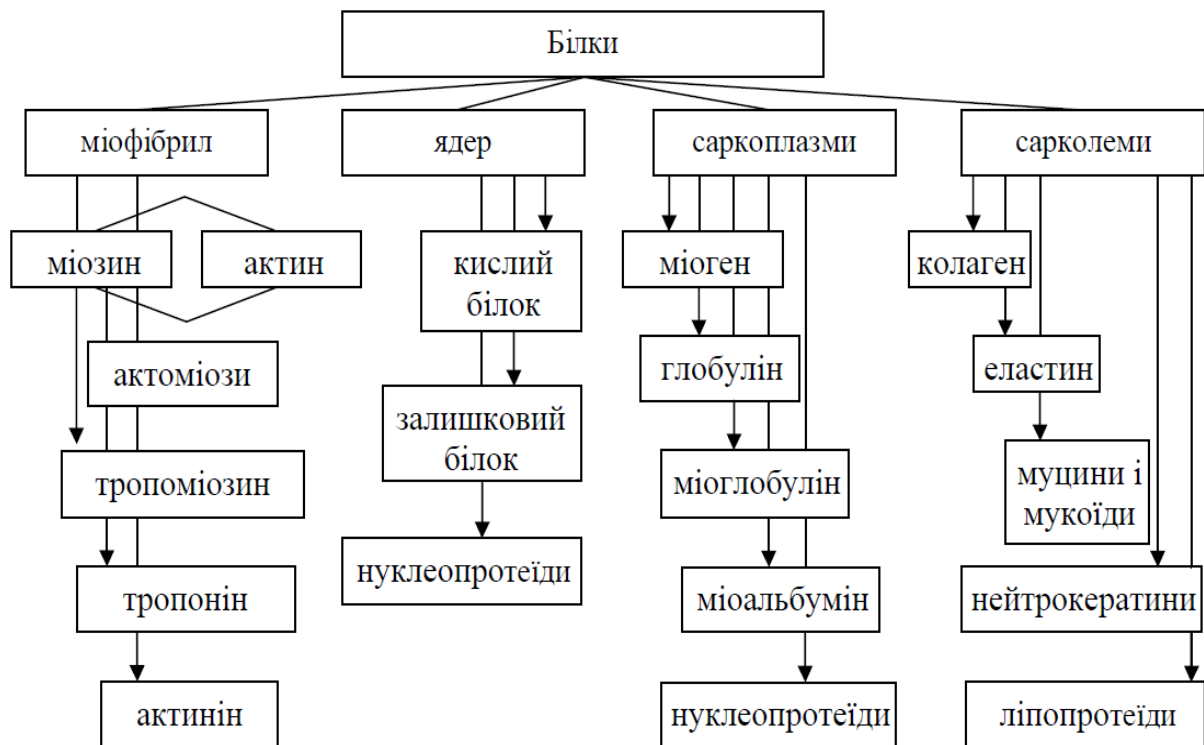


Рисунок 1.2 Склад білків м'язової тканини

Білкові речовини складають 60...80% сухого залишку м'язової тканини. Із них побудовані структурні компоненти клітин і міжклітинної речовини. Білки м'язової тканини впливають не лише на харчову та біологічну цінність м'яса, а й передбачують стан фізико-хімічних, структурно-механічних і технологічних показників сировини (липкість, в'язкість, водоутворююча здатність, рН та інші) і готової продукції (соковитість, ніжність, вихід). Вони різні за амінокислотним складом, будовою, біологічними функціями, фізико-хімічним показникам у тому

числі розчинності. Розчинні білки входять, в основному, до складу плазми, солерозчинні утворюють міофібрили. Нерозчинні у водно-сольовому розчині фракції умовно називають білками строми, до складу яких входять білки сарколеми, ядер і внутрішньоклітинні з'єднувальні білки.

Білки саркоплазми. Міоген, глобулін Х, міоальбумін, міоглобін – складають близько 40% м'язових білків, усі вони за виключенням міоглобіна являються складною сумішшю білкових речовин, близьких за фізико-хімічними і біологічними властивостями. Білки саркоплазми відносяться до глобулярних білків, вони водорозчинні, в основному, повноцінні та гарно засвоюються.

Білки міофібрил – актин, міозин, актоміозин, тропоміозин, тропонін та інші відіграють головну роль у руховій функції організму та називаються скорочувальними.

Білки строми представлені в основному з'єднувально-тканинними білками – колагеном, еластином, ретикуліном, а також глікопротеїдами – муцинами і мукоїдами. Ці білки видаляються лужними розчинами [2].

Вода, що входить до складу м'язової тканини являється не лише розчинником реагуючих речовин, але й сама бере участь у багатьох реакціях обміну. У тканинах вода знаходиться як у щільно зв'язаній формі – головним чином із білками, так і в слабозв'язаному стані (6...15% від маси тканини).

Ліпіди м'язової тканини входять у структурні елементи м'язового волокна. Вони знаходяться у саркоплазмі м'язового волокна та у міжклітинному просторі, між пучками м'язів у прошарках з'єднувальної тканини. Їх склад у м'язовій тканині невеликий і знаходиться в залежності від виду, віку, вгодованості, статі тварини й інших факторів. Деякі із них сприяють проявленню активності ряду ферментів, інші виконують роль енергетичного матеріалу, резерву, виділяючи при окисленні енергію.

Вуглеводи представлені у м'язовій тканині в основному глікогеном, найважливішим джерелом енергії. Розпад глікогену в післязабійний період

обумовлює деякі біохімічні зміни у м'ясі. Частина глікогену м'язового волокна пов'язана з білками, частина знаходиться у вільному стані.

До азотистих екстрактивних речовин м'яса відносяться речовини двох груп: речовини однієї групи при житті тварини виконують специфічні функції організму в процесі обміну речовин і енергії, речовини іншої групи представляють собою проміжні продукти обміну речовин.

Розрізняють азотисті й безазотисті екстрактивні речовини. До безазотистих відносяться вуглеводи і продукти їх обміну (глюкоза, мальтоза, молочна, янтарна й інші органічні кислоти), а також вітаміни й органічні фосфати. До азотистих екстрактивних речовин відносять кінцеві (сечовина, сечова кислота, амонійні солі і т.п.) і проміжні (пуринові основи, амінокислоти і т.п.) продукти білкового обміну [2].

Мінеральний склад м'язової тканини різноманітний. Особливо багато міститься калію і фосфору. Мінеральні речовини знаходяться в розчинному стані, а також у зв'язаній із білками формі. Для активної діяльності м'язів у процесах скорочення і розслаблення важливу роль відіграють кальцій, калій і магній.

У складі м'язової тканини містяться майже всі водорозчинні вітаміни, крім вітаміну С.

З'єднувальна тканина. Групу з'єднувальних тканин прийнято розділяти на власне з'єднувальну тканину, хрящову і кісткову. Жирова тканина являється різновидом з'єднувальної тканини.

У організмі тварин, з'єднувальна тканина виконує опорну, зв'язувальну, живильну і захисну функції. Вона являється важливою сировиною, яка використовується у ковбасному, кулінарному, желатиновому й інших виробництвах.

З'єднувальна тканина представляє систему, що складається із клітин і досить розвинутої міжклітинної речовини. Міжклітинна речовина представляє систему, що складається із однорідної, аморфної основної речовини і тоненьких волокон. Основна речовина у з'єднувальній тканині

– напіврідка, слизоподібна, у хрящовій – густа, у кістковій, у результаті скупчення мінеральних солей – найбільш щільна.

У з'єднувальній тканині розрізняють три види волокон: колагенові, еластинові і ретикулінові. В залежності від домінування тих чи інших волокон і від співвідношення основної речовини і волокон розрізняють рихлу, щільну і еластичну тканини.

Найбільш важливими компонентами з'єднувальної тканини являються структурні білки – склеропротеїни: колаген, еластин, ретикулін. До складу основної речовини з'єднувальної тканини входять білки мукопротеїди і в незначній кількості альбуміни, глобуліни, нуклеопротеїди і т.п.

На долю колагену приходить третя частина всіх білків тваринного організму. Складає близько 35% залишків гліцину, приблизно 11% залишків аланіну, що досить багато для більшості відомих білків і має високий вміст проліну і оксипроліну – 21%. Колаген відноситься до неповноцінних білків через відсутність триптофану і метіоніну [2].

Нерозчинність і стійкість колагену, а також в певній мірі консистенція м'яса залежать від виду і віку тварин, а також від тканин, в якій він міститься. Це пов'язано із тим, що зі збільшенням віку тварини, кількість поперечних зв'язок в колагені збільшується, тому фібрили більш жорсткі і крихкі. Колаген може сильно набухати у водяних розчинах, причому маса його збільшується у 1,5...2 рази.

При нагріванні з водою колаген розчіпляється. Внаслідок дії тепла проходить його денатурація і частковий гідролітичний розпад за місцем пептидних зв'язків із утворенням високо- і низькомолекулярних продуктів. Ступінь дезагрегації макромолекул колагену залежить від температури і тривалості нагріву.

Він входить до складу еластинових волокон, що легко розтягуються і еластичних. Їх довжина при розтягуванні може збільшуватися у два рази. Тканини, що багаті на еластин, мають жовтуватий колір. Еластин

нерозчинний у холодній і гарячій воді, у сольових розчинах, розведених кислотах і лугах. Навіть кріпка сіркова кислота впливає на нього досить слабо.

Ретикулін входить до складу тонких ретикулінових волокон. Це неповноцінний білок, який характеризується високим вмістом проліну і оксипроліну. Він погано засвоюється, майже не набухає у воді, не розчиняється у розчинах кислот і лугів [2].

Крім колагену і еластину, головними хімічними компонентами основної речовини з'єднувальної тканини являється білок і полісахариди, що утворюють між собою комплексні з'єднання різноманітної молекулярної структури і щільності. Їх поділяють на дві групи: протеоглікани (функціональне значення – забезпечують транспорт води і низькомолекулярних продуктів харчування, а також обмін у з'єднувальній тканині) і глікопротеїни (виконують роль регулювання орієнтованого розташування колагенових структур, стабілізують фібрили колаген та утворюють основу для формування еластинових структур, приймають участь у мінералізації тканин).

Кісткова і хрящова тканини. До складу кісткової тканини входять кісткові клітини – остецити – і сильно розвинена міжклітинна речовина (вона складається із аморфної речовини і більшої кількості колагенових волокон) [2].

Із волокон колагенового типу, розташованих паралельними рядами у вигляді тонких пучків, формуються пластинки. Зовнішня частина кістки складається зі щільної речовини та правильним розташуванням пластинок.

Під ними знаходиться груба речовина із пластинками, розташованими у різному напрямку. У багаточисленних порах грубої речовини знаходяться кісткові мізки. Жирові клітини і вода містяться як у системі самої кістки, так і являються основною складовою частиною кісткового мозку. При невеликій кількості жирових клітин кістковий мозок забарвлений у червоний колір, а при великій – жовтуватий відтінок.

В залежності від структури кісток скелету, характеру технологічної обробки і напрямку використання їх поділяють на трубчасті (кістки кінцівок), пластинчаті (череп, лопатки, таз) і кістки складного профілю (ребра, хребет).

Середній хімічний склад кісткової тканини включає 20...25% води, 75...80% сухого залишку, в тому числі 30% білків і неорганічних з'єднань. Але склад тканини змінюється в залежності від виду і віку тварин, а також від структури кістки. Хімічний склад різноманітних видів кісток великої рогатої худоби представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад кісток великої рогатої худоби

Кістки	Склад, %			
	Волога	Білок	Жир	Зола
Хребет	30...41	14...23	13...20	20...30
Грудна кістка	48...53	16...21	13...16	14...17
Тазова кістка	24...30	16...20	22...24	30...33
Ребра	28...31	19...22	10...11	36...40
Трубчаста	15...23	17...23	13...24	40...50
Кулак	17...32	14...21	18...33	28...36

При обробці кісткової тканини кислотами (соляною, фосфатною і т.п.) мінеральні речовини розчиняються і залишається м'яка органічна частина – осейн. Пом'якшення кістки в результаті видалення мінеральних речовин називають мацерацією [2].

Із органічних з'єднань у складі кісткової тканини містяться ліпіди, в тому числі лецитин, солі лимонної кислоти і т.п. Найбільш характерними компонентами кісткової тканини являються мінеральні речовини, що складають половину маси тканини. Вони представлені головним чином фосфорно-кальцевими солями, необхідними для життєдіяльності організму, а також мікроелементами – Al, Mn, Cu, Pb й інші.

Із віком тварини, поряд із загальним збільшенням складу мінеральних речовин у кістковій тканині нарощується склад карбонатів і

зменшується кількість фосфатів. У результаті такої зміни кістки втрачають пружність і стають крихкими. Зміна властивостей кісток може бути пов'язана із недостатчею тих чи інших солей у харчуванні, в тому числі при недостатці кальцію при жомовому відгодовуванні.

У відповідності із особливостями хімічного складу кістки використовують для виробництва напівфабрикатів, холодців, кісткового жиру, желатину, клею, кісткового борошна [3].

Хрящова тканина виконує опорну і механічну функції. Вона складається із щільної основної речовини, в якій розташовані клітини круглої форми, колагенові і еластинові волокна. Середній хімічний склад хрящової тканини включає: 40...70% води, 19...20% білків, 3,5% жирів, 2...10% мінеральних речовин, близько 1% глікогену. Хрящова тканина використовується в харчовій промисловості, також із неї виготовляють желатин і клей.

Жирова тканина – це другий після м'язової тканини морфологічний компонент, що визначає якість м'яса. Основна біологічна функція жирової тканини полягає у запасі енергетичного субстрату – жиру, який має високий потенціал у синтезі енергії тваринних організмів. Бере участь у виконанні механічної роботи, захищає внутрішні органи від ударів і струсів та виконує терморегуляторну функцію.

Жирова тканина в якості одного із основних компонентів входить до складу м'яса і м'ясопродуктів, застосовується для виготовлення спеціальних харчових продуктів (шпик, ковбаси) і для отримання топленого жиру харчового і для технічного призначення [2].

Будова жирової тканини представляє собою крихку з'єднувальну тканину із великою кількістю жирових клітин. Вони складаються із структурних елементів, характерних для всіх клітин, але майже вся центральна частина клітини заповнена жировою каплею, а протоплазма і ядра віднесені до периферії.

Загальна кількість жирової тканини у організмі тварини, складає в

межах 1...40% і залежить від виду, породи, віку, статі, характеру відкормлення тварин і інших факторів. Ступінь відкладення підшкірного жиру – один із об'єктивних показників вгодованості тварини. При оцінці якості м'яса важливе значення має не лише склад жирової тканини у м'ясі, але й її розподілення. Найкращу якість має мрамурове м'ясо, що має жирові прошарки у середині м'язів.

За місцем відкладення розрізняють підшкірний і внутрішній жир. На рис. 1.3 зображено схему складу жирової тканини м'ясної сировини.

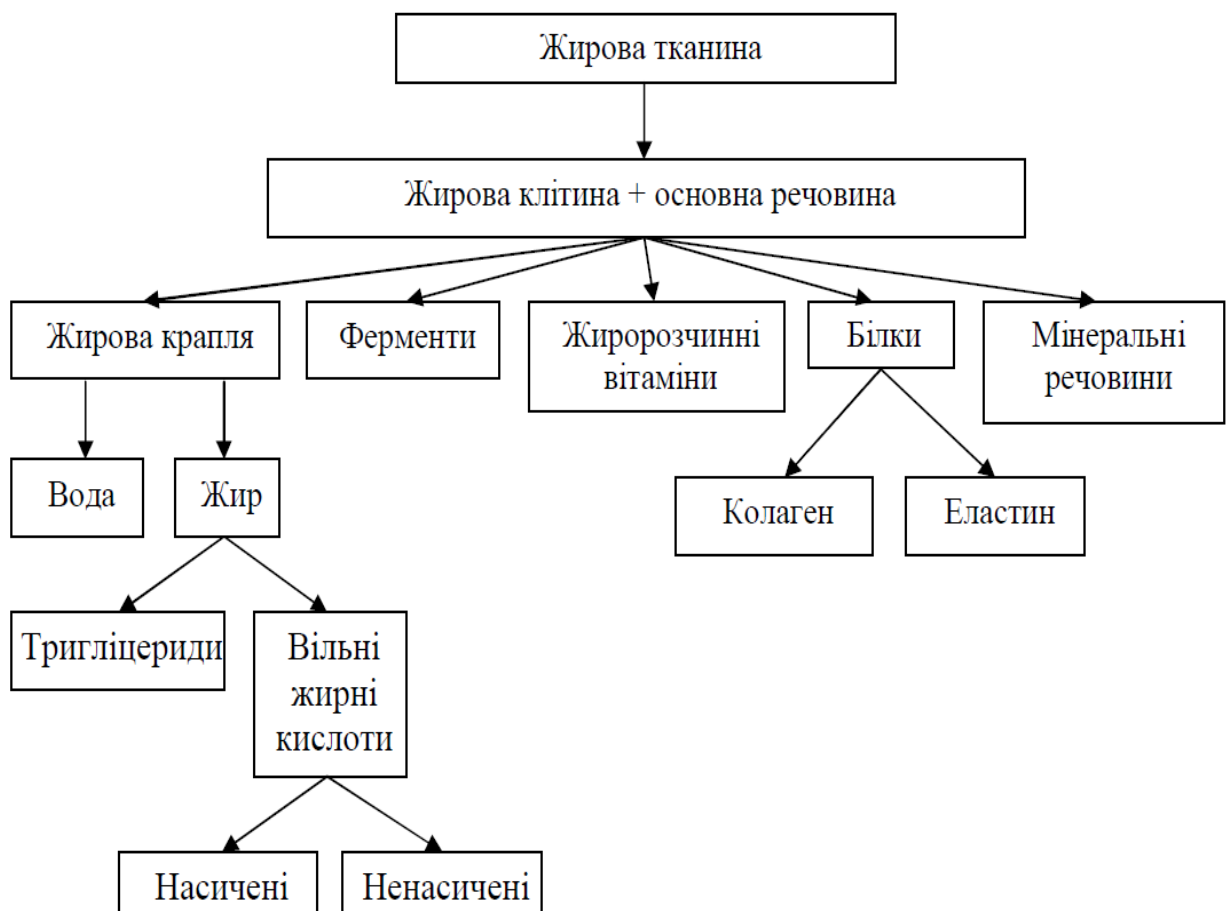


Рисунок 1.3. Схема хіміко-морфологічного складу жирової тканини

Власне, жир представляє собою суміш тригліцеридів – ефірів гліцерину і жирних кислот. До складу тригліцеридів входять як насичені, так і ненасичені жирні кислоти.

М'ясна сировина має цілий комплекс загальних властивостей:

Органолептичні показники м'яса: природний колір м'яса залежить від виду, породи, віку, знекровлення тварини при забої і вмісту в м'язовій тканині гемоглобіну 10% і міоглобіну 90% крові. Смак і аромат – важливі показники якості, які зумовлені вмістом притаманних для даного продукту хімічних сполук. До найважливіших факторів, що впливають на консистенцію м'яса, відносять вологозв'язуючу здатність тканин, швидкість та ступінь післязабійного гліколізу, вміст мармурового м'яса та будову сполучної тканини.

Фізичні і фізико-хімічні властивості м'яса, щільність різних тканин, які входять до складу м'яса неоднакова, і залежить від кількості кісток та жиру в ньому. В середньому щільність знежиреного м'яса близька до 1,07. Питома теплоємність м'яса залежить від кількісного співвідношення тканин у його складі. Теплопровідність м'яса залежить від хімічного складу і стану м'яса за технологічною обробкою, що в середньому становить 1,8 кДж/(м²·г·град).

Електропровідність м'яса при температурі 0°C становить $3 \cdot 10^{-3}$ Ом см⁻¹. Водозв'язуюча здатність м'яса визначається властивостями і станом його білкових речовин, із нею пов'язані процеси заморожування та сушіння м'яса, приготування ковбасних виробів та інше [3].

Хімічні властивості м'яса зумовлені хімічним складом сировини. І явним фактором, який впливає на хімічний склад охолодженого м'яса, є ступінь вгодованості тварини (табл. 1.4).

Білки м'язової тканини повноцінні, оскільки містять майже всі незамінні амінокислоти. Ліпіди тварин відрізняються за кількісним та якісним складом – від вмісту жиру залежить калорійність м'яса, це сприяє кращому всмоктуванню жиру, обмежують підвищення холестерину в крові та уповільнюють відкладення жиру в організмі. Вуглеводи містяться у тканинах тварин у значно меншій кількості, ніж білки та жири. Також, до складу тканини входять водорозчинні вітаміни, сполуки натрію, калію,

кальцію, заліза, алюмінію і кислот.

Біохімічні властивості. М'ясо містить багато різних ферментів, із яких найбільше значення мають фосфатаза, амілаза, ендпротези і ендопептази, пероксидаза, каталаза. Завдяки яким здійснюється самоперетравлення клітин, тканин і органів.

Таблиця 1.4 – Вміст води, білків, жирів і мінеральних речовин у м'ясній сировині

Вид і категорія м'яса	Вода	Білки	Жири	Мінеральні речовини
Яловичина 1 категорії	70,5	18,0	10,5	1,0
Яловичина 2 категорії	74,1	21,0	3,8	1,1
Телятина 1 категорії	72,8	19,0	7,5	0,7
Свинина жирна	47,5	14,5	37,3	0,7
Свинина м'ясна	60,9	16,5	21,5	1,1
Баранина 1 категорії	65,8	16,4	17,0	0,8
Баранина 2 категорії	69,4	20,8	9,0	0,8
Конина середньої вгодованості	63,3	21,5	10,0	1,7

Функціонально-технологічні властивості і режими переробки – це емульгуюча, водопов'язуюча, жиро- та водопоглинаюча, гелеутворююча здатності, сенсорні характеристики, вихід і втрати при термообробці різних видів сировини [2].

Таким чином м'ясна сировина є цінним високоенергетичним харчовим продуктом, головним недоліком якого є швидке мікробіологічне псування, у зв'язку з чим її відносять до групи швидкопсувних продуктів. Швидкість мікробіологічного псування залежить від вологості продукту, показника активності незв'язаної води, початкового мікробіологічного обсіменіння продукту тощо.

Найбільш ефективним способом збільшення терміну зберігання м'ясної сировини зі збереженням фізико-хімічних та органолептичних

показників є зменшення початкового мікробіологічного обсіменіння. У зв'язку з цим постає питання щодо дослідження мікробіології м'ясної сировини.

1.2 Технологічні процеси переробки м'яса і способи їх інтенсифікації

Організація технологічних процесів виробництва продуктів переробки м'яса традиційно включає ряд послідовних операцій (підготовка сировини і сировинних компонентів, посол, механічна і термічна обробка та ін.), що визначають у результаті якість готового продукту. Проте в сучасних умовах вимагається враховувати особливості початкової сировини і регулювати процеси виробництва мінімізуючи недоліки сировини. Оцінюючи окремі операції технологічного циклу з урахуванням їх впливу на формування споживчих властивостей готових виробів можна виділити етап посолу м'ясної сировини, який є складною сукупністю різних за своєю природою процесів, :

- масообмін (накопичення в м'ясному сировина в необхідних кількостях компонентів суміші посолу і їх рівномірний перерозподіл за усім обсягом продукту), перехід водорозчинних речовин м'яса у водну фракцію розсолу;
- гідроліз білкових структур і інших нутрієнтів м'яса, зміни вологості і водозв'язуючої здатності м'ясної сировини, які також супроводжуються зміною маси;
- зміни мікроструктури продукту у зв'язку з розвитком ферментативних процесів у присутності речовин посолів, а так само за рахунок механічних дій;
- утворення смаку і аромату в результаті розвитку ферментативних процесів і використання смакових речовин і ароматизаторів у складі сумішей посолів; стабілізація забарвлення продукту [4].

Серед класичних методів посолу виділяють сухий, мокрий і змішаний. У теоретичному плані їх вивчення, процес зводиться до міграції сухих речовин на основі законів дифузії. Масообмінні процеси між речовинами посолів і розчинними нутрієнтами продукту будь-якого методу зводяться до системи розсіл-м'ясо [5].

Чинниками системи розсіл-м'ясо, що чинять визначальний вплив на якість готових виробів можна підрозділити на зовнішні, обумовлені властивостями зовнішнього середовища, і внутрішні, обумовлені властивостями внутрішнього середовища (рис. 1.7) [6].

Процес накопичення речовин посолів в тканинах при традиційному мокрому посолі по своїй фізико-хімічній суті, відноситься до дифузійних процесів і є переміщенням речовин посолів в гетерогенній системі розсіл-м'ясо.

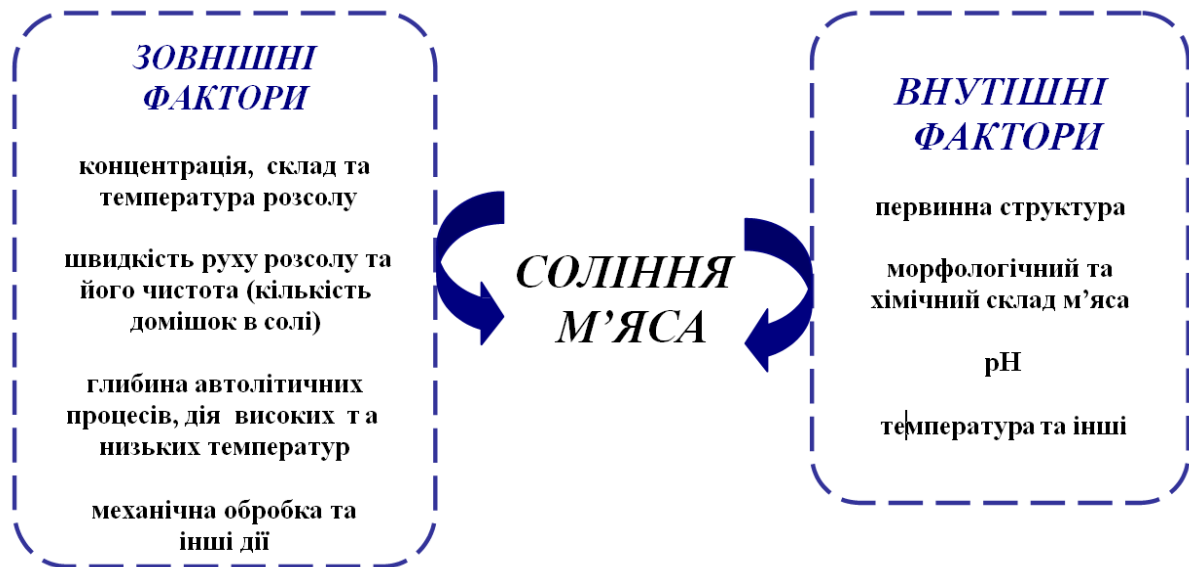


Рисунок 1.7. Чинники системи розсіл-м'ясо, що чинять вплив на якість готових виробів

Отже, цей процес має бути проникненням молекул однієї речовини в іншу речовину з наступним мимовільним вирівнюванням концентрації

молекул цих речовин в обох фазах, тобто в дифузії, ефективність якої в цілому визначається принципом Ле Шательє-Брауна – якщо на систему, що знаходиться в умовах рівноваги, впливати ззовні, змінюючи яку-небудь з умов рівноваги, то в системі посилюються процеси, спрямовані на компенсацію зовнішніх дій.

Рушійною силою процесу посолу є різниця концентрацій солі в системі розсіл-продукт. Усі чинники, дія яких призводить до підвищення концентрації солі на поверхні продукту, каталізують цей процес.

Встановлено, що збільшення концентрації розсолу з 12 до 24 % забезпечує прискорення накопичення солі в продукті приблизно в 2 рази [7]. Проте з підвищенням концентрації солі і тривалості її дії відбуваються глибока денатурація і коагуляція деяких білків, головним чином глобулінів. І цей процес супроводжується укрупненням білкових часток, що знижує їх рухливість і розчинність.

У гетерогенній системі розсіл-м'ясопродукт дифузійний шар, що лежить на межі, чинить опір процесу розподілу речовин посолів дифузійному потоку і утрудняє його переміщення. Для зменшення величини опорів, що робляться дифузійному потоку тканинами продукту, збільшення швидкості процесу і його переходу від ламінарного до турбулентного потрібне зменшення товщини пограничного шару. Критерієм процесу посолу служить коефіцієнт дифузії (проникність). Встановлено, що кількісне співвідношення між проникністю м'язовою, сполучною і жировою тканинами м'яса складає 8:3:1 [8]. Відмічені анізотропні властивості м'язової тканини, тобто її проникність уздовж волокон приблизно на 11 % вище, ніж уперек, що свідчить про переміщення речовин посолів, переважно по міжклітинному простору тканини.

В зв'язку з цим, очевидно, що дії, що ведуть до ліквідації бар'єрного шару і збільшення проникності тканинних мембран, сприяють швидшому і рівномірному розподілу речовин посолів і інтенсифікації технологічного

процесу [7].

Згідно з другим законом Фіка, дифузійне перенесення речовин обумовлюється наявністю градієнта концентрації в ізотермічних умовах [9]. Температурний градієнт викликає додаткове переміщення речовини у напрямі теплового потоку - термодифузію. Отже, швидкість розподілу солі в системі розсіл-продукт, а також усередині самого продукту, залежить від температури, яка є чинником, що найбільш істотно змінює величину коефіцієнта проникнення [7].

Таким чином, підвищення температури розсолу сприяє швидшому розподілу компонентів сумішей посолів при будь-якому з вказаних вище методів посолу.

Пошуку рішень по інтенсифікації процесу посолу присвячена досить велика кількість наукових робіт різних учених. При цьому необхідно вказати, що основні дослідження зосереджені в частині пошуку нестандартних рішень посолу для м'яса забійних тварин.

Сучасні технології виробництва продуктів з м'яса, особливо цільном'язевих, як правило, засновані на застосуванні комбінації вже існуючих способів інтенсифікації процесу посолу або модифікації основних режимів. Основні напрями інтенсифікації спрямовані скорочення тривалості тривалого по комплексу тих, що відбуваються при посолі біохімічних і мікробіологічних змін в м'ясному сировині, забезпечуючи отримання продукту заданої якості.

Аналіз досліджень, що проводяться сучасними ученими в цій області, дозволяє виділити основні напрями інтенсифікації процесу посолу (рис. 1.8).

Термічні методи засновані на терморегуляції процесу посолу [5]. Відомо, що залежність тривалості (t, добу) дозрівання від температури (t, С) визначається, по Куприянову, емпіричною залежністю:

$$\lg T = 0,0515 \cdot (23,5 - t) \quad (1.1)$$

Підвищення температури доквілля при дозріванні м'яса сприяє

скороченню цього періоду з 10 - 14 діб до 1 - 2 діб.

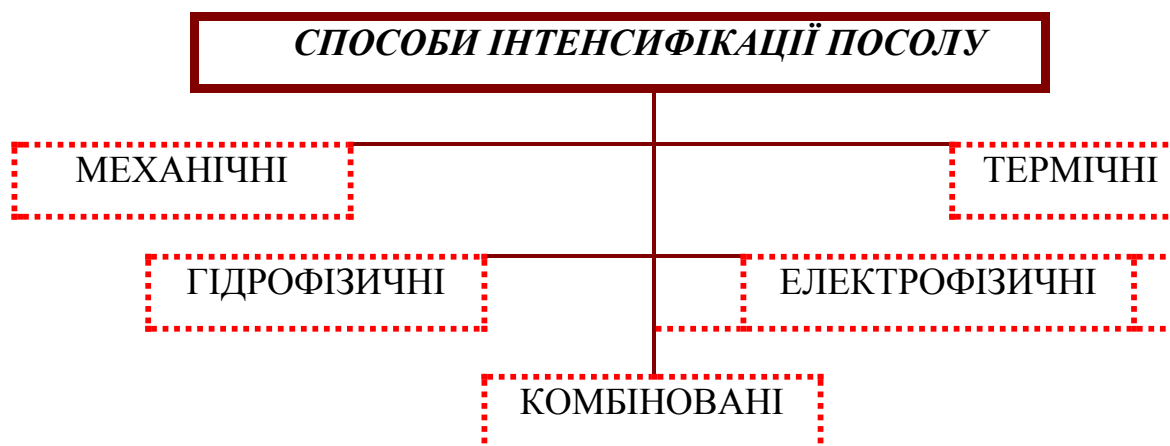


Рисунок 1.8 – Методи інтенсифікації посолу м'яса

Подібне явище пояснюється зміною значення коефіцієнта дифузії. В результаті підвищення температури активізується діяльність ферментативних систем, які роблять сприятливу дію на продукт.

Тим часом, необхідно врахувати, що використання підвищених температур паралельно супроводжується високою мікробіологічною активністю, що може привести до псування сировини. Тому виникає необхідність використання додаткових інактивуючих чинників, таких як ультрафіолетові випромінювачі, вакуумування або вступ в м'ясо харчових кислот або антибіотиків, а також розсолів на основі активованих вод (як правило з низьким показником рН) [9].

До електрофізичних методів відносять електростимулювання, електромасажування, акустичну обробку м'яса.

Електростимулювання (ЕС) є методом, що передбачає обробку електричним струмом в парному стані. ЕС застосовується для запобігання стрімкому зміщенню рН середовища в кислу сторону і активізації ферментативних систем, що викликають автоліз м'яса, а так само надання ніжності готовому продукту [10].

Проте деякими дослідниками відзначається, що використання

електростимулювання приводить до порушення волого утримуючої здатності, втратам м'ясного соку при тепловій обробці і загальній втраті маси [6].

Інше джерело енергії, досить нетрадиційне для м'ясної промисловості – ультразвук, досліджувався з метою використання його для поліпшення функціонально-технологічних властивостей і органолептичних показників готових м'ясопродуктів. Ю.Ф. Заяс є одним з розробників цього способу інтенсифікації процесу посолу. Ним встановлено, що ультразвукова обробка сприяє збільшенню виходу продукту і поліпшенню його консистенції, а саме соковитості і ніжності [11].

Із-за складності організації цих операцій на виробництві і відсутності спеціального устаткування способи електростимуляції і обробки ультразвуком сировини не набули широкого поширення і практичного втілення до теперішнього часу.

Проте аналіз літератури з питання, що вивчається, дозволив встановити, що більшість з вищеназваних методів продовжують досліджуватися, а так само використовуються на виробництві в їх взаємодоповнюючому поєднанні. Цей підхід дозволяє найефективніше застосовувати переваги і нівелювати недоліки кожного з методів і, як наслідок, інтенсифікувати процес посолу і одночасно покращувати якість готового продукту [8].

Так, прикладом комплексного використання розглянутих методів підвищення інтенсивності процесу посолу є електромасажування (ЕМ) м'яса. Принцип його дії полягає в дії електричних імпульсів на заздалегідь ін'єктоване м'ясо в парному стані [12].

Створюється ефект механічної дії, при якій періодично виникаючі пульсації (скорочення і розслаблення парних м'язів) впливають на процес перерозподілу речовин посолів. Скорочення тривалості періоду після забою і підвищення напруги струму збільшують тривалість досить сильних

пульсацій і ефективність електромасажування. Відмітна особливість цього методу відносно ЕС полягає в тому, що в процесі ЕМ перерозподіл солі відбувається, в основному фільтраційним шляхом, а ЕС збільшує швидкість дифузії солі за рахунок деструктивних змін м'язової тканини. Використання ЕМ при посолі м'яса збільшує його пластичність на 2- 3%.

Експериментально було [12] встановлено наявність розпушування і разволокнення мікроструктури м'язових м'яса при посолі електромасажуванням. Деструкція м'язових волокон на стадії електро дії сприяє швидший перерозподіл речовин посолів в м'ясі. Паралельно відбуваються локальні руйнування сарколеми, що також прискорює проникнення розсолу всередину волокон і деструктивні зміни в процесі витримки. Також встановлено, що каталіз фільтраційно-дифузійних процесів (особливо деструктивних змін м'язової тканини) при ЕМ викликають швидше утворення дрібнозернистої білкової маси.

До сучасних методів інтенсифікації посолу також відносяться методи механічної дії на м'ясну сировину, серед яких виділяють віброобробку, тендеризацію, масажування.

Ці методи можуть застосовуватися як в комплексі, так і самостійно. Механічна обробка м'ясної сировини на завершуючих стадіях посолу у поєднанні з ЕС, шприцюванням, струминною ін'єкцією, ЕМ дозволяє значно поліпшити якісні показники, структурно-механічні і мікробіологічні характеристики готового продукту. Додавання енергії механічної дії до сировини значно прискорює розподіл інгредієнтів посолів за об'ємом м'ясопродуктів, особливо при використанні багатокomпонентних білкововмісних функціональних розсолів.

Нині широкого поширення набув гідрофізичний метод внутрішньом'язового вступу розсолу методом шприцювання. При цьому методі різні рідкі і газоподібні компоненти впроваджуються в м'ясо під тиском 10^6 Па [13].

Уколами в м'язову тканину здійснюють за допомогою латунних, нікельованих або з корозійностійкої сталі порожнистих перфорованих голок. При використанні раціональної схеми шприцювання забезпечуються задовільні результати.

За результатами досліджень встановлено, що при шприцюванні біля кожного з отворів голки утворюється початкова зона накопичення розсолу, в межах якої масоперенесення відбувається переважно між м'язами, а проникнення речовин йде дифузійно в період витримки в посолі [12].

Найбільш перспективною є струминна ін'єкція, яка є гідромеханічною дією струменя на м'язову тканину при її витіканні під тиском $(2-4) \cdot 10^4$ Па через сопловий отвір $(2-4) \cdot 10^{-4}$ м з швидкістю до 160 м/с. За таких умов витікання струмінь набуває властивість твердого тіла [13].

Згідно досліджень безпосередньо після ін'єкції струминним способом розсіл зосереджений в початковій зоні. Розміри цієї зони збільшуються при підвищенні тиску розсолу і багато в чому визначаються станом структури м'ясної сировини. Струмені виявляють додаткову тендеризуючу дію на структуру тканини. При цьому забезпечується проникнення струменя не лише в міжм'язовий простір, але і всередину м'язового волокна, що значною мірою покращує структурно-механічні властивості продукту, водозв'язуючу здатність, а також його вихід [12, 13].

Особлива увага приділяється режимам вступу розсолу. У багатьох дослідженнях відзначається перевага імпульсного вступу розсолу в м'ясо, чим ін'єкції безперервним поодиноким струменем. Оскільки було встановлено, що імпульсна ін'єкція (до 5 імпульсів) збільшує глибину проникнення струменя як уподовж, так і упоперек волокон і дозволяє зберегти цілісність структури м'язової тканини [4].

Нині ефективність ін'єкції вже не ставиться під сумнів і основні розробки спрямовані на пошук оптимальних складів розчинів посолів.

Відоме використання в м'ясній промисловості розчинів на основі

електрохімічний активованої води (ЕХО-КАМЕРИ). У технології холодильного зберігання м'ясних продуктів використання ЕХО-розчинів при їх виробництві дозволяє зменшити усихання. Застосування ЕХО-розчинів для посолу яловичого фаршу, у виробництві варених ковбас досягається інтенсифікація процесу і на 2,5-3,5% зростає вихід ковбас [14].

Дослідження, проведені ученими в сфері застосування активованих рідин в м'ясній галузі, визначили основні напрями їх використання для виробництва солоних м'ясних виробів [13]. Оскільки це чинить сприятливий вплив на розподіл інгредієнтів посолів в не подрібненій м'ясній сировині, а так само прискорює фізико-хімічні і біохімічні процеси дозрівання м'яса на цьому етапі виробництва.

Таким чином, посол м'яса можна розглядати, як один з прийомів технологічної обробки, що дозволяє напрямлено модифікувати властивості основної сировини з метою отримання продуктів, орієнтованих на високі споживчі властивості. Вивчення хімізму процесу посолу м'ясної сировини, виявлення основних закономірностей і чинників його інтенсифікації у поєднанні з різними методами електрофізичної дії складає певний інтерес наукових досліджень в частині перспектив розробки модифікованих способів посолу в технології продуктів переробки м'яса.

1.3 Перспективи використання ультразвукової дії в технології виробництва продуктів переробки м'яса

Нині дія акустичних коливань використовуються стимулюючого, інтенсифікуючого і оптимізуючого чинника практично в усіх класах технологічних процесів [14]. Так, наприклад, при акустичному диспергуванні або акустичному очищенні проявляється їх стимулюючий характер. Інтенсифікацію спостерігають при збільшенні швидкості процесів, прикладом можуть служити, акустичне розчинення, акустична кристалізація і сушка. У тих випадках, коли за рахунок акустичних коливань спостерігається впорядкування течії процесу (акустична

грануляція і акустичне центрифугування) проявляється оптимізуючий характер їх дії.

Відомо, що дія ультразвуку (УЗ) на хіміко-технологічні процеси здійснюється через ефекти першого і другого порядку. До ефектів першого порядку відносять частоту, інтенсивність і швидкість акустичних коливань. До ефектів другого порядку відносять нелінійні ефекти, що розвиваються в рідині при поширенні потужних акустичних коливань – кавітація (розривання суцільності рідини), акустичні течії (звуковий вітер), пульсація газових бульбашок і тому подібне.

Застосування ультразвукової дії представляє чималий інтерес з точки зору їх впливу на фізико-хімічних і інші властивості сировини і готової продукції в харчовій і переробній промисловості.

У таблиці 1.5 приведені основні напрями застосування ультразвукової дії в харчовій і переробній промисловості [15].

Нині в сучасній і зарубіжній літературі приведена безліч даних, таких, що підтверджують ефективність використання ефектів ультразвукової дії в переробці м'яса забійних тварин.

Доведена здатність кавітаційно-дезінтегрованої води дисоціювати і розчиняти компоненти розсолів. У харчовій промисловості розроблені способи приготування водних розчинів електролітів [15].

Суть організації процесу приготування активованих електролітів зводиться до первинної ультразвукової обробки води і наступним змішуванням з нею інших компонентів розсолу. У такій воді іони електроліту набувають щільні сольватні оболонки з вільних молекул води, тобто імобілізуються ними, що перешкоджає їх асоціації.

Подібні способи виробництва електролітів збільшують стійкість устаткування для ультразвукової кавітації до ерозії і корозії. Отримані подібним способом електроліти рекомендовані авторами [16] до використання в технологічних процесах посолу сировини в технології м'ясопродуктів. У активування розсолу при цьому рекомендовано

здійснювати при відношенні максимальної усередині реактора амплітуди тиску акустичної хвилі в межах від 2 до 23 до значення гідростатичного тиску в реакторі.

Таблиця 1.5 – Напрями застосування ультразвукової дії в харчовій і переробній промисловості

Галузь промисловості	Напрямок використання	Результат ультразвукової дії
1	2	3
М'ясопереробна промисловість	Застосування акустичної кавітації розчинів для посолу м'яса	- збільшення міри дисоціації іонів солі; - збільшення виходу готових
	Вплив ультразвуку на утворення емульсій	- зменшення розміру жирової фази;
	Приготування розсолів посолів з використанням кавітаційної дезінтеграції при оптимальних режимах інтенсивності дії	- скорочення кількості солі і нітриту; - відсутність вологоутримуючих добавок; - скорочення часу соління;
Лікєро-горілочна промисловість	Дослідження впливу ультразвукової обробки деревних екстрактів	- скорочення тривалості екстрагування; - збільшення кількості загального екстракту; - деструкція деревини.
Зберігання та переробка сільсько-господарської сировини	Кондиціонування і обробка зерна перед його закладкою на зберігання або при переробці зерна в борошно кавітаційно-активованою водою	- підвищення виходу борошна; - поліпшення вимелюваності оболонки; - зниження мікробіологічної забрудненості; - поліпшення показника білизни борошна

Хлібопекарська та борошномельна галузь	Виробництво хліба з використанням води, що пройшла ультразвукову обробку	<ul style="list-style-type: none"> - підвищення стійкості хліба до мікробіологічного псування; - збільшення терміну зберігання; - підвищення якості хліба
Молочна промисловість	Гомогенізація і збагачення молока білком шляхом кавітаційної дезінтеграції	<ul style="list-style-type: none"> - збільшення змісту білку; --покращення якості кисломолочних продуктів і сиру; - збільшення виходу сиру; - скорочення тривалості технологічних процесів;
	Детоксикація молочної сировини	<ul style="list-style-type: none"> - - зниження змісту важких металів в молоці-сировині
	Дослідження впливу ультразвукової обробки на якість відновлених молочних продуктів	<ul style="list-style-type: none"> – Збільшення ступеня розчинності; - Гомогенізація молочного продукту
Безалкогольне виробництво	Дослідження впливу ультразвукової дії на якість напоїв на натуральній основі	<ul style="list-style-type: none"> - Інтенсифікація процесу екстракції; - поліпшення органолептичних властивостей напоїв; - підвищення фізіологічної

Доведена ефективність вбудовування ультразвукової водопідготовки для безреагентного, екологічно безпечного регулювання функціонально-технологічних властивостей систем фаршів і готової продукції, у тому числі що виробляється з сировини тривалого зберігання і з дефектами автолізу (PSE, DFD) при збереженні показників виходу. Виражена сприятлива дія активованої води відмічена на збільшенні зберігання продукту: показник КМАФAM (ЯКЕ/г) після закінчення трьох діб зберігання склав $2,8 \cdot 10^2$, для дослідних зразків і $1 \cdot 10^5$ для контрольних [14].

Доведено позитивний вплив гідратації сонохімічно обробленого розсолу на терморезистентність біологічно цінних компонентів в напівфабрикатах з рубаного м'яса забійних тварин. Показано що компоненти, що обумовлюють смак, аромат і харчову цінність рубаних напівфабрикатів не руйнуються або руйнуються частково в процесі термообробки фаршу, внаслідок придбання їх оболонками гідратів, що захищають їх від термічної денатурації [15].

У публікаціях є відомості про використання активованої води і розсолів на її основі для інтенсифікації процесу посолу м'яса. Дослідження, проведені в сфері застосування активованих рідин в м'ясній галузі, визначили основні напрями їх використання для виробництва солоних м'ясних виробів [14]. Встановлено, що застосування розсолів на основі електроактивованої води при виробництві солоних м'ясопродуктів сприяє більш рівномірному розподілу інгредієнтів посолів, а так само прискорює фізико-хімічні і біохімічні процеси, що відбуваються при посолі м'яса.

Підводячи підсумки результатів аналізу застосування ультразвукової дії в харчовій і переробній промисловості, відмітимо його істотний позитивний вплив на формування необхідних якісних характеристик об'єктів дії, поліпшення умов протікання процесів і їх інтенсифікацію, практично в усіх розглянутих випадках.

В той же час, дані про використання ультразвукової дії як чинника формування споживчих властивостей продуктів переробки м'яса нині є недостатніми. Особливий інтерес представляє здатність до гідратації біополімерів, а також виражена бактерицидна дія таких активованих для кавітації середовищ. Найбільш перспективним і актуальним представляється вивчення можливості застосування гідрофізичного способу як чинника спрямованого коригування функціонально-технологічних властивостей м'яса і формування поліпшених споживчих властивостей продуктів його переробки шляхом використання розсолів

оброблених ультразвуком.

1.4 Висновки до розділу 1

1. В цілях мінімізації проблем якості початкової сировини необхідно використовувати такі способи і режими підготовки сировини, які забезпечать оптимальні функціонально-технологічні характеристики сировини, що дозволяють досягати заданої якості готових продуктів.

2. Серед прийомів технологічної обробки, соління слід розглядати як процес, що дозволяє напрямлено модифікувати властивості основної сировини з метою отримання продуктів, орієнтованих на високу якість.

3. У прагненні поліпшити споживчі властивості готових продуктів великий науковий і практичний інтерес складає розробка модифікованих способів посолу із застосуванням ультразвукової кавітаційної дії, як чинника спрямованого на коригування функціонально-технологічних властивостей м'ясної сировини.

РОЗДІЛ 2
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКИ
ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Плоска кавітаційна камера з ультразвуковим приводом-випромінювачем на донній поверхні

Установка створена з метою моделювання умов ультразвукової кавітаційної обробки технологічної суміші в шарі. Установка містить (рис. 2.1 –2.2) прямокутну кавітаційну камеру з плоскодонною поверхнею, на якій було встановлено ультразвуковий привід-випромінювач, за допомогою якого в шар технологічної суміші вводилися ультразвукові коливання.

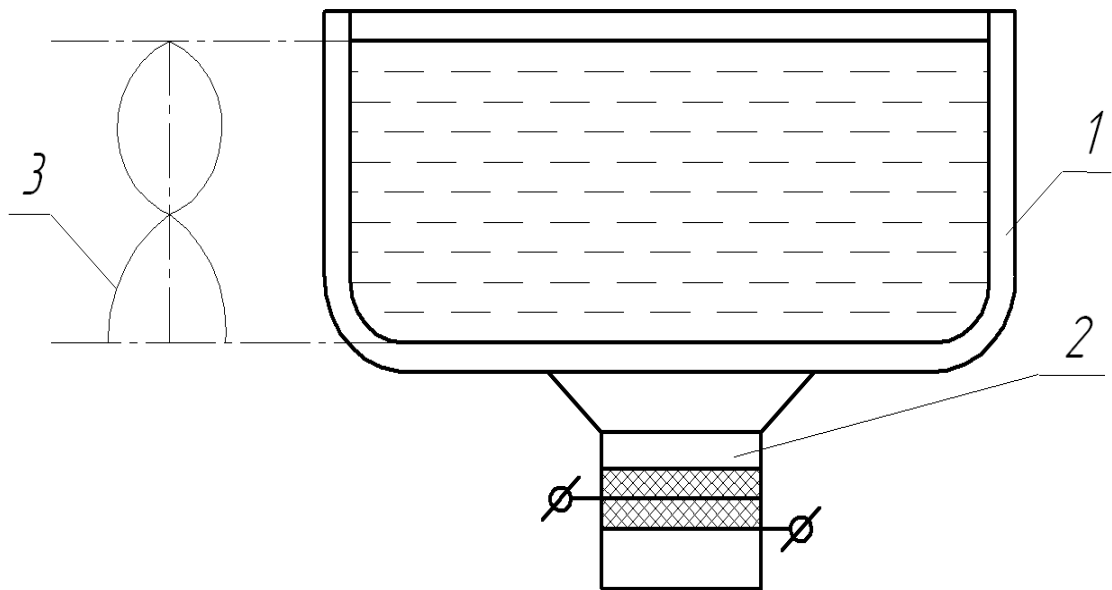


Рисунок 2.1. Схема експериментальної установки з плоскою кавітаційною камерою: 1 – кавітаційна камера; 2 – ультразвуковий привід-випромінювач; 3 – хвиля акустичних коливань по глибині кавітаційної камери



Рисунок 2.2. Зовнішній вигляд експериментальної установки з плоскою кавітаційною камерою

Габаритні розміри та форма ванни обрані з розрахунку укладання непарної кількості чвертей хвиль акустичних коливань по глибині ванни. При цьому у ванні встановлювалися стоячі ультразвукові хвилі та забезпечувався максимально ефективний режим введення ультразвукових коливань у рідину.

Ультразвукова коливальна система представлена малоамплітудним приводом-випромінювачем у вигляді систем п'єзоелектричного перетворювача Ланжевена, що містить активну та пасивну накладку, між якими розміщені два п'єзокерамічних кільця, підключених до генератора електричних коливань. Для кращого узгодження з рідинним навантаженням активна насадка виконана конічною з розширенням.

Електроживлення систем управління, сигналізації та електронагрівання здійснюється напругою 50 Гц 220 В від

промислової мережі.

Експериментальні дослідження у відкритій кавітаційній ванні з приводом-випромінювачем на донній поверхні здійснювалися на частоті 22 кГц. Потужність, що споживалася, становила 100 Вт.

2.2 Товарознавча оцінка якості продуктів переробки м'яса, вироблених з використанням ультразвукового впливу

Товарознавча оцінка якості зразків м'яса була проведена за комплексом органолептичних та фізико-хімічних показників якості. Разом з тим слід зазначити, що в комплексному сприйнятті якості м'яса для споживачів пріоритетне значення мають органолептичні показники, а в їх сукупності виділені «смак і аромат» і «консистенція».

Органолептична оцінка зразків ґрунтувалася на бальній оцінці, була використана дев'яти рівнева оціночна шкала (ГОСТ 9959-91 «Продукти м'ясні. Загальні умови проведення органолептичної оцінки») з наступною номенклатурою показників для напівфабрикатів після термічної обробки:

- зовнішній вигляд;
- вид на розрізі;
- аромат;
- смак;
- консистенція;
- соковитість.

Були використані нечіткі градації якості на основі вищевказаного стандарту і узагальнені:

- 9-8 балів - відмінна якість,
- 8-7 - гарна якість,
- 7-6 задовільна якість,
- менше 6 - незадовільна якість.

Номенклатура показників якості була складена з урахуванням вимог нормативної документації і на підставі вивчення споживчих переваг,

проведених на етапі розробки матриці залежності споживчих властивостей напівфабрикатів з м'яса від властивостей сировини. Підготовка зразків і проведення органолептичної оцінки здійснювалися з урахуванням існуючих вимог.

Дегустаційна оцінка м'яса після термічної обробки показала, що всі дослідні зразки, отримані на основі ультразвукової обробки, мали більш високі оцінки в порівнянні з контролем (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Результати дегустаційної оцінки м'яса після термічної обробки

Група	Зовнішній вигляд	Вид на розрізі	Аромат	Смак	Консистенція	Соковитість	бал
Дослід	зберіг форму	Зріз злегка вологий при натисканні волога практично не виділяється, кремовий колір з рожевим відтінком	Властивий, типовий, яскраво виражений	Властивий, типовий, солонуватий, виражений, приємні	Пружна, на волокна не розпадається	Достатньо соковите	8,5
контроль	зберіг форму	Зріз сухий, при натисканні волога не виділяється, кремовий колір з сіруватим відтінком	Властивий	Властивий, слабо-виражений, солонуватий	Жорстка, пружна, волокниста	Сухувате, недостатньо соковите	7,5

Для всіх дослідних зразків відзначено прояв більш яскравого та інтенсивного кольору, що, на наш погляд, може бути пов'язано зі зниженням концентрації заліза у воді в результаті її кавітаційної активації і стабілізація процесу кольороутворення. Профілограми органолептичних

показників натуральних і рубаних напівфабрикатів вказують на позитивну динаміку впливу кавітації впливу в оцінюваних показниках.

Так для дослідних зразків (рис. 2.3) був відзначений більш типовий м'ясний смак, а оцінка за даним критерієм на 0,9 бала вище контрольного зразка; дослідні зразки також відрізняються гармонійністю сформованого флевора і його інтенсивністю - оцінки за цими критеріями наближені до максимуму - 9,8 бала.

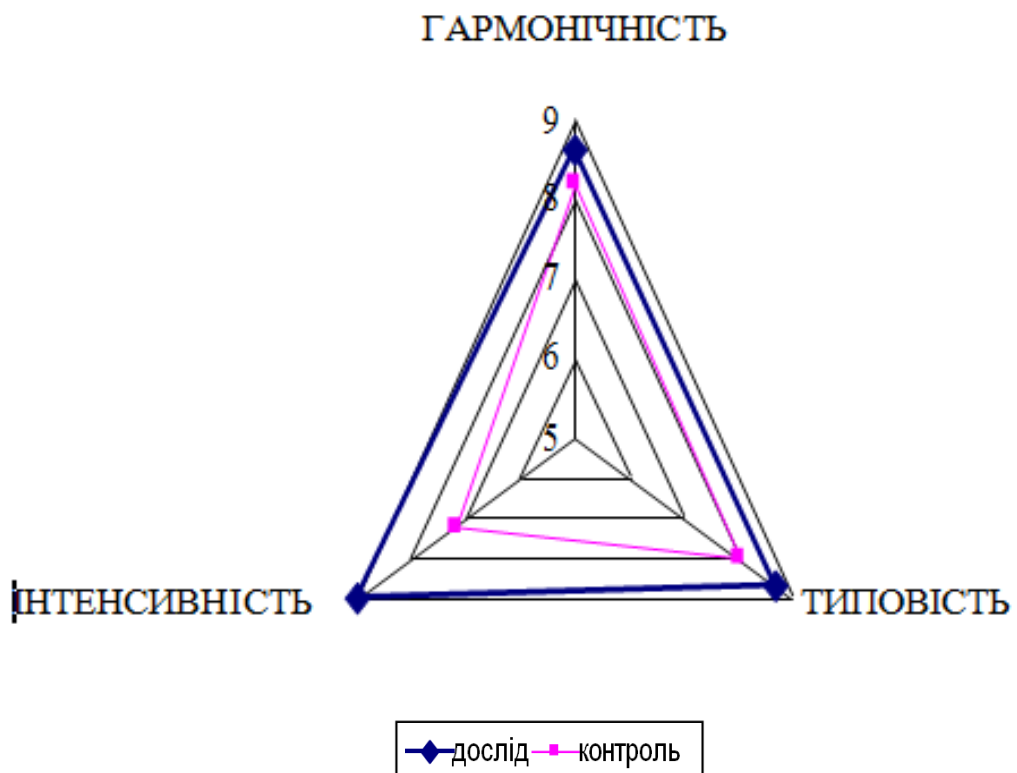


Рисунок 2.3. Результати дегустаційного аналізу зразків за критерієм «смак та аромат»

Висока інтенсивність і вираженість смаку і аромату в дослідних зразках м'яса, вироблених на основі застосування кавітаційного впливу, ймовірно, обумовлені ефектом підвищення терморезистентності біополімерів м'яса в результаті їх гідратації обробленим УЗ. Дані результати узгоджуються і з результатами досліджень вчених [22], які

показали, стабільність ароматичних сполук в м'ясних продуктах, що містять воду, що пройшла кавітаційну обробку, внаслідок придбання цими органічними сполуками щільних гідратних оболонок з утворених при сонохімічеської обробці мономолекул води, що дозволяють їм існувати в вигляді гідратованих колоїдів і комплексних іонів в широкому діапазоні температур, не піддаючись термічній денатурації.

Порівняльна органолептична оцінка консистенції натуральних напівфабрикатів (рис. 2.4) показала, що дослідні зразки перевершували контроль по всім одиничним характеристикам: ніжність, м'якість, пружність, соковитість, пережовуванність.

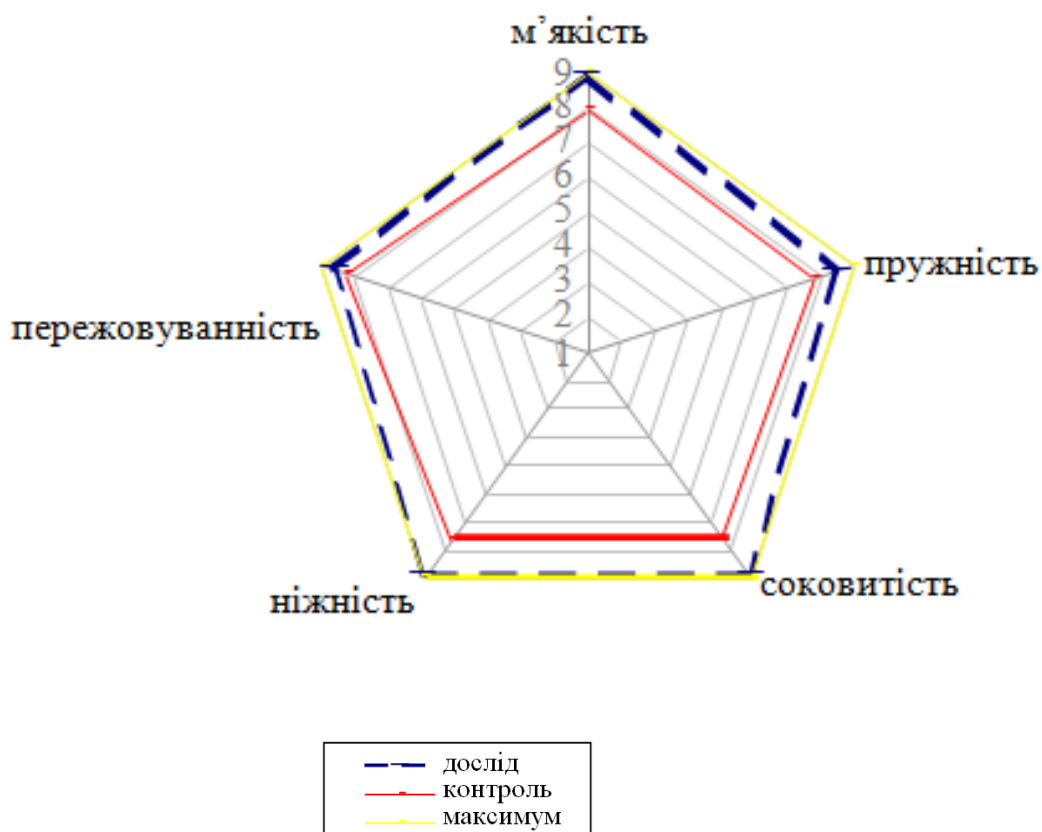


Рисунок 2.4 – Результати дегустаційного аналізу натуральних напівфабрикатів за показником «консистенція»

При цьому відзначені найбільш високі значення характеристик - соковитість і м'якість. Після термічньої обробки спостерігалось зростання

даного параметра. Ймовірно, це обумовлено здатністю колагену і еластину, що містяться в м'язах, краще гідролізуватися під дією термічної обробки з утворенням глютину і желатозу, які мають виражену вологоутримуюча здатністю [15].

Фізико-хімічні показники якості оцінювалися за такою номенклатурою загальна волога (%), рН, зусилля різання (Н/мм). Результати визначення фізико-хімічних показників якості м'яса традиційної і модифікованої технології представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати оцінки фізико-хімічних показників дослідних і контрольних зразків.

Показник	Зразки напівфабрикатів	
	дослід	контроль
Загальна волога, %	76,5	77,0
рН	6,7	6,5
Зусилля різання (поперек м'язів), Н/мм	0,28	0,30

Аналіз отриманих даних свідчить про позитивну динаміку для дослідних зразків за всіма показниками по відношенню до контролю. Це свідчить про позитивний вплив ультразвукової обробки, як фактора що сприяє активізації ферментативних систем і, як наслідок, збільшення швидкості перетворення основних компонентів сировини. Показник рН дослідних зразків зміщений в лужну сторону в середньому на 0,2 одиниці, що обумовлено інтенсифікацією процесів автолізу в системі продукту. Обробка викликає підвищену проникність біомембран, що в сукупності сприяє підвищенню активності ферментативних систем продукту.

2.3 Вплив обробки ультразвуковими хвилями на зміну температури м'ясної сировини

Враховуючи, що ультразвукові хвилі впливають на зміну температури м'ясної сировини, були проведені дослідження щодо визначення динаміки зміни її температури при обробці ультразвуковими хвилями частотами 15, 22 та 35 кГц.

Обробка УЗ може відбуватися як при низьких, так і при високих частотах. При обробці м'ясної сировини найбільш перспективним являється застосування низьких частот УЗ, так як при високих частотах через велику направленість випромінювання по глибині, рельєфність сировини знаходиться в області звукової тіні і не піддається кавітаційній дії. Низькі частоти отримали широке застосування, оскільки при їх застосуванні кавітація виникає при невеликій інтенсивності ультразвукових коливань. Підвищення частоти більше 35 кГц небажано також через збільшення порогу кавітації в рідині, тобто збільшення мінімального значення звукового тиску, необхідного для виникнення кавітації при заданих умовах.

Перевагою низької частоти являється сильна кавітація при меншій інтенсивності звуку, а великі хвилі сприяють більш глибокому розповсюдженні коливань. При низькій частоті м'ясна сировина починає вібрувати [16].

Обробку результатів дослідження проведено по загально визначеній методиці. Значення експериментальних даних в досліджувальній точці вимірювали мінімум 5 разів. Після чого проводимо розрахунок похибок вимірювання з перевіркою на наявність грубих помилок.

За експериментальними даними побудовано графік залежності температури досліджуваних зразків м'ясної сировини від часу обробки ультразвуковим випромінюванням частотами 15, 22, 35 кГц, зображеного на рис. 2.5.

За результатами математичної обробки можна зробити висновок,

що залежність температури досліджуваних зразків м'ясної сировини від часу обробки ультразвуковим випромінюванням частотою 15, 22, 35 кГц можна визначити за формулами 2.1 – 2.3.

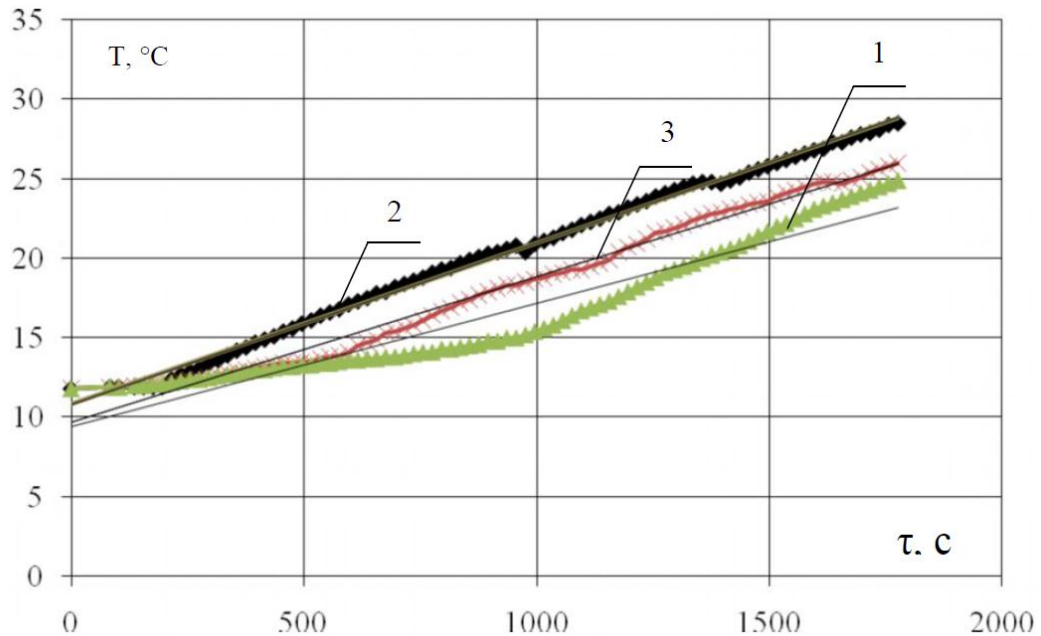


Рисунок 2.5. Графік залежності температури досліджуваних зразків м'ясної сировини від часу обробки ультразвуковим випромінюванням частотами 15 (1), 22 (2), 35(3) кГц

Обробка зразків м'ясної сировини частотою ультразвукових хвиль 15 кГц із коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2=0,922$:

$$y = 0,007x + 9,385 \quad (2.1)$$

де x – тривалість обробки ультразвуковими хвилями, с;

y – значення температури м'ясної сировини при обробці ультразвуковими хвилями, °С.

Обробка зразків м'ясної сировини частотою ультразвукових хвиль 22 кГц із коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2=0,996$:

$$y = 0,0102x + 10,805, \quad (2.2)$$

де x – тривалість обробки ультразвуковими хвилями, с;

y – значення температури м'ясної сировини при обробці ультразвуковими хвилями, °С.

Обробка зразків м'ясної сировини частотою ультразвукових хвиль 35 кГц із коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2=0,985$:

$$y = 0,009x + 9,694, \quad (2.3)$$

де x – тривалість обробки ультразвуковими хвилями, с;

y – значення температури м'ясної сировини при обробці ультразвуковими хвилями, °С.

Результати перевірки трьох ультразвукових випромінювачів доведено, що під час ультразвукової обробки температура середовища, в яке відбувається випромінювання, зростає. При чому чим довше та більше в це середовище подається енергія ультразвукових хвиль, тим вища його температура. Із даних, зображених на рис. 2.4, видно, що ультразвуковий випромінювач частотою 22 кГц, має найкращі енергетичні показники, оскільки величина середньооб'ємної температури при тій же тривалості обробки у нього більша. Тому випромінювач частотою 22 кГц було визнано найефективнішим для проведення обробки м'ясної сировини під впливом ультразвукових хвиль.

2.4 Висновки до розділу 2

1. Експериментальні дослідження обробки м'ясної сировини – це обробка в шарі, тому доцільно проводити з використанням експериментального стенду у вигляді плоскої кавітаційної камери з ультразвуковим приводом-випромінювачем на донній поверхні.

2. У ході дослідження органолептичних показників встановлено позитивний вплив ефектів ультразвукового впливу на такі показники м'яса як консистенція, смак і аромат. Спостерігається накопичення смакоароматичних з'єднань і підвищується соковитість продукту.

3. Комплексна товарознавча оцінка контрольних і дослідних зразків м'яса, отриманих з використанням ефектів ультразвукового впливу, показала, що дослідні зразки перевершують контрольні за органолептичними показниками і відповідають прийнятим нормам харчової повноцінності.

4. Ультразвуковий випромінювач частотою 22 кГц, має найкращі енергетичні показники

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВІТАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ

Нині одним з найбільш перспективних засобів фізичної дії на рідкі або тверді компоненти, які використовуються для інтенсифікації ряду технологічних процесів, є застосування механічних коливань ультразвукового (УЗ) діапазону, або ультразвукових коливань (УЗК).

Так, наприклад, УЗ-дія широко застосовується в медицині, хімічній, нафтопереробній, харчовій, будівельній і багатьох інших галузях промисловості для отримання суспензій і емульсій з різних речовин, диспергування, різання, зварювання, відмивання дрібних деталей від механічних забруднень, обробки твердих і крихких матеріалів, для препарування об'єктів з кристалічних, порошкоподібних, волокнистих й інших речовин при електронно-мікроскопічних дослідженнях, при виробництві композиційно-волокнистих полімерних матеріалів й у ряді інших технологічних процесів [17 – 20].

Практичне використання пружних коливань звукового і УЗ-діапазонів частот передусім пов'язане з фізичними властивостями середовища, в якому вони поширюються, і тими явищами, які виникають при поширенні цих коливань [19 – 21]. При поширенні інтенсивних УЗК в рідкому середовищі спостерігається тісно пов'язаний із звуковим тиском ефект, що зветься УЗ-кавітацією. Явище кавітації обумовлене головним чином тим, що рідини, легко «переносячи» дуже великі усебічні стискування, надзвичайно чутливі до розтягуючих зусиль. Тому при проходженні фази хвилі, створюючої розрідження в рідкому середовищі, утворюється дуже велика кількість розривів у виді найдрібніших бульбашок, що зазвичай, з'являються, в таких місцях, де міцність рідини послаблена.

Як правило, такими місцями є маленькі бульбашки газу, частки

сторонніх домішок тощо. Ці маленькі порожнини (кавітаційні бульбашки), які здійснюють пульсуючі коливання, приводять до появи навколо них сильних мікротечій і локальної турбулізації середовища. Створювані бульбашки після короткочасного існування закриваються під час фази стискування у хвилі, розвиваючи при цьому великі місцеві підвищення тиску, що досягають сотень атмосфер [19 – 21]. Ударні хвилі, які виникають при закритті кавітаційних бульбашок, приводять до механічних руйнувань на поверхні твердого тіла, що у ряді випадків ефективно використовується для промислових цілей.

Крім того, при закритті кавітаційних бульбашок спостерігається різке підвищення температури і виникнення електричних розрядів. Це, у свою чергу, приводить до активації рідини за рахунок появи в ній електричних зарядів, багатих на енергію дисоційованих й іонізованих молекул, а також атомів і вільних радикалів [19, 20].

Необхідна для виникнення кавітації інтенсивність УЗ залежить від частоти коливань і властивостей озвучуваної рідини. Тому при застосуванні потужних випромінювачів, використовуваних в різних технологічних процесах, необхідно контролювати рівень інтенсивності, щоби не відбувалося в середовищі таких небажаних змін, як механодеструкція, небажані хімічні реакції й тому подібне. Не слід забувати і про те, що рівень інтенсивності і частоти коливань повинні відповідати санітарним нормам і вимогам технології [21, 22].

У зв'язку з цим є доцільним аналіз наявних методик розрахунку і перевірки працездатності ефективних технічних засобів кавітаційної обробки, які генерують необхідні для конкретних технологічних процесів УЗК.

3.1 Аналіз методик розрахунку ультразвукових технологічних апаратів

Слід заздалегідь відмітити, що створення універсальних УЗ-установок і пристроїв нині практично не представляється можливим, оскільки кожен технологічний процес, пов'язаний з використанням УЗК безпосередньо в будь-яких середовищах, має ряд специфічних особливостей [21, 22]. Ці особливості в основному визначаються різними конструктивними формами технологічних пристроїв, що перетворюють електричні коливання УЗ-частоти в механічні коливання безпосередньо в твердих або рідких середовищах.

Різноманітність конструктивних форм УЗ-технологічних пристроїв призводить до істотної відмінності їх акустичних параметрів і енергетичних характеристик. Конструкції ж УЗ-технологічних пристроїв в основному визначаються тим конкретним процесом, для здійснення якого вони призначаються [20]. Серед засобів кавітаційної обробки з плоскою випромінюючою пластиною найбільш масовими і такими, що добре себе зарекомендували у багатьох галузях промисловості, є пристрої у вигляді ванн з рідкими середовищами із забезпеченням введення у них УЗК. Останні створюються за допомогою магнітострикційних перетворювачів (ПМС) або п'єзокерамічних перетворювачів пакетного типу [21, 22].

Внаслідок малої амплітуди коливань від перетворювачів пакетного виду, що є недостатньою для протікання ряду технологічних процесів, які вимагають великої концентрації енергії на певній площі (чи об'ємі), застосовують спеціальні концентратори енергії з різними типами хвилеводів [21, 22]. У свою чергу, при проектуванні і експлуатації коливальної системи, що складається з випромінюючої пластини з магнітострикційними або електрострикційними вібраторами, потрібне виконання ряду умов, що забезпечують резонансний режим роботи цих коливальних систем [22].

Основна проблема при проектуванні коливальних систем, що містять випромінюючу пластину, полягає в тому, що розміри цих пластин, як правило, підбирають з урахуванням вищевикладених вимог в основному експериментально. При цьому враховують, що великі розміри випромінюючої поверхні пластини призводять до того, що остання, у разі кріплення однопаquetного ПМС, зазнає згинні коливання, чим обумовлює нерівномірність УЗ-поля уздовж і поперек зовнішній (робочій) поверхні пластини.

Ця нерівномірність утруднює раціональне використання перетворювачів в автоматизованих технологічних установках, особливо при очищенні деталей, зварюванні, а також при контактній обробці тканих матеріалів значної ширини. Внаслідок цього можлива поява дефектних ділянок отриманого кінцевого матеріалу.

У зв'язку з цим нині починають знаходити широке застосування перетворювачі, магніострикційні пакети яких розташовані в певному порядку, тобто на певній відстані один від одного, і які припаяні до загальної пластини постійного перерізу [21, 22]. Проте складність виготовлення, трудність кріплення магніострикційних пакетів до випромінюючої пластини і періодичної їх заміни, а також низький к.к.д. та необхідність постійного водяного охолодження в процесі роботи ПМС є основним недоліком таких ПМС [21, 22].

Окрім цього, п'єзоелектричні перетворювачі, використовувані в УЗ-установках разом з ПМС, є, як правило, резонансними системами, що працюють на частотах основного резонансу або непарних гармонік [19 – 22]. Використовуване при роботі п'єзокерамічних перетворювачів повітряне охолодження не викликає ані додаткових втрат енергії, ані кавітаційного руйнування, як у випадку використання примусового водяного охолодження магніострикційних пакетів.

Тому п'єзокерамічні перетворювачі, враховуючи також легкість їх виготовлення і можливість створення різноманітних конструктивних форм,

знаходять усе більше застосування у промисловості для широкого спектру технологічних процесів [21, 22].

Нерівномірність поля згинного випромінювача може бути зменшена раціональним вибором типу випромінювача УЗ, геометричних розмірів випромінюючої пластини, наприклад її товщини, а також впорядкуванням розташування випромінювачів один відносно одного і відносно оброблюваного об'єкту (середовища).

Вищевикладене зумовлює напрями досліджень при розробці відповідних удосконалених методик розрахунку таких коливальних систем на базі плоскої випромінюючої пластини, а також методик перевірки їх працездатності.

Передумовою до розроблення удосконаленої методики розрахунку конструктивних параметрів УЗ-кавітаційного пристрою є роботи [23–26], а уточнена методика перевірки працездатності ультразвукового кавітаційного пристрою в основному базується на результатах роботи [24].

Так, зокрема, відомий спосіб вибору геометричних розмірів випромінюючої пластини, відповідно з яким розміри цієї пластини, до якої кріплять однопакетний магнітострикційний перетворювач, вибирають експериментально [24]. Згідно з цим способом, потрібно проводити коштовні і численні експериментальні дослідження для вибору оптимальних розмірів випромінюючої пластини. У той же час великі розміри випромінюючої пластини призводять до утворення згинних коливань, наслідком яких є нерівномірність УЗ-поля уздовж і поперек наріжної поверхні пластини.

Також слід відзначити ще один спосіб вибору і розрахунку конструктивних параметрів УЗ-кавітаційного пристрою з випромінюючою пластиною, відповідно до якого як коливальну систему із випромінюючою пластиною вибирають коливальну систему на базі чотиригранного стрижня [23]. Шукану довжину чотиригранного стрижня $\ell_{\text{ст}}$ знаходять із відповідного виразу для згинних коливань $f_{\text{ст}}$ цього стрижня.

Недоліком цього способу є можливість отримання лише неповних залежностей для вибору і розрахунку ефективних конструктивних параметрів випромінюючої УЗК пластини, а також відсутність уточнених розрахункових залежностей для визначення резонансних акустичних розмірів елементів коливальної системи на базі п'єзокерамічних перетворювачів і трансформаторів швидкості за резонансного режиму згинних коливань випромінюючої пластини.

У цих же роботах [21, 22] містяться описи деяких способів збирання і перевірки працездатності зібраного УЗ-кавітаційного пристрою. До пластини кріплять однопакетний ПМС, розміри якого вибирають експериментально, і здійснюють подальшу перевірку працездатності зібраного пристрою шляхом вимірювання амплітуди коливань уздовж і поперек пластини за резонансного режиму. Проте й тут потрібно проводити коштовні і численні експериментальні дослідження для вибору ефективних розмірів випромінюючої пластини.

Відповідно до іншого способу збирання кавітаційного пристрою з коливальною системою [21], як коливальну систему із шуканою випромінюючою пластиною вибирають коливальну систему на базі чотиригранного стрижня, яку з'єднують з випромінювачем УЗК. Далі вибирають матеріал і товщину випромінюючої пластини, а також резонансну частоту УЗК, виходячи з технологічних особливостей реалізації досліджуваного УЗ-технологічного процесу, забезпечуючи контакт випромінюючої пластини з випромінювачем УЗК.

Далі для обраної резонансної частоти УЗК визначають довжину хвилі згинних коливань випромінюючої пластини з урахуванням бажаної моди коливань або порядку частоти. Після цього здійснюють перевірку працездатності зібраного УЗ-кавітаційного пристрою, а шукану довжину чотиригранного стрижня $\ell_{\text{ст}}$ також знаходять із виразу для згинних коливань $f_{\text{ст}}$ цього стрижня.

Недоліком є обмеженість його застосування при збиранні

коливальної системи на базі п'єзокерамічних перетворювачів і трансформаторів швидкості за резонансного режиму згинних коливань випромінюючої пластини.

3.2 Інженерна методика розрахунку кавітаційного апарату на базі випромінюючої пластини

Підведення акустичної енергії до кавітаційного апарату на базі випромінюючої пластини 1 (рис. 3.1) здійснювали за допомогою випромінювачів УЗ–5, які щільно фіксували до пластини за допомогою різьбового з'єднання і зварювання.

Уздовж і поперек (рис. 3.1) випромінюючої пластини 1 регулярно розміщували декілька секцій з випромінювачами УЗ. Це дає можливість забезпечити необхідну площу випромінюючої поверхні (рис. 3.2). Резонансна частота згинних коливань випромінюючої пластини 1 і необхідна площа випромінювання кавітатора дають можливість вибрати необхідну кількість УЗ-випромінювачів, які можна встановити на її нижній поверхні.

При цьому для досягнення максимального ефекту випромінювачі УЗ, що розміщувались поруч, підключалися протифазно, а випромінювачі, що розміщувались через один – синфазно. Оскільки випромінювачі УЗ можуть живитися як від одного, так і від двох УЗ-генераторів 7, то у разі застосування одного УЗ-генератора необхідний протифазний режим роботи досягався врахуванням полярності п'єзоелементів при збиранні відповідних випромінювачів УЗ.

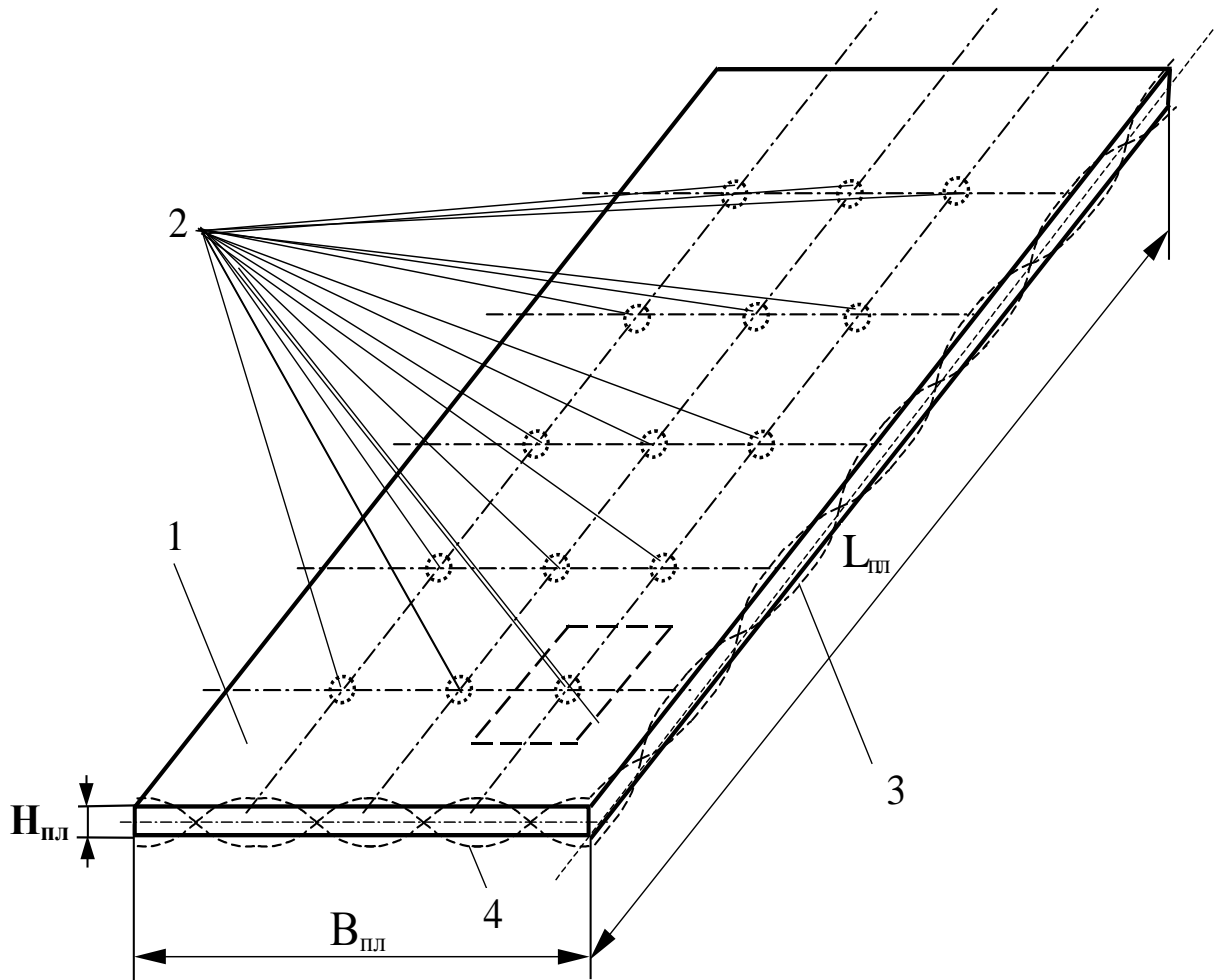


Рисунок 3.1. Схема регулярного розміщення УЗ-вібраторів на нижній поверхні робочої випромінюючої пластини, що здійснює резонансні згинні коливання (пунктирною лінією позначені границі подібної ділянки пластини з елементами її кріплення до вібратора УЗК): 1 – випромінююча пластини; 2 – місця кріплення УЗ-вібраторів на нижній поверхні робочої випромінюючої пластини; 3 – хвилі згинних коливань по довжині $L_{\text{пл}}$ пластини; 4 – хвилі згинних коливань по ширині $B_{\text{пл}}$ пластини

Задіяні в кавітаційному апараті випромінювачі УЗ були зібрані за схемою однохвильової акустичної системи (рис. 3.3).

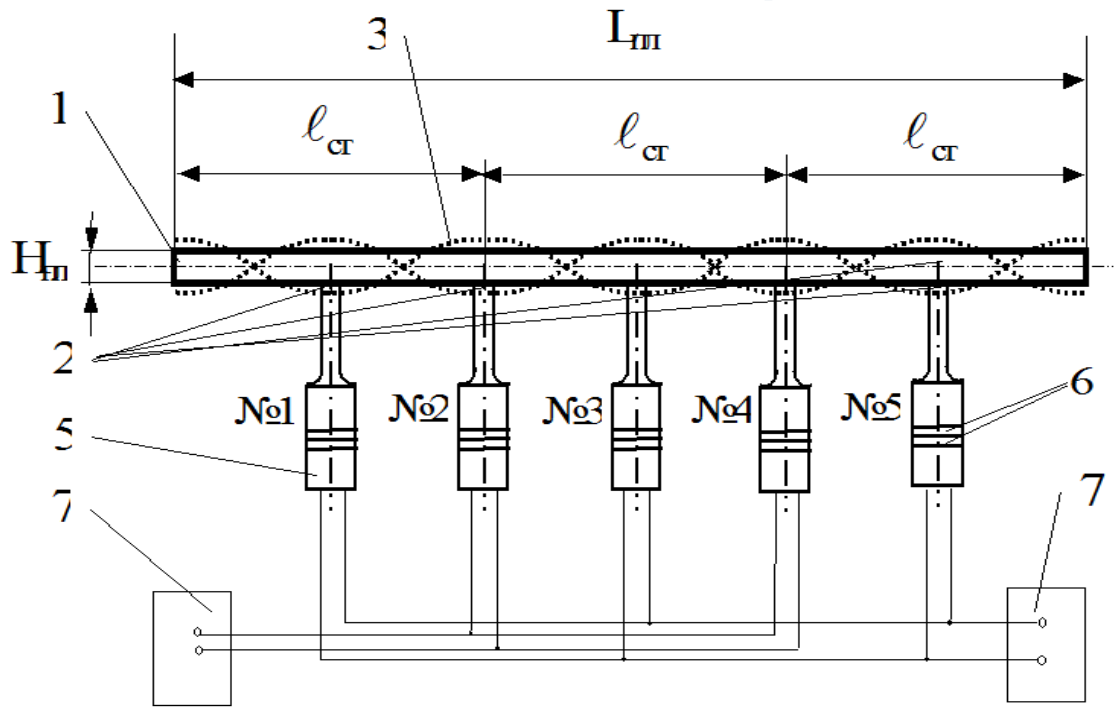
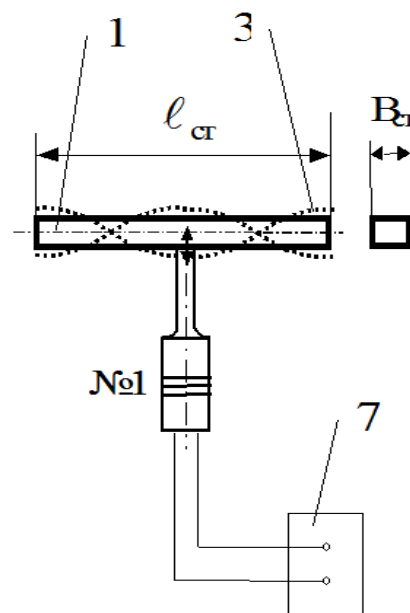
**a****б**

Рисунок 3.2. Порядок розміщення й підключення УЗ-вібраторів, зібраних на п'єзоелектричних перетворювачах, на нижній частині випромінюючої пластини по її довжині (а) і на стрижні (хвилеводі) шириною $B_{\text{ст}}$, що здійснюють згинні коливання (б): 1 – випромінююча пластини; 2 – місця кріплення УЗ-вібраторів на нижній поверхні робочої випромінюючої пластини; 3 – хвилі згинних коливань; 5 – УЗ-вібратори, що зібрані на базі п'єзокерамічних перетворювачів 6; 7 – УЗ-генератор

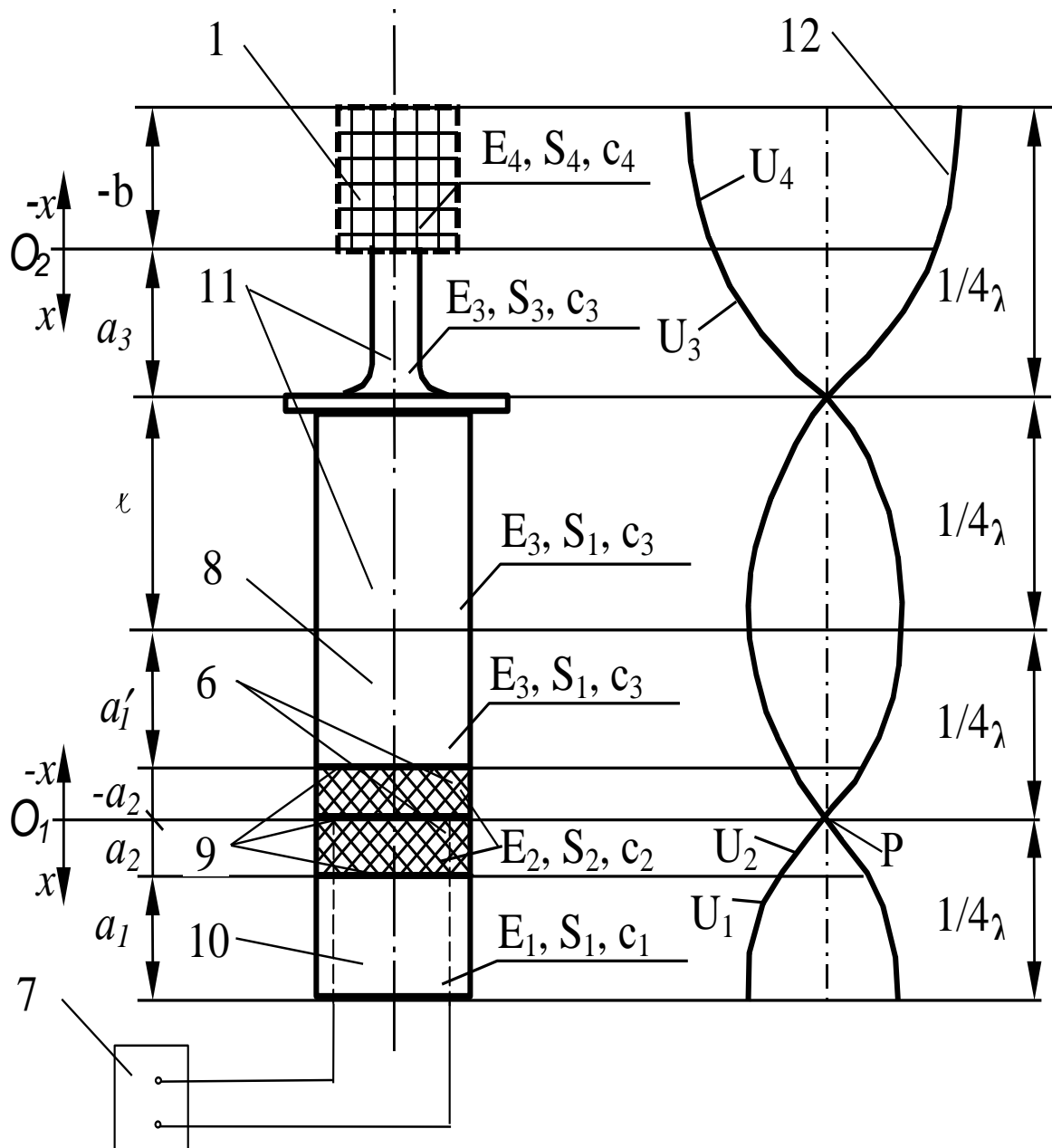


Рисунок 3.3. Розрахункова схема однохвильового УЗ-диспергатора із симетричним п'єзоелектричним пакетним перетворювачем: 1 – випромінюючий циліндр еквівалентного перетину; 6 – п'єзокерамічні перетворювачі; 7 – УЗ-генератор; 8, 10 – накладки, що понижують частоту; 9 – електроди; 11 – концентратор УЗК; 12 – хвиля поздовжніх коливань довжиною λ .

Джерелом УЗК був складений п'єзоелектричний перетворювач, зібраний з двох послідовно встановлених п'єзокілець 6, підключених

паралельно до УЗ-генератора 7. Необхідне значення резонансної частоти коливань п'єзоелектричного перетворювача досягалось вибором акустичних розмірів і властивостей матеріалу демпфера 10 та трансформатора швидкості 11.

3.3. Перевірки працездатності УЗ-кавітаційного пристрою

Оскільки ефективність роботи подібного кавітаційного апарату з випромінюючою пластиною визначається рівнем кавітації, який досягається при обробці робочого середовища, а сам апарат, у свою чергу, залежить від ефективності коливань випромінюючої пластини, то резонансний режим згинних коливань випромінюючої пластини є головним чинником, з яким слід узгоджувати резонансну частоту поздовжніх коливань складених п'єзоелектричних перетворювачів [22].

В якості контрольованих параметрів низькочастотних коливань УЗ-діапазону (16–24 кГц) вибирали частоту f , інтенсивність I і амплітуду A пружних коливань, генерованих зовнішньою поверхнею випромінюючої пластини в довкілля. Частоту пружних коливань вимірювали за допомогою частотоміра ЧЗ-49, амплітуду – за допомогою віброметра, а для вимірювання інтенсивності (оцінки кількості акустичної енергії, що вводиться в середовище) застосовували наступну схему.

У калориметричну скляну посудину (з посрібленими стінками і ретельною теплоізоляцією) заливали 200 см^3 дистильованої води кімнатної температури ($20 \text{ }^\circ\text{C}$). Потім усередину посудини з рідинним середовищем вводили концентратор УЗК і піддавали середовище УЗ-дії впродовж 5–10 хв. Початкову і кінцеву температуру усередині калориметричної посудини заміряли термометром. Шукану інтенсивність УЗ розраховували по формулі (3.1) :

$$I = \frac{C_p V_m \gamma (T_2^0 - T_1^0)}{\tau S_\kappa}, \quad (3.1)$$

де V_m – об'єм середовища (в судині Дьюара), що озвучується, м^3 ; C_p –

питома теплоємність середовища, Дж/кг·К; τ – час озвучування, с; S_k – площа випромінюючої поверхні концентратора УЗ, м²; T_1^0 і T_2^0 – відповідно початкова і кінцева температура середовища, що озвучується, °С.

Рівномірність кавітаційного поля випромінювача оцінювали по рівномірності руйнування тонкої алюмінієвої фольги, установленної паралельно випромінюючій поверхні.

При розробці двох вищезазначених удосконалених методик УЗ-кавітаційний апарат з випромінюючою пластиною розглядався як резонансна механічна система, для якої після збирання передбачався розрахунок резонансних акустичних розмірів утворюючих її елементів.

З огляду на значну складність коливальної системи, що розглядалась, зробили такі припущення:

- 1). взаємний вплив УЗ-перетворювачів, установлених у регулярному порядку по ширині й довжині випромінюючої пластини, є незначним;
- 2). зневажали взаємним впливом згинних хвиль у поздовжньому й поперечному напрямках випромінюючої пластини, тобто не враховували коливання, що були викликані гармоніками n-го порядку;
- 3). вплив озвучуваного середовища на коливальну систему також визнавали незначним.

Точність розрахунку складаючих конструктивних елементів відповідно до розробленої методики і, відповідно, ефективність роботи пластинчастого УЗ-кавітатора, в значній мірі залежать від якості контакту випромінювачів УЗ із внутрішньою (нижньою) поверхнею випромінюючої пластини кавітатора.

В ідеальному випадку в місці контакту повинні спостерігатися мінімальні акустичні втрати, тобто з'єднання повинно бути дуже щільним і з високоякісно виконаними контактуючими поверхнями. Крім того, площа контакту повинна бути меншого розміру в порівнянні з напівхвилею згинальної деформації.

Оскільки в УЗ-кавітаційних апаратах із площинною випромінюючою пластиною постійного перетину передбачається тільки резонансний режим роботи, що є найбільш ефективним з погляду озвучування робочого середовища (рідини або речовини), то можна не брати до уваги перехідні процеси, що відбуваються в регулярно встановлених на нижній частині випромінюючої пластини п'єзоелектричних перетворювачах.

Методику перевірки працездатності УЗ-кавітаційного пристрою, реалізовували з використанням нижче зазначених дій наступним чином.

1. Як випромінювач УЗК використовували складений випромінювач УЗ у вигляді верхньої і нижньої частотопонижуючих накладок, кожна з яких виконують контактуючою через електроди з парою п'єзокерамічних перетворювачів у вигляді кілець.

2. Верхню накладку з'єднували з трансформатором швидкості або з концентратором УЗК, а нижню – з джерелом УЗК у вигляді генератора. При цьому контакт випромінюючої пластини з випромінювачем УЗК забезпечують за мінімальних акустичних втрат.

3. Здійснювали перевірку працездатності зібраного УЗ-кавітаційного пристрою шляхом оцінки рівномірності кавітаційного поля випромінюючої пластини по ширині і довжині пластини за резонансного режиму її згинних коливань.

4. Наступним кроком в реалізації методики перевірки працездатності УЗ-кавітаційного пристрою є розрахунок акустичних елементів складеного перетворювача, що, у свою чергу, здійснюють у відповідності до слідуєчої розробленої методики розрахунку конструктивних параметрів УЗ-кавітаційного пристрою [23].

Методика розрахунку конструктивних параметрів УЗ-кавітаційного пристрою:

1. Задаємо бажану резонансну частоту УЗК $f_{ст}$, характерну для конкретного технологічного процесу, і визначають інтенсивність УЗ-

кавітації (наприклад, це може бути частота УЗК УЗ-генератора 7 –рис. 3.2).

2. Вибираємо матеріал ($c_{пл} = c_4$, $E_{пл} = E_4$) і товщину $H_{пл}$ випромінюючої пластини 1 (див. рис. 4.1), виходячи з конструктивно-технологічних особливостей реалізації конкретного технологічного процесу (озвучування рідких композицій, просочування чи дозованого нанесення).

3. Для обраної резонансної частоти УЗК $f_{ст}$ визначали по формулі (4.2) довжину хвилі $\ell_{ст}$ згинних коливань випромінюючої пластини 1 (див. рис. 4.1) з урахуванням бажаної моди коливань n_k (або порядку частоти $\lambda_{ст}$) [10]:

$$\ell_{ст} = \frac{\lambda_{ст}}{2} \sqrt{\frac{c_{ст} \cdot H_{ст}}{\pi \cdot \sqrt{3} \cdot f_{ст}}} \quad (3.2)$$

де $\lambda_{ст}$ – так званий порядок частоти, що є безрозмірною величиною, і який для випадку УЗК низькочастотного діапазону вибираємо залежно від порядку коливань (моди коливань) n_k з наступного ряду [12]:

4,750 ($n_k = 1$);

7,853 ($n_k = 2$);

10,996 ($n_k = 3$);

14,137 ($n_k = 4$);

17,279 ($n_k = 5$).

4. Загальні розміри випромінюючої пластини 1, тобто її довжину $L_{пл}$ і ширину $B_{пл}$ вибираємо кратними величині довжини хвилі $\ell_{ст}$, тобто $L_{пл} = N_L \ell_{ст}$, $B_{пл} = M_B \ell_{ст}$.

При цьому на ширину пластини $B_{пл}$ може накладатися також умова перекриття пластиною ширини тканого волокнистого наповнювача.

5. Залежно від отриманої кількості пучностей, що утворилися при згинних коливаннях з довжиною хвилі $\ell_{ст}$, по довжині й ширині

випромінюючої пластини 1, визначали кількість складених УЗ-випромінювачів, установлених по довжині (N) й ширині (M) пластини і контактуючих з нею.

При цьому максимальна кількість УЗ-випромінювачів, установлених по довжині пластини $L_{\text{пл}}$ для одержання рівномірної інтенсивності випромінюючої поверхні дорівнює $N = 2N_L - 1$, а максимальна кількість УЗ-випромінювачів, які встановлюються по ширині випромінюючої пластини $B_{\text{пл}}$, дорівнює $M = 2M_B - 1$.

6. Розраховуємо масу елементів кріплення складеного УЗ-випромінювача з урахуванням приєднаної маси окремої ділянки (секції) випромінюючої пластини, тобто характеристики так званого еквівалентного циліндра.

7. Під резонансну частоту $f_{\text{ст}} = f_{\text{пл}}$ випромінюючої пластини 1 розраховуємо акустичні розміри елементів складеного УЗ-випромінювача (a_1, a_3, l) за формулами (3.3 – 3.5):

$$a_1 = \frac{c_1}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{E_2 S_2 c_1 \operatorname{ctg} \frac{\omega}{c_2} a_2 + E_1 S_1 c_2 \operatorname{tg} \frac{\omega}{c_1} a_2}{E_1 S_1 c_2 - E_2 S_2 c_1 \operatorname{ctg} \frac{\omega}{c_2} a_2 \operatorname{tg} \frac{\omega}{c_1} a_2} - a_2 \quad (3.3)$$

$$a_3 = \frac{c_3}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{E_3 S_3 c_4}{E_4 S_4 c_3 \operatorname{tg} \frac{\omega}{c_4} b} \quad (3.4)$$

$$l = \frac{c_3}{\omega} \frac{\pi}{2} = \frac{c_3}{4f} \quad (3.5)$$

Причому вихідними даними для розрахунку акустичних розмірів УЗ-випромінювача (рис. 3.3) є геометричні розміри і фізичні параметри застосовуваного п'єзоматеріалу б (a_2, c_2, E_2, S_2), трансформатора

швидкості 11 (c_3, E_3, S_3), частотопонижаючих накладок 8, 10 (c_1, E_1, S_1), а також питома акустична потужність.

3.4 Розрахунок конструктивних параметрів ультразвукового кавітаційного пристрою

Розрахунок конструктивних параметрів УЗ-кавітаційного пристрою з однохвильовою акустичною системою і ступінчастим трансформатором швидкості, який показаний на рис. 3.4, відповідно до вищеописаної методики.



Рисунок 3.4. УЗ-випромінювач з однохвильовою акустичною системою і ступінчастим трансформатором швидкості

Для досягнення ефективних результатів у процесі соління м'ясної сировини необхідно мати такі значення технологічних параметрів кавітаційної обробки:

- частота УЗК $f_{УЗ} = f_{ст} = (18—22)$ кГц (для розрахунку приймемо $f_{УЗ} = 22$ кГц);
- амплітуда УЗК $A = (3—5)$ мкм;
- інтенсивність $I = (2—4)$ Вт/см².

Обрано:

- товщина випромінюючої пластини 1 становить $H_{пл} = 10$ мм = 0,01м;

– матеріал — нержавіюча сталь марки 1ХН18Н9Т;

з такими характеристиками:

– швидкість звуку $c_{пл} = c_4 = 5,2 \cdot 10^3$ м/с;

– модуль пружності щодо розтягання $E_4 = 20,5 \cdot 10^4$ МПа.

Обчислена за формулою (3.2) довжина згинних коливань пластини при $\lambda_{ст} = 4,750$ ($n_k = 1$) складе:

$$\ell_{ст} = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м.}$$

Тоді максимальна кількість перетворювачів, яку можна встановити по довжині випромінюючої пластини

$$L_{пл} = 600 \text{ мм} = 0,6 \text{ м, дорівнює:}$$

$$N = 2N_L - 1 = 2 \cdot 12 - 1 = 23,$$

а максимальна кількість перетворювачів M , що можна встановити по ширині випромінюючої пластини

$$B_{пл} = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м, дорівнює:}$$

$$M = 2M_B - 1 = 2 \cdot 3 - 1 = 5.$$

Для матеріалу частотопонижаючих накладок 8 і 10 (демпферів) на основі сталі 40Х13 маємо:

$$\text{швидкість звуку } c_1 = 5,2 \cdot 10^3 \text{ м/с;}$$

$$\text{модуль пружності } E_1 = 2,05 \cdot 10^5 \text{ МПа;}$$

вибраний наріжний діаметр частотопонижаючих накладок 8, 10 складає $40,2 \text{ мм} = 0,042 \text{ м;}$

$$\text{їх внутрішній діаметр — } 0,012 \text{ м.}$$

Задамо конструктивно необхідне значення розміру товщини a_2 для випадку збирання на базі чотирьох п'єзокерамічних кілець 6 марки 841 зовнішнім діаметром $d_6 = 38 \text{ мм}$, а саме:

$$a_2 = 25,6 \text{ мм} = 0,0256 \text{ м.}$$

Швидкість поширення звуку в матеріалі кільця 6 дорівнює:

$$c_2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ м/с;}$$

$$\text{модуль пружності } E_2 = 6,3 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

Питому акустичну потужність для п'єзокераміки, що

використовується в діапазоні (18—22) кГц, звичайно приймають рівною (1—3) Вт/см².

Значення товщини a_1 частотопонижаючих накладок 8 і 10, знайдене за формулою (3.3):

$$a_1 = 15,73 \text{ мм};$$

довжина ступені концентратора 11 меншого діаметра a_3 відповідно до формули (4.4):

$$a_3 = 18,7 \text{ мм};$$

значення довжини ступені ℓ ділянки більшого діаметра концентратора згідно формули (3.5):

$$\ell = 55,91 \text{ мм}.$$

Рівномірність руйнування тонкої алюмінієвої фольги, установленної паралельно випромінюючій поверхні пластини 1 (рис. 3.5), дала можливість припустити про рівномірність кавітаційного поля пластини. Це, у свою чергу, свідчить про задовільну працездатність досліджуваного УЗ-пристрою.



Рисунок 3.5. Конфігурація кавітаційного поля

Порівняльний аналіз розрахункових параметрів, отриманих

відповідно до удосконалених методик, і експериментальних параметрів, отриманих на виготовленому й впровадженому в технологічний процес кавітаційному апараті з випромінюючою пластиною, що здійснює згинні коливання, підтверджує, що похибка вимірювань розробленого способу не перевищує 10 %, тоді як для відомих способів – понад 20%.

3.5 Висновки до розділу 3

1. Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що результатом застосування розроблених удосконалених методик є підвищення точності розрахунку за рахунок отримання уточнених розрахункових залежностей для вибору ефективних конструктивних параметрів випромінюючої УЗК пластини за резонансного режиму згинних коливань.

2. Розрахунок резонансних акустичних розмірів елементів коливальної системи на базі випромінювача УЗК у вигляді п'єзокерамічних перетворювачів і трансформаторів швидкості приводить до отримання рівномірного поля згинних коливань цієї пластини в процесі її роботи.

3. Запропонований спосіб розрахунку дає можливість створювати широку гаму типорозмірів кавітаційних апаратів для різних розмірів випромінюючої пластини й різних технологічних умов.

РОЗДІЛ 4

УЛЬТРАЗВУКОВЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОСОЛУ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ НА БАЗІ ВИПРОМІНЮЮЧОЇ ПЛАСТИНИ

4.1 Технічні вимоги та завдання на проектування апарату

Для реалізації способу соління м'ясної сировини ультразвуком виконано роботу з проектування нового ультразвукового обладнання, яке повинне відповідати низці вимог: технологічним, експлуатаційним, енергетичним, конструктивним, економічним, техніки безпеки та охорони праці, технічної естетики.

Технологічні вимоги полягають у максимальній відповідності режиму роботи, параметрів, будови робочого об'єму, фізико-хімічним змінам, що відбуваються у харчових продуктах за ультразвукової обробки. Основною умовою є реалізація процесу ультразвукової обробки за високої якості харчових продуктів із максимальною продуктивністю та мінімальними втратами.

Експлуатаційні вимоги передбачають:

- простоту обслуговування устаткування з мінімальними витратами праці;
- доступність для огляду, чищення, ремонту;
- безперебійність у роботі; стійкість до корозії, яка може виникнути під дією навколишнього середовища, оброблюваних харчових продуктів та миючих засобів;
- автоматизацію контролю та регулювання технологічного процесу.

Конструктивною вимогою є технологічність, тобто відповідність конструкції та матеріалів оптимальній технології машинобудування.

Технологічність установки повинна витримуватися протягом усього циклу виробництва – від заготовок деталей й до випробовування

готового устаткування;

- уніфікація та нормалізація деталей та вузлів, максимальне використання стандартизованих деталей та виробів, що сприяє підвищенню серійності, технологічності та ремонтпридатності;

- технічна досконалість, працездатність та надійність устаткування, які характеризуються тривалим періодом відповідності сучасному рівню розвитку техніки, довговічністю у роботі та цілістю у процесі зберігання та транспортування;

- простота будови, невелика маса та розміри, виготовлення з недорогих доступних матеріалів.

Економічні вимоги відображають мінімальні витрати на виготовлення, монтаж та експлуатацію устаткування за збереження високих техніко-економічних показників, до яких належать: висока питома продуктивність, низька питома металомісткість та високий коефіцієнт корисної дії.

Установка повинна відповідати усім вимогам електробезпеки, мати надійне заземлення. Температура зовнішніх поверхонь не повинна за стикання з ними викликати опіків. Необхідно передбачити фарбування зовнішніх частин установки у білий колір та відповідність вимогам ергономіки та антропологічним особливостям людини.

Під час проектування установки було сформулювало технічне завдання: при виготовленні, випробуванні та постачанні установки повинні виконуватися вимоги ГОСТ 12.2.003-74 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки», ОСТ 26-291-79 «Ємкості та апарати. Технічні вимоги»; матеріал корпусу установки – листовая сталь 12X18H9T для зовнішніх стінок та сталь Ст 3 для внутрішніх стінок робочої камери.

4.2 Будова та принцип дії ультразвукової установки

Ультразвукове випромінювання – це обробка харчових продуктів,

яка застосовується для соління, контролю вмісту в продуктах патогенних мікроорганізмів, їх знезараження та подовження терміну зберігання.

За оглядом літературних джерел, у деяких країнах (Італія, Австрія, Росія) у комерційних цілях для опромінення харчових продуктів використовують промислові установки.

Таким чином, на основі аналізу способу соління м'ясної сировини, визначення об'єкту, предмету та методів дослідження, а також теоретичних та експериментальних досліджень розроблено ультразвукову установку для посолу м'ясної сировини (рис. 4.1).

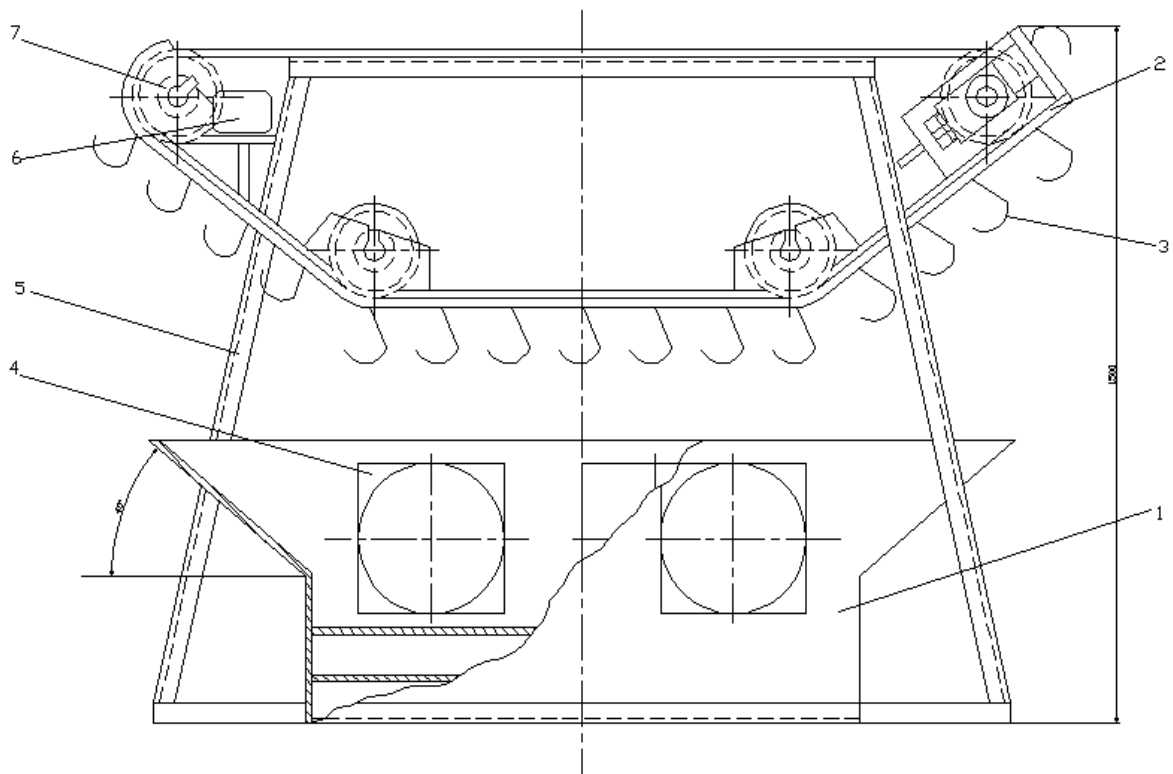


Рисунок 4.1 – Ультразвукова установка для посолу м'ясної :

1 – ультразвукова ванна; 2 – конвеєр; 3 – гаки для підвішування м'ясної сировини; 4 – ультразвукові випромінювачі; 5 – рама; 6 – електродвигун; 7 – варіатор швидкості

Частота ультразвукових коливань на установці дорівнює 22 кГц.
Максимальна інтенсивність ультразвукових коливань

близько 2...4 Вт/см².

М'ясна сировина, що підвішується на конвеєр, який переміщує їх через зону обробки УЗ.

Застосування ультразвукових генераторів низької частоти, а також зручність роботи і безпека обслуговування установок роблять перспективним використання УЗ низької частоти. Таким чином, розроблена ультразвукова установка працює при частоті 22 кГц, що вважається найефективнішою частотою для посолу м'ясної сировини.

Для проведення процесу ультразвукового посолу м'ясної сировини розроблено установку з несучим конвеєром (рис. 4.1). Ультразвукова установка складається із несучого конвеєра 2 для транспортування м'ясної сировини та ультразвукової ванни 1 на днищі якої змонтовані ультразвукові випромінювачі 4. Несучий конвеєр 2 змонтований на рамі 5 та оснащений гаками для підвішування м'ясної сировини 3. Відстань між гаками залежить від маси та об'єму м'ясної сировини. Конвеєр 2 приводиться в рух від електродвигуна 6. Швидкість руху конвеєра 2 та, отже, тривалість обробки м'ясної сировини УЗ може регулюватися за допомогою фрикційного варіатора швидкості 7, який обрано з метою плавного переміщення стрічки конвеєра у водному середовищі. Швидкість конвеєра регулюється залежно від часу обробки м'ясної сировини та необхідної продуктивності установки.

Принцип дії ультразвукової установки полягає в наступному. Поступаючи на етап соління, м'ясна сировина перед обробкою ультразвуковим випромінюванням підвішується на гаки конвеєра, який переміщує їх до ультразвукової ванни, яка заповнена розсолем з температурою 20°C. М'ясна сировина в процесі переміщення через зону ультразвукової обробки (ультразвукову ванну) піддається інтенсивному впливу кавітації та інших попутних ультразвуковим коливанням явищ. Після проходження зони ультразвукової обробки м'ясна сировина скидається із конвеєра та надходить до іншої стадії виробництва.

Рекомендується наступний режим ультразвукового посолу:

- температура води в ультразвуковій ванні 20°C,
- тривалість обробки ультразвуковим випромінюванням 15 хв.

4.3 Розрахунок потужності електродвигуна ультразвукової установки для посолу м'ясної сировини

Потужність технологічних машин N (технологічна потужність) залежить від характеру руху робочого органу технологічної машини і визначається за формулою при поступальному русі:

$$N = P \cdot v / 1000, \quad (4.1)$$

де P – частота обертання ; v – швидкість робочого органу, м/с.

Електродвигун приводу машин підбирають в залежності від потужності, частоти його обертання, умов експлуатації та бажаного конструктивного виконання двигуна.

В більшості випадків в машинах використовують трифазні електродвигуни змінного струму. Ці двигуни випускають двох типів: синхронні та асинхронні.

Трифазні асинхронні двигуни мають ряд переваг: простота конструкції, менша ціна, просте обслуговування, безпосереднє вмикання в трифазну синхронними двигунами – менший К.К.Д., а в порівнянні з двигунами постійного струму – обмежена можливість регулювання кутової швидкості. Але в більшості промислових приводів ці недоліки не мають істотного значення, тому трифазні асинхронні двигуни більш поширені.

Потужність електродвигуна, тобто енергія, яка надходить до нього від електричної мережі в одиницю часу, повинна компенсувати втрати її в самому двигуні, у передаточному механізмі, на робочому валу, який передає рух робочим органам, і бути достатньою, щоб робочий орган виконував задану роботу.

Загальна потужність, підведена до вхідного валу виконавчого

механізму, визначається з урахуванням усіх втрат у виконавчому та передаточному механізмах за формулою (5.2):

$$N_{\text{заг}} = (N_{\text{вх.}} + N_{\text{вих.}}) / 1000\eta, \quad (4.2)$$

де $N_{\text{заг}}$ – загальна потужність, кВт; $N_{\text{вх.}}$ – потужність вхідного валу, кВт; $N_{\text{вих.}}$ – потужність вихідного валу, кВт; η – загальний ккд установки, який враховує втрати потужності за її передачі від валу електродвигуна до робочого органу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Значення ККД основних механічних передач

Тип передачі	Позначення	Числове значення відкритої передачі
Зубчаста передача: циліндрична конічна	η_z	0,92...0,94 0,91...0,93
Черв'ячна передача з циліндричним черв'яком при числі заходів черв'яка 1 2	$\eta_{\text{ч}}$	0,5 0,6
Ланцюгова передача з роликівим чи зубцюватим	$\eta_{\text{л}}$	0,91...0,93
Пасова передача: плоскопасова клинопасова	$\eta_{\text{п}}$	0,95...0,97 0,94...0,96
Фрикційна передача	$\eta_{\text{ф}}$	0,7...0,88
Опора з підшипником кочення	$\eta_{\text{п.к.}}$	0,99...0,995
Опора з підшипником ковзання	$\eta_{\text{п.ковз.}}$	0,98...0,99
Муфти, що компенсують	$\eta_{\text{м.к.}}$	0,985...0,995

При швидкості робочого органу 0,1 м/хв, за формулою (4.1)

розрахована вхідна та вихідна потужність електродвигуна:

$$N_{\text{вх.}} = 1,7 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{вих.}} = 1,9 \text{ кВт}.$$

За формулою (4.2) розраховуємо загальну потужність електродвигуна: $N_{\text{заг}} = (0,67 + 1,21) / 1000 \cdot 0,64 = 2,9 \text{ (Вт)}$.

За послідовного з'єднання передач загальний ККД дорівнює добутку часткових ККД, таким чином із формули (4.3):

$$\eta = \eta_{\text{м.к.}} \cdot \eta_{\text{ф.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п.ковз.}} \quad (4.3)$$

η – загальний ККД; $\eta_{\text{м.к.}}$ – ККД муфти, що компенсують; $\eta_{\text{ф.}}$ – ККД фрикційної передачі; $\eta_{\text{п.}}$ – ККД пасової передачі; $\eta_{\text{п.ковз.}}$ – ККД опори з підшипником кочення [36]. Розраховуємо загальний ККД:

$$\eta = 0,985 \cdot 0,7 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,64.$$

Технологічну характеристику та техніко-економічні показники ультразвукової установки наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика та техніко-економічні показники ультразвукової установки

Технічна характеристика	
Потужність електродвигуна, кВт	2,9
Напруга, В	220
Частота ультразвукових коливань, кГц	22
Кількість гаків для підвішування м'ясної сировини, шт	30
Тривалість обробки УЗ, хв	15
Габаритні розміри ультразвукової ванни, мм	1900x1000x600
Габаритні розміри, мм	2000x1000x1500
Техніко-економічні показники	
Коефіцієнт корисної дії	0,84

Електродвигун підбирають залежно від частоти його обертання, умов експлуатації, бажаного конструктивного виконання двигуна та розрахункової потужності $N_{\text{заг}}$.

Таким чином, тип двигуна 4A112MB8Y3 із номінальною частотою обертання 700 хв^{-1} та ККД 64%.

4.4 Висновки до 4

1. Запропоновано ультразвукове обладнання для реалізації способу посолу м'ясної сировини на базі випромінюючої пластини.

2. Параметри ультразвукової обробки м'ясної сировини в ультразвуковому полі: частота коливань – 22 кГц, інтенсивність близько $2 \dots 4 \text{ Вт/см}^2$.

3. Проведено розрахунок потужності електродвигуна ультразвукової установки для посолу м'ясної сировини та підібрано двигун 4A112MB8Y3 із номінальною частотою обертання 700 хв^{-1} та ККД 64%.

ВИСНОВКИ

1. Забезпечити оптимальні функціонально-технологічні характеристики продукції можливо за рахунок використання фізичних способів підготовки сировини.
2. Використання нових видів енергії та її високоефективне підведення до взаємодіючих речовин доцільно проводити на стадії соління сировини.
3. Науковий і практичний інтерес представляє застосування ультразвукової кавітаційної дії, як чинника спрямованого на коригування функціонально-технологічних властивостей м'ясної сировини.
4. Експериментальні дослідження обробки м'ясної сировини в шарі, проводити з використанням експериментального стенду у вигляді плоскої кавітаційної камери. Встановлено позитивний вплив ефектів ультразвукового впливу на консистенцію, смак і аромат м'яса.
5. Застосування розроблених удосконалених методик дозволяє підвищити точність розрахунку за рахунок отримання уточнених розрахункових залежностей для вибору ефективних конструктивних параметрів випромінюючої ультразвукової пластини за резонансного режиму згинних коливань.
6. Запропоновано конструкцію ультразвукового обладнання для реалізації способу посолу м'ясної сировини у вигляді ванни на базі випромінюючої пластини. Параметри ультразвукової обробки м'ясної сировини в ультразвуковому полі: частота коливань – 22 кГц, інтенсивність близько 2...4 Вт/см².

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алехина Л.Т. Технология мяса и мясопродуктов / Л.Т. Алехина, А.С. Большаков, В.Г. Боресков и др.; под ред. И.А. Рогова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 576 с.
2. Афанасьев М. В. Оцінка ефективності організаційно-технічних заходів / М. В. Афанасьєв, Л. І. Телишевська, В. І. Рудика. – Х. : ІНЖЕК, 2002. – 286 с.
3. Безденежных А.А. Моделирование химико-технологических процессов. Гидродинамические, тепло- и массообменные процессы / А. А. Безденежных.– Л.: ЛТИ. – 1980. – 77 с.
4. Журавская Н. К. Исследование и контроль качества мяса и м'ясопродуктів / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л.М. Отряшенкова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.
5. Копылов Ю. А. Основные направления в создании оборудования использованием электрофизических методов обработки пищевых продуктов (Обзор) / Ю. А. Копылов, Е. М. Еськов-Сосковед. – М.: ЦНИИТЭИ. – 44с.
6. Нечаев А. П. Технологии пищевых производств / А. П. Нечаев, И. С Шуб, О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева. – М: КолосС, 2005. – 768 с.
7. Тимофеева В.А. Товароведение продовольственных товаров / В.А. Тимофеева. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 416 с.
8. Остапчук Н. В. Математическое моделирование процессов пищевых производств : Сб. задач: Учеб. Пособие /Н. В. Остапчук, В.Д. Камидский, Г. Н. Станкевич, В. П. Чучуй; Под ред. Н; В. Остапчука. – К.: Вища шк, 1992. – 175с.
9. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясных продуктов / Л. Г. Винникова. – К.: Фирма «ИНКОС», 2006. – 600 с.
10. Алексеев Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических

процессов в пищевой промышленности / Е. Л. Алексеев, В. Ф. Пахомов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 272 с.

11. Василів В. П. Розроблення та застосування способу електрогідравлічної інтенсифікації процесів харчових виробництв : автореф. дис. на здоб. вч. ступеня канд. техн. наук. : спец. 05.18.12 «Процеси і обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / В. П. Василів. – Київ, 2005. – 20 с.

12. Сукманов В.А. Сверхвысокое давление в пищевых технологиях. Состояние проблемы / В. А. Сукманов, В. Л. Хачипов. – Донецк: ДонГУЭТ, 2003. – 168 с.

13. Постнов Г.М. Особливості використання ультразвукових технологій в харчовій промисловості / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко // Тематичний збірник наукових праць «Обладнання та технології харчових виробництв». Донецьк: ДонДУЕТ, 2008. – Вип. 19. – С. 63- 68.

14. Журавская, Н. К. Исследование и контроль качества мяса и м'ясопродуктів / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л.М. Отряшенкова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.

15. Колосов О.Є. Обґрунтування процесів та обладнання для одержання виробів з композицій епоксиполімерів ультразвуковою модифікацією: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. докт. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процеси та обладнання хімічної технології» / О.Є. Колосов. – К., 2010. – 36 с

16. Венникова Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов. – Киев: Фирма «ИНКОС», – 2006. – 600 с.

17. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов / И. М. Федоткин. — К.: Вища школа, 1979. — 347 с.

18. Федоткин И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Часть II / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – К.: АО "ОКО", 2000. — 898 с.

19. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Под ред. И. П. Голяминой. – М.: Сов. энциклопедия, 1979. – 192 с.
20. Новицкий Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Новицкий Б. Г. – М.: Химия, 1983. – 192 с.
21. Гершгал Д.А., Фридман В.М. Ультразвуковая технологическая аппаратура. – М.: Энергия, 1976. – 320 с.
22. Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С. Ультразвуковые электротехнологические установки. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
23. Луговской А. Ф. Расчет ультразвуковых диспергаторов с составными пьезоэлектрическими преобразователями / А. Ф. Луговской // В кн.: Вестник Национального технического университета Украины (КПИ). — Сер. машиностроение. — Київ: ВІПОЛ. — Вып. 33. — 1998. — С. 291—296.
24. Луговський О. Ф. Методика розрахунку ультразвукового диспергатора з радіально-згинними коливаннями до систем підготовки паливно-повітряної суміші / Луговський О. Ф., В. І. Чорний // Вест. нац. техн. ун-та України "Київський політехн. інститут". — Сер. машиностроение. — 1999. — Вып. 34. — С. 79—87.
25. Луговський О. Ф. Методика розрахунку ультразвукового кавітаційного апарата з проточною камерою / О. Ф. Луговський // Наукові вісті НТУУ КПІ. — 2003. — №1. — С. 50—56.
26. Луговской А.Ф. Методика расчета ультразвукового кавитационного устройства с излучающей пластиной / А. Ф. Луговской, А. Е. Колосов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – №1. – С. 59–67.