

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського

**Р. П. Никифоров, О. В. Сабіров, О. О. Сімакова,
Ю. М. Коренець, Ю. А. Горяйнова, А. В. Слащева**

**Технологія м'ясної продукції
з використанням високого тиску**

Монографія

Кривий Ріг
2021

УДК 637.52'62:66.083.2
Н 62

Рецензенти:

В. А. Гніцевич, доктор технічних наук, професор кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету

В. П. Хорольський, доктор технічних наук, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та обладнання Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

А. В. Погребняк, доктор технічних наук, професор кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики Університету митної справи та фінансів

Рекомендовано до видання Вченою радою Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (протокол № 12 від 29.04.2021 р.).

Никифоров Р. П.

Н 62 Технологія м'ясної продукції з використанням високого тиску : монографія / Р. П. Никифоров, О. В. Сабіров, О. О. Сімакова та ін. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. 136 с.
ISBN 978-966-385-362-8

Монографію присвячено науковому обґрунтуванню технологій м'ясних виробів зі свинини з використанням високого гідростатичного тиску.

Встановлено можливість виготовлення м'ясних виробів із заміною процесу варіння обробкою високим гідростатичним тиском. Обґрунтовано процес досягнення кулінарної готовності м'ясом при обробці високим гідростатичним тиском. Вивчено зміни якісних показників, що відбуваються при обробці м'яса високим гідростатичним тиском.

Розроблено технології розсолів, адаптованих для барооброблених м'ясних продуктів з використанням цукрово-лактозної або цукрово-лактозно-лактолозної сумішей та CO₂-екстрактів прянощів. На основі знайдених закономірностей розроблені нові технології м'ясних виробів, які рекомендовані для використання в м'ясній промисловості та ресторанному господарстві.

Крім того, встановлено вплив тиску на хімічну та біологічну цінність барооброблених цільном'язових м'ясних виробів. Встановлено термін зберігання барооброблених цільном'язових м'ясних виробів, при котрих органолептичні, хімічні та мікробіологічні показники стабільні.

ISBN 978-966-385-362-8

УДК 637.52'62:66.083.2

© Р. П. Никифоров, О. В. Сабіров, О. О. Сімакова,
 Ю. М. Коренець, Ю. А. Горайнова, А. В. Слащева,
 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ	12
1.1. Механічні способи	13
1.2. Біохімічні способи	16
1.3. Фізичні способи	21
РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ БАРООБРОБЛЕНОЇ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ	24
2.1. Вплив параметрів обробки високим гідростатичним тиском на кулінарну готовність м'ясної продукції	24
2.1.1. Впливу тиску та часу обробки на активність ферментів тканини барообробленої м'ясної продукції	25
2.1.2. Методика та визначення мікроструктурних змін м'язової тканини барообробленої м'ясної продукції	28
2.1.3. Зміни сполучної тканини в барообробленій м'ясній продукції	39
2.2. Вплив параметрів обробки високим гідростатичним тиском на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясної продукції	46
2.2.1. Методика та визначення вологозв'язуючої здатності барообробленої м'ясної продукції	46
2.2.2. Зміни виходу барообробленої м'ясної продукції	49
2.2.3. Зміни структурно-механічних характеристик барообробленої м'ясної продукції	50
2.3. Оптимізація процесу обробки високим гідростатичним тиском м'ясної продукції	52

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ РОЗСОЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОГО ТИСКУ	57
3.1. Коректування вмісту куховарської солі в розсолах для виробництва барообробленої м'ясної продукції	57
3.2. Вплив лактози та лактулози в розсолах на органолептичні показники барообробленої м'ясної продукції	59
3.3. Зміни колірності барообробленої м'ясної продукції залежно від вмісту добавки лактози та лактулози в розсолах	64
3.4. Підбір CO ₂ -екстрактів прянощів для виробництва барообробленої м'ясної продукції	71
3.5. Використання розсолів з квашених овочів в технологіях барообробленої м'ясної продукції	76
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИГОТОВЛЕННЯ М'ЯСНОЇ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОГО ТИСКУ	80
4.1. Технології барообробленої м'ясної продукції та кулінарної продукції з їх використанням	80
4.2. Харчова та біологічна цінності готової барообробленої м'ясної продукції	86
4.2.1. Хімічний склад барообробленої м'ясної продукції	86
4.2.2. Амінокислотний склад барообробленої м'ясної продукції	88
4.2.3. Перетравність барообробленої м'ясної продукції	91
4.3. Зміни якісних показників барообробленої м'ясної продукції під час зберігання	93
4.3.1. Зміни органолептичної оцінки барообробленої м'ясної продукції протягом зберігання	93

4.3.2. Визначення окислювального псування жирів в барооброблених м'ясній продукції при зберіганні	97
4.3.3. Зміни мікробіологічних показників барообробленої м'ясної продукції протягом зберігання	99
4.4. Обладнання високого гідростатичного тиску, що може бути викристано для виробництва м'ясної продукції	104
ЗАКЛЮЧЕННЯ	112
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	114

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- МП – м'ясні продукти
- ЦМВ – цільном'язові м'ясні вироби;
- БЦМВ – барооброблені цільном'язові м'ясні вироби;
- FAO – Food and Agricultural Organization;
- МП – м'ясні продукти;
- ВРХ – велика рогата худоба;
- ВНДІМП – Всеросійський науково-дослідний інститут м'ясної промисловості ім. В.М. Горбатова;
- NaNO_2 – нітрит натрію;
- Mb – міоглобін;
- MetMb – метміоглобін;
- MbO_2 – дезоксіміоглобін;
- NO-Mb – нітрозоміоглобін;
- ВЗЗ – вологозв'язуюча здатність;
- $\omega_x^{\text{розсол}}$ – масова частка речовини x в розсолі;
- $\omega_x^{\text{БЦМВ}}$ – масова частка речовини x в готових виробах;
- ВГТ – високий гідростатичний тиск;
- ТО – термічна обробка;
- КВТ – камера високого тиску;
- АУВТ – автоматизована установка високого тиску;
- КУО – колонієутворюючі одиниці;
- D_1 – відношення оптичних щільностей при довжинах хвиль $\frac{D_{545}}{D_{650}}$;
- D_2 – відношення оптичних щільностей при довжинах хвиль $\frac{D_{582}}{D_{650}}$;
- КМАФАнМ – кількість мезофільних аеробних и факультативно-анаеробних мікроорганізмів;
- БГКП – бактерії групи кишкової палички;
- КРАС – коефіцієнт різниці амінокислотного скору;
- БЦ – біологічна цінність;
- U – коефіцієнт утилітарності;
- КЧ – кислотне число;
- ПЧ – перекисне число.

ВСТУП

Харчування – одна з найбільш стійких проблем, яка безпосередньо впливає на добробут і здоров'я нації, та є постійною турботою населення. В наш час на харчування людини впливають такі фактори, як зниження купівельної спроможності населення, погіршення екологічної ситуації, збільшення кількості споживання продуктів низької якості та продуктів, що містять значну кількість харчових добавок, як то консерванти, стабілізатори й ін. [1...4]. Тому в наш час проблема харчування придбала особливу гостроту.

При будь-якому рівні економічного розвитку м'ясні продукти (МП) користуються найвищим споживчим попитом. Як показують статистичні дослідження, що проводилися в усіх областях України, в організації харчування споживачі віддають перевагу м'ясу та МП [4...6]. За даними опитування майже третина населення (29,6%) щоденно споживає ці продукти. При цьому птицю щоденно споживають лише 3,6%, а рибним продуктам віддали перевагу 2,7% населення.

Крім того, продукти харчування, вироблені з м'яса, становлять велику цінність в харчуванні людини. Харчова й енергетична цінність м'яса і МП обумовлена значним змістом у них повноцінних білків, жирів, вітамінів, мінеральних і екстрактивних речовин [7...10].

Однак, за даними Food and Agricultural Organization (FAO) [11...12] серед розвинутих країн світу та серед європейських країн в цілому, Україна по споживанню м'яса за добу на душу населення займає одне з останніх місць. Середньостатистичний громадянин України за добу споживає 88 г м'яса та МП, при нормах споживання 222 г на добу. Мінімальна норма споживання складає 58 г.

Згідно до результатів опитувань населення в Дніпропетровській області, через зменшення якості доступної за ціновими категоріями продукції, люди все більш віддають перевагу охолодженому м'ясу, що реалізується крізь ринкову мережу та магазини [6, 12, 15...18]. Ковбасна та делікатесна продукція

користується все меншим попитом. Крім того, в підприємствах ресторанного господарства спостерігається зниження продажу натуральних м'ясних виробів. Тому виникає необхідність створення нових технологій і удосконалення вже існуючих з метою поліпшення якості, поширення асортименту м'ясної ковбасної та делікатесної продукції, при гарантованому зниженні цін та розширення напрямів її використання в закладах ресторанного господарства. Вирішення цих проблем пов'язано зі створенням принципово нового технологічного маловідходного, енергозберігаючого обладнання.

Для найбільш ефективного впровадження нових науково-технічних розробок і удосконалення існуючого обладнання необхідно проаналізувати структурні елементи м'ясопереробної галузі харчової промисловості з метою визначення групи продукції, при виробництві якої можливо значно зменшити витрати праці, часу й енергії.

На рисунку 1 представлена структура виробництва МП [15, 18] включно із заготовочними цехами.

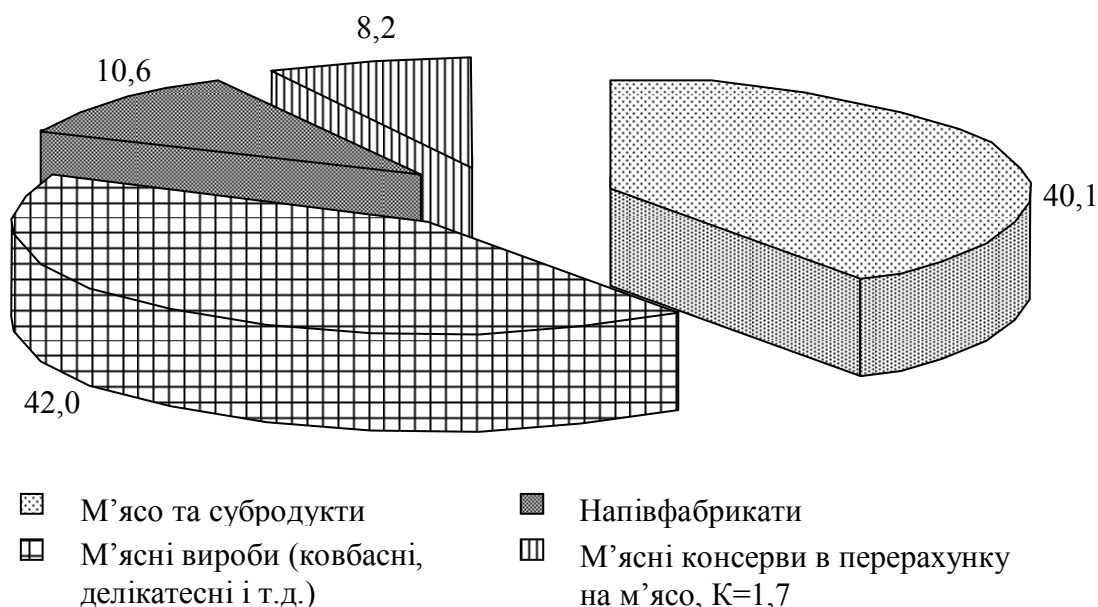


Рис. 1 - Структура виробництва МП

Аналізуючи дані наведені на рисунку, можна прийти до висновку, що найперспективнішим напрямком є удосконалення виробництва м'ясних виробів (ковбасних, делікатесних і т.д.). На них приходить ся максимальна частка

виробництва. Крім того, для їх традиційного виробництва вимагаються значні енерговитрати, витрати робочої сили і часу. За існуючих вдосконалень інтенсифікації процесів виробництва і зниженню енерговитрат ця категорія значно уступає м'ясним консервам. При існуючих технологіях майже неможливо їх впровадження у цехах малої потужності.

Сектор ковбасних та делікатесних м'ясних виробів має досить великий асортимент продукції, яка значно відрізняється за технологією виробництва (рис. 2). Тому необхідно визначити найбільш перспективну для вдосконалення групу виробів, що не перетерпівала значних змін в технології та має велику собівартість виробництва.

В секторі найбільш розповсюджених груп сосисок, сарделек та варених ковбас вже існує досить багато технологій, що дозволяють значно скоротити час виготовлення та ціну собівартості. До того ж, вони потребують досить великих затрат на впровадження нових розробок та великих площ для обладнання, що робить неможливим широкого їх впровадження в цехи малих потужностей. Найбільш перспективною для вдосконалення процесу виробництва є група реструктурованих м'ясних виробів та цільном'язових м'ясних виробів (ЦМВ).

М'ясопереробною промисловістю виробляється великий асортимент цієї групи виробів, що розрізняються за видах сировини (зі свинини, яловичини, баранини, конини, оленини і т.д.); за характером посолу й термообробки (варені, копчено-варені, варено-копчені, сирокопчені, сиросолоні, копчено-запечені, запечені, смажені); за наявністю кісткової тканини (м'якоті та м'ясокістні); за ступенем подрібнення похідної сировини (ЦМВ та реструктуровані); за характером формування (натуральні відруби, цільном'язові шматки, в оболонках, в сітках, в прес-формах, в полімерних ємностях); за строками зберігання (при $t < 5^{\circ}\text{C}$ до 4 суток, до 14 суток, більше ніж 20 суток) [1, 20...23].

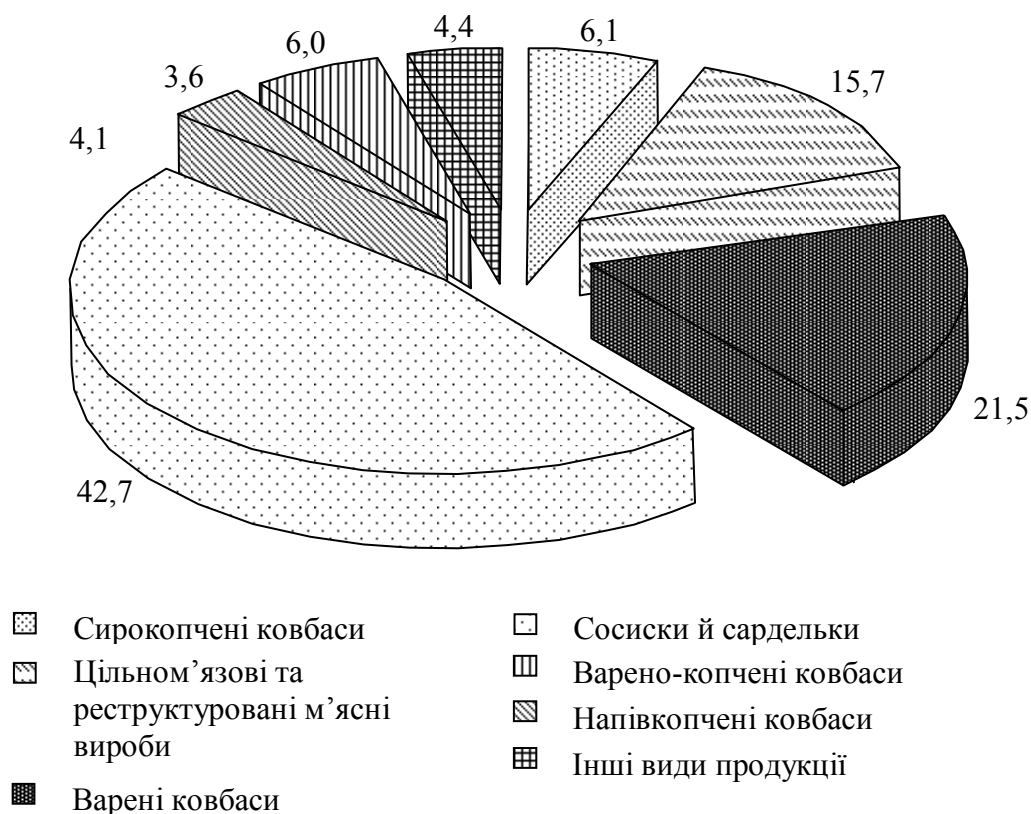


Рис. 2 - Структура виробництва м'ясних виробів
(ковбасні, делікатесні й ін.)

Проаналізувавши базовий асортимент ЦМВ, можна зробити висновок, що варіювання різних параметрів технологічної обробки дозволяє отримати широкий спектр м'ясних виробів з одного виду сировини різний за органолептичними показниками, строком виробничого циклу, виходом готової продукції, періодом зберігання й ін.

Виходячи з аналізу літературних джерел і враховуючи існуючі технології, вже робилися спроби вдосконалення виробництва ЦМВ за рахунок використання нетрадиційних видів сировини, ефективних фізико-хімічних та біологічних методів модифікації сировини, нових способів обробки. При цьому, не зважаючи на досить великий асортимент сировини та прийомів обробки, в основі більшості вдосконалень технологій є комплексна дія різних засобів обробки на сировину до термічної обробки.

Крім того, перспективним напрямком для досліджень є удосконалення технологій м'ясних напівфабрикатів. Цей сегмент представлено лише м'ясними

натуральними (великошматковими, порційними та дрібношматковими), січеними (зрази, битки, котлети, нагетси і т.д.), тістовими з м'ясним фаршем (пельмені, вареники, хінкалі, равіолі і т.д.), борошняними з додаванням м'яса (млинці, піцца і т.д.) напівфабрикатами, що підготовлені до термічного оброблення. Розробки технології м'ясних напівфабрикатів високого ступеня готовності з незруйнованої м'ясної сировини практично відсутні. Ця група напівфабрикатів має дещо спільне з ЦМВ, з різницею, що потребують короткочасний розігрів перед реалізацією.

Завдання підвищення якості м'ясної кулінарної продукції, що випускається, з одночасним збільшенням обсягу її виробництва можна вирішити удосконаленням існуючих і впровадженням нових технологій виробництва. Роботи багатьох авторів, таких як В. Сукманов, С. Туменов, М. Жаксилікова, Е. Batterham, А. Carlez, Р. Cheah, J. Cheftel, G. Gould, F. Jimenez-Colmenero, К. Karłowski, D. Knorr, L. Kurth, J.J. Macfarlane, Т. Shigehisa, С. Suzuki та ін., встановлюють перспективність використання високого гідростатичного тиску (ВГТ) при виробництві цільном'язових м'ясних виробів. Обробка ВГТ здатна не тільки інактивувати мікроорганізми, але й надавати харчовим продуктам нових функціонально-технологічних та споживних властивостей. Після обробки тиском зберігаються натуральний аромат, колір, текстура продуктів. Крім того, зводяться до мінімуму втрати вітамінів і макроелементів, про що свідчать дослідження впливу ВГТ на харчові продукти в консервній, рибній та м'ясопереробній промисловості.

Однак, на сьогодні ВГТ у м'ясопереробній промисловості здебільшого використовується для інтенсифікації процесу посолу. Проблема використання його як заміни традиційної термічної обробки для виробництва ЦМВ не втратила своєї актуальності. Тому перед фахівцями харчової галузі стоять завдання дослідити вплив даного виду обробки на ступінь кулінарної готовності барооброблених м'ясних продуктів, зміни їх структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних властивостей.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Найбільш поширеним напрямком удосконалення виробництва м'ясної продукції є інтенсифікація процесу посолу, розм'якшення тканин. Необхідною умовою проведення даних процесів є рівномірний розподіл посолочних інгредієнтів по всьому об'єму сировини. Класифікація способів удосконалення виробництва ЦМВ представлена на рисунку 3.

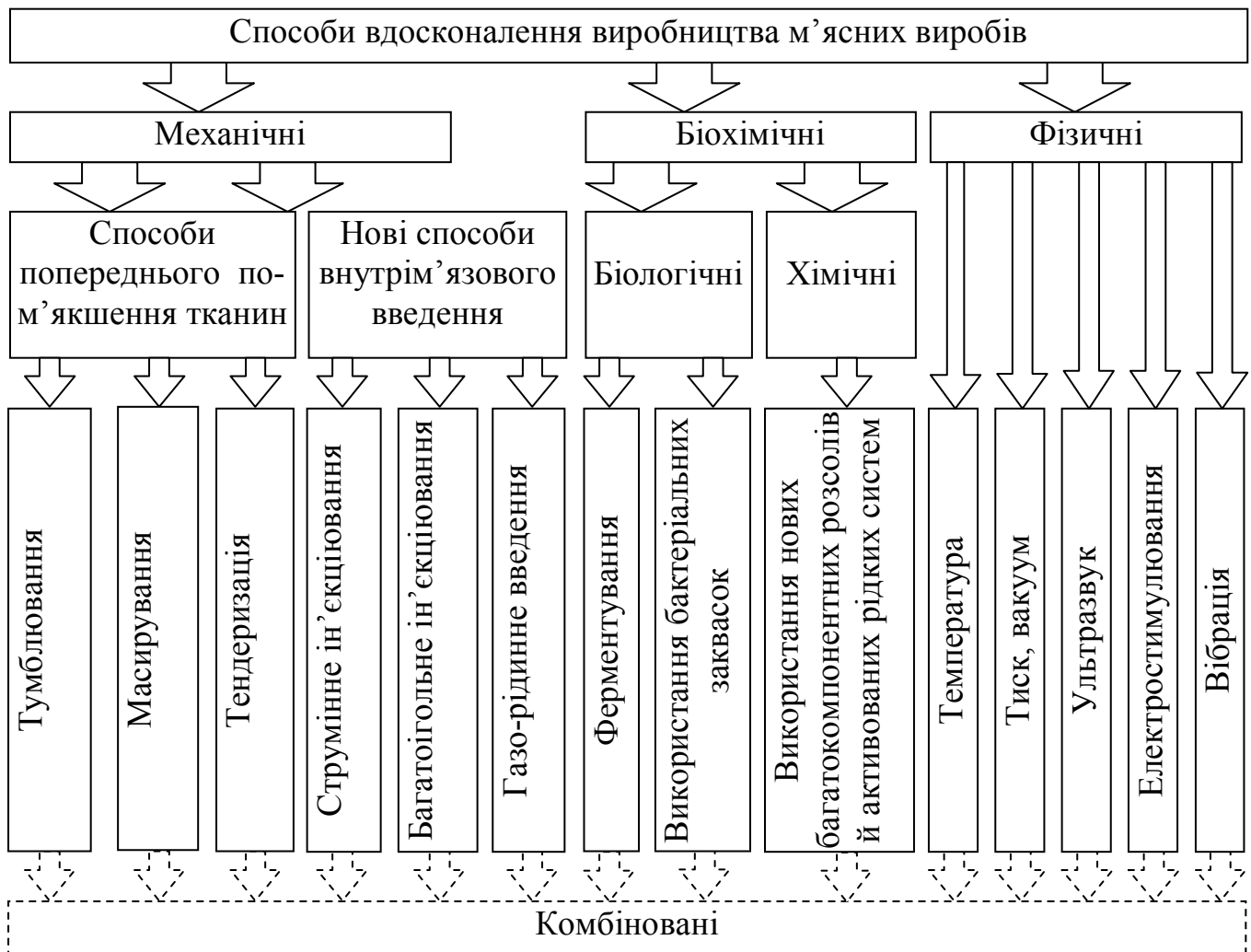


Рис. 3 - Класифікація способів удосконалення виробництва ЦМВ [28]

1.1 Механічні способи

Відомо, що одним зі шляхів інтенсифікації процесів засолу м'ясної нездрібненої сировини є його попередня обробка [24...26]. До найбільш розповсюджених способів варто віднести механічні: тендеризацію, тумблювання і масування [27...28]. Тендеризація шляхом розпушення, розволокнення м'яса за рахунок нанесення насічок чи проколювання голками з поперечним перерізом різної форми і розмірів знайшла широке застосування при виготовленні натуральних м'ясних порціонних напівфабрикатів, а також при виробництві реструктурованих МП.

Встановлено, що попередня тендеризація м'ясної сировини збільшує швидкість його засолу в 1,2...1,7 рази [28...29]. Однак, тендеризація м'ясокісної сировини неможлива, що обмежує область застосування такого впливу для інтенсифікації засолу.

Розроблені методи тумблювання і масування, що відрізняються твердими і м'якими умовами обробки, викликають розпушення морфологічної структури м'язового волокна, що сприяє утворенню додаткової кількості макрокапілярів, підвищенню проникненості мембран, активізації ферментів тканини, забезпечуючи прискорення процесу проникнення і перерозподілу посолочних інгредієнтів, інтенсифікації процесів дозрівання м'яса [8, 25].

Науковцями встановлено також, що попередні механічні впливи на м'ясокісну сировину приводять до збільшення виходу готової продукції зі свинини, підвищенню вологоутримуючої здатності, ніжності м'ясних виробів. Характер зміни цих показників залежить від режимів механічних впливів [28].

Основним фактором, що стримує практичне використання вищенаведених рекомендацій з інтенсифікації посолу свинини, є розрізненість даних по зміні ефективності обробки в залежності від геометричних розмірів тумблерів (діаметра, наявності полиць, їхніх розмірів і угла нахилу), а також від діапазону зміни коефіцієнту завантаження. Метод інтенсифікації посолу м'яса масуванням і тумблюванням прийнятний тільки для безкісткової сировини. При

нормальних параметрах такого способу інтенсифікації засолу кісткової сировини відбувається відділення м'язової тканини від кістки, що призводить до пошкодження продукту. Більш делікатні параметри масування і тумблювання можуть зменшити втрати сировини, однак це призводить до більших енерговитрат. Тому для кісткової продукції такі методи інтенсифікації малоефективні [30].

Крім методів інтенсифікації за рахунок впливу на продукт після ін'єкціювання, є інтенсивні способи внутрім'язового введення посолочних речовин. До таких способів відносять: багатоігольне шприцювання розсолів, струмінне ін'єкціювання стандартних розсолів і рідких багатокомпонентних систем та газогідроструйне введення рідин [26...27, 31]. Ці методи знайшли широке застосування в технологічній практиці.

Одним з найпоширеніших способів внутрім'язового введення посолочних речовин є багатоігольне шприцювання розсолів. Цей метод, що передбачає здійснення ін'єкціювання при тиску нагнітання 0,3...3,0 МПа за допомогою шприців, які мають насадки у виді порожніх перфорованих чи з центральним отвором голок, має свої переваги і недоліки [28].

Незважаючи на значну кількість і розмаїтість наявних у даний час розробок і промислових установок, що механізують процес багатоігольного введення розсолів у м'ясо, серйозні ускладнення зустрічаються при багатоігольному шприцюванні кісткових отрубів. Створення шприців з телескопічними голками, що відхиляються, та голкових спреї-ін'єкторів, голки яких мають від 11 до 14 отворів малого діаметра (0,4...0,6 мм) із принципом уведення, що розпорошує, розсолів при тиску 8...12 МПа не вирішує загальних проблем, властивих багатоігольному шприцюванню [32]. Незважаючи на ретельне фільтрування (автоматичні самоочисні фільтри), отвори голок часто засмічуються структурними тканинами сировини і складовими частинами розсолів. Це приводить до припинення надходження розсолу через одні голки та збільшенню його подачі через інші, у результаті чого розсіл розподіляється нерівномірно, утворюючи «кишені».

Таким чином, багатоігольне шприцювання, будучи одним із сучасних методів інтенсифікації процесу засолу м'ясної сировини, має ряд істотних недоліків, що визначають границі його застосування і вказують основні шляхи і перспективи вдосконалення способів і устаткування для внутрім'язового введення розсолів у м'ясо.

Безігольний (струмінний) спосіб ін'єкціювання, що здійснюється під високим тиском (до 30 МПа), відкриває можливість використання у виробництві ЦМВ складних багатокомпонентних рідких систем (багатокомпонентних розсолів, що включають ферменти, білкові добавки, бактеріальні культури), біотехнологічний потенціал яких створює передумови до багатоцільового регулювання функціонально-технологічних властивостей готових продуктів [30, 32]. Застосування струміневого способу ін'єкціювання дозволяє вирішити проблеми засолу м'ясо-кісткової сировини, тому що роль голок виконують тонкі струмені рідини. Принципово інший принцип здійснення процесу проникнення розсолів у тваринні тканини усуває необхідність конструювання складного обладнання з підпружиненими і телескопічними голками.

Нові розроблені безігольні ін'єктори приводяться в дію пружинами, пневматичними, гідравлічними й електричними пристроями.

Струмінний спосіб ін'єкціювання рідких систем є сучасним і одним із самих перспективних з погляду інтенсифікації процесів засолу м'яса, ресурсозбереження сировини [28, 33].

Таким чином, серед засобів уведення рідини найперспективнішим є струмінний спосіб, що дозволяє використовувати різноманітні за складом багатокомпонентні посольні суміші та дає можливість посолу не тільки м'язової, але й м'ясо-кісткової сировини.

Однак, на заготовочних цехах не доцільно використовувати громіздкі ін'єктори. Більш доцільне використання ручних ін'єкторів малої потужності, так як ресторанне господарство характеризується невеликими обсягами виробництва продукції.

1.2 Біохімічні способи

Біохімічні способи попередньої обробки м'ясної сировини перед засолом є загальновизнаним могутнім інструментом для впливу на весь комплекс морфологічного і хімічного складу м'яса.

Біохімічні способи попередньої тендеризації м'яса включають біологічні (застосування бактеріальних культур та ферментів) і хімічні прийоми [28, 34].

Є багато розробок по введенню в м'ясну сировину ферментних препаратів з різною спрямованістю впливу на структуру сполучної тканини. Обробка м'яса ферментами дозволяє збільшити вихід готових виробів, підвищити ВЗЗ, скоротити тривалість теплової обробки, підвищити біологічну цінність і поліпшити смако-ароматичні характеристики ЦМВ [1, 8, 28].

В основу біологічних методів закладена, насамперед, обробка сировини протеолітичними ферментними препаратами тварини (трипсин, пепсин, хімотрипсин і ін.), рослинного (фіцин, папаїн, бромелін і ін.) і мікробного (террізин, орізін, протосубтилін, мезентерії, субтилізін, флавізин, прозим і ін.) походження. Попередня ферментація м'яса викликає гідроліз пептидних зв'язків м'язових білків, розм'якшення колагенових і еластинових волокон, що створює сприятливі умови для прискорення проникнення і перерозподілу посолочних інгредієнтів. Розроблені технології введення ферментних препаратів у м'ясо шляхом внутрім'язового ін'єкціювання, чи введенням у кровоциркуляторну систему, зануренням у розчин, розпиленням на поверхні [28].

Всеросійський науково-дослідний інститут м'ясної промисловості ім. В.М. Горбатова (ВНДІМП) разом з Інститутом молекулярної генетики Російської академії наук і Інститутом біохімії і фізіології мікроорганізмів ім. Г.К. Скрябіна розробили колагенолітичний ферментний препарат мікробного походження – ФПМ-МП. Отриманий ферментний препарат призначений для активного впливу на сполучну тканину м'ясної сировини і виявляє активність при температурах 4...18 °С. Завдяки використанню даного ферменту при засолі зростає масова частка розчинних білків з високогідрофільними властивостями і,

отже, змінюється вміст води і відповідно рівень ВЗЗ м'яса. Завдяки збільшенню ВЗЗ знижуються втрати розсолу, а руйнування колагену ферментом зменшує час варіння. Крім того, додавання 0,05 % ферментного препарату збільшувало перетравність білків *in vitro* на 12,6%, а 0,1 % ферментного препарату – на 19,9 % у порівнянні з контрольним зразком [35].

Але ферментна обробка – це не єдиний спосіб удосконалення виробництва ЦМВ. В останній час все більше вчених приділяє увагу розробці технологій ЦМВ на основі бактеріальних заквасок. Ферментно-мікробіологічні процеси визначених штамів мікроорганізмів можуть сприяти формуванню бажаних органолептичних характеристик і функціонально-технологічних властивостей сировини і готової продукції на різних етапах виробництва.

Застосування бактеріальних молочнокислих заквасок і денітрифікуючих бактерій дає можливість на 30 % скоротити тривалість виробництва м'ясних виробів, дозволяє в значній мірі розм'якшити структуру грубих включень сполучної тканини, забезпечує одержання широкого спектра відтінків аромату і смаку, гарантує відповідність санітарно-гігієнічним вимогам.

Встановлено перспективність застосування спеціально підготовлених стартових культур чи їх комбінацій [10, 34]. Це скорочує терміни засолу, поліпшує органолептичні характеристики, дозволяє чи стабілізувати істотно поліпшити функціонально-технологічні властивості продуктів [8, 36].

В останні роки увагу вчених і дослідників привертають молочнокислі бактерії (лактобактерії і лактококи) і біфідобактерії в зв'язку з унікальними властивостями даних мікроорганізмів [28, 8], що дають можливість їх широкого використання в харчовій і особливо в м'ясопереробній промисловості. Піровиноградна, винна, оцтова кислоти, етиловий спирт, ацетон і інші речовини, що виникають разом з молочною кислотою, додають ЦМВ неперевершений смак і аромат [24].

Крім того, застосування стартових культур, що складаються з молочнокислих і біфідобактерій, дозволяє не тільки інтенсифікувати процес виробництва, але й одержувати ЦМВ з лікувально-дієтичними властивостями,

що особливо важливо для людей, які страждають шлунково-кишковими захворюваннями [1, 28, 36].

З використанням хімічних методів розроблені технології з введенням в м'ясо під невеликим тиском 0,2...0,7 МПа рідких і газоподібних речовин: води; 0,9%-го розчину хлористого натрію; харчових кислот; натрієвих, калієвих, амонійних солей пірофосфорної, ортофосфорної і поліфосфорної кислот; суміші азоту, вуглекислого газу, повітря [23, 31]. За цією технологією підвищення ніжності м'яса забезпечується за рахунок розривів сполучних прошарків, розпушення м'язових волокон, збільшення ВЗЗ [28, 34]. Ці способи знайшли широке застосування за кордоном [37].

Також вченими Ільїною Н.М., Борисенко А.А., Борисенко Л.А., Большаков А.С. [28] розроблені нові хімічні методи удосконалення технології ЦМВ з використанням нових багатокомпонентних і активованих рідких систем. Найбільш ефективними для виробництва ЦМВ компонентів, використання яких є важливим з погляду ресурсозбереження, варто віднести:

- білоквмісні компоненти тваринного походження: кров і її фракції; гідролізати і концентрати з м'ясних тканин субпродуктів (м'язової, сполучної, кісткової); молочну сироватку; цільне, сухе знежирене молоко; концентрати сироваткових білків; казеїнат натрію й ін. [38];
- компоненти рослинного походження: ізоляти соняшника, сої й інших бобових; екстракти з насінь винограду, бавовнику, пряностей і трав (водяні і спиртові) [39];
- білкові маси з яйцепродуктів, риби, грибів;
- споживчі відділення біомаси мікроорганізмів при виробництві бактеріальних концентратів (ацидофільних бактерій і біфідобактерій) [36];
- вуглеводи: лактозу, лактулозу, цукор очеретяний і бурячний, сахарин, глюкозу і її похідні, що підсолоджують речовини [40];
- жири: тваринні і рослинні, у виді емульсій і натуральні;
- мінеральні речовини у виді розчинів солей;

- вітамінні добавки, макро- і мікроелементи.

Особливу увагу привертають лактоза та лактулоза, так як є дані, що ці цукри мають позитивний вплив на терміни зберігання ЦМВ [41]. Лактоза є вуглеводом, що важко гідролізується. Вона більш стійка в кислому середовищі, ніж цукроза, легше інвертується в лужному середовищі. Крім того, лактоза в результаті інверсії частково перетворюється в моноцукрози, при наявності яких не змінюється валентність заліза: залізо залишається двовалентним, і фарбування зберігається. Введення лактатів дозволяє знизити вміст остаточного нітриту натрію (NaNO_2) до 30% [42]. Також, з літературних джерел [7, 30, 43] відомо, що повна заміна цукрози лактозою при виробництві ЦМВ підвищує органолептичну оцінку. Солодкуватість лактози складає 0,16.

В останній час також з'явилися технології із застосуванням лактулози, яка має аналогічний вплив на якість ЦМВ. Однак, лактулоза, на відміну від лактози, зовсім не всмоктується в кишечнику людини. Крім того, лактулоза, доходячи в незміненому виді до товстої кишки, захоплюється й метаболізується бактеріями, здатними засвоювати лактулозу. Продукти бактеріального метаболізму лактулози зрушують рН середовища в товстій кишці в кислу сторону, що призводить до зменшення росту і розмноження патогенних мікроорганізмів і створення більш сприятливого середовища для розмноження корисних сапрофітних бактерій у товстій кишці. Цей ефект лактулози широко використовується в лікуванні дисбактеріозів товстої кишки. Для профілактики дисбактеріозів доза лактулози, що рекомендується для внесення в продукт, 50...150 мг на 1 кг продукту. Однак, лактулоза при дозуванні вище 200 мг на 1 кг продукту може призводити до розладу шлунково-кишкового тракту. Солодкуватість лактулози складає 0,55 [44].

Невід'ємною частиною багатокомпонентних розсолів є застосування прянощів. Формування вираженого смаку й аромату в ЦМВ в сучасних умовах є серйозним завданням, від рішення якого залежить конкурентоспроможність готової продукції.

До приправ відносять інгредієнти, що додають у м'ясні продукти з метою поліпшення або модифікації смаку й аромату готових виробів. Раніше існувала

невелика кількість смако-ароматичних добавок у вигляді порошків з рослин й їх насінь, водні, спиртові й жирові екстракти. Однак технологія одержання смако-ароматичних комплексів із прянощів має ряд недоліків. При сушінні рослин для одержання порошку з вихідної сировини втрачається значна кількість ефірних олій, а водна й жирова екстракції не можуть охопити весь комплекс речовин, що надають аромат, тому що не всі вони є водо-, спирто- або жиророзчинними. Крім того, використання спиртових і жирових екстрактів неможливо в багатьох технологіях через самий розчинник.

Однак, останнім часом з'явилися CO₂-екстракти прянощів.

CO₂-екстракти прянощів – складніший природний смако-ароматичний комплекс витягнутих з рослинної клітки речовин. При виробництві ЦМВ CO₂-екстракти з успіхом можуть замінювати сухі прянощі, повністю передаючи аромат спецій. Можна одержати зовсім нові композиції смаку й аромату, які раніше створити було неможливо.

На сьогодні існує більше п'ятдесяти найменувань CO₂-екстрактів і комплексів CO₂-екстрактів, з яких можна скласти будь-які унікальні композиції [45].

Багатокомпонентні розсоли при виробництві ЦМВ можуть забезпечити ресурсозбереження, регулювання органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних, медико-біологічних показників готових продуктів і їх високу харчову цінність. Безперечно доцільне використання багатокомпонентних рідких систем при виробництві ЦМВ [10, 28, 46].

Фірмою «Шредер» (Німеччина) були розроблені ряд багатокомпонентних розсолів з підвищеною в'язкістю [47]. Для ін'єкціювання грузлих розсолів (і емульсій) був розроблений спеціальний ін'єктор. Доповнивши ін'єктор устаткуванням для готування самого розсолу (спеціалізований ропний вузол для готування емульсії), автори створили нову технологію і назвали її технологією «м'ясо в м'ясо» (Meat-in-Meat, скорочено – MIM).

Збільшення в'язкості розсолу досягається додаванням у нього емульсії з м'ясної сировини. Виробництво делікатесів і шинок за технологією MIM дає ряд переваг:

1. Вихід готового продукту стосовно класичного, при рівній кількості розсолу, вище на 5–8%.

2. Продукт на зрізі сухий, добре поводитьься в процесі нарізки і не втрачає розсол в упакованні.

3. Смакові властивості готового продукту змінюються в кращу сторону, тому що з розсолом уводиться визначена кількість сировини з підвищеною жирністю, що сприятливо впливає на смак, робить продукт більш соковитим.

4. Можливо переробляти в продукт механічні відходи, що утворюються в процесі обробки сировини після масування. Таким чином, виходить практично безвідхідне виробництво [33].

Крім того, вченими визначено, що для інтенсифікації засолу багатокомпонентні рідкі середовища крім осмотичного тиску можуть використовувати нові рушійні сили розподілу в м'ясі за допомогою енергії фізичних чи енергетичних полів (наприклад, омагнічування чи електроактивація рідин).

Таким чином, науковцями зроблено багато розробок з біохімічних методів інтенсифікації і вдосконалення посолу сировини, які ми можемо використати в своїй роботі. Пріорітетним є використання в посольних сумішах лактози та лактулози. Для створення смако-ароматичного комплексу вирішено використовувати CO₂-екстракти.

1.3 Фізичні способи

В останній час особливої популярності в технологічній практиці набувають способи інтенсифікації посолу м'ясної сировини з використанням фізичного впливу на продукт.

До таких способів відносяться вплив теплового фактору, вібрації, імпульсів перемінного струму, ультрафіолетового чи інфрачервоного випромінювання, високих чи низьких тисків. Вченими ВНДІМП проведені дослідження по засолу окостів у гарячому (50°C) розсолі в умовах циркуляції.

Експериментальні дані показали, що процес засолу можна скоротити в 15 разів порівняно з традиційною обробкою. Однак, незважаючи на значне прискорення процесу засолу в умовах підвищеної температури, цей спосіб вимагає дотримання строгого санітарного режиму при виробництві продуктів, унаслідок можливості виникнення умов, сприятливих для розвитку мікроорганізмів. Тому більш доцільно його використання в сполученні з ультрафіолетовим опроміненням, обробкою харчовими кислотами, антибіотиками [30].

Доведено, що вібрація (при частотах 5...200 Гц, 2800...5700 Гц, амплітуді коливань від $0,5 \cdot 10^{-4}$ м до $3 \cdot 10^{-3}$ м) і ультразвукова обробка (при низьких (15 кГц) і високих (1000 кГц) частотах) приводять до порушення цілісності макроструктури волокон і, як наслідок, дозволяють інтенсифікувати процеси посолу цільном'язової м'ясної сировини, що попередньо ін'єкціювали [48].

Також, обробка парного і охолодженого м'яса імпульсами перемінного струму напругою в 40...2000 В (електростимуляція і електромасування) дає можливість прискорити процеси проникнення хлориду натрію в м'ясі. Збільшення вмісту солі в окостах, вироблених з охолодженої електростимульованої свинини, відбувається в 1,20...1,23 рази швидше, ніж в окостах з неелектростимульованої сировини. В окостах, посолених у парному стані, швидкість накопичення NaCl у попередньо електростимульованих зразків вище в 1,16...1,20 рази, порівняно з контрольними без електрообробки [49].

Науковцями різних країн [50...69] ведуться дослідження впливу на тваринні тканини високих (100...1000 МПа) чи низьких тисків (вакуум $(0,25...0,5) \cdot 10^5$ Па). Ці прийоми характеризуються більш швидким процесом дозволу посмертного задубіння за рахунок розпаду актоміозинового комплексу на актин і міозин, розслабленням м'язових волокон, що забезпечує підвищення ніжності м'яса і ступеня його проникності для розсолів [2, 70]. Встановлено, що використання вакуумних і баричних установок економічно більш вигідно, ніж холодильне зберігання м'яса з метою його дозрівання. Однак, останнім часом виникла також ідея можливості використання більш високих тисків не тільки для дозрівання м'яса та посолу, але й безпосередньо для доведення до

кулінарної готовності [71...76]. Крім того, установки високого тиску характеризуються невеликими об'ємами, малим енергоспоживанням, що викликає інтерес для їх впровадження у заготовочних цехах.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ БАРООБРОБЛЕНОЇ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Роботами багатьох авторів [50...56, 75, 77...89] встановлена перспективність використання високого гідростатичного тиску при виробництві м'ясної продукції. Виробництво даної групи харчових продуктів досить тривалий процес, а використання ВГТ дозволяє значно скоротити час обробки без утрати якості готового продукту. Дослідники різних країн світу вивчали можливість виробництва БЦМВ, використовуючи різні комбінації параметрів тиску, часу і температури [37, 50...56]. Встановлено, що використання ВГТ дозволить звести до мінімуму розпад термолабільних поживних речовин, при гарантованому зниженні мікробіологічного забруднення, що неможливо за традиційним способом обробки.

2.1 Вплив параметрів обробки високим гідростатичним тиском на кулінарну готовність м'ясної продукції

Кулінарна готовність м'ясної продукції характеризується наступними змінами:

- теплова денатурація розчинних білкових речовин;
- зварювання й гідротермічний розпад колагену;
- зміна структурно-механічних властивостей;
- зміна органолептичних показників;
- інактивація ферментів тканини.

Сукупність перелічених процесів визначає якість готової продукції [125].

З літературних джерел відомо, що кулінарна готовність при вологій ТО досягається при температурі 72°C, однак майже зовсім відсутні дані про те, яким чином на цю систему впливає тиск.

2.1.1 Впливу тиску та часу обробки на активність ферментів тканини барообробленої м'ясної продукції

З літературних джерел відомо, що обробка ВГТ може інактивувати більшість тканевих ферментів. Так, активність пепсину у БЦМВ, знижується з підвищенням тиску і при 600 МПа зникає [110]. Однак, у ряді випадків тиск стимулює активність ферментів. Активність ксантин дегідрогенази з ростом тиску зростає й проходить через максимум: при 500 МПа її реакційна здатність в 7...8 разів вище, а при 600 МПа лише в 4 рази перевищує активність цього ферменту ніж при атмосферному тиску. Вище 600 МПа настає повна інактивація ксантиндегідрогенази [114].

Чеськими вченими [115] встановлено, що під впливом тиску може відбуватися як прискорення, так й уповільнення ферментативних процесів. Автори вважають, що вивільняють у результаті обробки тиском іони Са активізують фермент протеазу, що надалі приводить до поліпшення консистенції (ніжності) м'яса.

Також, під дією тиску катепсин В проявляє більшу активність, ніж при звичайних умовах і більш інтенсивно руйнує міозин товстих філаментів. Зазначена обставина супроводжується більше значною тендеризацією м'язових волокон (ніж під дією катепсина В за традиційною ТО), і, як наслідок, зменшенням значення зусилля на зріз. Оптимум активності ферменту спостерігається при 4...6 МПа [54]. Однак, при тиску вище 600 МПа настає повна інактивація ферментів [116].

В технологічній практиці для визначення ступеня кулінарної готовності застосовується метод, що дозволяє визначити залишкову активність кислої фосфатази – найбільш термолабільного ферменту. Залишкова активність кислої фосфатази виражається масовою часткою фенолу та в готовому продукті не повинна перевищувати 0,006%.

Дослідження по визначенню активності ферментів тканини БЦМВ проводили методом визначення залишкової активності кислої фосфатази [121]. Метод заснований на фотометричному визначенні в продукті інтенсивності

фарбування залежно від залишкової активності кислої фосфатази, вираженою масовою часткою фенолу.

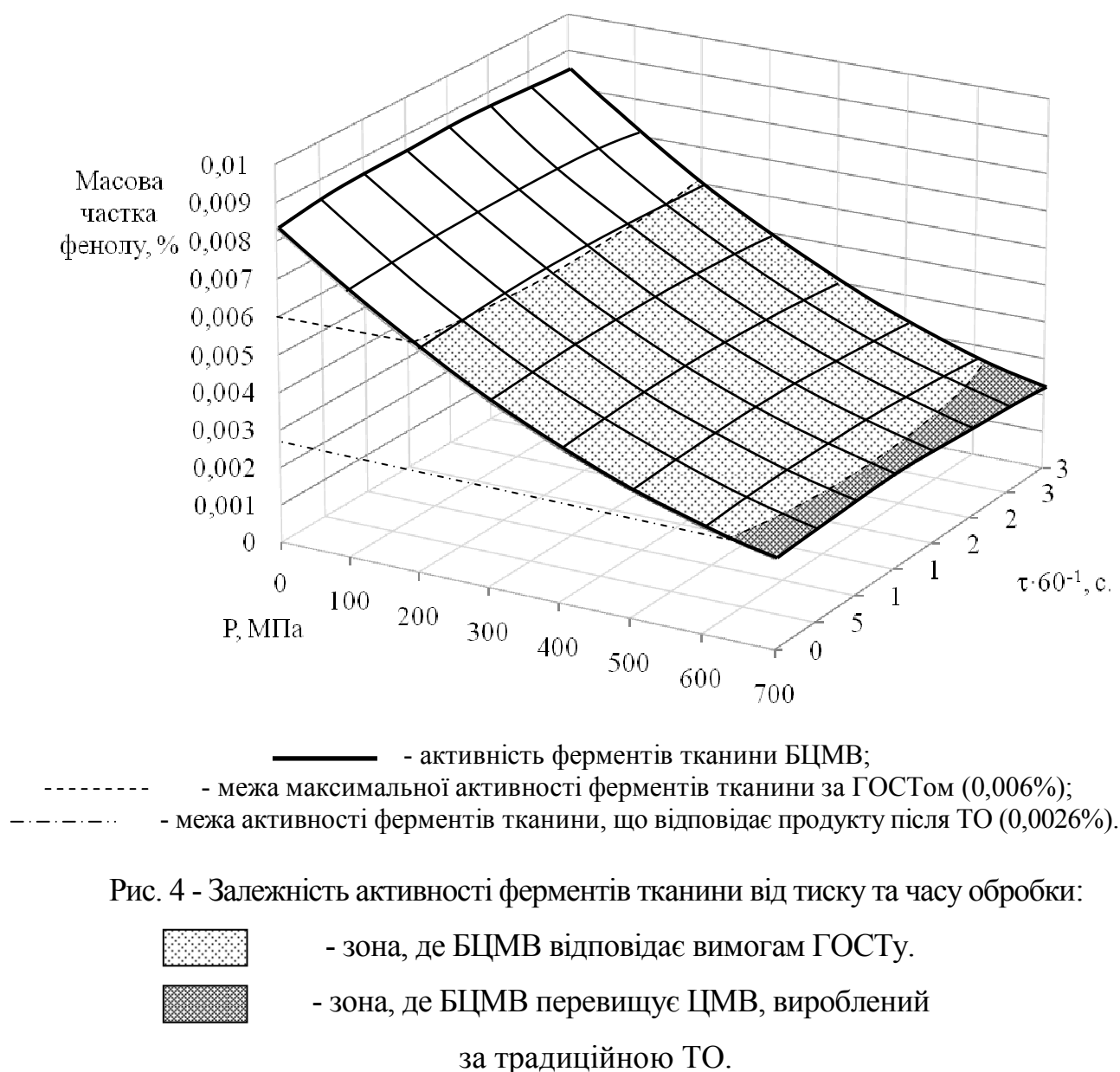
Модельні та контрольні зразки ЦМВ виготовляли із задньостегнової частини свинини охолодженої ГОСТ 7724-77 (вирізи масою 300г з м'яза *biceps femoris* свинини охолодженої породи Ландрас беконного відкорму (вік тварин 6-7 місяців), закуплені в одного постачальника, що зберігалися протягом 72 годин після забою тварини при температурі 2...4°C. Зразки піддавали шприцюванню стандартним розсолом у кількості 12% до маси сировини. Контрольні зразки було виготовлено за традиційною технологією з використанням ТО. Модельні зразки підлягали обробці ВГТ за різних параметрів тиску та часу обробки).

Дослідження показало, що при посолі м'ясної сировини активність кислої фосфатази не змінюється і знаходиться в межах 0,0088%. Контроль мав ферментну активність на рівні 0,0026%.

Залежність ступеня активності ферментів тканини БЦМВ від розміру тиску та часу обробки наведено на рисунку 4. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

Як можна бачити з рисунка ВГТ має інактивуючу дію на ферменти - при підвищенні тиску відбувається зниження залишкової активності кислої фосфатази. З часом обробки активність кислої фосфатази майже не змінюється. Ми вважаємо, що активність досягає порогового значення при даних параметрах обробки при досягненні потрібного тиску.

Аналізуючи отриману залежність, активність ферменту досягає значення, що відповідає порогу кулінарної готовності (0,006%) при параметрах тиску близько 190 МПа.



Однак, зважаючи на те, що активність ферментів не є постійною величиною і її значення може різнитися навіть в різних частинах м'язової тканини, тому більш доцільно рівнятися на ферментну активність ЦМВ зробленого за традиційною ТО, тобто контролю. Значення активності кислої фосфатази близької до ферментної активності ЦМВ зробленого за традиційною ТО, тобто контролю (0,0026%) досягається при параметрах тиску понад 630 МПа.

Таким чином, вищезазначені дані свідчать про те, що тиск більший за 190 МПа

є граничним для інактивації ферментів тканини продукту без проведення додаткової ТО.

2.1.2 Методика та визначення мікроструктурних змін м'язової тканини барообробленої м'ясної продукції

Тваринна тканина являє собою дисперсну колоїдну капілярно-пористу систему коагуляційного типу, що має складну структуру. Вона складається з м'язової, жирової й сполучної тканин. Переважає в м'ясі м'язова тканина. Вона становить до 40% маси тіла тварини, є основою кістякової мускулатури й найціннішою в біологічному відношенні [27, 90].

З літературних джерел відомо, що обробка ВГТ призводять до денатурації м'язових та з'єднувальнотканинних білків. Денатураційні зміни, що відбуваються в м'ясі при дії ВГТ, залежать від величини тиску. При величинах тисків від 30 до 150 МПа відбувається зміцнення водневих зв'язків відповідальних за стабілізацію спіральної структури пептидів, що попереджає початок денатураційних процесів [74, 78].

Високий тиск впливає також на гідрофобні зв'язки. Якщо величина тиску нижче атмосферного, воно сприяє стабілізації гідрофобних зв'язків, що приводить до збільшення об'єму продукту, а високий тиск – до розриву цих зв'язків і зменшенню об'єму системи. При тиску понад 300 МПа спостерігається необоротна денатурація білків, що залежить не тільки від величини, тиску, але й від тривалості його впливу.

Японськими вченими Т. Shigehisa, Т. Ohmori, А. Saito та ін. було встановлено, що тіамін у м'язовій тканині свинини не денатурував при обробці тиску від 125 до 200 МПа протягом $10 \cdot 60^1$ с за температури 20 °С [91]. Однак, казахський вчений Туменов [2] стверджує, що при обробці свинини тиском більш 400 МПа на протязі $15 \cdot 60^1$ с за температури 25°С спостерігається денатурація білків. Це відкриває перспективи використання ВГТ (400...800 МПа) за помірними температурами (60...70°С) у харчовій технології для

кулінарного варіння м'яса. При цьому процес варіння буде займати $(5...10) \cdot 60^1$ с.

Як відомо, для зміни структури білка необхідна присутність води [1, 8]. Виходячи з цього, дослідники прийшли до висновку, що зміни виникаючі в м'язовій тканині при впливі тиску в діапазоні 100...1000 МПа, обумовлені варіюванням властивостей двох її основних компонентів: білків, що містяться в кількості 15,2...20,9% і води, частка якого складає 72...80% по масі. У переважній більшості випадків зміна стану води в кількісному і якісному відношенні відбивається як на властивостях продукту, так і на характері протікання цілого ряду технологічних процесів [70].

Pollard E.C. і Weller P.K. зробили спробу пояснити характер денатураційних процесів при високому тиску [92]. Автори вважають, що якщо денатурацію білків, що відбувається під дією ВГТ розглядати тільки з позиції розкручування вихідної білкової структури, то в цьому випадку повинне спостерігатися збільшення об'єму системи. Однак, дослідник Brigman P.W. [93] зафіксував зменшення геометричних розмірів зразків. Це явище можна пояснити ефектом електрострикції, що супроводжується порушенням міжмолекулярних іонних зв'язків молекул білка під впливом тиску. При розкручуванні пептидного ланцюга утвориться велика кількість неполярних зв'язків, доступних воді. У міру того, як залишки іонізованих груп взаємодіють із водними диполями, міжмолекулярні зв'язки скорочуються, викликаючи зменшення об'єму системи.

Вивчаючи вплив високого тиску на якість білків м'язових тканин великої рогатої худоби, учені прийшли до висновку, що обробка високим тиском не впливає на біологічну цінність білка, але значно поліпшує його засвоюваність. Це зв'язано з деструкцією білків і нагромадженням у м'язовій тканині вільних амінокислот. Дослідниками Циреновим В.Д., Чімітової Ц.Б., Болотовой М.Н. Жамсуєвой Т.І. [94] проведені експерименти по вивченню змін вільних амінокислот під дією ВГТ. Вільні амінокислоти екстрагували етанолом й їх суміш розділяли на автоматичному аналізаторі ААА-881. Авторами роботи виявлено, що

загальний вміст амінокислот у яловичині, обробленій тиском 85, 120 й 160 МПа протягом $3 \cdot 60^1$ с, збільшується безпосередньо після проведення процесу. Причому тиск 85 МПа значно ефективніше, ніж більше високі значення тиску. Кількість вільних амінокислот, виділених зі зразків, оброблених за тиском 120 й 160 МПа, практично однаково.

Подальші порівняльні дослідження автори проводили на зразках яловичини, що зберігалися за температури 2 °С протягом 1, 3 й 7 діб. Отримані дані свідчать про те, що загальний зміст вільних амінокислот у зразках м'яса, оброблених тиском 85 МПа протягом $3 \cdot 60^1$ с у парному стані, на 1, 3 й 7 доби зберігання при 2 °С збільшується відповідно в 1,36; 1,67; 1,32 й 1,26 рази. Після обробки тиском яловичини з будь-яким строком автолізу вміст смако-ароматичних вільних амінокислот м'яса інтенсивно збільшуються протягом 1-ї доби зберігання. Підвищення змісту інших вільних незамінних амінокислот спостерігається на 7 добу зберігання. Замінні амінокислоти перетерплюють аналогічні зміни залежно від величини тиску й глибини автолізу м'ясної сировини. Після обробки парного м'яса тиском 120 та 160 МПа вміст глютамінової кислоти становить відповідно 0,13 й 0,15 мг%. У парному ж м'ясі й м'ясі, обробленому тиском 85 МПа, виявляються тільки сліди цієї амінокислоти. Після обробки яловичини на будь-якій стадії зберігання істотно збільшується вміст гліцину, аланіну й сірину [95...97].

Впливу високого тиску на загальний вміст у м'ясі незамінних і замінних амінокислот не виявлено [65].

Зміну тваринних тканин можна також відстежити на основі дослідження мікроструктурних змін м'язової тканини.

Для визначення змін структури м'язової та сполучної тканини м'яса при обробці ВГТ використовували метод гістологічного аналізу. Результати гістологічного аналізу відрізняються високою вірогідністю й у ряді випадків можуть бути доповнені даними фізико-хімічних, біохімічних, органолептичних, мікробіологічних чи інших досліджень.

Процес гістологічного дослідження м'яса складався з наступних основних етапів: добір зразків; фіксація зразків; підготовка вирізаних зі зразків проб до виготовлення зрізів; виготовлення зрізів; фарбування і вивід зрізів під покривне скло; мікроскопія готових препаратів і обробка результатів дослідження; виготовлення мікрофотографій [122].

Фіксація – обробка матеріалу з метою збереження структури тканин такої, якою вона була під час добору зразка, і запобігання її подальших змін. Як фіксатор тканин м'яса використовували формалін, що швидко проникає всередину матеріалу і забезпечує тривалу схоронність форм і структури досліджуваного об'єкта, стабілізацію ліпідів.

Після промивання досліджуваного матеріалу в проточній воді здійснювали підготовку вирізаних зі зразків проб до мікротомірування. Зрізи виготовлялися на санному мікротомі товщиною 8 мкм поперек м'язового волокна.

Забарвлення для оцінювання змін м'язової тканини проводили гематоксиліном Ерліха, для оцінювання сполучної тканини – методом Ван-Гізона. Фарбування здійснювалося регресивним способом [121].

Далі проводили мікроскопіювання отриманих зразків і виготовили фотографії мікроструктури. Для проведення мікроструктурних досліджень використовували оптичний мікроскоп «Mikromed» з фотоокуляром «Orbitor MVE 50». Об'єктив 20x та 40x, окуляр 10x. Керування фотоокулярком здійснюється за допомогою комп'ютера, де і відбувається обробка зображення та його аналіз. Для кожного зразка знаходилися й аналізувалися 20 характерних областей.

Фотографії мікроструктури м'язового волокна наведено на рисунках 5-10. Для модельних зразків наведено знімки мікроструктури сировини після обробки 5, 15 та 25 хвилин при тиску 500 МПа, т.к. при даних параметрах візуально зміни, що відбуваються в м'язовій тканині, найбільш наявні.

Аналізуючи надані на знімках результати, слід відзначити, що на всіх знімках структура МП чітко виражена, фарбування добре, рівномірне.

Зчерченість волокон ясно і чітко виражена.

Нами запропонована методика кількісного виміру мікроструктурних змін, що відбуваються в м'ясі під час технологічної обробки. В цитоморфометрії відомий метод аналізу змін клітин при мікроскопіюванні вимірюванням змін діаметра клітини [142]. Однак, як видно з рисунків 5-10 діаметри м'язових волокон значно різняться один від одного. Крім того, форма зрізу м'язового волокна не є простою геометричною фігурою, що може привести до значних погрішностей виміру. Для визначення змін площі зрізу м'язового волокна та сполучної рихлої тканини нами було запропоновано заміряти не площу індивідуального волокна, а частку заповнення волокном площини окуляра.

Для аналізу фотографію мікроструктури обробляли таким чином, щоб у видимій області не було відтінків сірого, тобто м'язове волокно було чорного кольору, а проміжки – білого (рисунок 11).

Відомо, що кількість куховарської солі, що додають до сировини при посолі (2,0...2,5% до маси сировини), відповідає концентрації, близької до той, що може розчиняти білки актоміозинової фракції. При цьому, посолочні речовини взаємодіють з білками, результатом чого є зміна фізико-хімічного стану протеїнів, що обумовлює основні властивості соленого м'яса. При такій концентрації солі в результаті електростатичних властивостей функціональних груп білків іони солі оточують ці групи й, притягуючи диполі води, збільшують гідратацію й розчинність білків. Вказані зміни впливають на збільшення вмісту в м'ясі сорбційно зв'язаної води і, як наслідок, збільшення діаметру м'язового волокна на мікроуровні. Ці зміни можна спостерігати на рисунках 5-6. Так, частка волокна у видимій області сирого м'яса склала $53,89 \pm 0,42\%$, соленого м'яса – $77,71 \pm 0,15\%$, що на 23,82% більше.

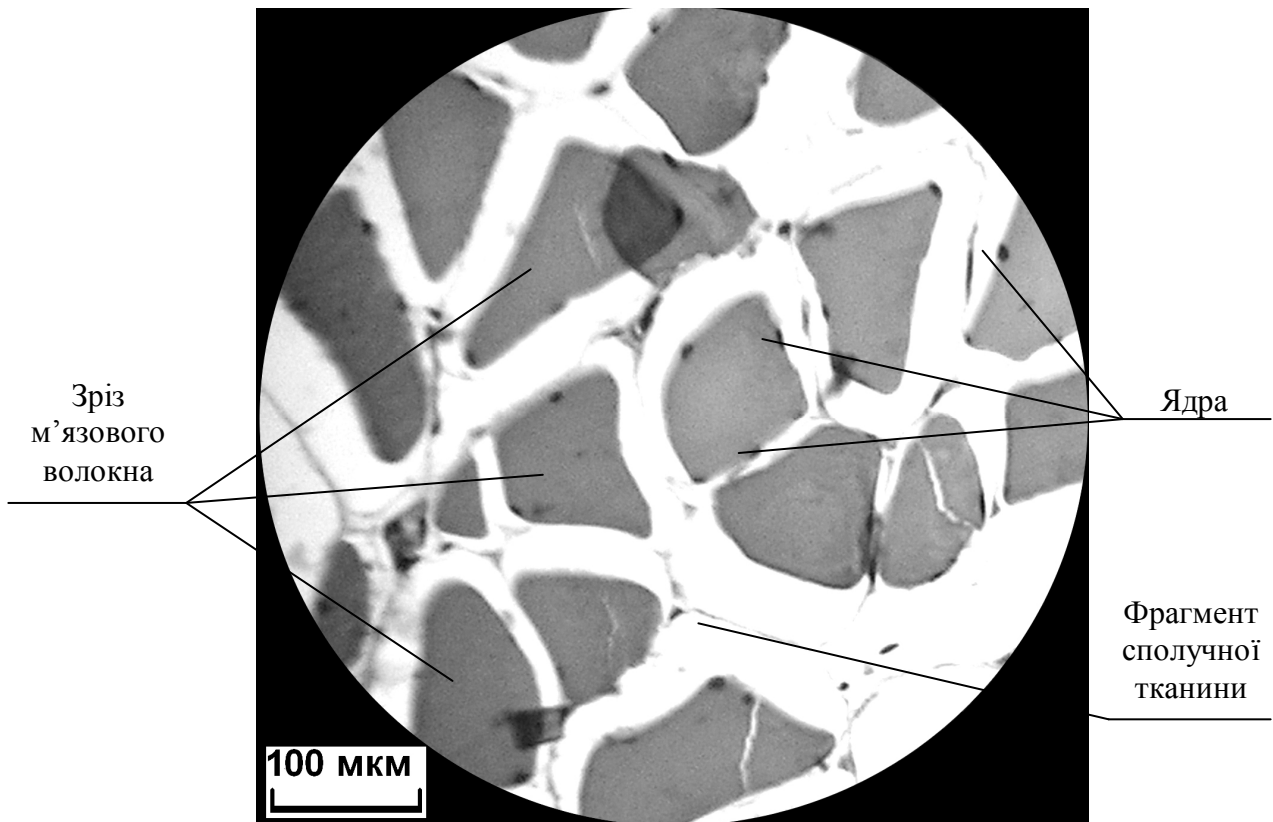


Рис. 5 - Мікроструктура сирого м'яса, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

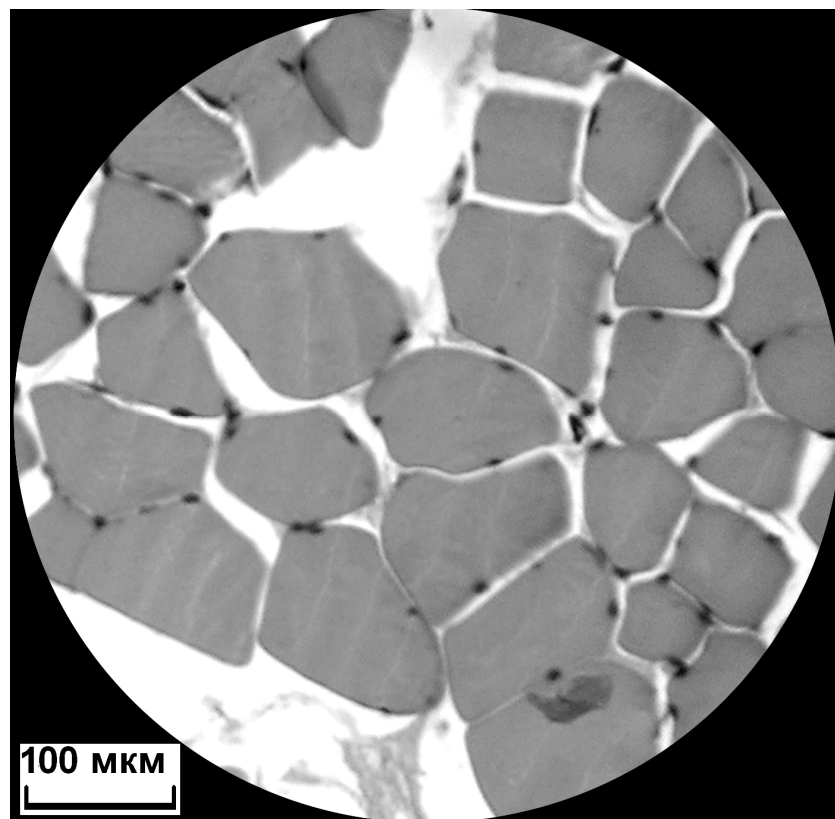


Рис. 6 - Мікроструктура м'яса після посолу, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

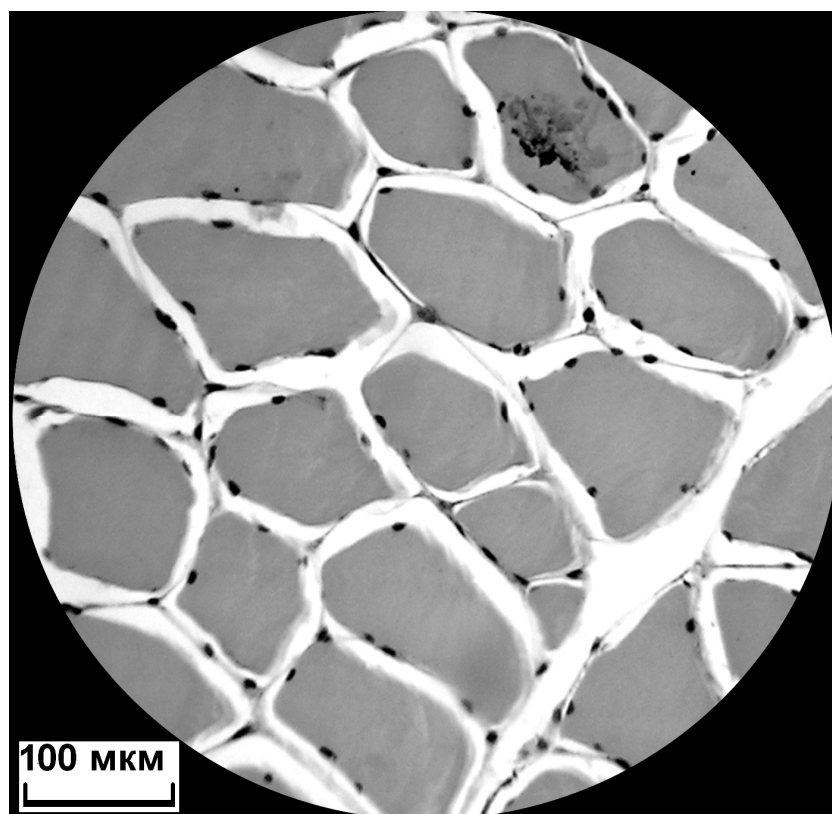


Рис. 7 - Мікроструктура ЦМВ зробленого за традиційною ТО, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

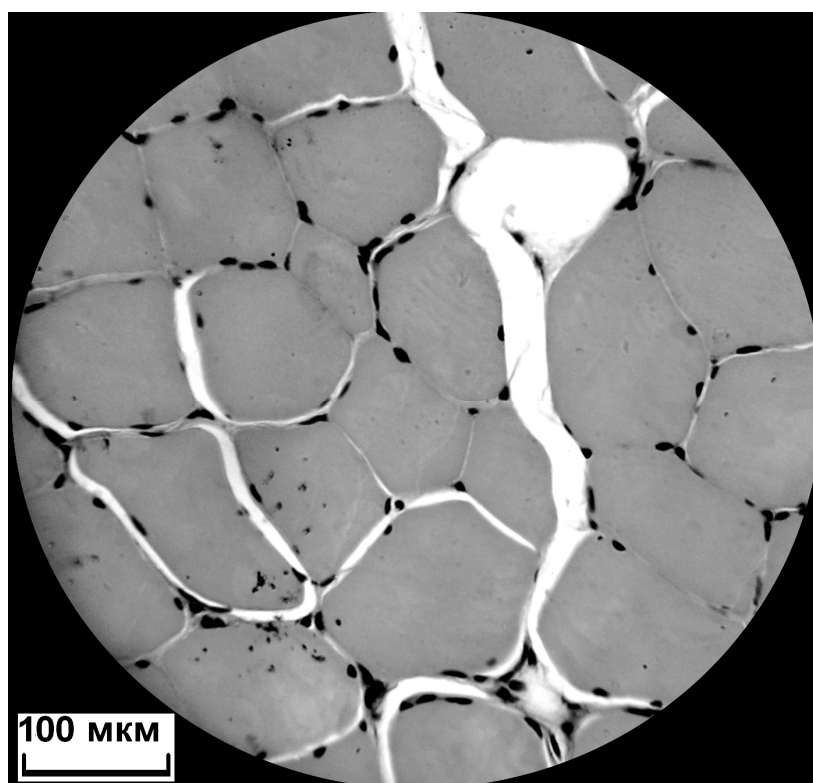


Рис. 8 - Мікроструктура БЦМВ після обробки тиском 500 МПа, $5 \cdot 60^1$ с, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

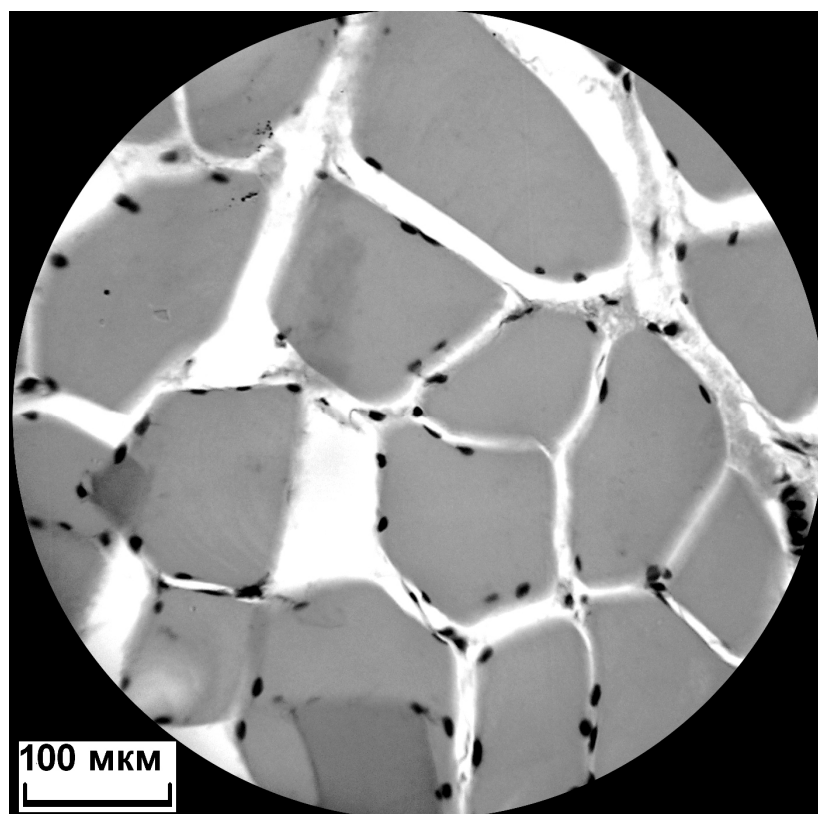


Рис. 9 - Мікроструктура БСМВ після обробки тиском 500 МПа, $15 \cdot 60^1$ с, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

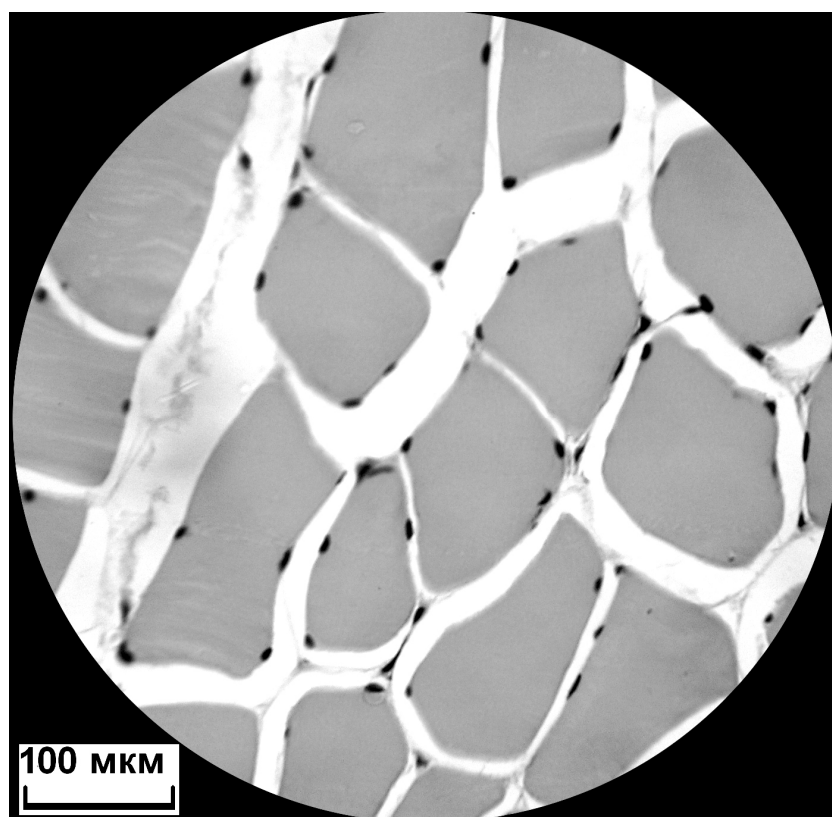


Рис. 10 - Мікроструктура БСМВ після обробки тиском 500 МПа, $25 \cdot 60^1$ с, пофарбованого гематоксілином Ерліха (кратність збільшення $\times 200$)

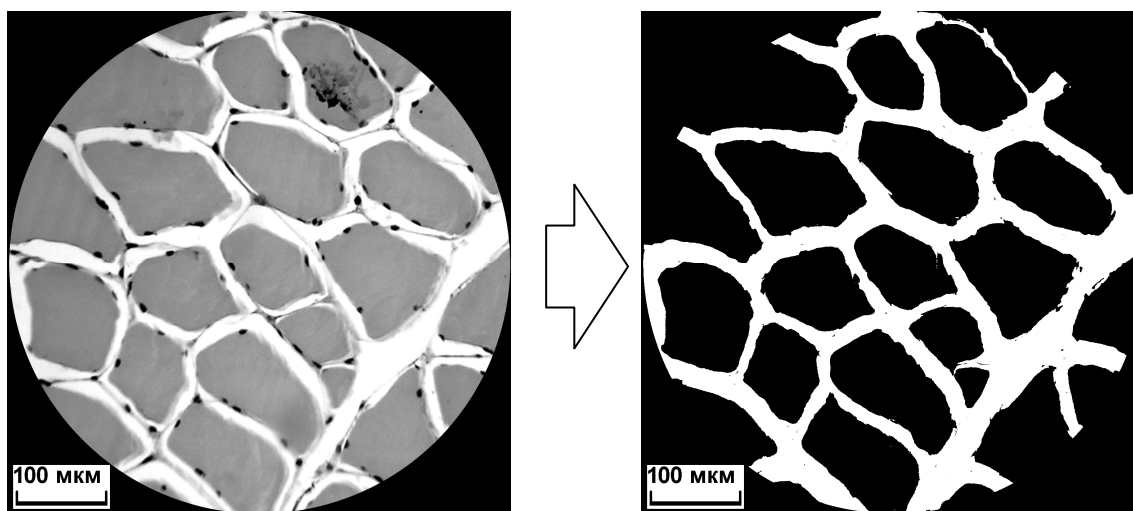


Рис. 11 - Обробка зображення фотографії мікроструктури для визначення частки заповнення видимої області волокном

За допомогою комп'ютерної програми APFill 3.7 знаходилась частка заповнення чорним кольором отриманої області (рис. 12).

Общее заполнение по интенсивности:

Эквивалентно (5% страницам):

☒ Что означают эти цифры ? ☐ Копировать результаты

Общий процент заполнения (все точки кроме белых):

Общее заполнение RGB CMYK HSB LAB Серый

Процент заполнения цветом		Процент заполнения Ч/Б	
0.00%		76.33%	
Из них интенсивность цветов	до 10%	Из них градации серого	
0%		2%	
0%	от 11% до 20%	1%	
0%	от 21% до 30%	0%	
0%	от 31% до 40%	0%	
0%	от 41% до 50%	0%	
0%	от 51% до 60%	0%	
0%	от 61% до 70%	0%	
0%	от 71% до 80%	0%	
0%	от 81% до 90%	0%	
0%	от 91% до 100%	91%	

Рис. 12 - Результати вимірювань програмою APFill 3.7

Згідно даних літературних джерел [24, 143], теплова денатурація розчинних білків, що входить до складу м'язової тканини, супроводжується зміною розмірів, форми й властивостей кожної індивідуальної молекули (рис. 13).

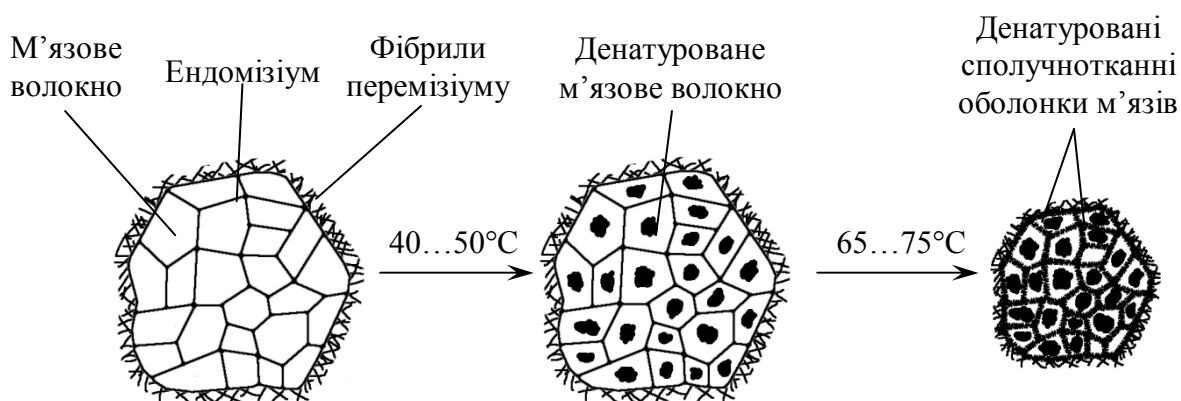


Рис. 13 - Модель послідовного скорочення міофібрилярних та сполучнотканних білків м'яса в процесі ТО

З підвищенням температури зростає швидкість руху води. Це явище призводить до дегідратації полярних груп бокових ланок білкової молекули. Подальше нагрівання збільшує тепловий рух поліпептидних ланок, що утворюють білкову глобулу. В результаті чого, послабляються й частково руйнуються нативні вторинні зв'язки, втрачається природна конформація білкової молекули. Виникнення нових зв'язків між пептидними ланками призводить до зміни кількості гідрофільних центрів за рахунок блокування полярних групувань. Відбувається зсув ізoeлектричної точки в нейтральну область, виявляються гідрофобні групи білкових молекул, що обумовлює зменшення гідратації білків. В результаті чого відбувається випресовування вологи, а це в свою чергу призводить до зменшення площі зрізу м'язового волокна, як можна бачити на рисунку 7 частка м'язового волокна знизилась до $70,76 \pm 0,44\%$.

При обробці тиском на початковій стадії ($P=500$ МПа, $\tau=5 \cdot 60^1$ с) відбувається ще істотніше збільшення площ поперечного зрізу м'язового волокна (рисунок 14) і досягає $90,48 \pm 0,38\%$. На нашу думку, це обумовлено ще більшим проникненням та розподілом посольної суміші в м'язову тканину, збільшенням частки капілярно зв'язаної вологи за рахунок збільшення в тканині під дією тиску мікроразривів тканини та мікропор. Рушійною силою посолу як дифузійного процесу є різниця концентрацій солі в розчині та в сировині, товщина пограничного шару, як фільтраційного – різниця тиску в

системі. Після посолу в системі «розсіл – м'ясо» концентрація солі перебуває в рівновазі. Однак, зі збільшенням тиску відбувається збільшення капілярів в системі, що сприяє проникненню посольної суміші в міжклітинний простір. Крім того, на нашу думку, як і при масируванні, відбувається часткова денатурація білків зі збільшенням ступеня їх набрякання та збільшенням вологозв'язуючої здатності.

Таким чином, встановлено, що обробка тиском 500 МПа протягом обробки $5 \cdot 60^1$ с призводить до значної інтенсифікації процесу посолу м'ясної сировини.

При подальшій обробці відбувається поступово зменшення частка м'язового волокна до $85,40 \pm 0,64\%$. Поперечний зріз м'язового волокна набуває вигляд аналогічний зразку після варіння.

Вплив ВГТ при параметрах тиску 500 МПа та часу експозиції $15 \cdot 60^1$ с на мікроструктуру БЦМВ аналогічний ТО.

При збільшенні розміру тиску зміни мікроструктури відбуваються швидше, при зменшенні – уповільнюються.

Залежність частки м'язового волокна БЦМВ від тиску та часу обробки наведено на рисунку 14.

Пунктиром на рисунку зображено частку м'язового волокна контролю.

Як можна бачити з рисунка, при тиску більш ніж 50 МПа починається інтенсивне всмоктування розсолу. Найбільша частка м'язового волокна спостерігається при тиску 300-400 МПа. Надалі, в наслідок структурних змін починається поступово випресовування води.

Таким чином, на початкових стадіях обробки тиском відбуваються процеси, сході з процесами при інтенсифікації посолу м'ясної сировини. При подальшій обробці зміни м'язової тканини аналогічні змінам при традиційній ТО.

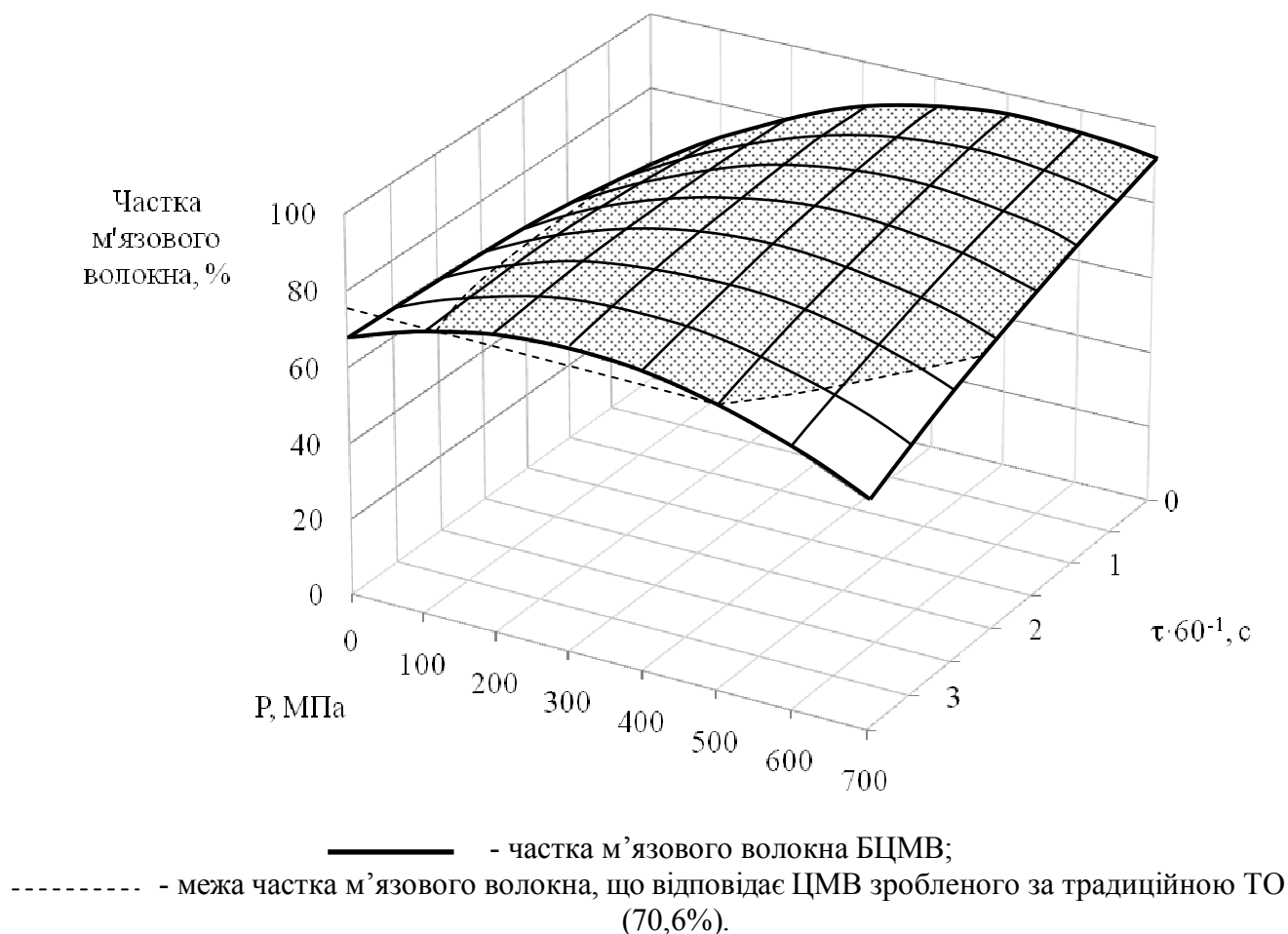


Рис. 14 - Залежність частки м'язового волокна від тиску та часу обробки:



- зона, де БСМВ перевищує СМВ, вироблений за традиційною ТО.

2.1.3 Зміни сполучної тканини в барообробленій м'ясній продукції

Як відомо, дезагрегація сполучнотканних білків має особливу роль в формуванні технологічних властивостей м'ясних виробів. Зварений колаген краще засвоюється в організмі, збільшує ВЗЗ сировини, підвищує ніжність та вихід готових виробів. При традиційному варінні дезагрегує у глютин 25-40% колагена (основного сполучнотканного білка) в залежності від частини туши. По ступені руйнування колагена можна судити про ступінь готовності м'яса, тому були проведені дослідження про норми дезагрегації колагена в БСМВ при обробці ВГТ.

З цією ціллю були зроблені фотографії мікроструктури рихлої сполучної

тканини. Для ідентифікації сполучної тканини застосовувався метод фарбування по Ван-Гізону. На фотографії знаходили найбільш характерні області для фіксування на знімок. Фотографії мікроструктур сполучної тканини приведено на рисунках 16-21. Для модельних зразків наведено знімки мікроструктури сировини після обробки 5, 15 та 25 хвилин при тиску 500 МПа, т.к. при даних параметрах візуально найбільш наявні зміни колагенових волокон.

Нативна сполучна тканина має волокнисту структуру, як можна бачити з рисунка 16.

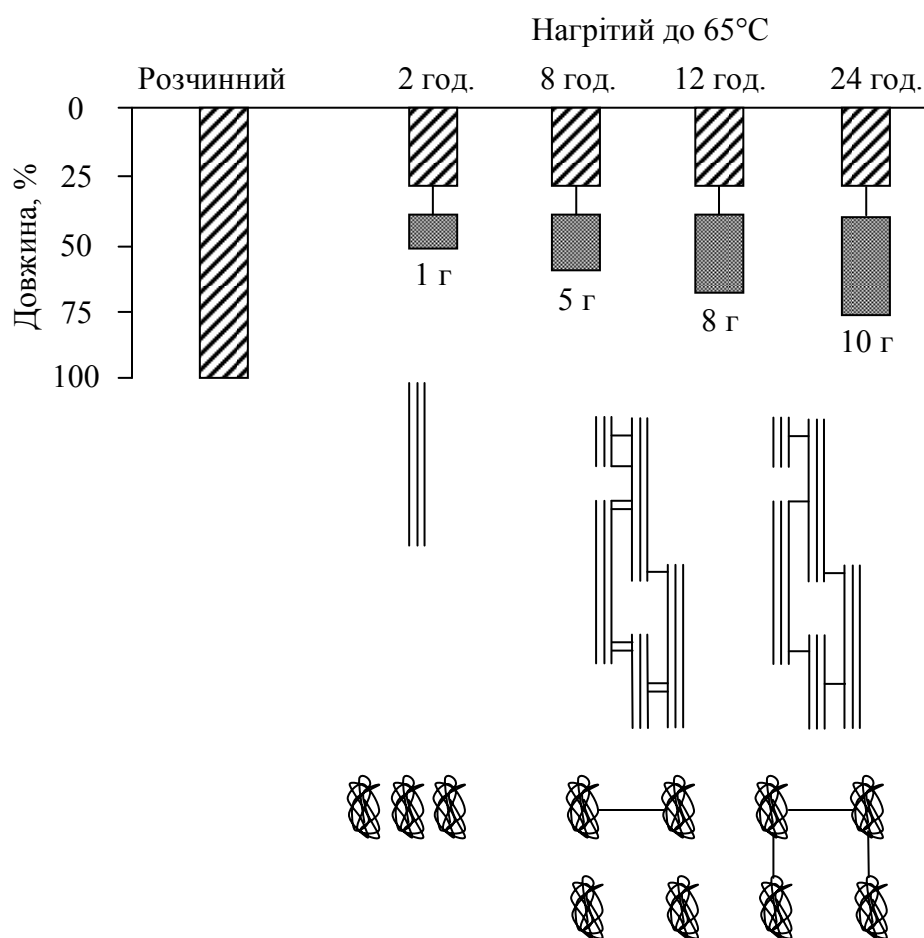


Рис. 15 - Схема змін колагенового волокна при термічній обробці

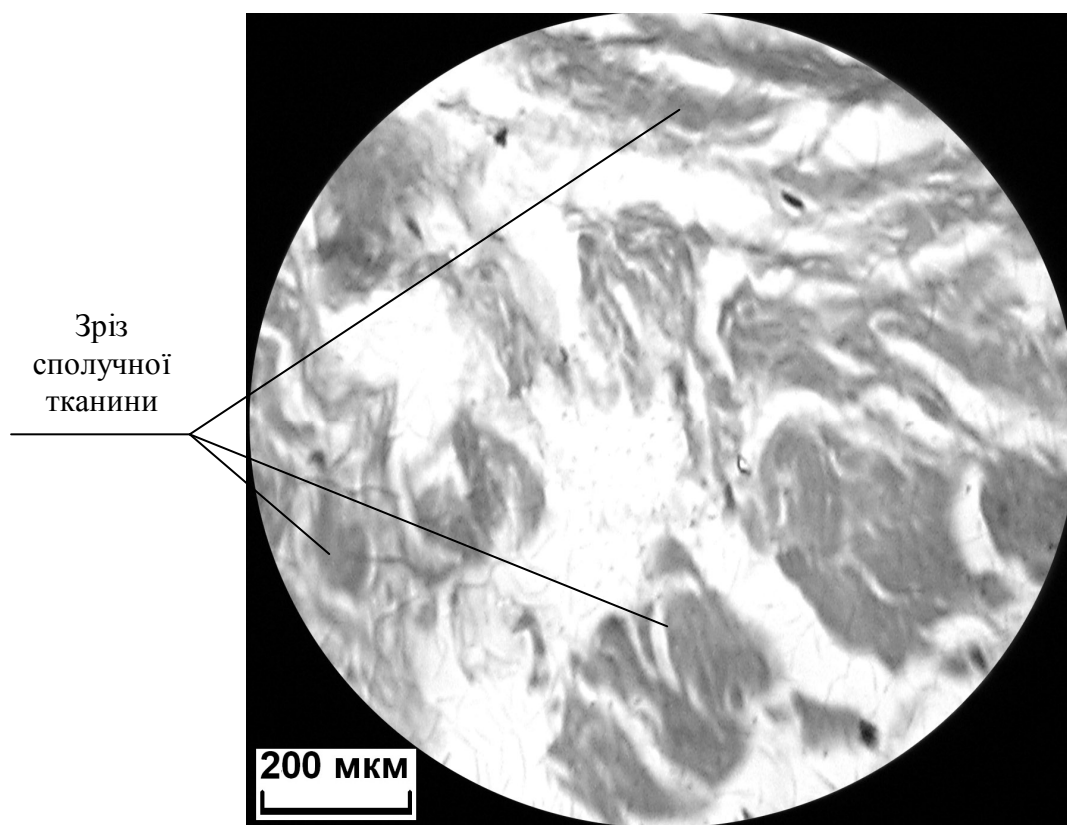


Рис. 16 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини сирого м'яса, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення x400)

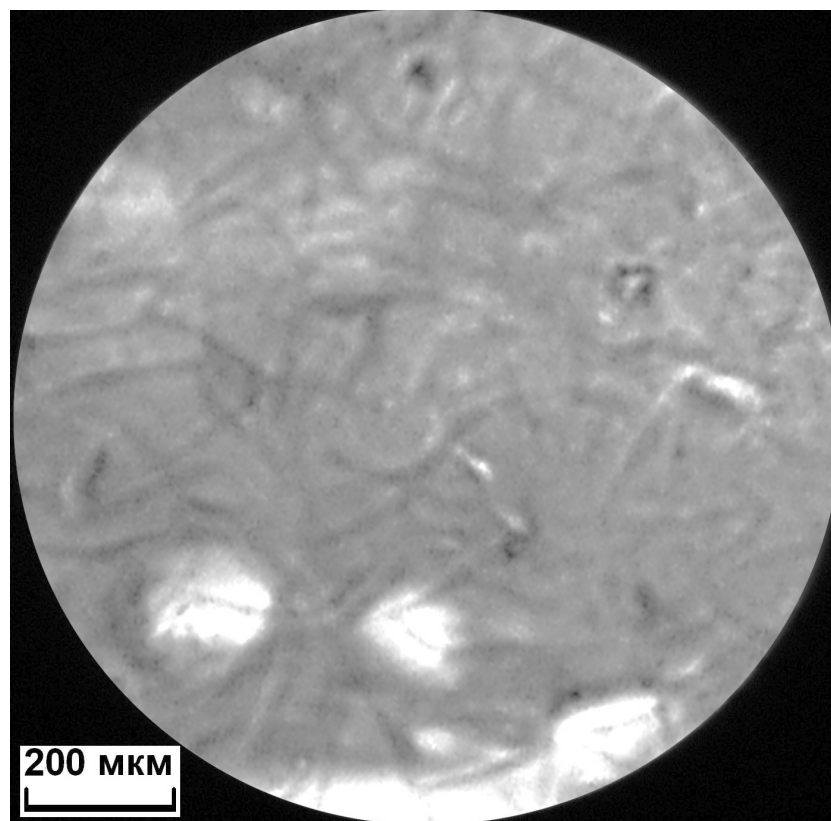


Рис. 17 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини м'яса після посолу, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення x400)

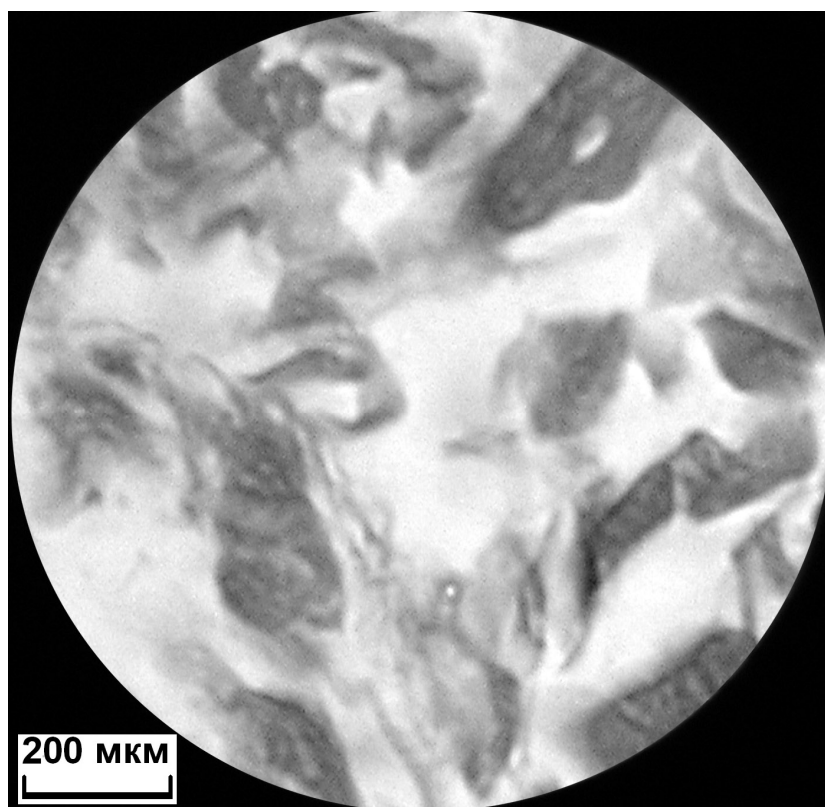


Рис. 18 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини ЦМВ зробленого за традиційною ТО, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення $\times 400$)

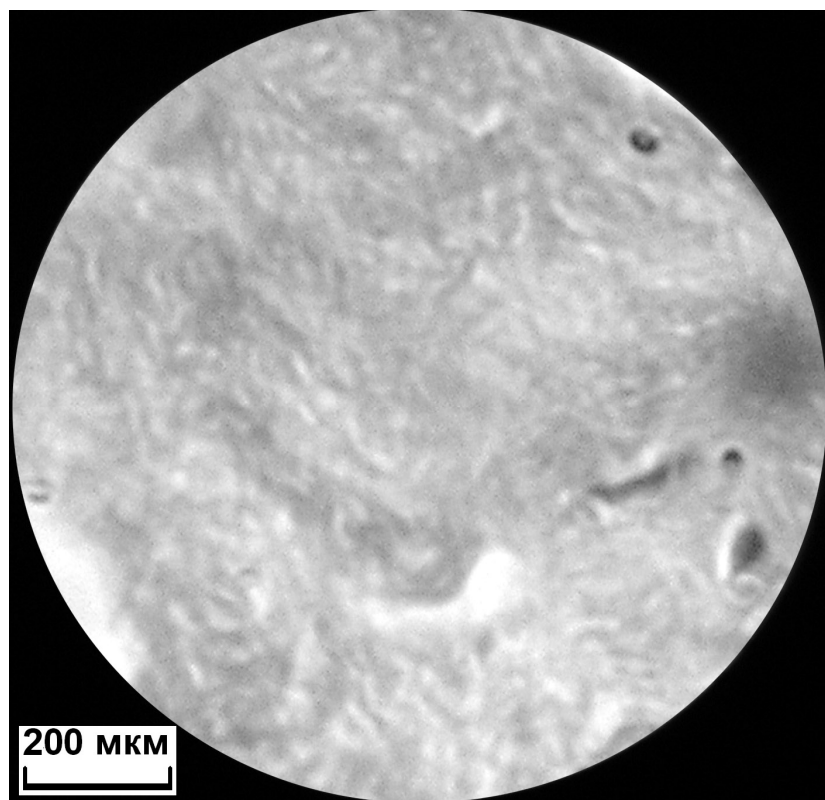


Рис. 19 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини м'яса після обробки тиском 500 МПа, $5 \cdot 60^1$ с, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення $\times 400$)

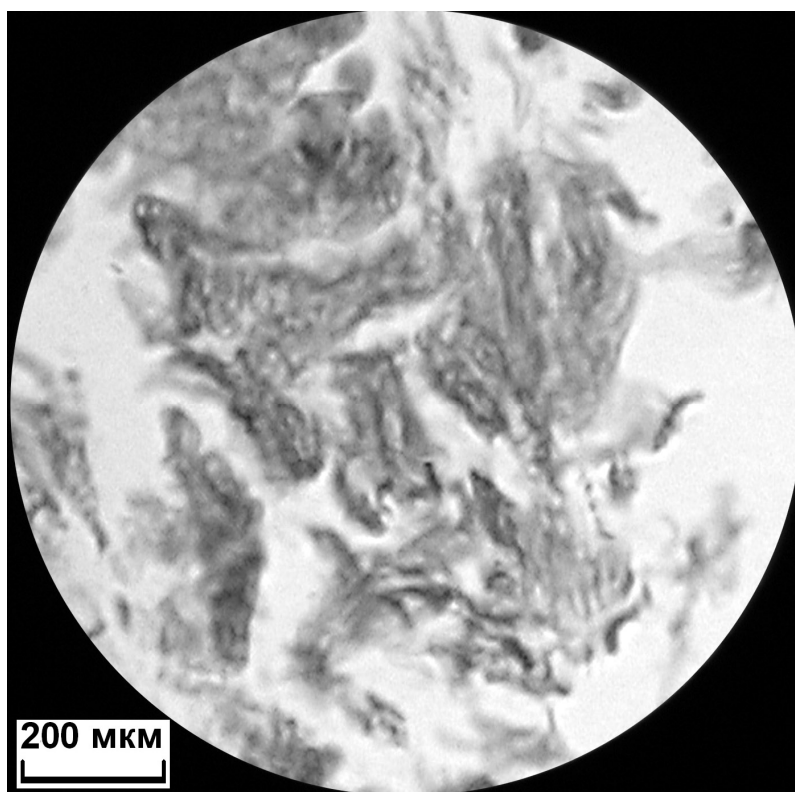


Рис. 20 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини м'яса після обробки тиском 500 МПа, $15 \cdot 60^1$ с, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення $\times 400$)

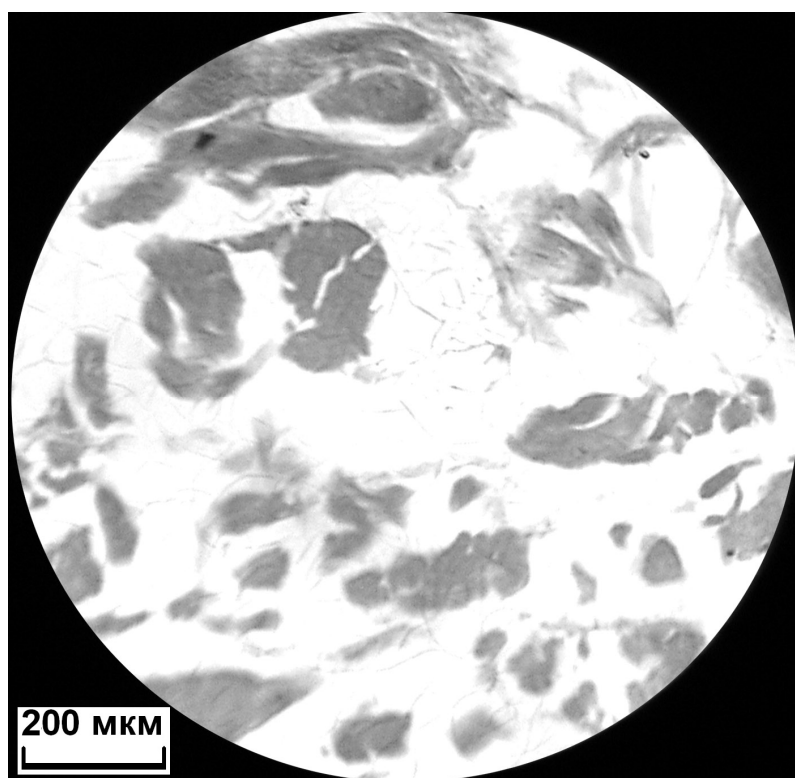


Рис. 21 - Мікроструктура рихлої сполучної тканини м'яса після обробки тиском 500 МПа, $25 \cdot 60^1$ с, пофарбованого по Ван-Гізону (кратність збільшення $\times 400$)

З літературних джерел відомо, що при посолі волокна колагену набрякають в результаті дифузії іонів солі та молекул води, які вбудовуються проміж пептидними ланками білкових молекул. Їх структура при цьому в значному ступені змінюється. З рисунка 17 видно, що після посолу майже відсутня порожнеча між волокнами сполучної тканини [1, 125].

Схему змін колагену, що відбувається при нагріванні, зображено на рисунку 15.

При температурі вище 65°C пучки скорочуються та втрачають волокнисті контури, стають менш щільними, більш склоподібними. На рисунку 18 видно, що фібрили колагену вже почали скручуватися в зерно. Проміжки в сполучній тканині свідчать, що вже частина колагену перейшла в розчинний глютин.

При обробці ВГТ (500 МПа) на початкових стадіях ($5\cdot 60^1$ с.) відбувається додаткове набрякання сполучнотканних білків з більшим ущільненням фібрил сполучної тканини (рис. 19). Змін третинної структури білку та перехід колагену в глютин не спостерігається.

При подальшій обробці ВГТ відбуваються поступово зміни аналогічні трансформаціям при термічній обробці. При часу обробки $15\cdot 60^1$ с. розміри денатурованих сполучнотканних волокон порівняні з розмірами фібрил ЦМВ зробленого за традиційною ТО (рис. 20).

При часі обробки $25\cdot 60^1$ с. зруйнована рихла сполучна тканина набуває зернистої будови. Деякі зерна мають тріщини в будові, що свідчить про продовження руйнації сполучнотканних оболонок (рис. 21).

Кількісно визначити ступінь дезагрегації колагену можна по зміні вмісту амінокислоти оксипроліна, специфічної для колагена.

Кількісне визначення оксипроліну проводили по методу на основі попереднього гідролізу. Метод заснований на попередньому гідролізі колагенових поліпептидів з подальшим проведенням якісної кольорової реакції на оксипролін, що є специфічним для колагену, й подальшим фотометруванням.

Для ЦМВ зробленого за традиційною ТО масова частка оксипроліна

склала 3,15 мг% (ступінь дезагрегації колагену 31,5%). Так як для досягнення кулінарної готовності необхідна дезагрегація не менш 20% колагену, то продукт можна вважати кулінарно готовим.

Залежність масової частки оксипроліну від часу обробки та тиску наведено на рисунку 22.

Пунктирною лінією на рисунку зображено ступінь масову частку оксипроліну ЦМВ зробленого за традиційною ТО. При тиску вище 450 МПа та часі обробки $(15...25) \cdot 60^1$ с, експериментальний зразок переважає зразок, що зроблений традиційною ТО.

Наведені дані свідчать, що при обробці ВГТ можливо досягти дезагрегації колагену, властивій традиційній кулінарній обробці.

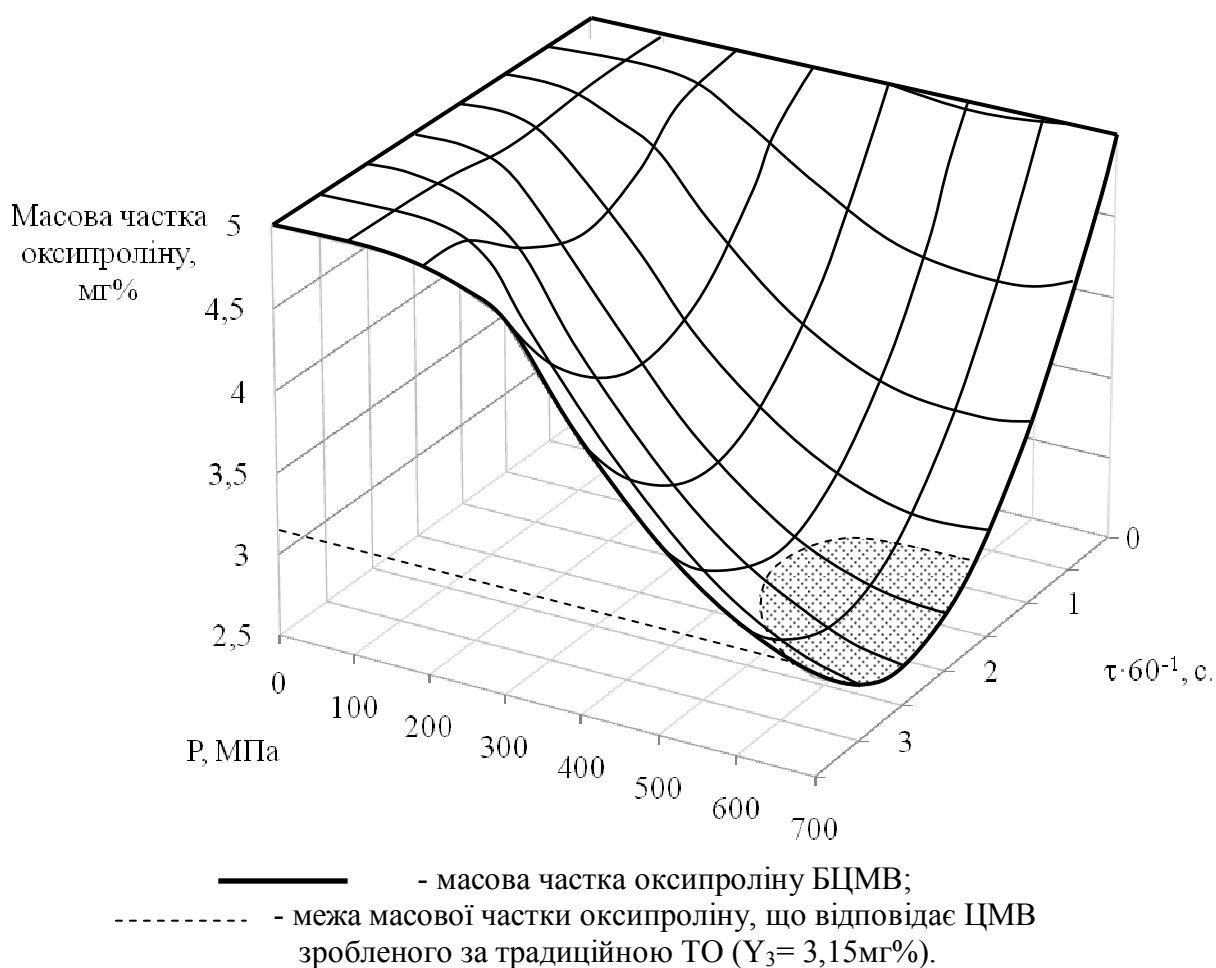


Рис. 22 - Залежність масової частки оксипроліну від часу обробки та тиску:



- зона, де БЦМВ перевищує ЦМВ, вироблений за традиційною ТО.

2.2 Вплив параметрів обробки високим гідростатичним тиском на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясної продукції

Для виробництва БЦМВ найважливішими є такі функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості: ВЗЗ, вихід готових виробів до несолоної сировини, граничне зусилля на зріз, що характеризують консистенцію (соковитість, пластичність) готових виробів.

З літературних джерел відомо, що барична або баротермічна обробка парного м'яса впливає на його ніжність, соковитість і смакові якості. Однак зразки м'яса, піддані баротермічній обробці, менш соковиті, ніж контрольний зразок.

Автори відзначають, що, незважаючи на зниження соковитості зразків, ніжність їх поліпшується. Застосування ВГТ може зменшити міцність сполучної тканини і скоротити втрати м'язової тканини при варінні.

2.2.1 Методика та визначення вологозв'язуючої здатності барообробленої м'ясної продукції

Вологозв'язуюча здатність є однією з найважливіших функціонально-технологічних властивостей м'яса, що має прямий вплив на вихід та соковитість готових виробів, тому доцільно дослідити її зміни при обробці ВГТ.

З літературних джерел відомо, що ВЗЗ сирого м'яса, обробленого тиском у розсолі, у середньому збільшується на 6 %, у той час як рН різко знижується, але в процесі зберігання залишається на досить високому рівні. Аналогічні дослідження, проведені на фарші, показали, що властивості його також поліпшуються. Зокрема, збільшується ВЗЗ на 4,5% [70]. Однак, для контролювання її збільшення необхідно встановити точні значення параметрів процесу. Відхилення від раціональних параметрів може привести до значних змін в мікроструктурі м'яса, зменшення ВЗЗ та значних втрат м'ясного сока.

Щодо м'ясних виробів, відомо, що при ТО відбувається зменшення ВЗЗ у наслідок теплової денатурації м'язових білків та як слідство збільшення гідрофобних груп.

Дослідження по визначенню ВЗЗ м'ясних виробів після обробки ВГТ проводили методом пресування. Площа плями, утвореної адсорбованою вологою, обчислювали по різниці між загальною площею плями і площею плями, утвореної м'ясом.

Однак, на практиці досить важко точно обчислити площі плям. Застосування комп'ютерної техніки дозволяє підвищити точність.

На фільтрувальному папірці наносився мірний відрізок довжиною 1 см.

Фільтрувальні папірці сканувалися, після чого проводилася комп'ютерна обробка зображення (очистка від зайвих плям) і фарбування проміжку між плямами в чорний колір. По мірному відрізку будувався квадрат площею $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, що описувався навколо зовнішньої плями. Підготовлений до виміру зразок зображено на рисунку 23.

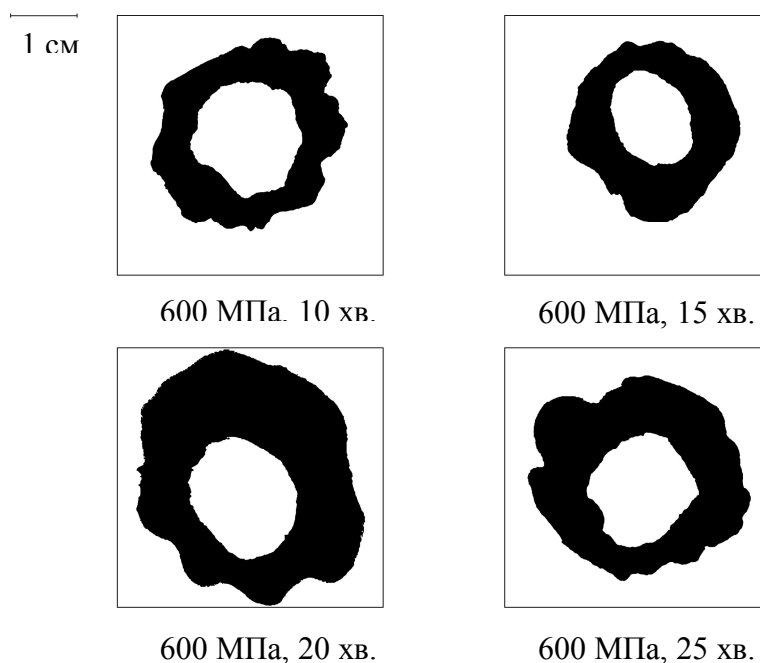


Рис. 23 - Підготовлені зображення для виміру площі плям

За допомогою комп'ютерної програми APFill 3.7 знаходилась частка заповнення чорним кольором отриманого квадрата.

2.2.2 Зміни виходу барообробленої м'ясної продукції

Для виробників важливе значення має вихід готових виробів до несолоної сировини. Попередні дослідження ВЗЗ та мікроструктурних змін свідчать про те, має відбутися збільшення виходу БЦМВ.

Зміну виходу визначали відношенням маси м'ясної сировини до маси виробів після технологічної обробки.

Вихід зразка оброблено традиційною ТО складає $97,73 \pm 0,37$.

Залежність виходу БЦМВ до несолоної сировини від часу обробки та тиску наведено на рисунку 25.

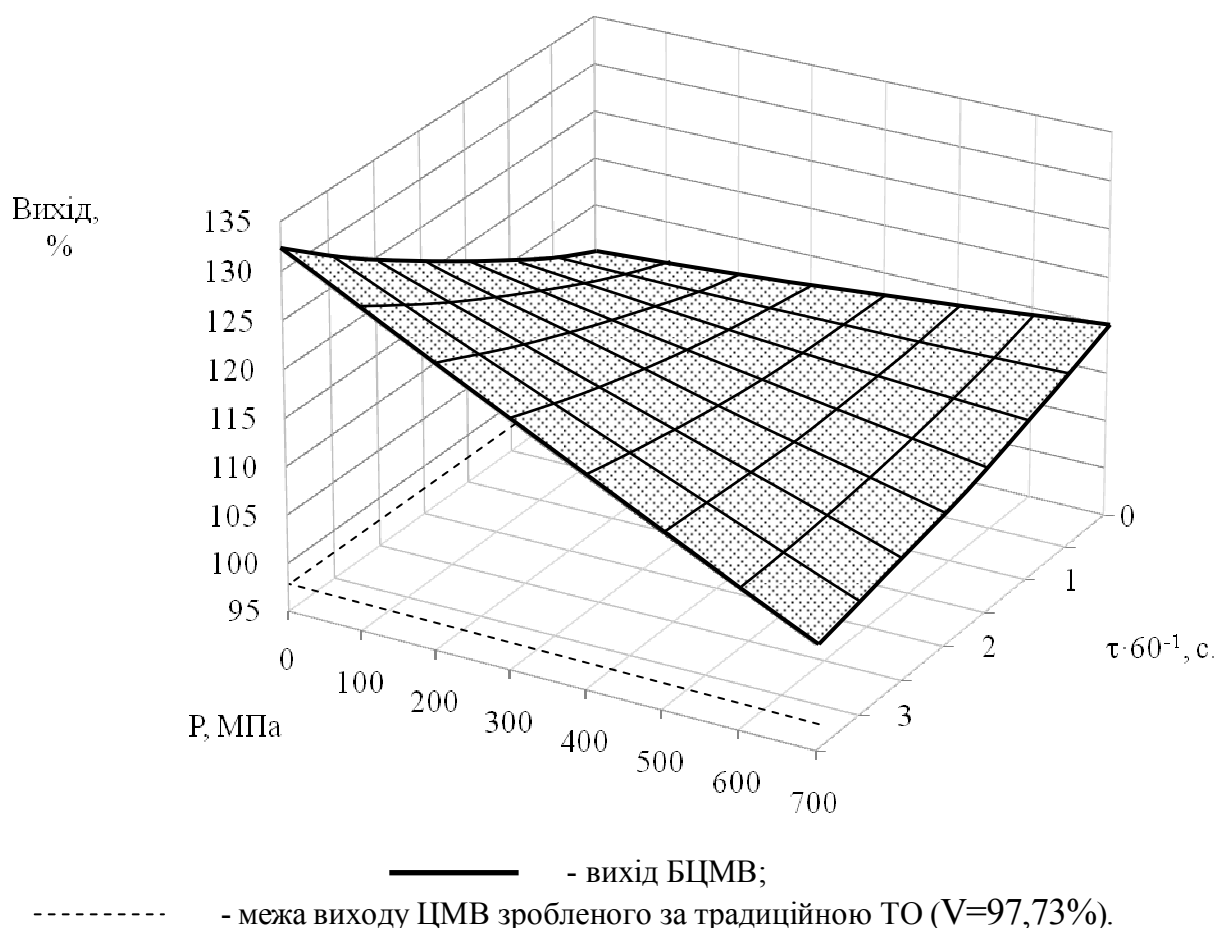


Рис. 25 - Залежність виходу БЦМВ до несолоної сировини від часу обробки та тиску:



- зона, де БЦМВ перевищує ЦМВ, вироблений за традиційною ТО.

Зі збільшенням тиску та плином часу спостерігається поступове

зменшення виходу. Однак, при всіх досліджуваних параметрах БЦМВ має більший вихід ніж ЦМВ зроблений за традиційною ТО.

Таким чином, обробка ВГТ позитивно впливає на вихід БЦМВ.

2.2.3 Зміни структурно-механічних характеристик барообробленої м'ясної продукції

Існує цілий ряд відмітних якісних властивостей м'яса і ЦМВ. Структурно-механічні властивості, що характеризують поведінку продукту в умовах напруженого стану, є найбільш важливими з них.

Вченими з ВНДІМП було проведено експерименти по тендеризації м'яса високим тиском. За тиском 150 МПа належного ефекту вдалося досягти при підведенні температури 55...60°C. Однак при підвищенні тиску до 500 МПа тендеризація м'язової структури відбувається без підведення додаткового нагрівання [2]. При різанні попередньо обробленого високим тиском м'яса знижуються питомі енерговитрати.

J. Arabas, J. Szczeprek та ін. [115] було досліджено зусилля на зріз для зразків м'яса, виділених зі стегової частини яловичої туші, підданих різним способам попередньої обробки ВГТ 105...150 МПа з наступною ТО на всі зразки при 75 °C на протязі $1,5 \cdot 60^2$ с.

Вище зазначені зміни незмінно оказують вплив на консистенцію БЦМВ, тому доцільно було дослідити вплив ВГТ та часу обробки на граничне зусилля на зріз БЦМВ.

напругу зсуву нижчу, ніж продукт, зроблений із застосуванням традиційної ТО. Граничну напругу зсуву МП, обробленого традиційною ТО зображено на рисунку пунктирною лінією.

Ми вважаємо, що збільшення значення граничної напруги зсуву в модельних зразках зростає внаслідок ущільнення структури м'яса під дією тиску, та випресовування зв'язаної вологи внаслідок денатурації м'язовотканинних білків.

2.3 Оптимізація процесу обробки високим гідростатичним тиском м'ясної продукції

Ціллю оптимізації є підбір параметрів обробки, за яких м'ясо набуває кулінарної готовності та має кращі функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості. Для виробництва БЦМВ пріоритетними є такі властивості: структурно-механічні (пружність, мікроструктурні показники), функціональні (ВЗЗ), технологічні (вихід) [8].

З метою визначення оптимальних параметрів процесу виробництва БЦМВ був застосований метод планування експерименту.

Процес обробки БЦМВ ВГТ характеризується наступними параметрами:

x_1 – розмір тиску;

x_2 – тривалість обробки.

В якості функції відклику, що характеризують ступінь кулінарної готовності м'яса та його функціонально-технологічні властивості, прийнято:

Y_1 – активність кислої фосфатази, виражена масовою часткою фенолу;

Y_2 – частка м'язового волокна у площині окуляра;

Y_3 – масова частка оксипроліну;

Y_4 – вологоз'язуюча здатність м'ясної сировини;

Y_5 – вихід готових виробів;

Y_6 – граничне зусилля на зріз м'ясної сировини.

Планування експерименту виконано за ортогональним симетричним планом

Бокса-Бенкина. Всі фактори експерименту варіювалися на верхньому («+») та нижньому («-») рівнях, значення котрих були обрані по результатах попередніх експериментів. Було використано повний двофакторний експеримент з рівнями варіювання -1; 0; +1 [141]. В таблиці 3.1 наведено умови проведення повного двофакторного експерименту.

Математична модель поверхні відклику має вигляд:

$$\bar{Y}_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 + b_4 (x_1^2 - \lambda_2) + b_5 (x_2^2 - \lambda_2) \quad (2)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – коефіцієнти поліному.

$$b_i = \frac{\sum_{U=1}^N x_{iU} Y_U}{\sum_{U=1}^N x_{iU}^2} \quad (3)$$

Таблиця 3.1 - Рівні та інтервали факторів варіювання

Рівні	Фактори	
	Розмір тиску P, МПа	Тривалість обробки $\tau \cdot 60^{-1}$, с
	x_1	x_2
Основний (x_{i0})	500	15
Інтервал варіювання (Δx_i)	200	10
Верхній ($x_{i \max}$)	700	25
Нижній ($x_{i \min}$)	300	5

В таблиці 3.2 наведена матриця планування експерименту

Таблиця 3.2 - Матриця планування експерименту

j	Значення фактора					x ₁ x ₂	x ₁ ² -λ ₂	x ₂ ² -λ ₂
	натуральні		кодовані					
	P, МПа	τ·60 ⁻¹ , с	x ₀	x ₁	x ₂			
1	300	5	+1	-1	-1	+1	0,33	0,33
2	700	5	+1	+1	-1	-1	0,33	0,33
3	300	25	+1	-1	+1	-1	0,33	0,33
4	700	25	+1	+1	+1	+1	0,33	0,33
5	300	15	+1	-1	0	0	0,33	0,67
6	700	15	+1	+1	0	0	0,33	0,67
7	500	5	+1	0	-1	0	-0,67	0,33
8	500	25	+1	0	+1	0	-0,67	0,33
9	500	15	+1	0	0	0	-0,67	0,67
$\sum_{iU=1}^N x_{iU}^2$			9	6	6	4	2	2

Після знаходження коефіцієнтів поліному, знаходиться математична модель поверхні відклику у відносних змінних.

Відносні змінні перетворюються на натуральні за формулою:

$$\tilde{x} = \frac{X_1 - x_{10}}{\Delta x_1} \quad (4)$$

В натуральних змінних функції відклику, що характеризують якісні показники БЦМВ, мають вигляд:

$$Y_1 = (8794,070 - 14,742x_1 + 0,005x_1x_2 + 0,008x_1^2) \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

$$Y_2 = 58,877 + 0,135x_1 + 0,553x_2 - 0,002x_1x_2 - 0,001x_1^2 - 0,009x_2^2 \quad (6)$$

$$Y_3 = 7,029 - 0,008x_1 - 0,115x_2 - 0,0001x_1x_2 + 0,000007x_1^2 + 0,004x_2^2 \quad (7)$$

$$Y_4 = 89,238 + 0,021x_1 - 0,350x_2 + 0,001x_1x_2 - 0,00003x_1^2 - 0,007x_2^2 \quad (8)$$

$$Y_5 = 109,83 + 0,006x_1 + 0,527x_2 - 0,0013x_1x_2 + 0,000002x_1^2 + 0,0032x_2^2 \quad (9)$$

$$Y_6 = 58,877 + 0,135x_1 + 0,553x_2 - 0,002x_1x_2 - 0,001x_1^2 - 0,009x_2^2 \quad (10)$$

Для оцінки адекватності регресії використано критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_e^2} \leq F_{0,95}^{табл}(7;5) \quad (11)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_e^2 – дисперсія повторюваності;

$F_{0,95}^{табл}(7;5)$ – табличне значення F-розподілу, $F_{0,95}^{табл}(7;5) = 4,87$

Для всіх регресійних залежностей критерій Фішера не перевищує табличне значення.

Стандартне відхилення складає менш 5% за всіма параметрами, що підтверджує статистичну надійність ряду даних експериментальних досліджень.

Для всіх отриманих моделей критерій Фішера F менше 4,87, що свідчить про адекватність отриманих регресій.

З метою математичного обґрунтування оптимального тиску та часу обробки

використовували спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів. Для обчислення нами була використана надбудова «Пошук рішень» пакету MS Excel.

Метод полягає в обрання цільової функції лімітованої до встановленого значення та описі обмежень з системи рівнянь.

В якості цільової функції обрано ВЗЗ, як найбільш важливу функціонально-технологічну властивість при виробництві БЦМВ.

Бажано, щоб ВЗЗ було якомога вищим, тому цільову функцію лімітовано її до максимально допустимого значення:

$$\lim_{X_1, X_2 \rightarrow 0} Y_4(X_1; X_2) \rightarrow \infty \quad (12)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження процесу обробки, прийняті:

$Y_1(X_1, X_2)$ – залежність ступеня активності ферментів тканини від тиску та часу обробки:

$$Y_1(X_1; X_2) \leq 0,006 \quad (13)$$

$Y_2(X_1, X_2)$ – залежність частки м'язового волокна у площині окуляра від тиску та часу обробки:

$$Y_2(X_1; X_2) \geq 70,76 \quad (14)$$

$Y_3(X_1, X_2)$ – залежність масової частки оксипроліну від тиску та часу обробки:

$$Y_3(X_1; X_2) \leq 3,15 \quad (15)$$

$Y_5(X_1, X_2)$ – залежність виходу БЦМВ від тиску та часу обробки:

$$Y_5(X_1; X_2) \geq 108,56 \quad (16)$$

$Y_6(X_1, X_2)$ – залежність граничної напруги зрізу від тиску та часу обробки:

$$Y_6(X_1; X_2) \leq 0,725 \quad (17)$$

Всі обмеження обрано таким чином, щоб продукт отриманий по

знайдених оптимальних параметрах, що характеризують ефективність обробки, перевищував ЦМВ зроблений за традиційною ТО. Виняток складають обмеження по активності кислої фосфатази. В даному випадку в якості обмеження обрано допустиме значення по ГОСТу.

При розрахунках допущено відносна погрішність $1 \cdot 10^{-6}$, допустиме відхилення 5%. Оптимізацію виконували методом сполучених градієнтів.

В ході проведеного розрахунку отримані наступні результати:

Змінні		Цільова функція		
Ім'я	X_1	X_2	$Y_4(X_1; X_2)$	
Значення	632,9	14,8	92,42	$\rightarrow \max$
Обмеження				
$Y_1(X_1; X_2) =$	0,003	$\leq$	0,006	
$Y_2(X_1; X_2) =$	82,593	$\geq$	70,76	
$Y_3(X_1; X_2) =$	3,140	$\leq$	3,148	
$Y_5(X_1; X_2) =$	109,462	$\geq$	97,73	
$Y_6(X_1; X_2) =$	0,672	$\leq$	0,725	

Таким чином, знайдене рішення відповідає всім вимогам. При даних параметрах з допустимим відхиленням 5% БЦМВ, має максимально можливу ВЗЗ (92,42%) та ЦМВ за традиційною технологією за всіма параметрами.

Оптимальними вважаємо параметри обробки $P = 625 \dots 635$ МПа;
 $\tau = (14,5 \dots 15,0) \cdot 60^1$ с.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ РОЗСОЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОГО ТИСКУ

Нова технологія БЦМВ потребує коректування рецептур розсолів та адаптацію їх для нових технологій. В модельних зразках розсіл складався з води, куховарської солі – 15,6...16,0%, цукру – 1,6...1,8% та CO₂-екстрактів прянощів та спеції – 0,010...0,012%. Щільність розсолу 1,135 г/см³, температура – 2°C

Основними інгредієнтами, що використовується при засолі м'яса є сіль кухонна харчова та цукри.

3.1 Коректування вмісту куховарської солі в розсолах для виробництва барообробленої м'ясної продукції

Сіль (NaCl) залежно від концентрації проявляє бактеріостатичну або бактерицидну дію; забезпечує розчинність м'язових білків; формує смак. За фізико-хімічними показниками куховарська сіль повинна відповідати ряду вимог, з яких стосовно до технології ЦМВ особливе значення мають кількості нерозчинних у воді речовин (не більше 0,85%) і масова частка кальцію й магнію (до 0,65%), здатних ініціювати взаємодію міофібрилярних білків. Рівень мікробіологічного обсіменіння вихідної солі визначає стійкість готових виробів при зберіганні, у зв'язку із чим при виробництві ЦМВ рекомендується застосовувати сіль із мікробним числом не вище 10³ кліток/г.

Згідно ГОСТ 18236-85 [144] в ЦМВ зі свинини нормується масова частка NaCl (ω_{NaCl}) в готових виробах не вище 6% до маси виробу. Однак, з літературних джерел [8] відомо, що оптимальним для данного виду виробів ω_{NaCl} в готових виробах є 4,4...4,5%.

При виробництві традиційних ЦМВ використовують для шприцювання розсіл (ω_{NaCl} в розсолі 16%) у кількості 12% до маси несолоної сировини. Однак,

така обробка забезпечує солоність готових виробів на рівні 2,0...2,5% [28]. При тумблюванні додатково додають 28...30% розсолу. В наслідок дифузійних процесів, вміст NaCl у готових виробах наближається до оптимуму.

При виробництві БЦМВ процес тумблювання відсутній, а герметичне упакування не дозволяє вносити додаткові інгредієнти. Тому нами було визначено ω_{NaCl} , при котрій готові вироби будуть відповідати аналогу.

Вміст хлориду натрію для коректування складу розсолів визначали аргентометричним титруванням по методу Мора за ГОСТ 9957-73 [131].

Залежність вмісту NaCl в БЦМВ в залежності від ω_{NaCl} в розсолі представлено на рисунку 27. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

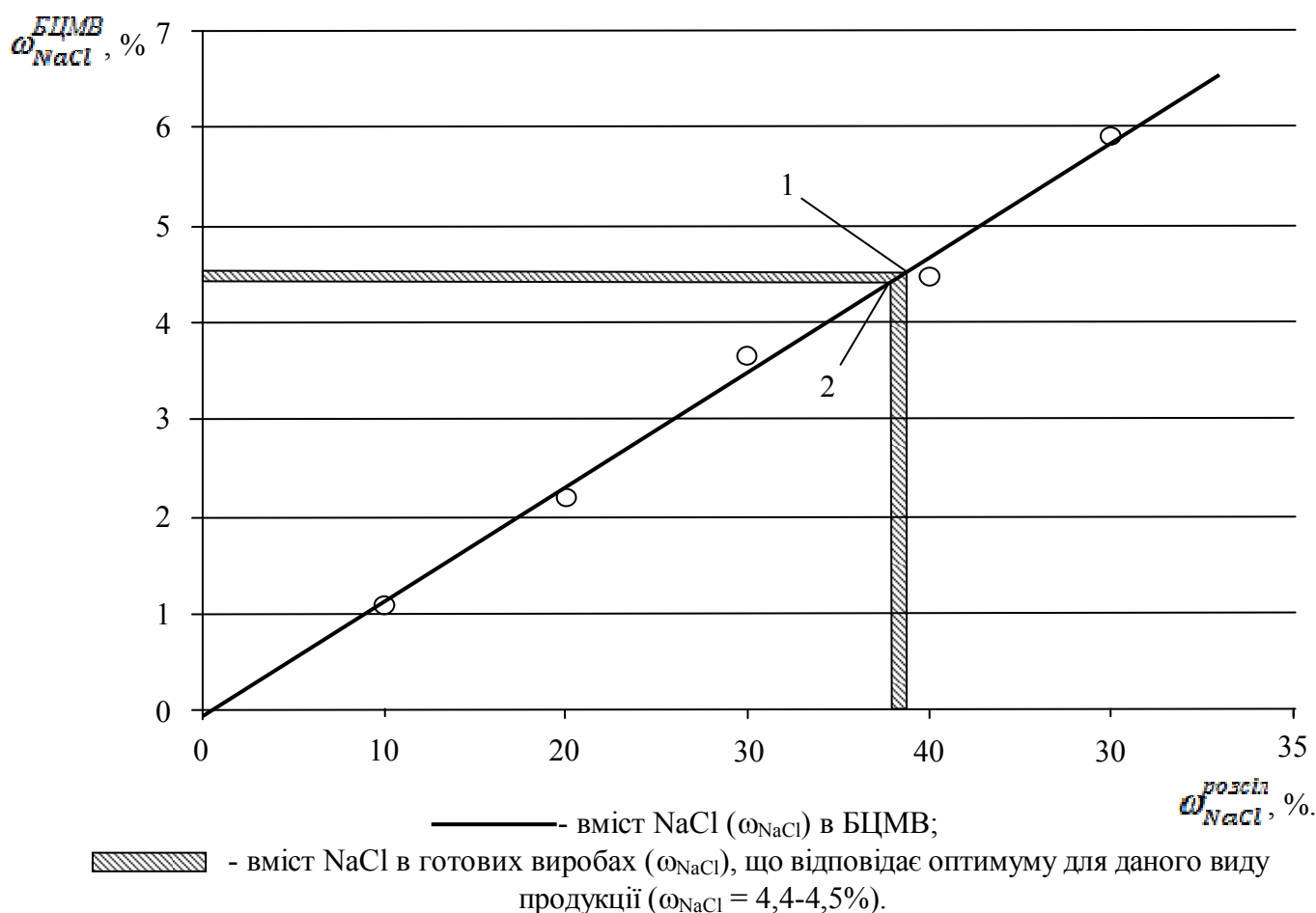


Рис. 27 - Залежність вмісту NaCl в готових БЦМВ від масової частки NaCl в розсолі:

1 – верхня точка оптимуму вмісту NaCl ($\omega_{\text{NaCl}}=4,4\%$) в готових виробах ($\omega_{\text{NaCl}}=38,4\%$); 2 – нижня точка оптимуму вмісту NaCl ($\omega_{\text{NaCl}}=4,5\%$) в готових

виробах ($\omega_{\text{NaCl}} = 37,5\%$).

ω_{NaCl} в термічнообробленому м'ясі склала 4,45%, що відповідає оптимуму.

Штрихуванням на рисунку зображено оптимум ω_{NaCl} в готових виробах.

Як можна бачити з рисунка, дана масова частка встановлюється при $\omega_{\text{NaCl}}^{\text{розсіл}} = 38,4-37,5\%$

Таким чином, при виробництві БЦМВ доцільно використовувати розсіл з вмістом NaCl 38,4...37,5%. При даній концентрації солоність БЦМВ відповідає оптимуму.

3.2 Вплив лактози та лактулози в розсолах на органолептичні показники барообробленої м'ясної продукції

Введення цукрів поліпшує смак МП (зм'якшуючи солонуватість), підвищує стабільність їх фарбування. Помітне поліпшення смаку солоних виробів відзначається при введенні 1,5-2,0% цукру до маси сировини (в еквіваленті цукрози)[8].

В розділі 1.2 було відмічено, що при виробництві м'ясних виробів з подовженими термінами зберігання доцільно використовувати лактозу та лактулозу [124]. Крім того, використання цих цукрів може позитивно вплинути на забарвлення розроблюваних БЦМВ [42]. Завдяки вищезазначеним властивостям лактоза та лактулоза використана нами в рецептурах нових розсолів. Однак, так як лактоза та лактулоза можуть надавати негативний вплив на присмак готових виробів, значно збільшити ціну, а лактулоза також може призводити до шлункових розладів, то доцільно використовувати суміші цих цукрів з цукрозою. Виходячи з бажаної дози внесення, масова частка лактулози в розсолі ($\omega_{\text{лактүлоза}}^{\text{розсіл}}$) повинна складати 0,05-0,12%. Було визначено концентрації молочних цукрів при котрих не відчутно змін органолептичних

показників в готових виробках. Контрольним зразком є продукт, отриманий за традиційною технологією. В дослідних зразках було замінено на лактозу або суміш лактози з лактулозою 20, 40, 60, 80 та 100% цукрози з врахуванням коефіцієнту солодкуватості. Масову частку цукрів в розсолах з цукрово-лактозною (ЦЛС) та цукрово-лактозно-лактuloзною сумішами (ЦЛЛС) наведено в таблицях 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 - Масова частка цукрів в розсолі з ЦЛС

Зразки	Масова частка цукрів в розсолі, %	
	$\omega_{\text{цукроза}}$ розсіп	$\omega_{\text{лактоза}}$ розсіп
0*	1,80	0,00
20	1,44	2,25
40	1,08	4,50
60	0,72	6,75
80	0,36	9,00
100	0,00	11,25

* % заміни цукрози

Таблиця 3.4 - Масова частка цукрів в розсолах з ЦЛЛС

Зразки	Масова частка цукрів в розсолі, %		
	$\omega_{\text{цукроза}}$ розсіп	$\omega_{\text{лактоза}}$ розсіп	$\omega_{\text{лактuloза}}$ розсіп
0*	1,62	0,71	0,12
20	1,44	1,84	0,12
40	1,08	4,09	0,12
60	0,72	6,34	0,12
80	0,36	8,59	0,12
100	0,00	10,84	0,12

* % заміни цукрози

Результати органолептичної оцінки наведено в таблицях 3.5, 3.6.

Таблиця 3.5 - Органолептична оцінка БЦМВ з ЦЛС

Зразки	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Запах	Колір
Контроль	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям
Дослідні					
0*	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	М'язова тканина світло-рожевого кольору, наявні незначні сірі плями
20	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, приємний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина світло-рожевого кольору, без сірих плям.
40	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, приємний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
60	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
80	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
100	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,

* % заміни цукрози

Таблиця 3.6 - Органолептична оцінка БЦМВ з ЦІЛІС

Зразки	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Запах	Колір
1	2	3	4	5	6
Контроль	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
Дослідні					
0*	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	М'язова тканина світло-рожевого кольору, наявні незначні сірі плями
20	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, приємний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина світло-рожевого кольору, без сірих плям.
40	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, приємний, без стороннього присмаку	Властивий даному виду продукту, виражений, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
60	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
80	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру гірко-солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,
100	Поверхня чиста, суха, без плям й забруднень	Упруга	Шинковий, в міру гірко-солоний, наявні сторонні присмаки	Властивий даному виду продукту, приємний, без стороннього запаху	Рівномірно окрашення м'язова тканина рожево-червоного кольору, без сірих плям,

* % заміни цукрози

Наведені дані свідчать, що варіювання вмісту цукрози, лактози та лактулози в розсолах має найбільший вплив на смак та колір БЦМВ. Склад розсолу на зовнішній вигляд, консистенцію та запах готових виробів впливає не суттєво.

Для визначення загальної органолептичної оцінки було визначено величини коефіцієнтів вагомості та систему критеріїв загальної органолептичної оцінки БЦМВ (таблиця 3.7).

Органолептичний аналіз проводився з використанням балових шкал. Для проведення органолептичного аналізу було створено дегустаційну комісію. Визначали такі показники, як консистенція (ніжність, соковитість), колір на розрізі, запах (аромат), смак, зовнішній вигляд. Оцінювання проводили за десятибальною шкалою [125].

Таблиця 3.7 - Критерії загальної органолептичної оцінки БЦМВ

Показники	Коефіцієнт вагомості	Максимальна оцінка	
		бали	підсумок
Зовнішній вигляд	0,15	10	1,5
Консистенція	0,15	10	1,5
Смак	0,3	10	3
Запах	0,2	10	2
Колір	0,2	10	2
РАЗОМ			10

Результати органолептичної оцінки БЦМВ з ЦЛС та цукрово ЦЛЛС в балах наведено в таблицях 3.8 та 3.9.

Таблиця 3.8 - Бальна органолептична оцінка БЦМВ з ЦЛС

Зразок	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Запах	Колір	Загальний бал
Контроль	9,7	9,4	9,7	9,8	9,9	9,72
Дослідні						
0*	9,7	9,4	9,7	9,8	9,6	9,66
20	9,7	9,4	9,9	9,8	9,9	9,78
40	9,7	9,4	9,7	9,8	10,0	9,74
60	9,7	9,4	9,1	9,8	10,0	9,57
80	9,7	9,4	8,6	9,8	10,0	9,41
100	9,7	9,4	7,8	9,8	10,0	9,17

* % заміни цукрози

Таблиця 3.9 - Бальна органолептична оцінка БЦМВ з ЦЛІС

Зразок	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Запах	Колір	Загальний бал
Контроль	9,7	9,4	9,7	9,8	9,9	9,72
Дослідні						
0*	9,7	9,4	9,7	9,8	9,6	9,66
20	9,7	9,4	9,8	9,8	9,9	9,75
40	9,7	9,4	9,6	9,8	10,0	9,72
60	9,7	9,4	8,8	9,8	10,0	9,41
80	9,7	9,4	8,0	9,8	10,0	9,23
100	9,7	9,4	7,2	9,8	10,0	8,99

* % заміни цукрози

Аналізуючи дані таблиць 3.6 та 3.7, можна зробити висновки, що раціональна заміна цукрози складає 20-40%, тобто в розсолі з ЦЛС $\omega_{\text{цукроза}}^{\text{розсіл}} = 1,08 \dots 1,44\%$, $\omega_{\text{лактоза}}^{\text{розсіл}} = 2,25 \dots 4,50\%$, а в розсолі з ЦЛІС $\omega_{\text{цукроза}}^{\text{розсіл}} = 1,08 \dots 1,44\%$, $\omega_{\text{лактоза}}^{\text{розсіл}} = 1,84 \dots 4,09\%$, $\omega_{\text{лактоулоза}}^{\text{розсіл}} = 0,05 \dots 0,12\%$.

3.3 Зміни колірності барообробленої м'ясної продукції залежно від вмісту добавки лактози та лактулози в розсолах

При проведенні органолептичних досліджень було відмічено зростання інтенсивності червоного окрашування зі збільшенням вмісту лактози та лактулози. Для інструментального підтвердження змін колірності були проведені спектрометричні дослідження БЦМВ, зроблених з використанням розсолів з ЦЛС та ЦЛІС.

Як відомо, м'ясо має специфічний колір завдяки пігменту Mb, котрий може існувати в трьох молекулярних формах, легко вступаючи в окислювально-відновлювальні реакції (рис. 28). Mb легко приєднує кисень з утворенням яскраво-червоного пігменту – оксіміоглобіну (MbO_2). Інтенсивність

окрашування прямопропорційна загальній та відносній кількості пігментів.

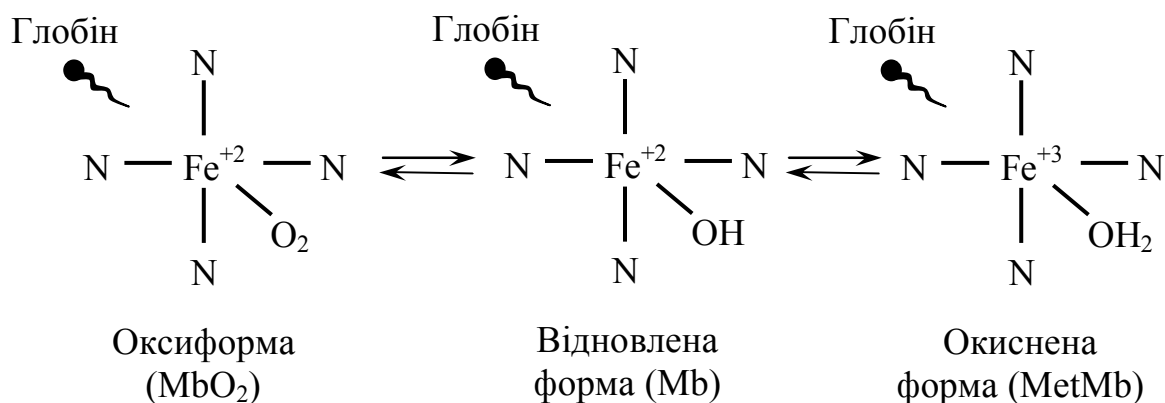


Рис. 28 - Молекулярна структура дериватів Mb

В результаті термічної денатурації у Mb порушується зв'язок між білком і гемом. Залізо гема окислюється в тривалентне, Mb перетворюється в метміоглобін (MetMb), пофарбований у коричневий колір. У міру нагрівання м'яса його фарбування змінюється поступово.

Однак, в м'ясній промисловості для стабілізації рожево-червоного кольору м'яса використовують нітрит натрію (NaNO₂), що утворює рожево забарвлений нітрозоміоглобін (NO-Mb) (рис. 29) [1-3].

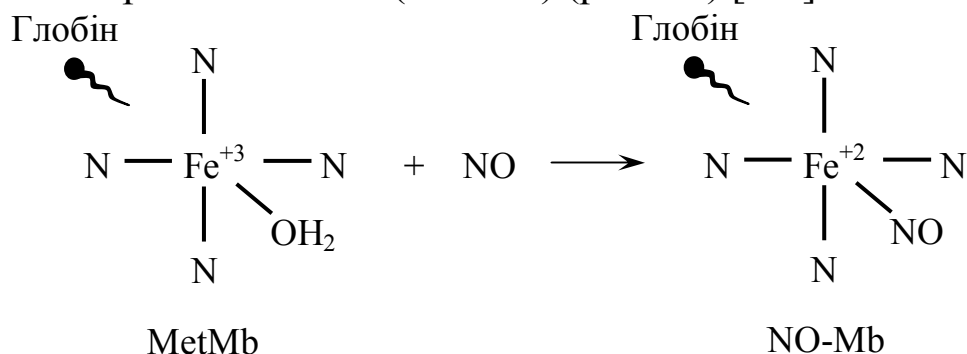


Рис. 29 - Схема утворення NO-Mb

Вплив високого тиску на колір м'ясного фаршу та ЦМВ був вивчений багатьма авторами. Застосування тиску за порівняно низькими температурами (5...10 °C) викликає зміни кольору м'якоті.

У дослідженнях вітчизняних та зарубіжних вчених вивчалася питання затримки утворення MetMb у свіжій яловичині за допомогою впливу високого

тиску. Виявлено позитивний вплив високого тиску на схоронність кольору зразків. Фарш із м'яса яловичини був запакований під вакуумом, повітрям і киснем, і оброблявся за різними тисками протягом $10 \cdot 60^1$ с при температурі 20 °C. Фарш при тиску в 200...350 МПа ставав рожевим, однак при підвищенні тиску до 400...500 МПа колір змінювався до сіро-коричневого [76, 100].

Американські вчені А. Carlez, Т. Veciana-Nogues та J.C. Cheftel встановили, що м'язовий гемоглобін денатурував у діапазоні 200...500 МПа, у той час як вміст MetMb збільшилася за рахунок MbO₂ при тиску 400...500 МПа. Герметизація значно не збільшила окислювання заліза гема. Вакуумне пакування дозволило зберегти колір м'якоті. Зразки, оброблені при 400 МПа стали рожевими, без будь-якої зміни вмісту MetMb. Додавання у фарш NaNO₂ і NaCl перед обробкою тиском 350...500 МПа створювала подібний ефект збереження кольору. Цистеїн, аскорбінова кислота, нікотинамід чи нікотинова кислота не мали захисних ефектів. Знебарвлення м'якоті при обробці тиску може відбуватися в діапазоні 200...350 МПа, унаслідок денатурації глобіна. Окислювання заліза гема і перехід Mb в MetMb відбувалося при тиску понад 400 МПа [101]. Визначено, що цього переходу можна уникнути повним виключенням контакту з киснем при обробці чи введенням NO-Mb. Однак, уникнути освітлення кольору від червоного до рожевого, властивого готовому ЦМВ, неможливо [71].

Форми Mb можна ідентифікувати при визначених спектральних характеристиках зразка за допомогою спектрофотометричних методів аналізу [121].

Криві поглинання зрізу м'язової тканини робилися за допомогою спектрометра «Carl Zeiss». Товщина зразків для визначення спектрів дорівнювала $d = 0,6$ мм; площа поперечного зрізу світлового потоку на зразку $S = 25$ мм².

Зворотна лінійна дисперсія спектрального приладу:

при 200 нм – 0,73 нм/мм;

при 900 нм – 0,65 нм/мм.

Результат спектрометричного дослідження для БЦМВ з цукрозним розсолом представлений на рисунках 30 та 31.

Принцип отримання спектрів поглинання фарбованих речовин полягає в тому, що світлова енергія, при проходженні крізь розчин пігменту, поглинається. Відбувається абсорбція, котру можна зафіксувати по зміні оптичної щільності спектрометричними способами [145...146].

О сумарній масовій частці пігментів м'яса можна судити по оптичній щільності спектрів зразків при довжині хвилі 540 нм (рис. 30). Найбільш виражена вогнутість графіку оптичної щільності у сирого м'яса, що характеризується найбільш інтенсивним фарбуванням. Солоний зразок характеризується зменшенням вогнутості графіку, що свідчить про перехід міоглобіну в оксіміоглобін при посолі. В вареному зразку та БЦМВ спостерігається виражена випуклість графіку оптичної щільності при довжині хвилі 540 нм, що вказує на зменшення кількості пігментів.

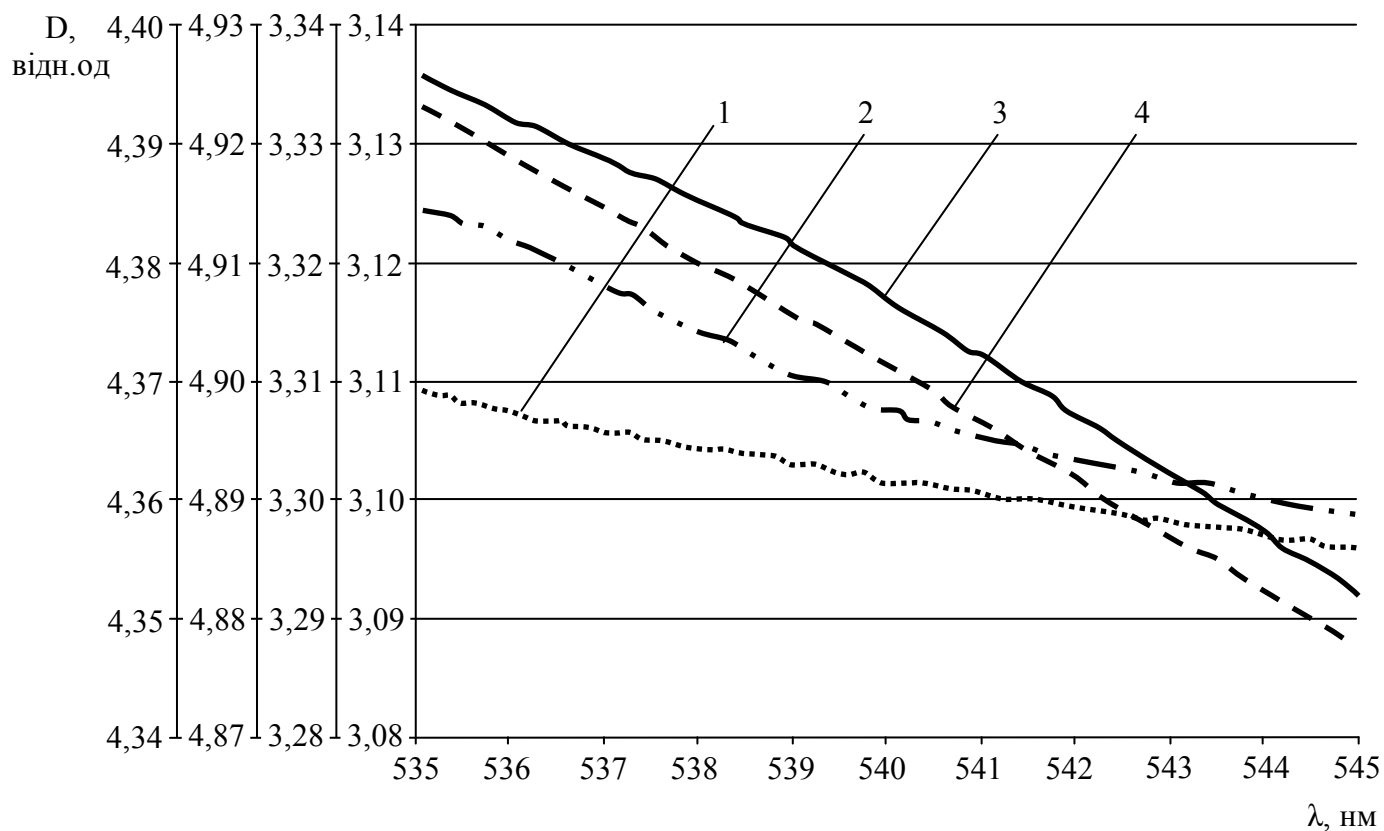


Рис. 30 - Оптичні щільності м'яса в діапазоні $\lambda=535-545$ нм:

1 – сире; 2 – солоне; 3 – варене ($72\pm 2^\circ\text{C}$); 4 – БЦМВ

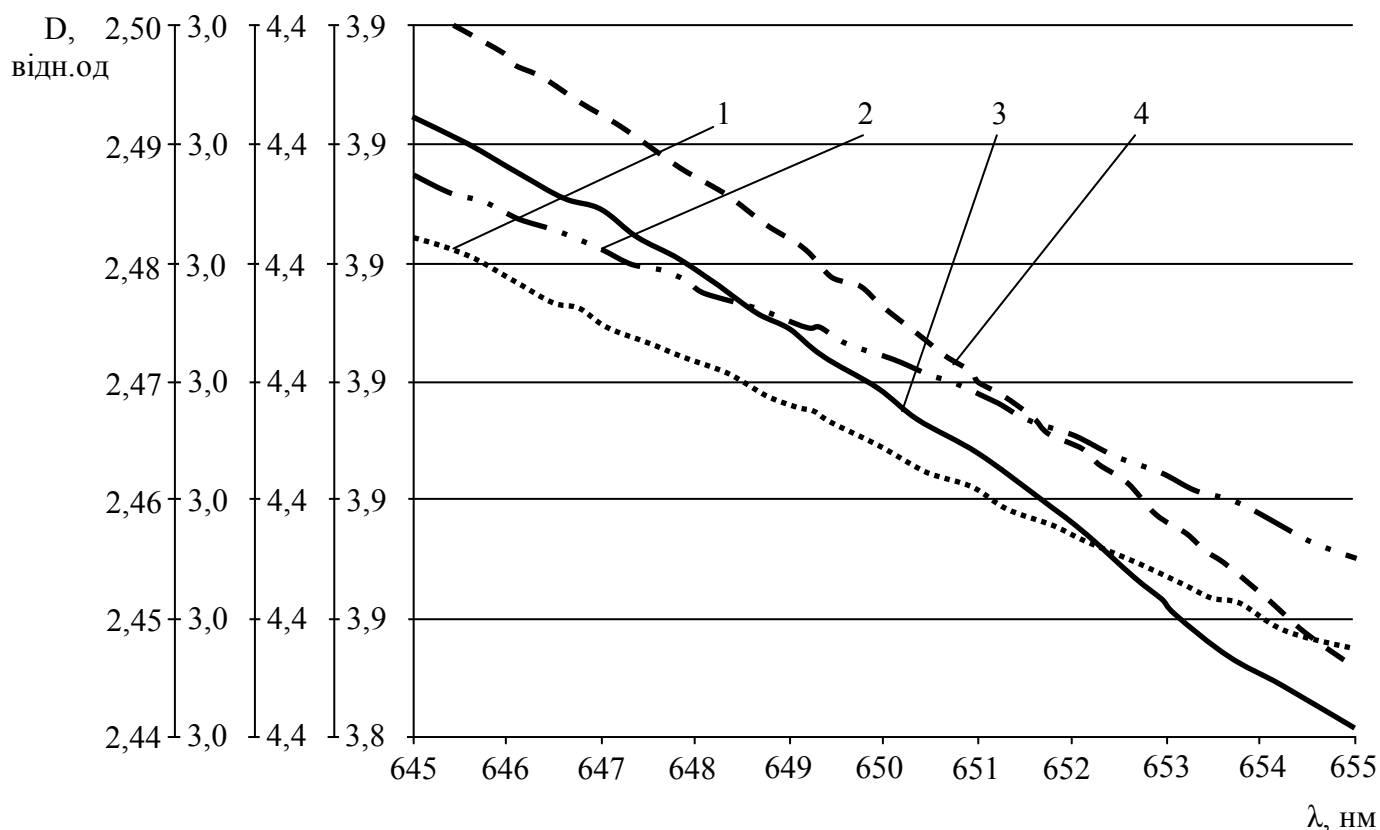


Рис. 31 - Оптичні щільності м'яса в діапазоні $\lambda=645-655$ нм:

1 – сире; 2 – солоне; 3 – варене ($72\pm 2^\circ\text{C}$); 4 – БЦМВ

Утворення MetMb реєструють при довжині хвилі 650 нм (рис. 31). Графіки оптичних щільностей зразків сирого та солоного м'яса не мають при довжині хвилі 650 нм чіткого перегібу, що свідчить про відсутність утворення MetMb. На графіках оптичних щільностей вареного зразка та БЦМВ наявна випуклість при даній довжині хвилі, що відповідає утворенню MetMb в даних зразках.

Таким чином, при баричній обробці відбуваються зміни форм міоглобіну аналогічні тим, що відбуваються при ТО.

Крім міоглобіну і його похідних на колір м'яса впливають вміст внутрішньотканевого жиру та сполучної тканини.

Загальною характеристикою зміни фарбування м'яса є відношення оптичних щільностей при довжинах хвиль $\frac{D_{545}}{D_{650}}$ (D_1) та $\frac{D_{582}}{D_{650}}$ (D_2). Зведені дані по відношенням D_1 та D_2 БЦМВ з ЦЛС та ЦЛІС розсолами наведено на

рисунках 32, 33. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

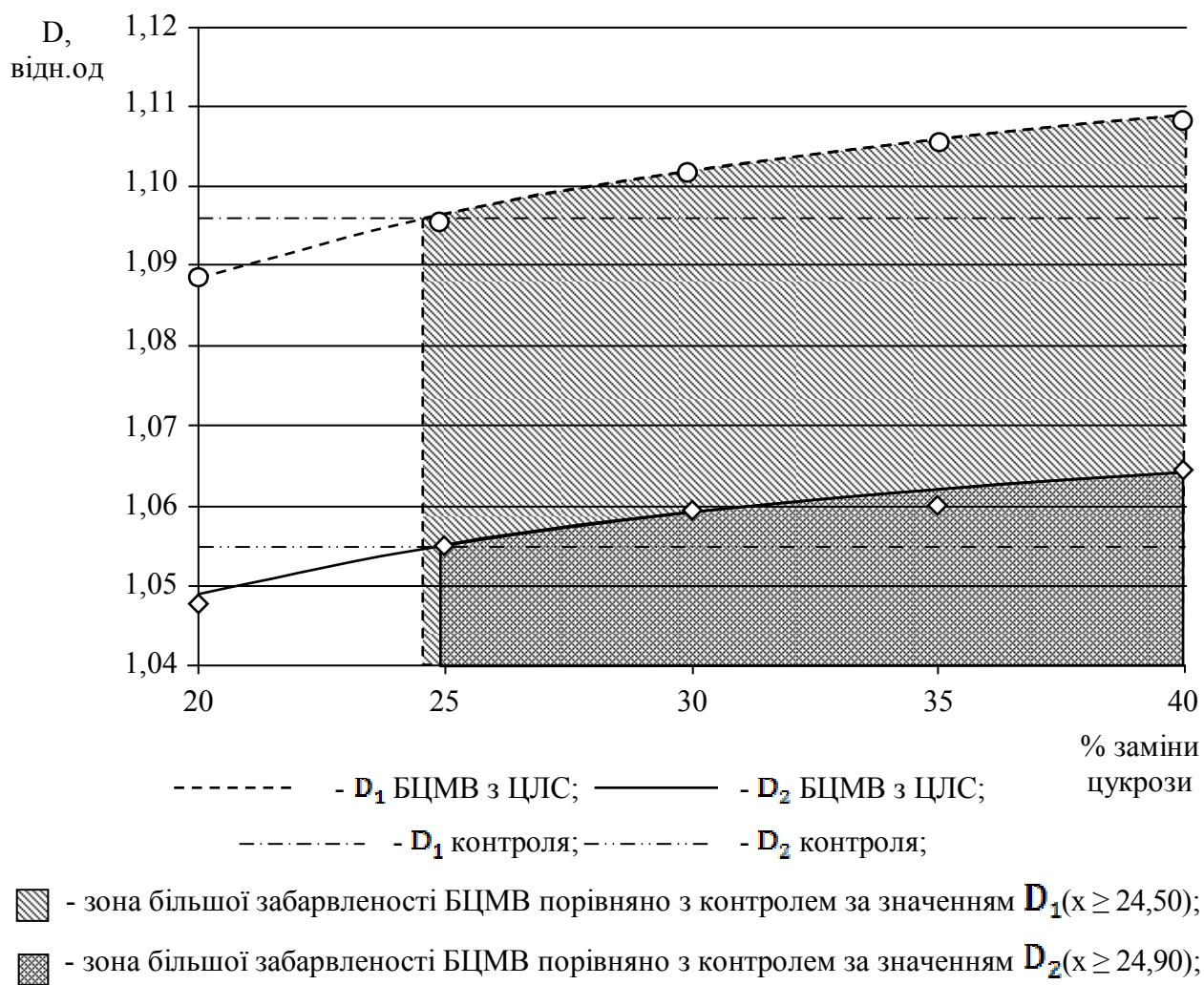


Рис. 32 - Залежність D_1 та D_2 БЦМВ з ЦЛС від % заміни цукрози лактозою в розсолі

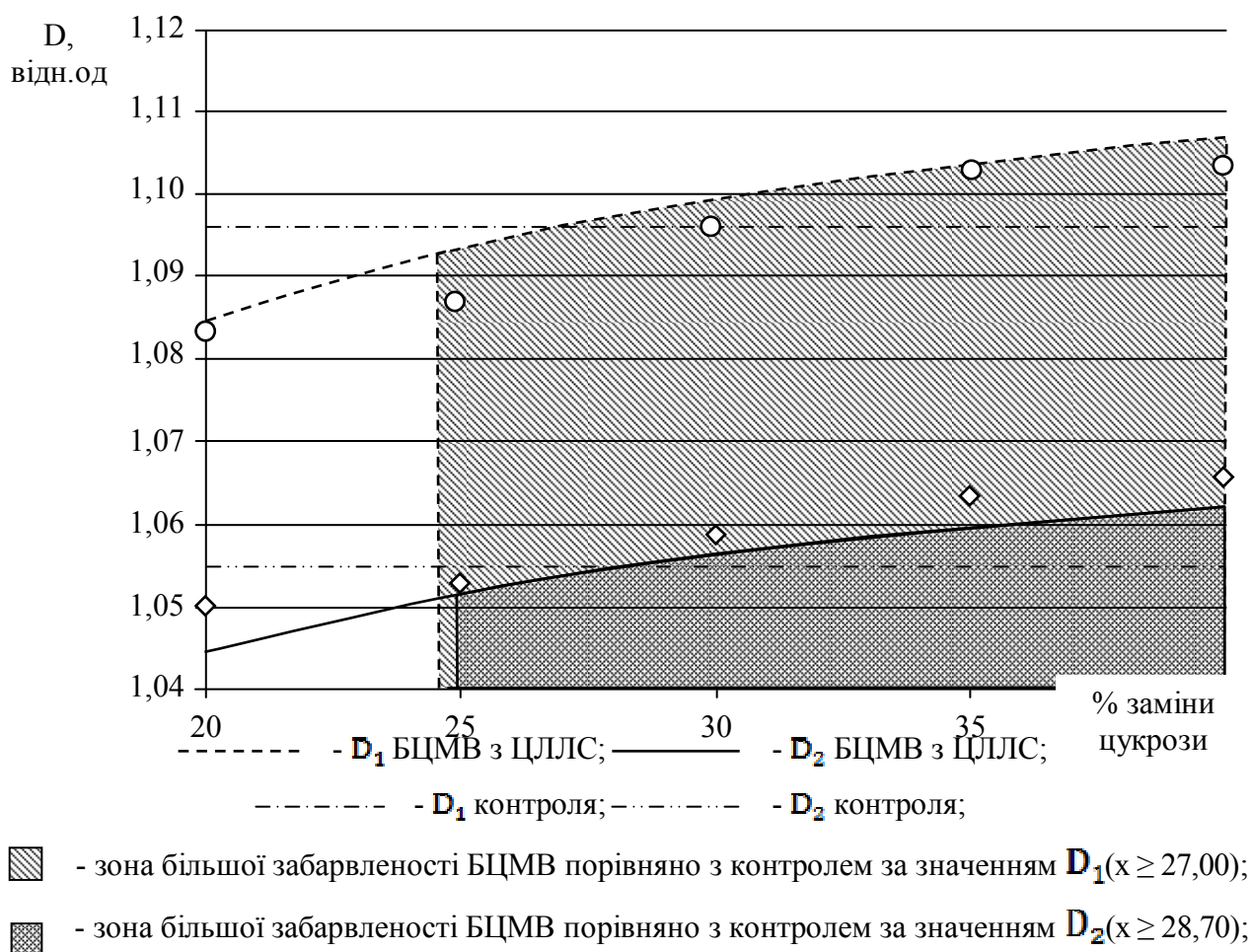


Рис. 33 - Залежність D_1 та D_2 БЦМВ з ЦЛІС від % заміни цукрози лактозою в розсолі

Як можна бачити з рисунків, БЦМВ з ЦЛІС мають вищі показники за D_1 та D_2 при заміні більш ніж 24,9% цукрози, для БЦМВ з ЦЛІС – 28,7%. Однак, зі збільшенням заміни цукрози на ЦЛІС або ЦЛІС більш ніж на 20% відбувається погіршення смакових властивостей продукту, як показав органолептичний аналіз. Тому, слід обмежитися заміною в розсолах з ЦЛІС 24,9% цукрози ($\omega_{\text{розсіл цукроза}}^{\text{розсіл}} = 1,13 \dots 1,35\%$; $\omega_{\text{розсіл лактоза}}^{\text{розсіл}} = 2,33 \dots 2,8\%$), з ЦЛІС – 28,7% ($\omega_{\text{розсіл цукроза}}^{\text{розсіл}} = 1,07 \dots 1,28\%$; $\omega_{\text{розсіл лактоза}}^{\text{розсіл}} = 2,52 \dots 2,82\%$; $\omega_{\text{розсіл лактулоза}}^{\text{розсіл}} = 0,05 \dots 0,12\%$).

Таким чином, можна зробити висновки, що використовуючи обробку ВГТ та розсоли з ЦЛІС та ЦЛІС без NaNO_2 для виробництва БЦМВ можливо отримати продукт, що має аналогічну колірність з продуктом за традиційною технологією.

3.4 Підбір CO₂-екстрактів прянощів для виробництва барообробленої м'ясної продукції

В розділі 1.2 було доведено доцільність використання CO₂-екстрактів при виробництві БЦМВ.

Найбільш поширені екстракти (в дужках вказані рекомендовані норми внесення екстрактів в розсоли згідно технологічної інструкції на CO₂-екстракти):

- чорний перець (0,003%);
- паприка (0,004%);
- імбир (0,002%);
- гірчиця (0,005%);
- розмарин (0,003%);
- кріп (0,003%);
- лавр (0,004%);
- кардамон (0,004%);
- часник (0,004%).

З ціллю виявлення найліпшої оцінки за смако-ароматичним комплексом проведено органолептичне дослідження усіх можливих комбінацій прянощів. Комбінації складено в урахуванням норм внесення. Дослідження проводилося за показниками «букет аромату та смаку» та «поєдненість з м'ясними виробами». Загальну оцінку за результатами дослідження наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Загальна органолептична оцінка пряних сумішей для БЦМВ

	-	Імбир	Гірчиця	Розмарин	Кріп	Лавр	Кардамон	Часник
Чорний перець + Паприка	8,3	8,4	8,2	7,5	9,0	9,8	8,9	8,4
Чорний перець + Імбир	8,0		8,6	8,3	8,3	9,4	9,0	9,5
Чорний перець + Гірчиця	7,2			7,4	7,4	7,2	7,8	7,5
Чорний перець + Розмарин	9,6				9,1	9,9	9,4	10,0
Чорний перець + Кріп	8,4					8,3	8,3	8,3
Чорний перець + Лавр	9,3						9,8	8,7
Чорний перець + Кардамон	7,9							8,0
Чорний перець + Часник	6,5							
Паприка + Імбир	9,5		8,7	8,6	9,5	8,4	8,2	7,1
Паприка + Гірчиця	7,9			6,1	9,0	8,1	8,1	6,0
Паприка + Розмарин	8,3				8,0	5,7	4,5	6,3
Паприка + Кріп	4,0					4,5	6,6	3,2
Паприка + Лавр	4,6						4,2	5,2
Паприка + Кардамон	7,3							4,8
Паприка + Часник	5,5							
Імбир + Гірчиця	9,5			10,0	3,6	5,0	9,6	4,6
Імбир + Розмарин	7,6				5,2	6,5	8,3	5,7
Імбир + Кріп	4,9					6,2	3,2	9,0
Імбир + Лавр	6,0						7,2	5,5
Імбир + Кардамон	7,5							9,6
Імбир + Часник	4,6							
Гірчиця + Розмарин	7,1				7,5	8,0	7,1	7,2
Гірчиця + Кріп	8,4					6,6	8,2	8,4
Гірчиця + Лавр	5,0						5,9	4,4
Гірчиця + Кардамон	7,2							7,1
Гірчиця + Часник	7,3							
Розмарин + Кріп	9,2					9,4	9,2	9,7
Розмарин + Лавр	9,7						8,6	8,3
Розмарин + Кардамон	9,0							9,4
Розмарин + Часник	9,8							
Кріп + Лавр	8,9						10,0	8,3
Кріп + Кардамон	9,5							9,1
Кріп + Часник	8,7							
Лавр + Кардамон	7,8							8,5
Лавр + Часник	7,9							
Кардамон + Часник	6,7							

Як можна бачити з таблиці, найбільшу оцінку отримали суміші:

- розмарин – часник – чорний перець (3:4:3);
- розмарин – гірчиця – імбир (3:5:2);
- кріп – кардамон – лавр (3:4:4).

Результати розрахунку дози внесення сумішей зображено на інгредієнтних векторах (рис. 34).

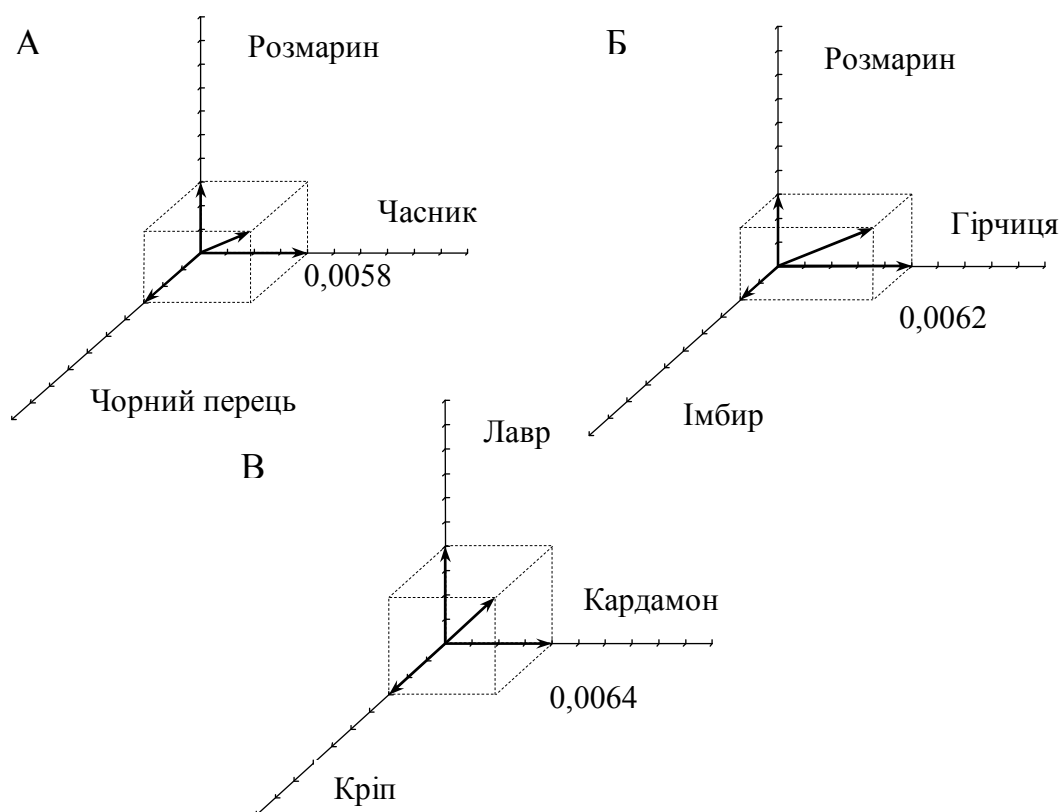


Рис. 34 - Інгредієнтні вектори композиційних сумішей CO₂-екстрактів:

А - розмарин – часник – чорний перець (3:4:3);

Б - розмарин – гірчиця – імбир (3:5:2);

В - кріп – кардамон – лавр (3:4:4)

На основі підібраних компонентів розроблені розсоли (таблиці 3.11... 3.13).

Таблиця 3.11 - Рецептатура розсолу ЦЛР-1 (кг/100 л розсолу)

Інгредієнти	Маса, кг
Вода	73,51
Сіль кухонна харчова	47,25
Цукроза	1,70
Лактоза	3,53
CO ₂ -екстракт «розмарин», г	2,19
CO ₂ -екстракт «часник», г	2,92
CO ₂ -екстракт «чорний перець», г	2,19

Таблиця 3.12 - Рецептатура розсолу ЦЛР-2 (кг/100 л розсолу)

Інгредієнти	Маса, г
Вода	73,51
Сіль кухонна харчова	47,25
Цукроза	1,70
Лактоза	3,53
CO ₂ -екстракт «кріп», г	2,20
CO ₂ -екстракт «кардамон», г	2,93
CO ₂ -екстракт «лавр», г	2,93

Таблиця 3.11 - Рецептатура розсолу ЦЛР-1 (кг/100 л розсолу)

Інгредієнти	Маса, кг
Вода	73,42
Сіль кухонна харчова	47,25
Цукроза	1,61
Лактоза	3,55
Лактулоза	0,15
CO ₂ -екстракт «розмарин», г	2,34
CO ₂ -екстракт «гірчиця», г	3,91
CO ₂ -екстракт «імбир», г	1,56

Загальна технологія розсолів наступна (рис. 35): питну воду доводять до кипіння, розчиняють необхідну кількість кухонної солі (підсистема С₁). Змішують цукрозу з лактозою (та лактулозою для ЦЛР-1) (підсистема С₂) Розчиняють CO₂-екстракти спецій та ЦЛС або ЦЛІС в сольовому розчині. Розчин фільтрують, охолоджують до $t = 2...4^{\circ}\text{C}$ та відстоюють $15\cdot 60^1\text{с}$ (підсистема В). Відстояний розсіл, готовий до використання. Можливо зберігання розсолу до $24\cdot 60^2\text{с}$ при $t = 0...4^{\circ}\text{C}$.

Розроблені розсоли готові до застосування без додаткової обробки.

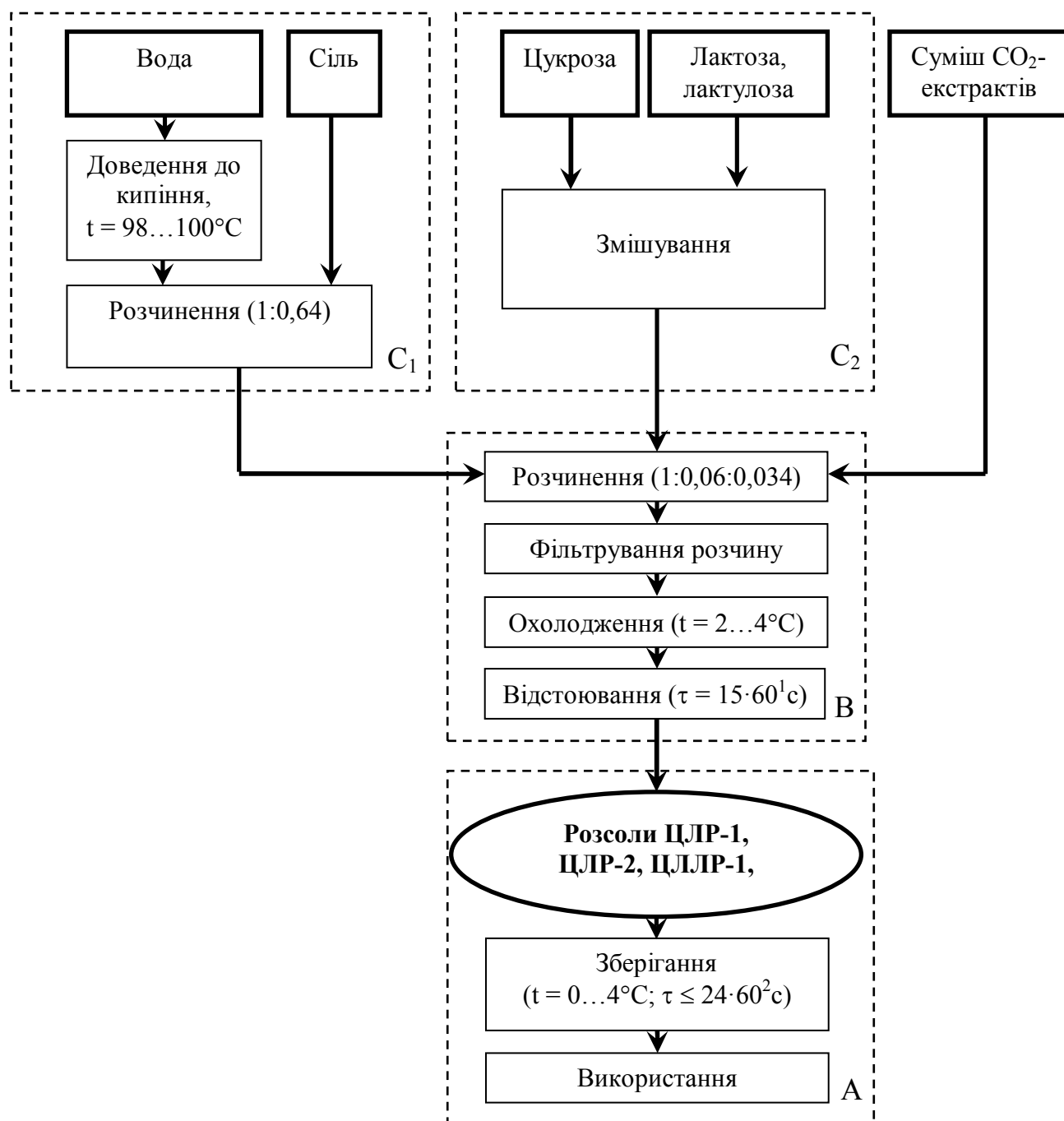


Рис. 35 - Загальна технологічна схема виробництва розсолів
ЦЛС-1, ЦЛС-2, ЦЛЛС-1 для виробництва БСМВ:

А, В, С₁, С₂ – підсистеми

3.5 Використання розсолів з квашених овочів в технологіях барообробленої м'ясної продукції

При застосуванні м'ясної сировини з підвищеним вмістом сполучної тканини можливо прискорити дезагрегацію колагену використанням посольних сумішей з додаванням органічних кислот. Зокрема, під дією молочної кислоти відбувається набрякання білків сполучної тканини, що позитивно впливає на швидкість переходу колагену в глютин при подальшій термічній обробці. Відомо, що значна кількість молочної кислоти накопичується при консервуванні овочів сквашуванням.

Пропонується використовувати в комбінованих м'ясо-рослинних виробках консервовані овочі, що мають відхилення за якістю, та розсоли з них, що не мають практичного застосування.

Було складено модельні посольні суміші, що являли собою розсоли квашених овочів (капуста, огірки), в які були занурені овочі, стандартизовані за вмістом солі та цукру. Контролем було обрано стандартну посольну суміш. Колагенвмісну сировину шприцювали сумішами. Після посолу протягом 6 годин, досліджували проникнення посольної суміші в м'язову тканину. В посолочну речовину додавали контраст для визначення ступеня проникнення.

Як видно з рисунку 36 в зразках з використанням посольних сумішей з капустяним та огірковим розсолами вбачається більше проникнення посольної суміші в тканину. Однак всі розсоли переважають за ступенем проникненості контрольний зразок.



Контроль



Огірковий розсіл



Огіркова емульсія

Рис. 36 - Визначення ступеня проникнення розсолів в м'язову тканину

Для визначення раціональної кількості шприцювання розсолу на основі квашених овочів, зразки шприцювали посольними сумішами у кількості від 2 до 16 г на 100 г м'ясної сировини. Контрольним обрано зразок, до якого посольні суміші не додавали.

Було визначено, що у контрольному зразку ступень проходження розсолу у м'язову тканину склала 1,0 мм, у огірковому розсолі – 3,1 мм, у капустиному розчині – 3,2 мм.

Можна зробити висновок, що найбільш всасуються у м'язову тканину суміш, що включала капустиний розсіл.

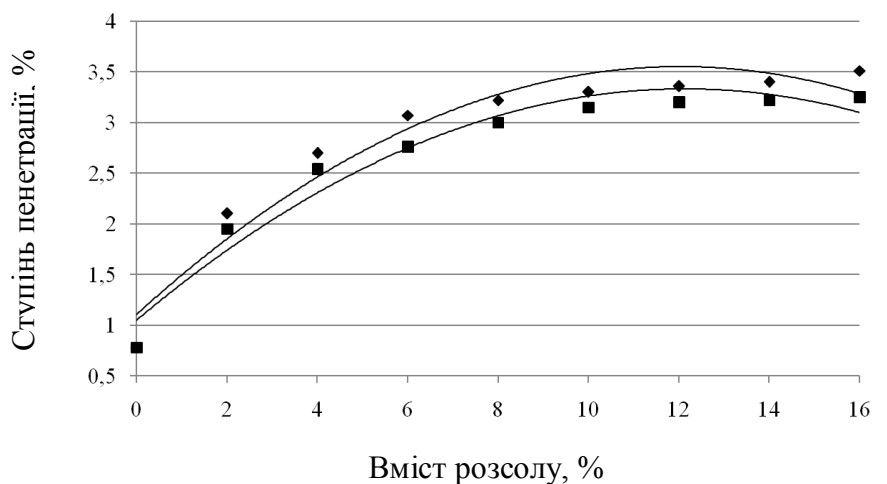


Рис. 37 - Залежність ступеня проникнення розсолів від вмісту посольних сумішей

◆ – з капустиним розсолом; ■ – з огірковим розсолом.

На наступному етапі було визначено вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) сировини та вихід готових виробів.

Результати розрахунків ВЗЗ наведено на рисунку 38.

Зв'язана волога в контролі складає 71,42%, в той час з використанням розсолів – 86,57 капустиного та 83,34 огіркового.

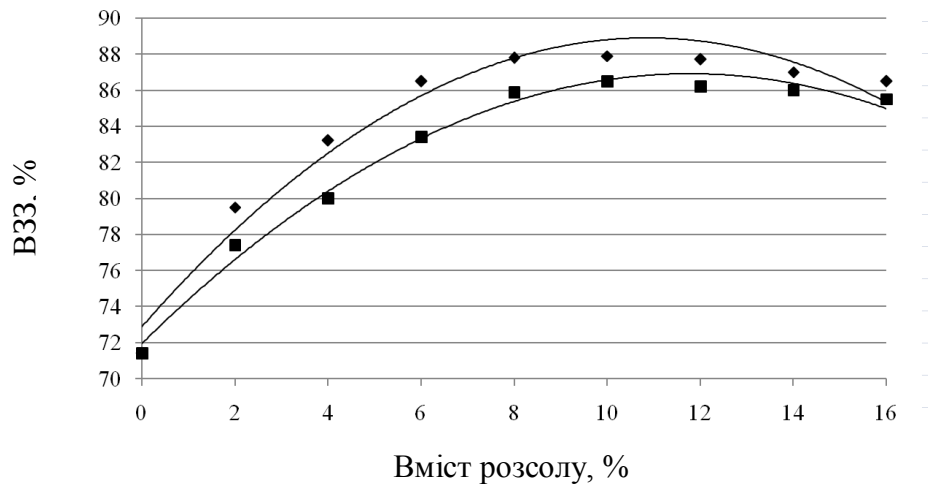


Рис. 38 - Залежність ступеня ВЗЗ від вмісту посольних сумішей

◆ – з капустяним розсолом; ■ – з огірковим розсолом.

Дослідження виходу наведено на рисунку 39.

Як можна бачити з рисунку загальне збільшення виходу знаходиться в рамках 6-8%. Найбільший вихід спостерігається при додаванні 8-10% добавок для всіх зразків.

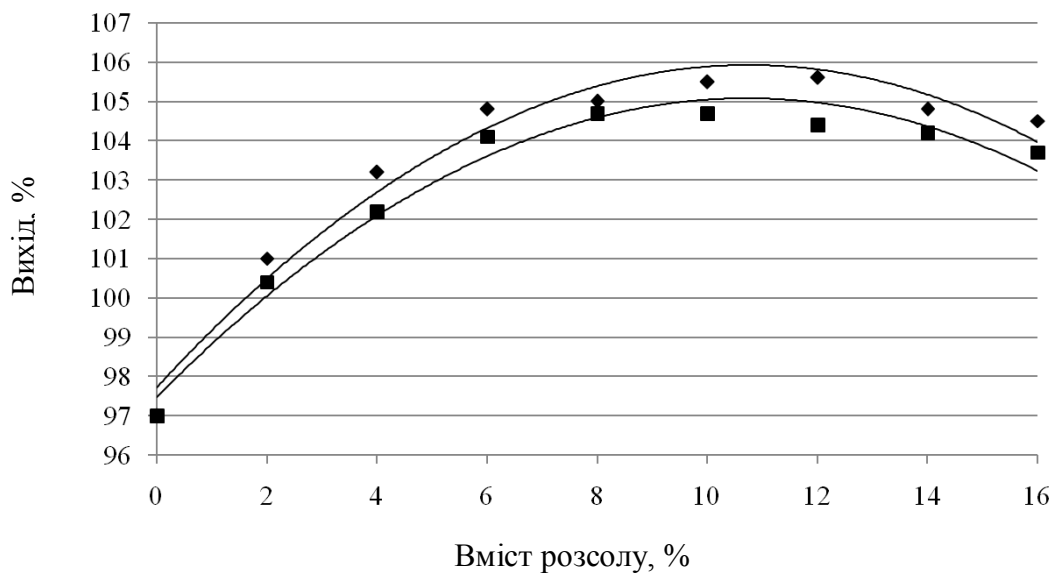


Рис. 39 - Залежність виходу м'ясних продуктів від вмісту посольних сумішей:

◆ – з капустяним розсолом; ■ – з огірковим розсолом.

Виходячи з результатів досліджень, раціональним вмістом розсолів

вважається 10-12%. При даних параметрах спостерігається найбільше проникнення посолочних речовин у м'язове волокно з одночасним підвищенням ВЗЗ та виходу готових виробів. Можливо використання розсолів з квашених овочів в ЦЛС-1, ЦЛС-2, ЦЛЛС-1 на заміну води з врахуванням вмісту цукру та куховарської солі в них.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИГОТОВЛЕННЯ М'ЯСНОЇ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОГО ТИСКУ

4.1 Технології барообробленої м'ясної продукції та кулінарної продукції з їх використанням

Вчені М. Ноуз, М. Ямагаси й М. Хаттори представили свинячий окіст, оброблений високим тиском. Вялена свинина зазнає впливу високого тиску при 250 МПа протягом 3 годин після копчення при 65°C протягом 90 хвилин. Під час зберігання не спостерігаються ріст мікробів і зміни в активності води, рН, концентрації солі й змісті вологи. При цьому, цвіт не змінився в процесі зберігання й зберігалася структура сирого м'яса. Передбачається, що далі копчений напівфабрикат буде зазнати термічній обробці (запікання, жарка) [240].

В Іспанії вченим Н. Греболом запропоновано робити варену шинку з використанням високого тиску. Варена шинка проводиться звичайним методом нарізаної й вакуумноупакованої. Після впакування проводили обробку високим тиском 400 МПа протягом 10 хв при температурі близько 10°C в 320-літрових промислових машинах. Зазначений спосіб обробки дозволив суттєво знизити ріст мікроорганізмів. Розроблений продукт має чудові органолептичні якості й мають строк зберігання 8 тижнів при температурі 4 °C[241].

Учені П. Минеричи Р. Коло проводили обробку італійської в'яленої шинки прошутто. При зберіганні шинки прошутто, яка є дуже щільним, сухим, і відносно більшим продуктом, відбуваються мікробіологічні зміни з появою привкусів або розм'якшенням текстури. Для зниження цих змін пропонується використовувати високий тиск. Пастеризація високим тиском шинки проводиться у звичайній воді на установках здатних генерувати більш 850 МПа.

Типовий смак дозрілої шинки не змінюється після обробки високим тиском. Вялена шинка зроблена з даною технологією в цей час представлена на ринку [242].

Нами на основі досліджень та визначення оптимальних параметрів обробки ВГТ розроблено технології БЦМВ – натуральних «Делікатесний» та «Обідній» та фаршированого «Здоров'я» (рисунки 41...43). Рецептури БЦМВ натурального «Делікатесний» (у вигляді батонів), натурального «Обідній» та фаршированого «Здоров'я» (у вигляді порційний шматків) наведено в таблиці 4.1. Рецептури кулінарних виробів з БЦМВ «Обідній» та «Здоров'я» наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 - Рецептури БЦМВ

Сировина	Витрата сировини, г		
	«Делікатесний» на 1 кг	«Обідній» на 10 порцій	«Здоров'я» на 10 порцій
Безкостні шматки свинини заднього відрубу	913,58	1141,97	703,45
ЦЛР-1	109,63		
ЦЛР-2		137,04	
ЦЛР-3			84,41
Рис			68,00
Морква			251,30
Печериці			169,00

Таблиця 4.2 - Рецептури кулінарних виробів на основі БЦМВ

Сировина	Витрата сировини на 1 порцію, г			
	Котлети натуральні парові «Обідні»		Зрази «Здоров'я»	
	брутто	нетто	брутто	нетто
БЦМВ «Обідній»	140	140		
БЦМВ «Здоров'я»			151	151
Томатне пюре			15	15
Цибуля ріпчаста			10	8
Морква			10	8
Маса готового виробу		125	170	170

Розроблені вироби можуть бути використані при виробництві холодних страв та закусок, перших страв або в якості напівфабрикатів для других м'ясних страв.

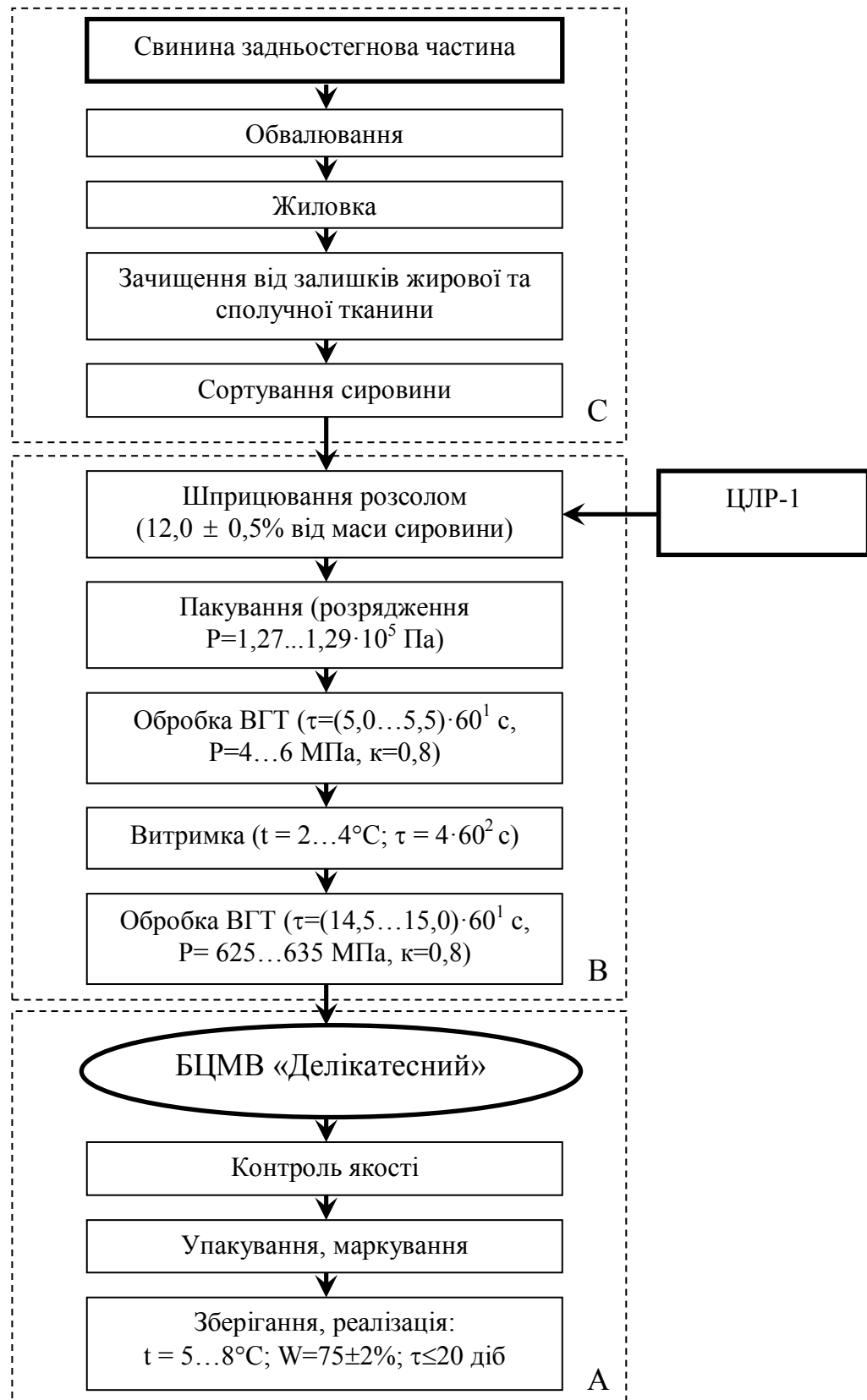


Рис. 41 - Технологічна схема виробництва БСМВ «Делікатесний»:

А, В, С – підсистеми

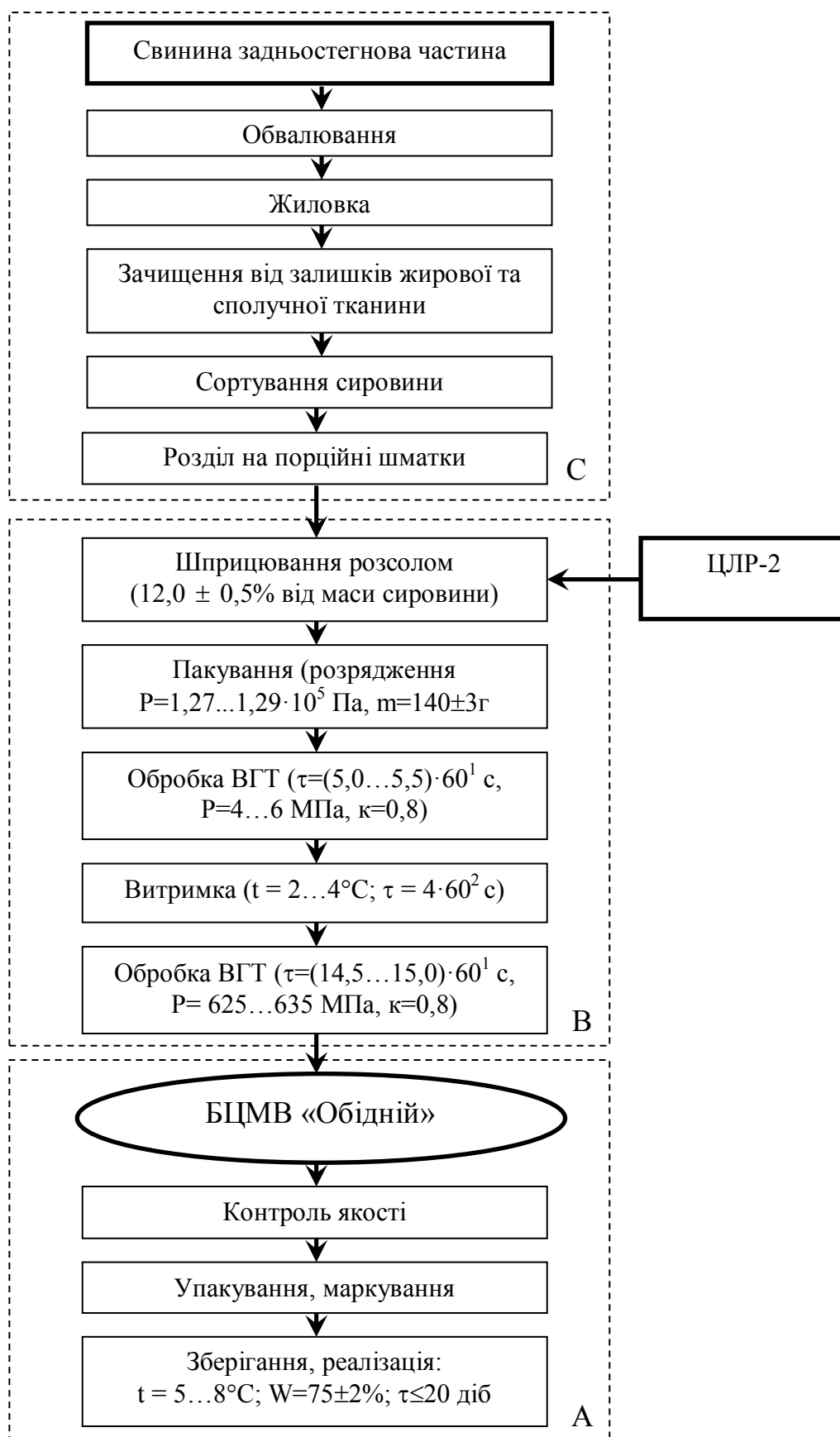


Рис. 42 - Технологічна схема виробництва БЦМВ «Обідній»:

А, В, С – підсистеми

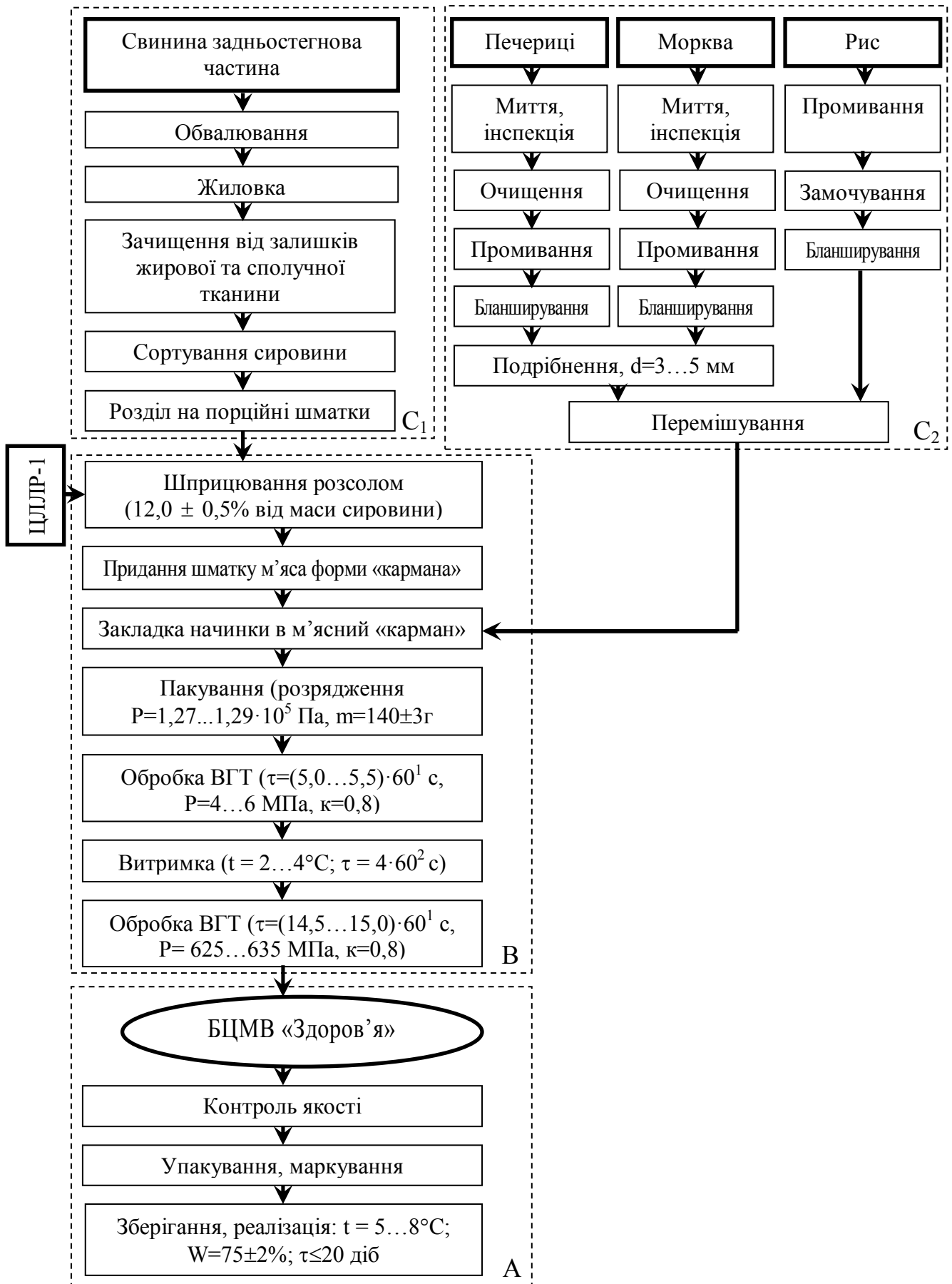


Рис. 43 - Технологічна схема виробництва БЦМВ «Здоров'я»:

А, В, С₁, С₂ – підсистеми



Шинка «Делікатесна»



Котлети натуральні парові «Обідні»



Зрази «Здоров'я»

Рис. 44 - М'ясні вироби, виготовлені з використанням високого гідростатичного тиску

4.2 Харчова та біологічна цінності готової барообробленої м'ясної продукції

4.2.1 Хімічний склад барообробленої м'ясної продукції

Доцільно дослідити основні хімічні показники готових виробів і порівняти їх з показниками традиційних аналогів.

Рецептури дослідних зразків наведено в таблицях 4.1, 4.2, контроль для зрівняння БЦМВ «Делікатесний» - взято зі «Збірника рецептур м'ясних виробів та ковбас» [147], контролі для зрівняння БЦМВ «Обідній» та «Здоров'я» - зі «Збірника рецептур страв та кулінарних виробів» [148].

Хімічний склад сировини та напівфабрикатів визначали за наступними методиками:

- масова частка загальної вологи – висушуванням наважки до постійної маси при температурі 105°C;

- вміст жиру – екстракційно-ваговим методом Сокслета в модифікації Рушковського за ГОСТ 26183-84 [129];

- вміст золи – озоленням висушеної наважки в муфельній печі при температурі 500-700°C до постійної маси за ГОСТ 13979.6–69 [130];

- вміст сумарного білку – помноженням вмісту загального азоту на коефіцієнт перерахунку 6,25 [129]. Загальний азот знаходили хлорамінним методом за ГОСТ 25011-81 [132];

- вміст β -каротину – по видимим спектрам за ГОСТ Р 51181-98 [133];

- вміст вітамінів групи В (тіаміну і рибофлавіну) - методом хроматографії в тонкому шарі;

- вміст вітаміну С – вольтамперметричним методом [134].

Енергетичну цінність продуктів визначали розрахунковим методом за коефіцієнтами Атвотера, прийнявши енергетичну цінність 1 г білка – 4,0 ккал, 1 г жиру – 9,0 ккал, 1 г вуглеводів – 4,0 ккал [135] з врахуванням рівня засвоєння харчових речовин в організмі (білок – 84,5%; жир – 94%; вуглеводи – 95,65%).

Вимір рН у всіх продуктах проводили за ГОСТ 26188-84. Для виміру рН застосовували лабораторний рН-метр типу “И-160МИ”. Похибка рН-метру

даного типу складає $\pm 0,005$ [130].

Дані досліджень хімічного складу в перерахунку на суху масу наведено в таблиці 4.3.

Як можна бачити з таблиці, ВГТ має аналогічний вплив на основні харчові нутрієнти з ТО. Розбіжність в рамках похибки експерименту. Що стосується вітамінів, в м'ясі вони представлені вітамінами групи В. При традиційній тепловій обробці тіамін зменшився на 31%, рибофлавін – на 16%. Після обробки БЦМВ спостерігається зменшення втрат вітамінів (V_1 – на 27%, V_2 – на 33%). Крім того, в фаршированому зразку є β -каротин та вітамін С за рахунок вмісту рослинної сировини. БЦМВ «Здоров'я» має більший їх вміст, порівняно з контролем (β -каротин – на 31%, вітамін С – на 46%).

Таблиця 4.3 - Хімічний склад готових виробів (на суху масу)

Показник	«Делікатесний»		«Обідній»		«Здоров'я»	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Білок, %	21,06 $\pm$ 0,75	21,12 $\pm$ 0,71	18,80 $\pm$ 0,68	18,96 $\pm$ 0,73	14,40 $\pm$ 0,70	16,01 $\pm$ 0,67
Жир, %	15,26 $\pm$ 0,54	15,30 $\pm$ 0,51	14,10 $\pm$ 0,53	13,74 $\pm$ 0,51	15,20 $\pm$ 0,55	11,01 $\pm$ 0,55
Вуглеводи, %	сліди	сліди	сліди	сліди	6,80 $\pm$ 0,02	6,97 $\pm$ 0,03
Зола, %	3,52 $\pm$ 0,07	3,64 $\pm$ 0,06	3,21 $\pm$ 0,01	3,27 $\pm$ 0,06	2,00 $\pm$ 0,06	3,06 $\pm$ 0,07
Вітаміни, %:						
β -каротин	сліди	сліди	сліди	сліди	1,05 $\pm$ 0,01	1,52 $\pm$ 0,01
С	сліди	сліди	сліди	сліди	1,80 $\pm$ 0,01	3,36 $\pm$ 0,01
V_1	0,35 $\pm$ 0,01	0,48 $\pm$ 0,02	0,30 $\pm$ 0,01	0,43 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,01	0,39 $\pm$ 0,02
V_2	0,06 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,01
Енергетична цінність, ккал/100 г	199,55	222,18	202,10	199,46	221,60	190,97
pH	5,79	5,78	5,22	5,19	5,82	6,13

Для визначення біологічної цінності було розраховано енергетичну цінність розрахунковим методом за коефіцієнтами Атвотера [135]. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.3. Як видно з таблиці, барооброблений продукт має енергетичну цінність соразмірну порівняно з традиційним способом обробки. В БЦМВ «Здоров'я» дещо менша енергетична цінність за рахунок зменшення співвідношення оболонка:фарш, т.к. в БЦМВ втрати м'ясної сировини при технологічній обробці менші.

Таким чином, БЦМВ мають вміст нутрієнтів аналогічний продукту, зробленому із застосування традиційної ТО. Однак, обробка ВГТ здатна зберегти більшу кількість вітамінів, що позитивно впливає на харчову цінність отриманих продуктів.

4.2.2 Амінокислотний склад барообробленої м'ясної продукції

Важливим з точки зору оцінки біологічної цінності є амінокислотний склад і скор, розрахувати який можна, визначивши вміст основних вільних амінокислот. Дослідження складу вільних амінокислот зведено в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Амінокислотний склад готових виробів, мг/100 г продукту

Показник	«Делікатесний»		«Обідній»		«Здоров'я»	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Незамінні амінокислоти	51,97	45,73	46,73	42,10	50,81	36,41
Валін	6,08±0,30	5,55±0,28	5,46±0,27	4,98±0,25	5,98±0,30	4,35±0,22
Ізолейцин	5,45±0,27	4,47±0,22	4,89±0,24	4,01±0,20	4,85±0,24	3,54±0,18
Лейцин	10,28±0,51	9,11±0,46	9,23±0,46	8,18±0,41	9,81±0,49	7,14±0,36
Лізин	9,83±0,49	8,71±0,44	8,82±0,44	7,82±0,39	9,36±0,47	6,61±0,33
Метионін + цистин	4,57±0,23	4,13±0,21	4,10±0,21	3,71±0,19	4,38±0,22	3,13±0,16
Треонін	6,28±0,31	5,20±0,26	5,64±0,28	4,67±0,23	5,67±0,28	4,04±0,20
Триптофан	1,13±0,06	1,16±0,06	1,01±0,05	1,04±0,05	1,50±0,07	0,96±0,05
Фенілаланін + тирозін	8,43±0,42	8,56±0,43	7,57±0,38	7,68±0,38	9,26±0,46	6,64±0,33
Замінні амінокислоти	70,44	62,65	63,24	56,25	68,77	50,06
Аланін	6,92±0,35	6,65±0,33	6,21±0,31	5,97±0,30	7,16±0,36	5,23±0,26
Аргінін	7,27±0,36	6,68±0,33	6,53±0,33	6,00±0,30	7,95±0,40	5,72±0,29
Аспаргінова кислота	13,63±0,68	11,85±0,59	12,24±0,61	10,64±0,53	12,69±0,63	9,27±0,46
Гістідин	3,83±0,19	4,37±0,22	3,44±0,17	3,92±0,20	4,76±0,24	3,29±0,16
Гліцин	5,71±0,29	4,98±0,25	5,13±0,26	4,47±0,22	5,35±0,27	3,93±0,20
Глютамінова кислота	23,51±1,18	18,88±0,94	21,11±1,06	16,95±0,85	20,77±1,04	15,32±0,77
Пролін	4,91±0,25	4,92±0,25	4,41±0,22	4,42±0,22	5,29±0,26	3,88±0,19
Серін	4,66±0,23	4,33±0,22	4,18±0,21	3,89±0,19	4,81±0,24	3,43±0,17
Разом	122,41	108,38	109,97	98,35	119,59	86,47
Амінокислотний індекс Е/Т	0,42	0,42	0,42	0,43	0,42	0,42

Як видно з наведених даних, кількісний вміст вільних незамінних амінокислот в дослідних зразках менший у порівнянні з контрольними, однак індекс Е/Т має однакові значення для всіх зразків.

Використовуючи дані таблиці 4.4, нами були розраховані амінокислотні скори контрольних і дослідних зразків у порівнянні зі стандартною амінокислотою шкалою FAO/ВОЗ, коефіцієнти різниці їх амінокислотного скору (КРАС), біологічну цінність (БЦ), коефіцієнт утилітарності (U) [121, 143]. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5.

Аналізуючи дані таблиці 4.5, треба відзначити, що дослідні зразки мають кращі показники, ніж контрольні. Всі зразки виявилися збалансованими по амінокислотному скору. Однак, за іншими показниками контрольні зразки всіх виробів поступаються дослідним.

КРАС показує середню міру надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот у зрівнянні з найменшим рівнем скору якої-небудь амінокислоти, тобто показує надлишкову кількість незмінних амінокислот, що не використовується на пластичні нужди.

КРАС еталонного білку дорівнює 0. Біологічна цінність харчового білка – величина зворотна КРАС і розраховується по формулі:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС} \quad (17)$$

БЦ еталонного білка дорівнює 100%. Як видно з таблиці, БЦ для досліджуваних зразків складає 83,8-87,6%, що на 9,4-13,8% відсотки вище, ніж контрольного зразка.

Коефіцієнт утилітарності показує ступінь незасвоюваності амінокислот і є чисельною характеристикою, що достатньо повно відображає збалансованість незамінних амінокислот. Чим ближче цей показник наближається до 1, тим більша можливість утилізацію білку. БЦМВ мають U на рівні 0,85. Контроль БЦМВ «Делікатесний» та «Обідній» мають U нижчий в 1,9 разів (U=0,78), ніж контрольні зразки. Контроль БЦМВ «Здоров'я» має U близький до БЦМВ за рахунок вирівнювання скору рослинними білками.

Таким чином, обробка високим тиском оказує позитивний вплив на збалансованість складу вільних амінокислот.

Таблиця 4.5 - Амінокислотний скор готових виробів, %

Найменування амінокислоти	БЦМВ «Делікатесний»				БЦМВ «Обідній»				БЦМВ «Здоров'я»			
	Контроль		Дослід		Контроль		Дослід		Контроль		Дослід	
	Скор, %	ΔРАС	Скор, %	ΔРАС	Скор, %	ΔРАС	Скор, %	ΔРАС	Скор, %	ΔРАС	Скор, %	ΔРАС
Валін	121,6	8,6	111,0	0,0	109,2	7,7	99,7	0,0	119,6	0,0	87,0	0,0
Ізолейцин	136,3	23,3	111,8	0,8	122,3	20,9	100,3	0,7	121,2	1,6	88,5	1,5
Лейцин	146,9	33,9	130,1	19,1	131,8	30,4	116,8	17,2	140,1	20,5	102,0	15,1
Лізин	178,7	65,7	158,4	47,4	160,5	59,0	142,2	42,5	170,2	50,6	120,2	33,2
Метионін + цистин	130,6	17,6	118,0	7,0	117,2	15,8	105,9	6,3	125,3	5,6	89,5	2,5
Треонін	157,0	44,0	130,0	19,0	140,9	39,5	116,7	17,1	141,8	22,2	101,0	14,0
Триптофан	113,0	0,0	116,0	5,0	101,4	0,0	104,1	4,5	149,7	30,1	95,8	8,9
Фенілаланін + тирозин	140,5	27,5	142,7	31,7	126,1	24,7	128,1	28,4	154,4	34,7	110,7	23,7
КРАС, %	27,6		16,2		24,7		14,6		20,7		12,4	
БЦ	72,4		83,8		75,3		85,4		79,3		87,6	
U	0,78		0,85		0,78		0,85		0,84		0,87	

4.2.3 Перетравність барообробленої м'ясної продукції

Хімічна оцінка біологічної цінності дуже важлива, але обмежена, так як відбиває лише потенційну можливість задоволення потреб людини у білку. Ступінь засвоюваності білку залежить від структури білку й можливості до атаківання його травневими протеїназами.

Під впливом технологічних режимів теплової обробки білки харчових продуктів денатурують, наслідком чого є зниження здатності засвоєння білка організмом. Однак, данні про вплив високого тиску на засвоюваність білків м'яса дещо різняться.

Результат засвоюваності харчових компонентів залежить від особливостей структури білку та атакуємості його з боку травневих протеїназ (пепсину, хімотрепсину та трипсину). Під дією цих ферментів білкові речовини розщеплюються на однорідні фрагменти, що проникають крізь стінку кишечника й асимілюються організмом. Біологічна доступність білку й ступінь його засвоюваності залежить від багатьох факторів, а саме: білки сполучної тканини засвоюються гірше ніж білки м'язової тканини; нативні – гірше ніж денатуровані.

Про зміни біологічної доступності продукту можна судити, розглядаючи динаміку перетравності білків протеолітичними ферментами, яка спостерігається в дослідних зразках з метою виявлення ступеню утилізації білків організмом. Про швидкість їх розщеплення білкових речовин свідчить наростання продуктів гідролізу, зокрема, циклічних амінокислот і пептидних зв'язків [136]. Завдяки низькій молекулярній масі вони вільно проникають через напівпроникну мембрану в діалізат у відтвореному досліді, імітуючи тим самим утилізацію продуктів травлення в живому організмі [137].

Для визначення показника перетравності *in vitro* послідовно впливали на білкові речовини досліджуваного продукту системою протеолітичних ферментів, при безперервному помішуванні та видаленні зі сфери реакції продуктів гідролізу діалізом, що дозволило уникнути інгібування травневих ферментів низькомолекулярними пептидами й вільними амінокислотами.

Ферментативний гідроліз контрольного і дослідного зразків здійснювали основними протеолітичними ферментами – пепсином, трипсином і хімотрипсином за методикою [137]. Про ступінь перетравлення білків в досліджуваному продукті оцінювали по наростанню продуктів гідролізу в результаті ферментативного перетравлення. Накопичення продуктів гідролізу, що визначається кольоровою реакцією Лоурі, виражали в мкг тирозину на 1 г білку.

Результати експерименту по визначенню накопичення розчинного білку досліджуваних зразків при пепсинолізі та трипсинолізі наведено в таблиці 4.6).

Отже, з отриманих експериментальних даних видно, що під дією тиску глибина ферментативного гідролізу зростає в середньому на 7,1%.

Збільшення перетравності можна пояснити:

- денатурацією м'язових білків, що збільшує атаку їх ферментами;
- дезагрегацією сполучнотканинних білків, які значно важче підлягають гідролітичному розщепленню, ніж м'язові білки;
- перерозподілом жирів в продукті, що також впливає на перетравність [95-112].

Таблиця 4.6 - Динаміка накопичення розчинного білку при пепсинолізі та трипсинолізі

Зразок	Накопичення продуктів гідролізу, мкг тирозину на 1 г білку		
	пепсиноліз	трепсиноліз	разом
БЦМВ «Делікатесний»			
Контроль	6,15	8,33	14,45
Дослід	6,88	8,60	15,48
БЦМВ «Обідній»			
Контроль	6,23	8,71	14,94
Дослід	6,97	8,61	15,58
БЦМВ «Здоров'я»			
Контроль	6,39	7,33	13,72
Дослід	7,26	7,43	14,69

4.3 Дослідження змін якісних показників барооброблених цільном'язових м'ясних виробів під час зберігання

Протягом зберігання може відбуватися зниження якості продукції в наслідок окислювальних процесів жирів, збільшення мікробіального обсеменіння, біохімічних процесів, тому важливо оцінити зміни якісних показників БЦМВ протягом зберігання. Зважаючи на те, що аналоги БЦМВ «Обідній» та «Здоров'я» не підлягають зберіганню, для оцінки змін якості за контроль було обрано традиційний аналог БЦМВ «Делікатесний».

4.3.1 Зміни органолептичної оцінки барообробленої м'ясної продукції протягом зберігання

При визначенні змін якості продукції протягом зберігання пріоритетними повинні бути органолептичні показники. Тому дослідження органолептичних показників продуктів проведено після технологічної обробки та після зберігання 20 діб із застосуванням метода дегустаційної оцінки і опису за допомогою профільного методу. Сутність профільного методу полягає в тому, що складне поняття одного або декількох органолептичних показників представлено у вигляді складових (дескрипторів), які експерти оцінювали за якістю, інтенсивністю та порядку проявлення. Для оцінки використовували шкали інтенсивності окремих ознак, які зображали у вигляді профільної діаграми. Критерії та коефіцієнти вагомості показників органолептичної оцінки наведено в таблиці 4.7. Зміни органолептичних показників досліджували для БЦМВ без додаткової обробки. Результати досліджень представлено на рисунках 45...48. Профілограми будували за допомогою обчислювальної програми, розробленої на Visual Basic for Application (VBA) для MS Excel.

Таблиця 4.7 - Критерії органолептичної оцінки напівфабрикатів під час зберігання

№ п/п	Найменування груп показників	Коефіцієнт вагомості	№ п/п	Найменування показників	Коефіцієнт вагомості
1	Зовнішній вигляд	0,15	1	форма	0,09
			2	наявність виділеного розсолу	0,06
2	Консистенція	0,15	3	щільність	0,06
			4	пластичність	0,09
3	Колір	0,2	5	однорідність	0,05
			6	інтенсивність	0,05
			7	відповідність сировині	0,1
4	Запах	0,2	8	виразність	0,04
			9	чистота	0,05
			10	натуральність	0,05
			11	відповідність сировині	0,06
5	Смак	0,3	12	виразність	0,03
			13	соковитість	0,045
			14	ніжність	0,045
			15	волокнистість	0,045
			16	чистота	0,03
			17	натуральність	0,045
			18	відповідність сировині	0,06
		$\Sigma = 1$			$\Sigma = 1$

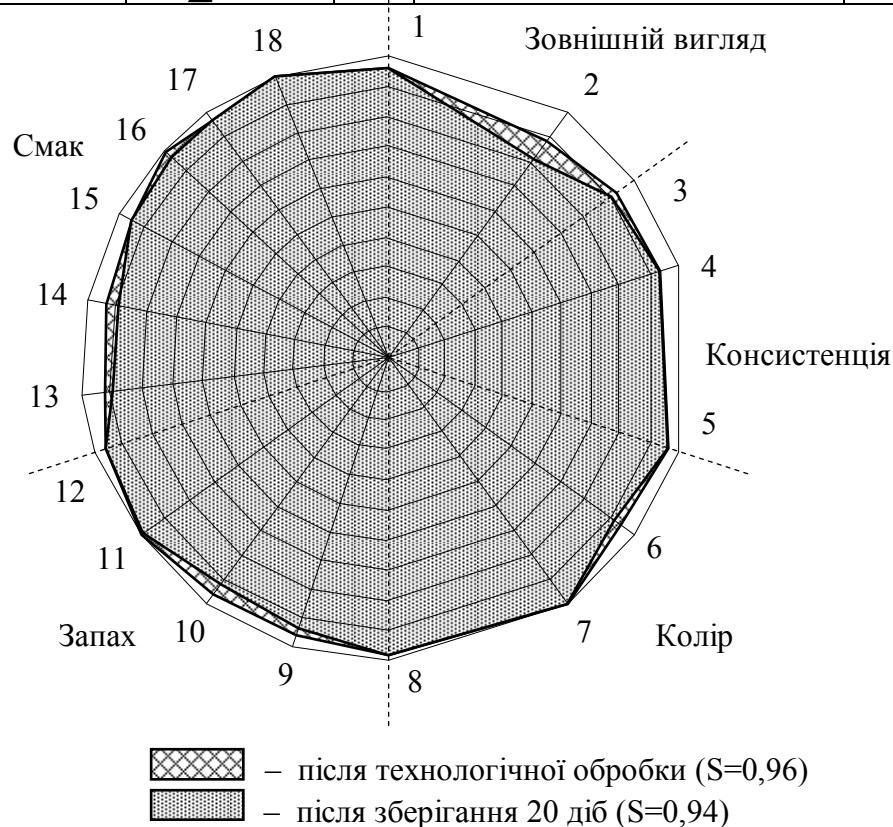


Рис. 45 - Профілограми якості контролю

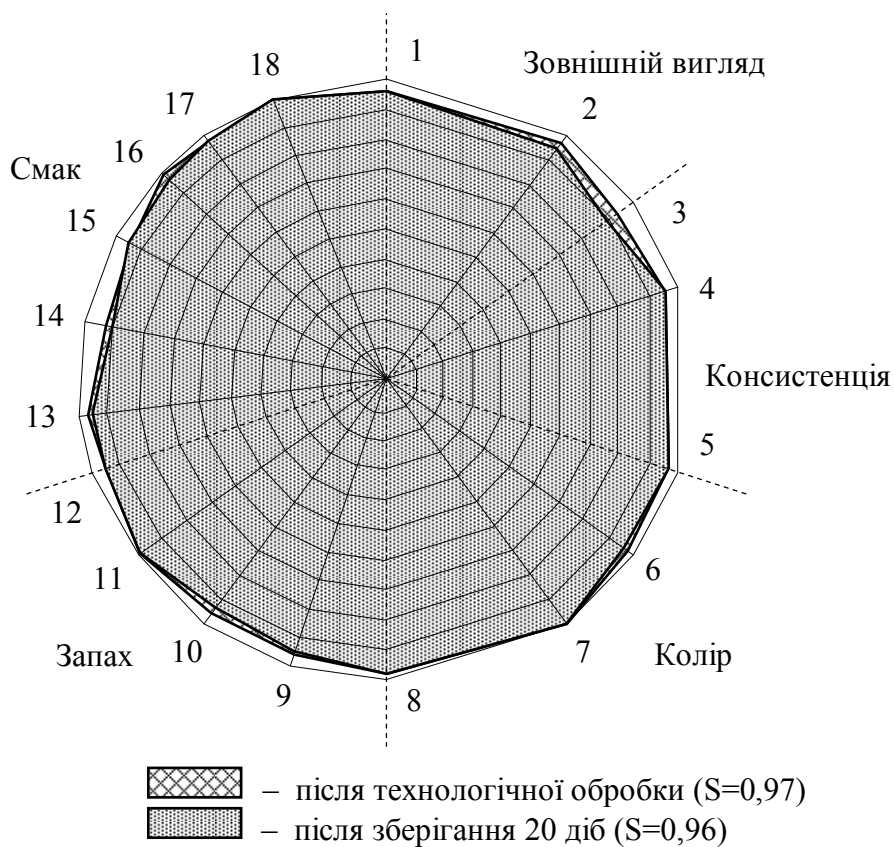
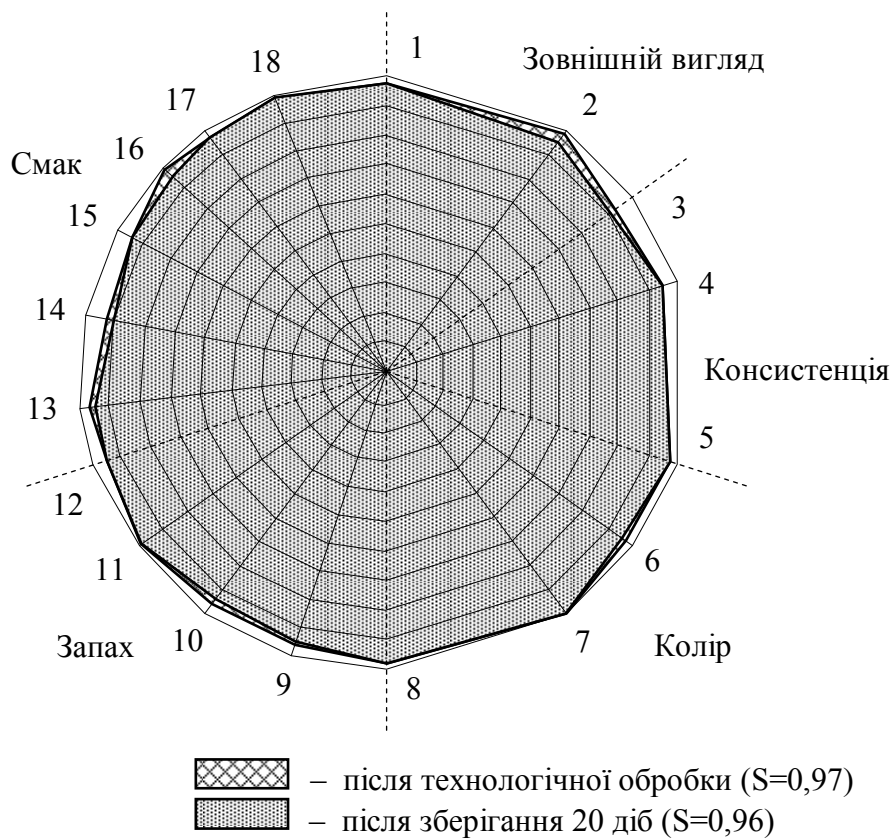


Рис. 46 - Профілограми якості БЦМВ «Делікатесний»



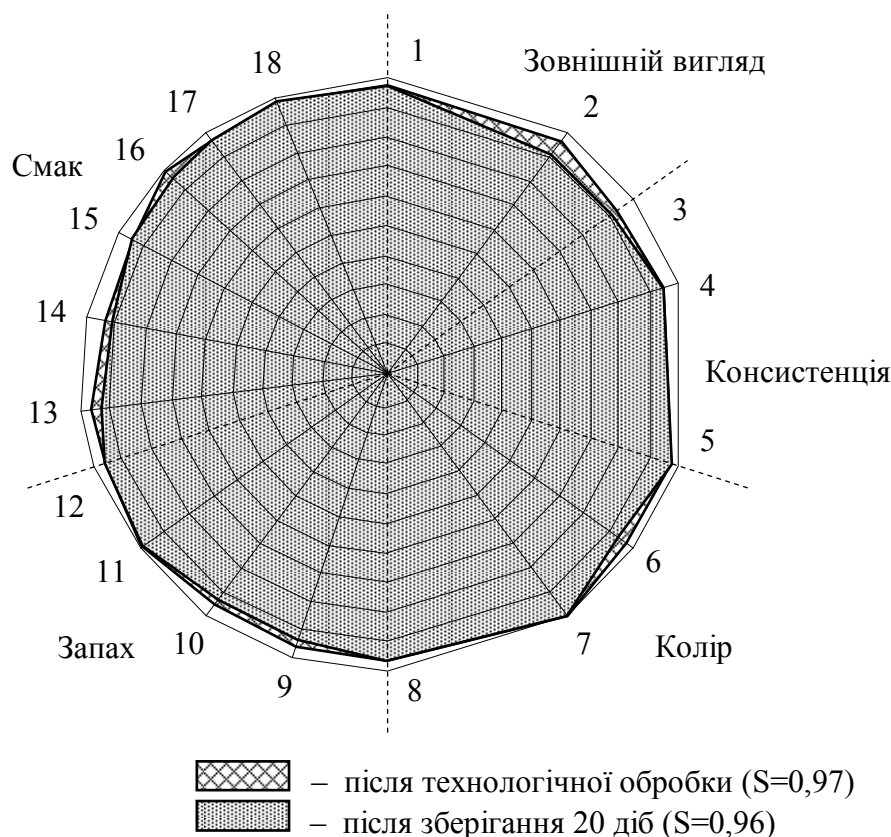


Рис. 48 - Профілограми якості БЦМВ «Здоров'я»

За результатами аналізу органолептичних профілів м'ясних продуктів встановлено, що найбільш значущим органолептичним показником якості розроблених м'ясопродуктів є форма виробів, пластичність та відповідність за запахом, кольором та смаком відповідній сировині.

Радіальні площі профілів характеризують комплексну органолептичну оцінку даного зразка (S).

Аналізуючи органолептичні профілі встановлено, що найбільш значущими органолептичними показниками розроблених БЦМВ є форма виробу, пластичність, відповідність кольору сировині. У всіх зразках спостерігаються найбільші зміни протягом зберігання за такими показниками: наявність виділившогося соку, чистота та натуральність запаху, соковитість та ніжність, чистота смаку. Це обумовлено біохімічними змінами білків та жирів протягом зберігання. Однак, слід відмітити, що за вищезазначеними показниками всі БЦМВ мають менші зміни протягом зберігання, ніж контрольний зразок.

За комплексною оцінкою БЦМВ переважають контроль.

В цілому, можна константувати, що протягом зберігання 20 діб при температурі 5...8°C в БЦМВ відбуваються незначні зміни органолептичних показників якості, що залишаються майже на початковому рівні.

4.3.2 Визначення окислювального псування жирів в барообробленій м'ясній продукції при зберіганні

У процесі переробки й зберігання в жировій тканині м'яса під впливом біологічних і фізико-хімічних факторів відбуваються різноманітні перетворення. Контакт жирової тканини м'яса з киснем повітря, водою, мікроорганізмами, металами й т.п. викликає фізико-хімічні й біологічні процеси, що змінюють властивості жирової тканини м'яса. Інтенсивність змін залежить як від властивостей сировини, умов зберігання, так і від попередньої обробки сировини. Окисні й гідролітичні процеси можуть викликати псування жирів. У результаті погіршуються органолептичні показники й харчова цінність готової продукції. Процеси гідролізу й окислювання часто протікають одночасно, підсилюючи зміни жиру.

Для визначення глибини гідролітичного розпаду та ступеня окислювального псування жирів протягом зберігання в розроблених БЦМВ (дослід), та порівняння цих якісних показників ліпідів з традиційним продуктом (контроль) нами було визначено КЧ та ПЧ для даних зразків одразу після ТО та обробки ВГТ та після зберігання протягом 5, 10, 15 та 20 діб.

Ступінь окислювального псування жирів визначали по кислотному числу (КЧ) та перекисному числу (ПЧ). КЧ знаходили кислотно-лужним титруванням, ПЧ – йодометричним методом [121].

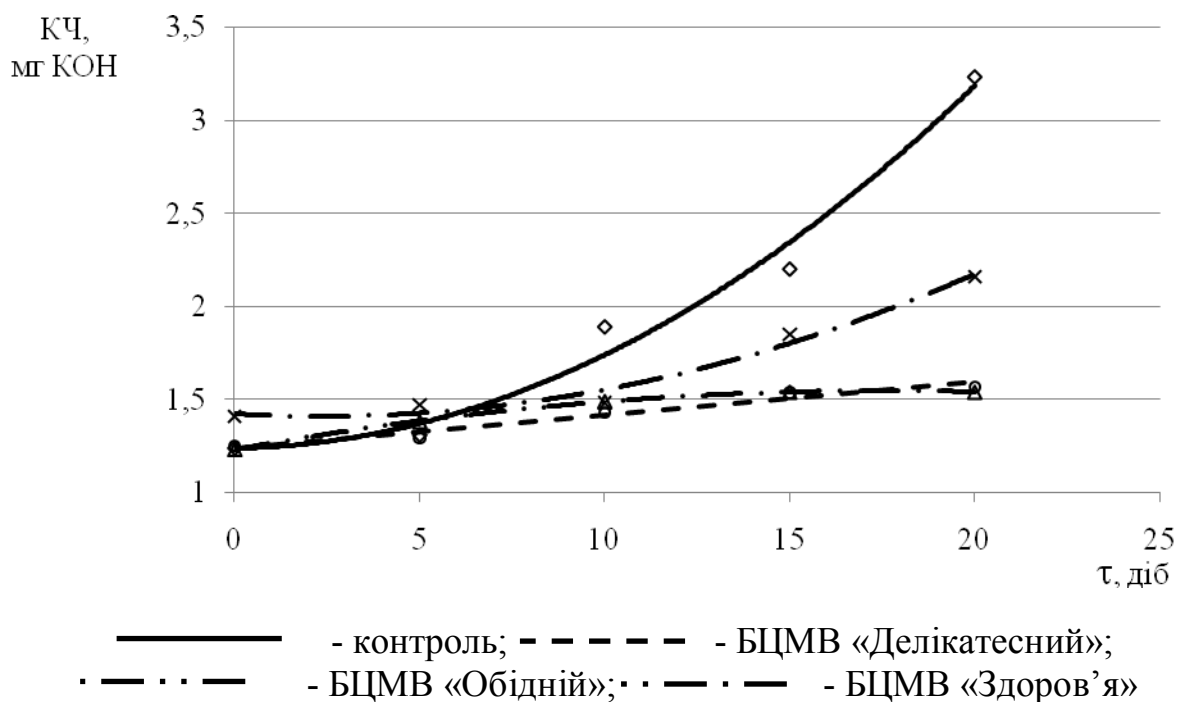


Рис. 49 - Зміни КЧ БЦМВ при зберіганні

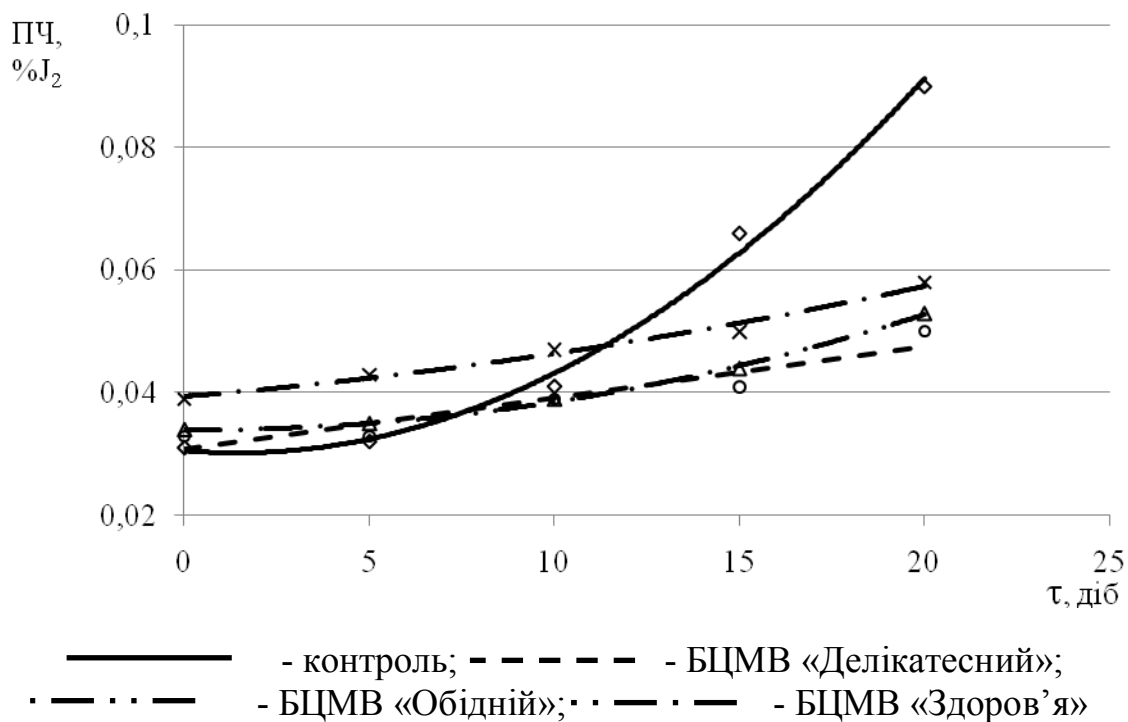


Рис. 50 - Зміни ПЧ БЦМВ при зберіганні

Аналізуючи дані, наведені на рисунках 49...50, можна зробити висновок, що після технологічної обробки всі зразки мають показники КЧ та ПЧ в межах норми, та характеризуються як свіжі. Однак, слід відзначити, що БЦМВ мають дещо вищі показники КЧ та ПЧ після приготування. Найбільші показники

відмічено в БЦМВ «Здоров'я». На наш погляд, це пов'язано з вмістом в ньому рослинної добавки, що може впливати на показники.

Протягом зберігання йде поступове накопичення вільних кислот та перекисів внаслідок окислювального псування жирів. Вже після зберігання 15 діб продукт, зроблений із застосуванням традиційної ТО, має показники КЧ та ПЧ вищі за норму. За шкалою ступеня окислювального псування жирів має сумнівну свіжість. БЦМВ мають показники стандартних чисел в межах норми та відноситься до продукту свіжого, але без подальшого зберігання.

Таким чином, ліпіди в БЦМВ має нижчий ступінь окиснення. Однак, виходячи з літературного огляду [98...99], жири після обробки тиском вище за 300 МПа мають вищу здатність до окиснення ніж після ТО. Цим обумовлено підвищення КЧ та ПЧ одразу після технологічної обробки. На нашу думку, зниження ступеня окиснення ліпідів в дослідному зразку пов'язано з тим, що продукт було упаковано в вакуумну плівку до стадії технологічної обробки, що зменшує час контакту з киснем повітря, який приймає участь в окисненні ліпідів.

4.3.3 Зміни мікробіологічних показників барообробленої м'ясної продукції протягом зберігання

Невід'ємною умовою безпеки продуктів харчування є мікробіологічні показники.

Внаслідок високого вмісту води й білків м'ясо здорових тварин є благополучним середовищем для розвитку мікрофлори, що викликає гнилісне псування.

Однак, з іншого боку відбувається вплив посолу на мікрофлору. NaCl, що використовується при посолі в концентраціях 3...4% робить на мікрофлору бактеріостатичну дію. Крім того, в розділі 1.3.2. наведені дані про стерилізуючу дію високого тиску.

При створенні нових видів продуктів експериментальні дослідження їх мікробіологічних показників дозволяють визначити не тільки відповідність

продукту встановленим вимогам безпеки, але й обґрунтувати доцільність рецептурного складу, технологічних операцій виготовлення, умов і термінів зберігання.

Як відомо, перелік груп мікроорганізмів, що підлягають нормуванню в тих або інших харчових продуктах, визначають, виходячи з їх рецептурного і хімічного складу, технології приготування, умов і термінів зберігання.

Відомо, що використання ВГТ в технології в значній мірі впливає на мікрофлору оброблених виробів [102...112].

Багатьма авторами виявлена можливість зниження мікробіологічного обсіменіння м'ясних продуктів обробкою високим тиском. Наприклад, польськими вченими К. Karłowski, В. Windyga, М. Fonberg-Broczek були проведені наступні дослідження. Зразки шинки й окосту масою по 200 г були вакуумно упаковані в поліетиленові багатослойні пакети й оброблялися високим тиском в діапазоні 300...600 МПа при часі обробки $(10...30) \cdot 60^1$ с. Результати показали, що при тиску 300 МПа і 400 МПа та часу обробки $10 \cdot 60^1$ с не відбувається продовження терміну зберігання БЦМВ. При тиску 500 МПа і $10 \cdot 60^1$ с спостерігалось зменшення мікробіологічного обсіменіння психрофільними, ацидофільними бактеріями і ентерококами в досліджених зразках при зберіганні в холодильних камерах протягом 4 тижнів. Застосування тиску продовжило період зберігання традиційно зробленої шинки (окосту) до 6...8 тижнів. Фізико-хімічні характеристики БЦМВ, після обробки високим тиском після 24 годин, 4, 6 і 8 тижнів зберігання, не змінювалися в порівнянні з контрольними зразками [78].

Японські дослідники заражали зразки свинини різними іспитовими мікроорганізмами. Зразки було піддано обробці тиском у від 100 до 600 МПа за обробки $10 \cdot 60^1$ с при 25 °С. Обробка тиском понад 300 МПа приводила до повного знищення всіх мікроорганізмів. Встановлено, що грам-негативні мікроорганізми були більш нестійкі до тиску ніж грам-позитивні. *Campylobacter jejuni*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* й *Yersinia enterocolitica* були інактивовані при тиску понад 300 МПа; *Escherichia coli*,

Saccharomyces cerevisiae й *Candida utilis* – понад 400 МПа; *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus* й *Streptococcus faecalis* – при 600 МПа [113].

Японськими вченими А. Okamoto та А. Suzuki було проведено дослідження за змінами загальної кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) в м'ясі, яке було оброблено ВГТ. Отримані дані також свідчать, що барообробка дає стерилізуючий ефект на мікрофлору м'яса (таблиця 4.8.).

Таблиця 4.8 - Зміна вмісту загальної КМАФАнМ, колонієутворюючих одиниць (КУО) в 1 г продукту під дією ВГТ

Розмір ВГТ, МПа	Загальна КМАФАнМ, КУО в 1 г продукту
0	$5,4 \cdot 10^4$
200	$2,7 \cdot 10^4$
300	$6,7 \cdot 10^3$
400	300
500	300
600	300

Зведені дані про параметри тиску, температури та часу обробки для повної інактивації деяких бактерій і бактеріальних спорових форм, властивих м'ясу і БЦМВ приведені в таблицях 4.9 і 4.10 [70].

Таблиця 4.9 - Інактивація деяких бактерій, властивих ЦМВ, в умовах високого тиску

Тип мікроорганізмів	Температура, °C	Тиск, МПа	Тривалість, 60^{-1} с
<i>Listeria monocytogenes</i> (патоген)	23	345	20
<i>Escherichia coli</i> (патоген)	15	400	50
<i>Staphylococcus aureus</i> (патоген)	15	500	50
<i>Salmonella Typhimurium</i> (патоген)	25	350	15
<i>Salmonella Enteritidis</i> (патоген)	25...50	450	15

Таблиця 4.10 - Інактивація деяких спорових бактеріальних форм, властивих ЦМВ, в умовах високого тиску

Тип спорових форм	Температура, °C	Тиск, МПа	Тривалість, 60 ⁻¹ с
<i>Clostridium botulinum</i> (патоген)	75	827	30
<i>Bacillus cereus</i> (патоген)	30	900	10
<i>Clostridium sporogenes</i> (псування продуктів)	90	400	5
<i>Bacillus stearothermophilus</i> (патоген)	90	400	10

Однак, дані наведені в літературних джерелах є неповними, тому доцільно було провести експериментальні дослідження по визначенню мікробіологічних характеристик в процесі зберігання.

На першому етапі було проведене аналітичне дослідження нормативних документів, які мали регламентуючий перелік груп мікроорганізмів і максимально допустимі рівні їх вмісту в цільном'язових м'ясопродуктах [75].

Другим етапом роботи стало експериментальне дослідження відповідності мікробіологічних характеристик нових БЦМВ нормативам, встановленим для м'ясних продуктів.

Аналіз якісного і кількісного складу мікроорганізмів в дослідних зразках проводили у модельних зразках одразу після обробки тиском, а також після 20 діб зберігання в охолодженому стані. Такий термін зберігання обрано, так як аналогічні продукти, зроблені з використанням традиційної термічної обробки та упаковані під вакуумом у термоусадочну газонепроникну плівку при температурі 5...8°C, мають термін зберігання 20 днів.

Всі зразки продукції були досліджені за такими показниками згідно стандартних методик [126...128, 151...154]:

- вміст загальної КМАФАнМ;
- наявність БГКП;
- наявність патогенних мікроорганізмів, в т.ч. сальмонел;
- наявність сульфїтрeredукуючих клострідій.

Для БЦМВ «Здоров'я» додатково введено аналіз на наявність дріжджів і цвілевих грибів, тому що як добавка використовується рослинна сировина з мінімальною тепловою обробкою.

Результати дослідження мікробіологічних показників напівфабрикатів представлені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 - Результати мікробіологічних досліджень без зберігання

Показники	Допустимі рівні	Термін зберігання, діб		
		0	10	20
Контроль				
Загальна кількість КМАФАнМ, КУО в 1 г	5,0x10 ²	9,6x10 ¹	2,3x10 ²	4,1x10 ²
БГКП; в 10 г	не допустимо	не виявлено		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели, в 25 г	не допустимо	не виявлено		
Сульфітрeredукуючі клострідії; в 0,01 г	не допустимо	не виявлено		
БЦМВ «Делікатесний»				
Загальна кількість КМАФАнМ, КУО в 1 г	5,0x10 ²	4,4x10 ¹	6,4x10 ¹	8,5x10 ¹
БГКП; в 1 г	не допустимо	не виявлено		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели, в 25 г	не допустимо	не виявлено		
Сульфітрeredукуючі клострідії; в 0,01 г	не допустимо	не виявлено		
БЦМВ «Обідній»				
Загальна кількість КМАФАнМ, КУО в 1 г	5,0x10 ²	3,9x10 ¹	5,6x10 ¹	8,0x10 ¹
БГКП; в 1 г	не допустимо	не виявлено		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели, в 25 г	не допустимо	не виявлено		
Сульфітрeredукуючі клострідії; в 0,01 г	не допустимо	не виявлено		
БЦМВ «Здоров'я»				
Загальна кількість КМАФАнМ, КУО в 1 г	5,0x10 ²	5,7x10 ¹	7,5x10 ¹	9,6x10 ¹
БГКП; в 1 г	не допустимо	не виявлено		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели, в 25 г	не допустимо	не виявлено		
Сульфітрeredукуючі клострідії; в 0,01 г	не допустимо	не виявлено		
Дріжджі і плісняві гриби, КОЕ в 1 г	не більш 10 ³	не виявлено		

Як видно з даних таблиці, вміст мікроорганізмів всіх груп, що підлягають нормуванню, для контрольних та модельних зразків без зберігання не перевищував допустимих рівнів.

Після зберігання протягом 20 діб придатними за мікробіологічними показниками виявилися всі зразки. Однак, слід відмітити, що по КМАФАнМ контрольний зразок наблизився до граничного значення, в той час, коли в БЦМВ було відмічено незначний ріст.

Одержані результати свідчать про те, що у вказані терміни зберігання БЦМВ відповідає мікробіологічним нормативам. В процесі зберігання спостерігалось поступове нарощування мікробного забруднення. Крім того, слід відмітити, що зріст мікроорганізмів при інших рівних умовах в варених продуктах відбувався більш інтенсивно, ніж у БЦМВ.

Таким чином, проведені дослідження свідчать, що мікробіологічні показники БЦМВ стабільні за температури 5...8°C протягом 20 діб та відповідають медико-біологічним вимогам та санітарним нормам якості [155].

4.4 Обладнання високого гідростатичного тиску, що може бути використано для виробництва м'ясної продукції

На сьогоднішній день обладнання для обробки харчових продуктів високим тиском випускають такі фірми, як Avure Technologies (США), Elmhurst Research, Inc (США), NC Hyperbaric (Іспанія), Stansted Fluid Power Ltd (Англія), QFP (Австралія), Uhde High Pressure Technologies GmbH (Німеччина), Resato International B.V. (Голландія) та інші.

Виробничі системи для обробки харчових продуктів тиском фірми Avure Technologies (рис. 51) пропонують використання послідовного процесу. Це гарантує цілісність продукту, який поміщено в пластичне упакування до обробки його високим тиском. Пакети завантажуються в кошик для обробки й поміщуються в камеру високого тиску. Така технологічна схема дозволяє

швидке перемикання між типами продукту, розміром пакета й форматом для рідких або твердих харчових продуктів.



Рис. 51 - Виробнича система для обробки харчових продуктів тиском фірми Avure Technologies

Обладнання розраховане на робочу ємність камери від 35 до 320 літрів з максимальним тиском обробки 600 МПа.

Промисловістю також випускаються вертикальні системи V350L (рис. 52) і горизонтальні системи H687L (рис. 53), призначені для більш високих рівнів виробництва.

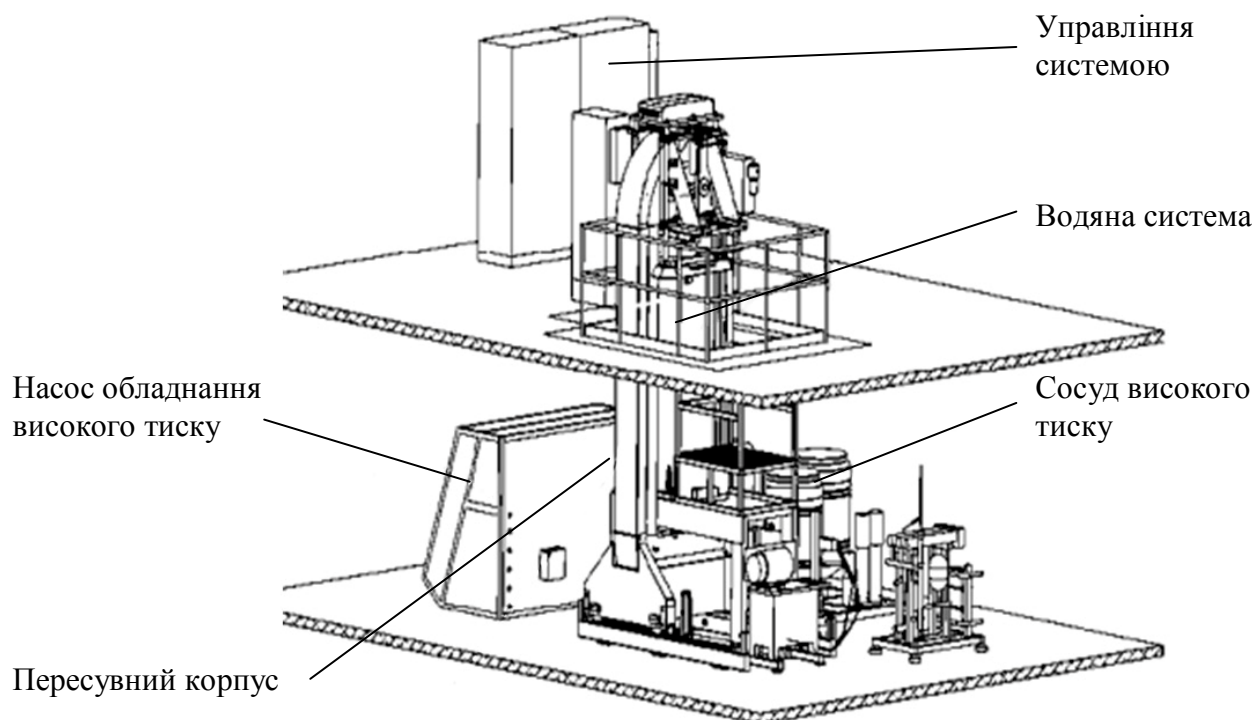


Рис. 52 - Вертикальна система V350L



Рис. 53 - Горизонтальна система високого тиску H687L

Основною відмінністю такої системи є горизонтальна установка робочих камер, що сприяє розміщенню системи в будинках, що раніше експлуатувалися. Однак, тому що все встаткування розташоване на тому ж самому рівні, горизонтальне розташування вимагає більшої кількості закритої площі, ніж вертикальне.

Більш кращої є конструкція стерилізатора високого тиску, у котрому насосна станція може розташовуватися на рівні нижче основного, також така конструкція дає можливість установки декількох камер в одну лінію, при цьому з'являється можливість використовувати тиск, що скидається в одній камері, для напрямку в наступну. Тим самим досягається ще більша економічність процесу.

Для нормальної експлуатації обладнання високого тиску для обробки харчових продуктів фірма ERI розробила вимоги до встаткування: тиск повинний досягати значень 700 МПа в діапазоні температур від 40 до 50°C, при мінімальній витримці 2 хвилини; Обладнання повинне використовуватися не менш 20 годин на день, 360 днів у році не менш семи років. Це вимагає довговічності головних компонентів, розрахованих приблизно на 1000000 циклів.

Цим умовам відповідає конструкція, представлена на рисунку 54. Система складається з декількох компонентів і містить у собі: робочу камеру високого тиску, системи інтеграції камер, гідравлічну станцію високого тиску, станину й апаратуру керування.

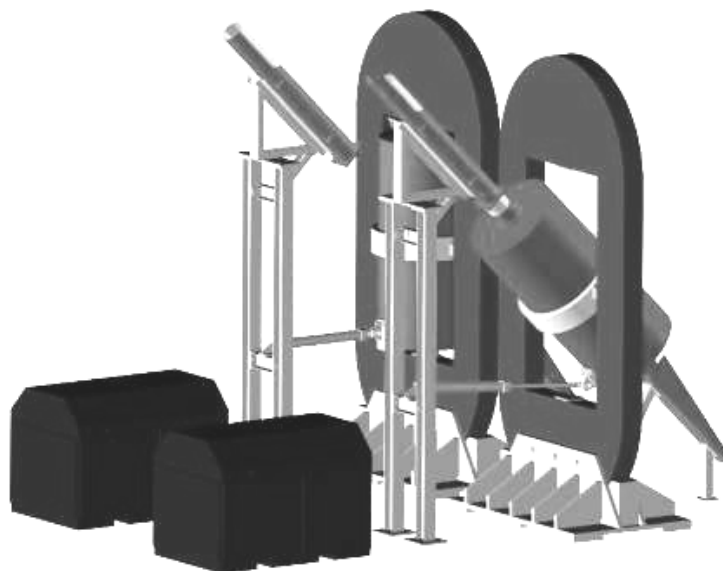


Рис. 54 - Установка ERI

Діаметр камер – 250÷300 мм. Довжина камери визначає її обсяг, який становить близько 100 літрів. Система є модульною й може бути легко змінена й модифікована за бажанням споживача й легко перенастроєна під різні продукти. Кілька камер можуть з'єднуватися в єдину систему (рис. 55), яка використовує єдину гідростанцію і схему керування.

Основні технічні характеристики: тиск у камерах від 580 до 700 МПа; час обробки від 5 хвилин (при тиску 580 МПа) до 3 хвилин (при тиску 700 МПа); продуктивність однієї камери 3 метричні тонни (при 250 робочих днях).

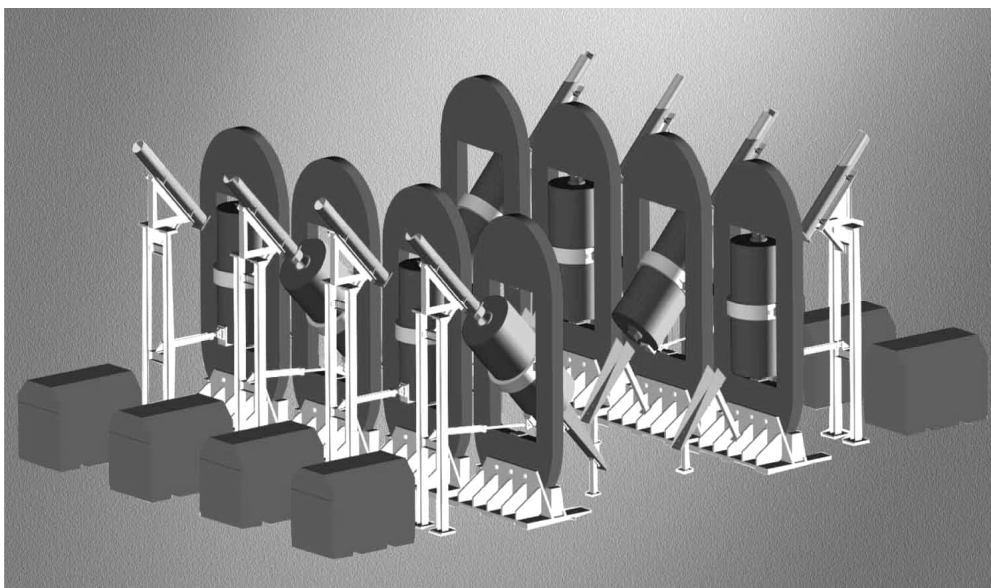


Рис. 55 - З'єднання камер у єдину систему

Фірма Stansted Fluid Power Ltd. випускає кілька типорозмірів установок для обробки харчових продуктів високим тиском, основні технічні характеристики яких наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 - Основні технічні характеристики установок для обробки харчових продуктів високим тиском фірми Stansted Fluid Power Ltd

Модель	Діаметр, мм	Висота, мм	Мах тиск, МПа	Обсяг, мл	Min температура, °C	Мах температура, °C
s-fl-085-09-w	17	150	900	30	-20	+90
s-fl-850-09-w	37	300	900	300	-20	+90
s-fl-850-14-w	22	100	1400	35	+5	+90
s-Fl-065-220-09-w	65	220	900	675	-20	+110
s-II-070-550-09-w	70	550	900	2000	-20	+110
s-II-085-550-06-w	85	550	900	2800	-20	+110
s-II-100-250-09-w	100	250	900	2000	-20	+110
s-II-120-250-06-w	120	250	900	2800	-20	+110
s-II-110-375-08-w	110	375	900	3500	-20	+110

Принципова схема установки высокого давления, що випускається фірмою Uhde High Pressure Technologies GmbH, представлено на рисунку 56. Техніко-експлуатаційні параметри: обсяг камери – 50-300 літрів; максимальний тиск – 700 МПа; температурний діапазон: -10°C ÷ +95°C.

Компанія NC Hyperbaric розробила серію установок WAVE 6000 для роботи із продуктами різної порціонної маси, що гарантує необхідну гнучкість процесу з різноманітним асортиментами продуктів різної ваги й форми.

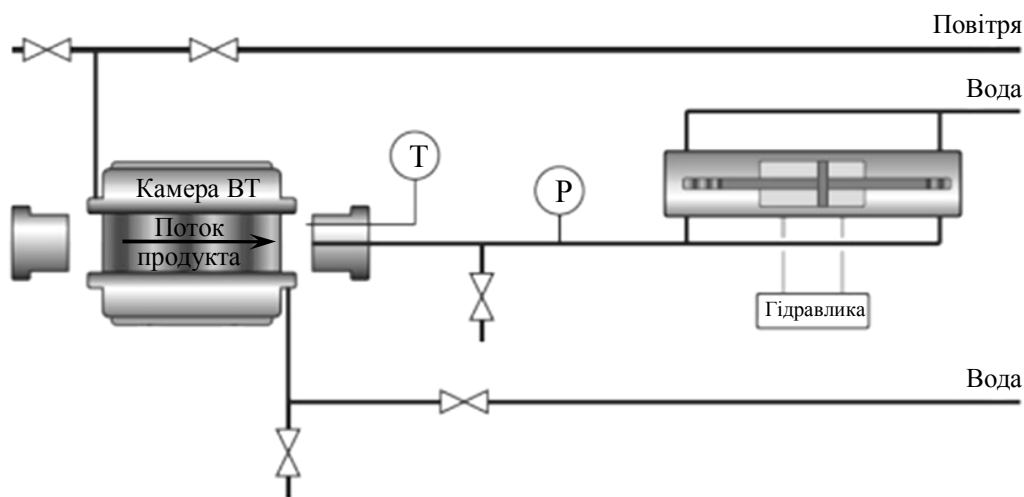


Рис. 56 - Принципова схема установки высокого тиску

Uhde High Pressure Technologies GmbH

Горизонтальне розташування робочої камери установок серії WAVE 6000 відповідає вимогам харчової промисловості. Камера розташовується на одній лінії із прямуючими рейками для транспортних контейнерів, при цьому завантаження проводиться з одного боку, а розвантаження з іншого. У такий спосіб виключається ризик випадкового змішування оброблених і неопрацьованих продуктів.

Компанія NC Hyperbaric робить установки високого тиску спеціально для харчової промисловості, з обліком усіх пропонованих вимог. У якості гідравлічної рідини для передачі тиску на продукт використовується вода без домішок. Запатентована система контурів високого й надвисокого тиску мінімізує кількість частин, що зношуються. Багатошарова конструкція камери гарантує надійну й безпечну роботу обладнання. Зовнішній вигляд установки WAVE 6000 представлено на рисунку 57.

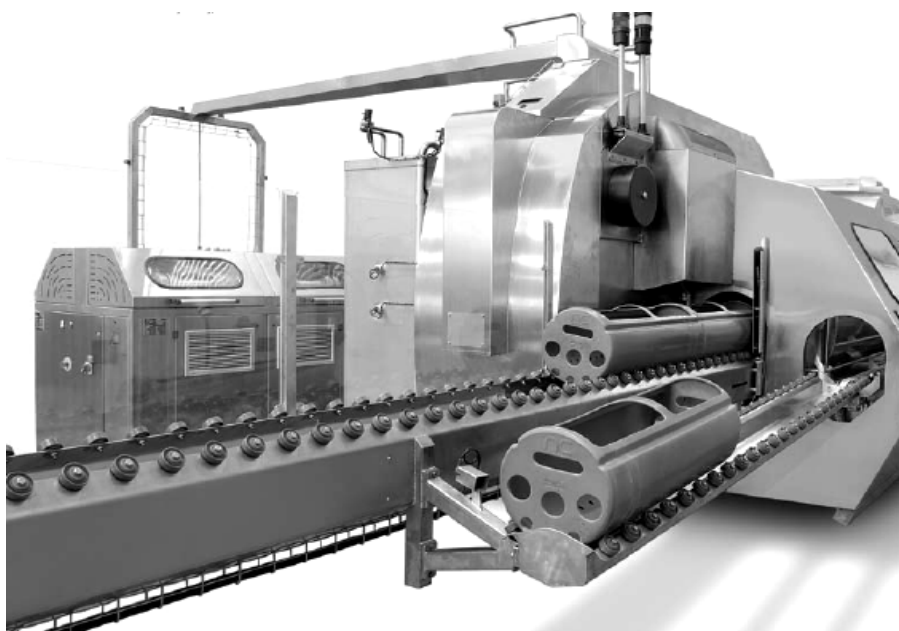
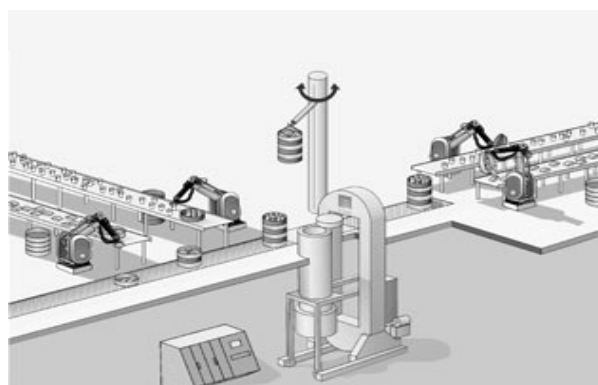


Рис. 57 - Зовнішній вигляд установки WAVE 6000



а



б

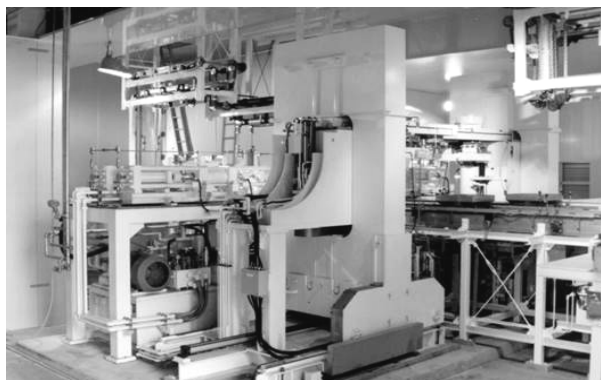


в



г

Рис. 58 - Зовнішній вигляд обладнання високого тиску, що випускається фірмою Avure (США), яке рекомендовано для включення в технологічну лінію виготовлення барообробленої м'ясної продукції : а - 35L-600 HPP System; б - QFP 320L-400; в - QFP 100L-600; г - QFP 350L-600.



а



б



в

Рис. 59 - Зовнішній вигляд обладнання високого тиску, що випускається фірмою Kobelco (Японія), яке рекомендовано для включення в технологічну лінію виготовлення барообробленої м'ясної продукції: а – Е1; б – Е2; в – Е3

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Шляхом аналізу та узагальнення відомостей щодо виготовлення цільном'язових м'ясних виробів зі свинини встановлено, що використання високого гідростатичного тиску як заміни термічної обробки дозволить виробляти м'ясну продукцію з поліпшеними функціонально-технологічними і споживними властивостями.

Математичне планування експерименту визначило залежності показників кулінарної готовності м'ясних виробів, структурно-механічних та функціонально-технологічних властивостей (вологозв'язуюча здатність, вихід, граничне зусилля на зріз) від часу обробки та тиску. Встановлено оптимальні режими обробки м'яса високим гідростатичним тиском для отримання барооброблених цільном'язових м'ясних виробів зі свинини: $P=630...635$ МПа; $\tau=(14,5...15,5) \cdot 60^1$ с, за яких вологозв'язуюча здатність має найвище значення 92,42%, продукт вважається кулінарно готовим та має якісні властивості вищі за термічно оброблені вироби, які полягають у підвищенні соковитості та ніжності, збільшенні виходу готової продукції, зменшенні втрат розсолу.

Розроблено технології розсолів з використанням цукрово-лактозної або цукрово-лактозно-лактолозної сумішей та CO₂-екстрактів прянощів (розмарин, часник, чорний перець, гірчиця, імбир, кріп, кардамон, лавр), що дозволяє виключити використання нітритів та поліпшити санітарно-гігієнічні вимоги до виробів. Запропоновано технології посольних сумішей з використанням розсолів з квашених овочів.

Розроблено технології барооброблених цільном'язових виробів «Делікатесний», «Обідній», «Здоров'я» та страв на їх основі. Встановлено, що розроблені м'ясні вироби мають підвищену харчову та біологічну цінність, яка полягає у збереженні вітамінів B₁ та B₂ на 27...33%; вітаміну C та β-каротину у виробі «Здоров'я» на 46% та 31% відповідно; покращеній збалансованості за показниками біологічної цінності (на 9,4...13,8% вища за контроль) та коефіцієнту утилітарності білків (в 1,9 рази порівняно з контролем для виробів

«Делікатесний», «Обідній»); підвищеній перетравності у середньому на 7,1%.

Органолептична оцінка, аналіз змін жирів та динаміки накопичення перекисів та кислот дозволили встановити термін зберігання барооброблених цільном'язових м'ясних виробів, упакованих під вакуумом у термоусадочну газонепроникну плівку, за температури від 5 до 8°C – 20 діб. Мікробіологічні показники стабільні у заданих параметрах протягом рекомендованого терміну зберігання та відповідають вимогам.

Також запропоновано обладнання високого тиску, що може бути використано для виготовлення м'ясної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підручник / за ред. М. М. Клименка. Київ : Вища освіта, 2006. 640 с.
2. Сукманов В. А., Хазипов В. А. Сверхвысокое давление в пищевых технологиях. Состояние проблемы : монография. Донецк : ДонГУЭТ, 2003. 168с.
3. Коршунова А. Ф. Технология производства продукции общественного питания. Мясо. Технологические аспекты переработки и использования : учеб. пособие для студ. вузов. Донецк : ДонГУЭТ, 2003. 120 с.
4. Янковий В. О. М'ясопереробна промисловість: стан і перспективи розвитку. *Процеси, обладнання, автоматизація, управління і економіка*. 2010. № 2 (11). С. 90-95.
5. Заремба П. А. Мясоперерабатывающая промышленность Украины: особенности функционирования, методы прогнозирования развития и размещения : монографія. Донецк : ДонГУЭТ, 2006. 142 с.
6. Улицкий З. З. Спрос на изделия из говядины и свинины растет. *Мясной бизнес*. 2006. № 3 (43). С. 104-105.
7. Боравский В. А. Энциклопедия по переработке мяса в фермерских хозяйствах и на малых предприятиях. Москва : СОЛОН-Пресс, 2002. 576 с.
8. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясных продуктов : учебник. Киев : Фирма «ИНКОС», 2006. 600 с.
9. Пасичный В. Н. Пищевая ценность свиного мяса и субпродуктов. *Мясной бизнес*. 2006. № 4(44). С. 90-92.
10. Баль-Прилипко Л. В., Задорожный В. И., Онищенко Л. В. К вопросу о производстве и создании здоровых, экологически чистых мясных продуктов. *Мясной бизнес*. 2006. № 9 (46). С. 36-38.
11. Аналіз поточної кон'юнктури і прогноз ринків тваринницької продукції в Україні та світі : монографія / Шпичак О. М. та ін. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2015. 392 с.

12. Фуштей Л. Л. Світовий ринок м'яса та місце України на ньому. *The scientific heritage*. Budapest, Hungary, 2020. No. 50. P. 30-38.
13. Ціхановська В. М., Томчук О. В., Ціхановська О. М. Сучасний стан та тенденції розвитку ринку м'яса і м'ясної продукції в Україні. *Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал*. Дніпропетровськ, 2015. № 3 (28). С. 18-26.
14. Копитець Н. Г. Розвиток ринку м'яса свиней. *Економіка АПК*. 2020. № 1. С. 56.
15. Копитець Н. Г. Сучасний стан та тенденції розвитку ринку свинини в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 11. С. 44-54.
16. Волощук В. М. Стан і перспективи розвитку свинарства. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 2. С. 17-20.
17. Месель-Веселяк В. Я., Мазуренко О. В. Розвиток мясопродуктового підкомплексу України. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2004. 198 с.
18. Шубина Г. Самый мясной регион. *Мясной бизнес*. 2007. № 3 (54). С. 16-18.
19. Маслак О. Свинарство – традиції та прибутковий бізнес. *Агробізнес сьогодні*. 2016, № 15-16.
20. Жаринов А. И. Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин технолоджиз Интэрнешинл». Курс 1. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты. Москва, 1994. 148с.
21. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Товарознавство м'яса і м'ясних товарів : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 378 с.
22. Хлебников В. И. Технология товаров (продовольственных) : учебник. 2-е изд. Москва : Издательский Дом «Дашков и К^о», 2002. 427 с.
23. Пасичный В. Н. Новые виды продуктов деликатесной группы. *Мясной бизнес*. 2007. № 2 (53). С. 76-77.

24. Данилова Н. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов : учебное пособие для ВУЗов. Москва : Колос, 2008. 280 с.
25. Вербицкий С. Б., Шевченко В. В. Востребованы потребителями и выгодны производителям изделия из натурального мяса, если современные эффективные технологии реализовать с помощью правильно подобранного оборудования. *Мясной бизнес*. 2007. № 2 (53). С. 42-48.
26. Теория и практика переработки мяса / под общей ред. А. Б. Лисицына. Москва : ВНИИМП, 2004. 378 с.
27. Афанасов Э. Э., Николаев Н. С., Рогов И. А., Рыжов С. А. Аналитические методы описания технологических процессов мясной промышленности. – Москва : Мир, 2003. 184 с.
28. Борисенко Л. А. Борисенко А. А., Брачихин А. А. Биотехнологические основы интенсификации производства мясных соленых изделий. Москва : ДеЛи принт, 2004. 163 с.
29. Рыбалкин С. Н., Халваши А. Х., Холодова А. П. Эффективность тендеризации при производстве мясных деликатесов. *Мясная индустрия*. 2004. № 11. С. 21.
30. Василевский О. М., Трифонова Д. О., Апраксина С. К. Интенсификация операций посола при производстве мясных продуктов из цельномышечного. *Мясные технологии*. 2005. № 5 (29). С. 3-5.
31. Зонин В. Г. Современное производство колбасных и соленокоченых изделий. Санкт-Петербург : Профессия, 2006. 224 с.
32. Ариас А. Инъектирование мясного сырья с применением системы «СПРЕЙ». Массирование. *Мясные технологии*. 2006. № 3 (39). С. 32.
33. Дюла Я. МІМ-технология – «мясо-в-мясо» – новый способ производства деликатесов и ветчин. *Мясные технологии*. 2005. № 6 (30). С. 3-4.
34. Лисицын А. Б. Липатов Н. Н., Кудряшов Л. С., Алексахина В. А. Производство мясной продукции на основе биотехнологии. Москва : ВНИИМП, 2005. – 369 с.

35. Апраксина С. К. Технология мясных продуктов с использованием сырья с большим количеством соединительной ткани. *Мясные технологии*. 2005. № 11(35). С. 25-29.
36. Бойко О. А., Кузнецова Т. Г. Воздействие коллагенолитического препарата на структуру мясного сырья. *Мясная индустрия*. 2004. № 4. С. 47-49.
37. Тимченко Л. Використання тваринних білків серії Сканпро у виробництві м'ясопродуктів. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 22.
38. Улицкий З. З. Топинамбур – ингредиент функциональных мясных продуктов. *Мясной бизнес*. 2006. № 1 (41). С. 36-38.
39. Чулкова Н. А., Светлаков Д. Б. Комплексные пищевые добавки «ЛАКСА» в мясных технологиях. *Мясной бизнес*. 2006. № 3 (43). С. 34-35.
40. Ким В. В., Серов А. В., Харитонов Д. В. Физиологические свойства лактулозы. *Молочная промышленность*. 2006. № 6. С. 54.
41. Куликов Ю. И., Постников С. И. Использование лактозы и лактозосодержащего сырья при производстве мясных изделий. *Сб. науч. трудов СевКавГТУ, серия «Продовольствие»*. Ставрополь, 2006. №2. С.94-99.
42. Использование пищевых волокон и лактулозы для выработки колбасных изделий / Л. С. Кудряшов и др. *Мясная индустрия*. 2003. № 3. С. 30-33.
43. Касьянов Г. И., Золотокопова С. В., Палагина И. А., Квасенков О. И. Технология копчения мясных и рыбных продуктов : учеб.-практ. пособие. Москва : МарТ, 2004. 205 с.
44. Касьянов Г. И., Прянишников В. В. Производство и применение СО₂-экстрактов в пищевой промышленности. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 208 с.
45. Касьянов Г. И., Латин Н. Н., Банашек В. М. Применение СО₂-экстрактов пряностей в мясной промышленности. *Мясная индустрия*. 2002. № 7. С. 29-33.
46. Белая Н. О пользе пищевых добавок. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 26.

47. Тимченко Е. Новая линия инъектирования «Мясо-в-мясо» для производства деликатесов и ветчин. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 66-67.
48. Гноевой А. В., Горбатов В. М., Гавриленков А. Ю., Чесноков В. М. Влияние вибрации на ускорение технологических процессов производства мясопродуктов : монография. Москва : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1985. 32 с.
49. Рогов И. А., Некрутман С. В., Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов : учебное пособие. Москва : Агропромиздат, 1986. 351 с.
50. Bouton P. E., Foud A. L., Harnis P. V. Pressureheat treatment of postrigor muscle: effects on teudemess. *Journal of food scieuce*. 1977. – Vol. 42, No. 1. P. 132-135.
51. Bouton P. E. Pressure – heat treatment of meat: effect of prior aging treat-menu an shear properties. *Journal of food science*. 1980. Vol. 45, No. 2. P. 276-278.
52. Chu C. F., Peleg M. The compressive behavior of solid food specimens with small height to diameter rations. *Journal Texture Stud*. 1986. Vol. 16, No. 4. P. 451-464.
53. Hoover Dollas Cr., Metrick Caralyn Papineau Anne M. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technology*. 1989. Vol. 43, No. 9. P. 99-107.
54. Kurth Lyndon B. Effect of pressure – heat treatments on cathepsin B₁ activity. *Journal of Food Science*. 1986. Vol. 51, No. 3. P. 663-664, 667.
55. Macfarlane J. J. High pressure technology and meat quality. *Dev. Meat Sci*. 1985. Vol. 3. P. 155-184.
56. Macfarlane J. J., Mc. Kenrie J. J., Turner R. H. Pressure heat treatment of meat: changes in myofibrillar proteins and ultrastructure. *Meat Science*. 1986. Vol. 17, No. 3. P. 161-176.
57. Carballo J., Fernandez P., Barreto G. Characteristics of low- and high-fat patties: effect of high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*. 1996. Vol. 60, No. 1. P. 48-53.

58. Cheftel J. C., Culioli J. L. Effects of high pressure on meat: a review. *Meat Science*. 1997. Vol. 46, No. 3. P. 211-236.
59. Crehan C. M., Troy D. J., Buckley D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5% and 2.5% salt. *Meat Science*. 2000. Vol. 55. P. 123-130.
60. Ikeuchi Y., Tanji H., Kim K., Susuki A. Dynamic rheological measurements of heat-induced pressurised actomyosin gels. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 1992. Vol. 40. P. 1751-1755.
61. Jimenez-Colmenero F. J., Fernandez P., Carballo J., Fernandez-Martin F. High pressure cooked low-fat pork and chicken batters as affected by salt levels and cooking temperature. *Journal of Food Science*. 1998. Vol. 63, No. 4. P. 656-659.
62. Macfarlane J. J., McKenzie L. I., Turner R. H. Binding of comminuted meat: effect of high pressure. *Meat Science*. 1984. Vol. 10. P. 307-320.
63. O'Flynn C. Crehan C. M., Troy D. J., Buckley D. J. The influence of high hydrostatic pressure on the functional properties of reduced phosphate breakfast sausages (Abstract). *Irish Journal of Agriculture and Food Research*. 2000. Vol. 39, No. 1. P. 138.
64. Batterham E. S., Darnell R. E., Herbert L. S., Major E. J. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assay with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 1986. Vol. 55. P. 441-453.
65. Hayase F., Kato H., Fujimaki M. Racemization of amino acid residues in proteins and poly (L-amino acids) during roasting. *Journal Agric. Food Chem.* 1975. Vol. 23. P. 491-494.
66. Hayashi R., Kameda I. Racemization of amino acid residues during alkali-treatment of protein and its adverse effect on pepsin digestibility. *Journal Agric. Biol. Chem.* 1980. Vol. 44. P. 891-895.
67. Schlüter O. Impact of High Pressure – Low Temperature Processes on Cellular Materials Related to Foods: genehmigte Dissertation. Berlin, 2003. 186 p.

68. Ardia A. Process Considerations on the Application of High Pressure Treatment at Elevated Temperature Levels for Food Preservation: genehmigte Dissertation. Berlin, 2004. 102 p.
69. Kuldiloke J. Effect of Ultrasound, Temperature and Pressure Treatments on Enzyme Activity and Quality Indicators of Fruit and Vegetable Juices: genehmigte Dissertation. Berlin, 2002. 138 p.
70. Сукманов В., Кірік І., Палаш А. Властивості варених ковбас, вироблених із використанням високого тиску. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2019. Том 2, № 1. С. 59-83.
71. Carlez A., Veciana-Nogues T., Cheftel J. C. Changes in Colour and Myoglobin of Minced Beef Meat Due to High Pressure Processing. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 1995. Vol. 28, No. 5. P. 528-538.
72. Cheftel J. C. Effect of high-pressure on meat: a review. *Meat Science*. 1995. Vol. 46, No. 3. P. 211-236.
73. Gould G. W. The evolution of high pressure processing of foods. In: Ultra High Pressure Treatments of Foods. *Kluwer Academic* : Plenum Publishers. New York, USA, 2002. P. 3-21.
74. Heremans K. High pressure effects on proteins and other biomolecules. *Annual Reviews in Biophysics and Bioengineering*. 1982. P. 1-21.
75. Jung S., Ghoul M., de Lamballerie-Anton M. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 2003. Vol. 36, No. 6. P. 625-631.
76. Knorr D. Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. *Trends in Food Science and Technology*. 1993. Vol. 4. P. 370-375.
77. Cheah P. B., Ledward D. A. High Pressure Effects on Lipid Oxidation in Minced Pork. *Meat Science*. 1995. Vol. 43, No. 2. P. 123-134.
78. Karłowski K. etc. Effects of High Pressure Treatment on the Microbiological Quality, Texture and Colour of Vacuum Packed Pork Meat Products. *High Pressure Research: An International Journal*. 2002. Vol. 22, No. 3-4. P. 725-732.

79. Knorr D. Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology. *New methods of food preservation*, G. W. Gould, ed. 1995. P. 159-175.
80. Ludikhuyze L., Hendrickx M. E. G. Effects of high pressure on chemical reactions related to food quality. *Ultra High Pressure Treatments of Foods*. 2002. P. 23-51.
81. Massaux C. etc. High hydrostatic pressure freezing and thawing of pork meat: quality preservation, processing times and high pressures treatment advantages. *Advances in High Pressure Bioscience and Biotechnology*, H. Ludwig, ed. 1999. P. 485-488.
82. Mertens B. A. High pressure equipment for the food industry. *High Pressure Research*. 1994. Vol. 12. P. 229-237.
83. Okamoto A., Suzuki A. Effects of high hydrostatic pressure-thawing on pork meat. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*. 2001. Vol. 48, No. 12. P. 891-898.
84. Palou E. etc. High-pressure treatment in food preservation. *Handbook of Food Preservation*, M. S. Rahman, ed. 1999. P. 533-575.
85. Ruiz-Capillas C., Jiménez-Colmenero F. Biogenic amine content in Spanish retail market meat products treated with protective atmosphere and high pressure. *European Food Research and Technology*. 2004. Vol. 218, No. 3. P. 237-241.
86. Tuboly E. etc. Microbiological and lipid oxidation studies on mechanically deboned turkey meat treated by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Engineering*. 2003. Vol. 56, No. 2. P. 241-244.
87. Yashoda K. P., Mahendrakar N. S. Marination of sheep muscles under pressure and its effect on meat texture quality. *Journal of Muscle Foods*. 2005. Vol. 16, No. 3. P. 184-191.
88. Yuste J. Mor-Mur M., Capellas M. Microbiological quality of mechanically recovered poultry meat treated with high hydrostatic pressure and nisin. *Food Microbiology*. 1998. Vol. 15, No. 15. P. 407-414.

89. Zhao Y. Flores R. A., Olson D. G. High hydrostatic pressure effects on rapid thawing of frozen beef. *Journal of Food Science*. 1998. Vol. 63, No. 2. P. 272-275.
90. Рогожин В. В. Биохимия мышц и мяса. Санкт-Петербург : Гиорд, 2006. 240 с.
91. Masuda M., Saito Y., Iwanami T. Effects of hydrostatic pressure on packaging materials for food. *High Pressure and Biotechnology* (John Libbey and Co. Ltd., London). 1992. P. 545-547.
92. Pollard E. C., Weller P. K. The effect hydrostatic pressure on the syntetic processes in bacteria. *Biochem. Biophys Acta*. 1966. Vol. 12, No. 13. P. 573.
93. Brigman P. W. The coagulation albumen by pressure. *J. Biol. Chem*, 1914, Vol. 19, P. 511-512.
94. Цыренов В. Д., Чимитова Ц. Б., Болотова М. Н., Жамсуева Т. И. Изменение предшественников аромата и вкуса мяса. *Сб. матер. Всесоюзной конференции по пищевой химии*. Москва, 1991. С. 31-32.
95. Shoji T., Saeki H. High pressure using in food. *Processing foods, ser food Engineering and manufacturing*. 1989. Vol. 52. P. 75-831.
96. Suzuki C., Suzucki K. The protein denaturation by high pressure. *Journal Biochem*. 1962. Vol. 52. P. 67-71.
97. Smeller L., Rubens P., Heremans K. Pressure effect on the temperature induced unfolding and tendency to aggregate of myoglobin. *Biochemistry*. 1999. Vol. 36. P. 3816-3820.
98. Cheah P. B., Ledward D. A. High pressure effects on lipid oxidation on minced pork. *Meat Sci*. 1996. Vol. 43. 1996. P. 123-134.
99. Cheah P. B., Ledward D. A. Inhibition of metmyoglobin formation in fresh beef by pressure treatment. *Meat Sci*. 1997. Vol. 45. P. 411-418.
100. Knorr D. High Pressure Treatment of Foods. New York : Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2001. 340 p.
101. Kipp A., Kausman W. Pressure denaturation of Metmioglobin. *Biochemistry*. 1973. Vol. 12, No. 21. P. 4217-4228.

102. Thacur B. R., Nelson P. E. High pressure processing and preservation of foods. *Food Reviews Int.* 1998. Vol. 14. P. 427- 447.
103. Far D. High pressure technology in the food industry. *Trends Food Sci. Technol.* 1990. Vol. 1. P. 14-16.
104. Tauscher B. High pressure processing and preservation of foods. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1995. Vol. 200., No. 3. P. 75-79.
105. Royer H. Baroprotective affects of high solute concentrations against inactivation of microorganisms. *Arch. Phisiol. Normale Pathol.* – 1985. Vol. 7. P. 12-19.
106. Timpson W. J., Short A. J. Resistance of microorganisms to hydrostatic pressure. *Biotechnol and Bioeng.* 1965. Vol. VII. P. 139-159.
107. Ohmiyak K., Kajino T., Shimizu S., Gekko K. Effects of pressure on the association states of enzyme treated caseins. *Agric. Biol. Chem.* 1989. Vol. 53. P. 1-7.
108. Hoover D. G., Metrick C., Papineau A. M. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technology.* 1989. Vol. 43. P. 1999-1014.
109. Hendrix M., Ludikhuyze L., Van De Broek. Effects of high pressure on foods quality related enzymes. *Food Science and Technology.* 1998. Vol. 23. P. 17-43.
110. Curl L., Jansen E. F. Effects of high pressure on trypsin and chymotrypsin. *Journal of Biology and Chemistry.* 1995. Vol. 184. P. 45-48.
111. Balny C., Masson P. Effects of high pressure on proteins. *Food Rev. International.* 1993. Vol. 9. P. 611-617.
112. Farr D. High pressure technology in the food industry. *Trends Food Sci Technol., Int.* 1995. Vol. 1. P. 75-80.
113. ДСТУ 8381:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Організація та методи мікробіологічних досліджень [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 45 с.
114. Давление. Химическая энциклопедия. URL: http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_980.html.

115. Arabas J. etc. New technique for kinetic studies of pressure-temperature induced changes of biological materials. *Advances in High Pressure Bioscience and Biotechnology* : H. Ludwig, ed., Verlag, Heidelberg : Springer. 1999. P. 537-540.

116. Miyakawa H., Anjitsu K., Ishibashi N. Effects of pressure on enzyme activities of cathepsin B₁. *Biosci Biotechnol. Biochem.* 1994. Vol. 58, No. 3. P. 606-610.

117. Сукманов В. О., Соколов С. А., Головінов В. П., Декань О. О., Сабіров О. В. Розробка гідравлічної схеми управління експериментальною установкою для обробки харчових продуктів високим тиском. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк : ДонНУЕТ, 2007. Вип. 16. С. 82-86.

118. Розробка автоматизованого експериментального комплексу для обробки харчових продуктів високим тиском / В. О. Сукманов та ін. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2006. Вип. 14. С. 65-71.

119. Гаркуша В. Б. Разработка и исследование установки для обработки продуктов питания сверхвысоким давлением : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Донецк, 2002. 203 с.

120. Петрова Ю. Н. Совершенствование процесса и оборудования для стабилизации качества вишневого сока с использованием высокого давления : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Донецк, 2004. 206 с.

121. Антипова Л. В. Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва : КолосС, 2004. 571 с.

122. Скалинский Е. И., Белоусов А. Л. Микроструктура мяса / Москва : Пищевая промышленность, 1978. 176 с.

123. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов Москва : Пищевая промышленность, 1979. 384 с.

124. Использование компьютерных технологий при определении влагосвязывающей способности мяса / С. Д. Мункуева и др. *Мясная индустрия*. 2004. № 5. С. 48-50.

125. Антипова Л. В., Глотова И. А., Жаринов А. И. Прикладная биотехнология. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2003. 288 с.
126. Якубчак О. М., Ушаков Ф. О., Таран Т. В. Якість і безпечність ковбасних виробів : монографія. Київ : Компрінт, 2017. 168 с.
127. ДСТУ 7353:2013. М'ясо. Методика гістологічного визначення свіжості та ступеня дозрівання [Чинний від 01.01.2014]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с.
128. ГОСТ 30518-97. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). [Дата введения 1994-01-01]. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 5 с.
129. Журавская Н. К., Алехина Л. Т., Отряшенкова Л. М. Исследование и контроль качества мяса и м'ясопродуктів. Москва : Агропромиздат, 1985. 296 с.
130. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / Под ред. Л. П. Ковальской. Москва : Агропромиздат, 1991. 102 с.
131. ДСТУ ISO 1841-1:2004. М'ясо та м'ясні продукти. Визначання вмісту хлоридів. Частина 1. Метод Волхарда. [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
132. ДСТУ ISO 1841-2:2004. М'ясо та м'ясні продукти. Визначання вмісту хлоридів. Частина 2. Потенціометричний метод. [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
133. ДСТУ ISO 2294:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту фосфору (контрольний метод). [Чинний від 01-03-08]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с.
134. Вербицкий С., Шугай М., Пацера Н. Методи вимірювання показників якості м'ясних продуктів: ступінь відповідності міждержавних стандартів міжнародним вимогам. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2013. № 5. С. 60-65.

135. Зубар Н. Основы фізіології та гігієни харчування : навч. посіб. Київ : Кондор, 2018. 444 с.
136. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами «in vitro». *Вопросы питания*. 1965. № 3. С. 38-44.
137. Сторожук П. Г. Гидролитическое расщепление белковых продуктов животного происхождения некоторыми протеолитическими ферментами желудочно-кишечного тракта. *Вопросы питания*. 1970. № 4. С. 3-8.
138. Топольник В. Г. Управление качеством продукции и услуг ресторанного хозяйства. Донецк : ДонНУЭТ, 2007. 188 с.
139. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. – Москва : ВНИИОП, 1991. 19 с.
140. Методичні рекомендації з розробки рецептур на нову кулінарну продукцію. Л. М. Крайнюк та ін. Харків : ХДУХТ, 2005. 41 с.
141. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
142. Коршунова А. Ф., Нужная Т. В., Сабиров А. В., Герасимов И. Г. Возможности применения цитоморфометрии для оценки качества пищевых продуктов. *Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка* : матеріали 5-ї міжнар. наук.-практ. конф. Донецьк : ДонНУЕТ, 2007. С. 148-150.
143. Якубчак О.Н. Функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 82-83.
144. Якубчак О. М., Таран Т. В. Гігієна продуктів тваринного походження : навч. посібн. Київ : ПрофКнига, 2017. 593 с.
145. Инфракрасные спектры пищевых продуктов. Под. ред. В. Д. Попова. Москва : Пищевая промышленность, 1974. 176 с.

146. Андреева Е. А., Хуторская О. Е., Айзерман М. А., Кандель Э. И. Спектральный метод анализа электрической активности мышц. Москва : Наука, 1987. 102 с.
147. Сборник рецептур мясных изделий и колбас. Санкт-Петербург : ПРОФИКС, 2006. 328 с.
148. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Для предприятий обществ. питания / Авт.- сост.: А. И. Здобнов, В. А. Цыганенко, М. И. Пересичный. Киев : Издательство А. С. К., 2002. 656 с.
149. Топольник В. Г. Наукове обґрунтування та розробка кількісних показників якості процесу виробництва продуктів харчування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук.: 05.18.12. Харків, 2002. 33 с.
150. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва : Статистика, 1980. 264 с.
151. ДСТУ 8720:2017. Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи визначення мікробного забруднення [Чинний від 2019-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 60 с.
152. ДСТУ 8379:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Прискорений метод визначення складу сировини [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 9 с.
153. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів. М'ясо свійських тварин і птиці : навч.-метод. посіб. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2020. 423 с.
154. Хомич В. Т., Баль-Прилипко Л. В. Мікроструктурний аналіз м'яса і м'ясних продуктів : навч. посіб. – Київ : НУБіП України, 2018. 113 с.
155. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Москва : Экономика, 2000. 421 с.
156. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості : затв. наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007, № 373.

157. Ananth V., Dickson J. S., Olson D. E. Shelf-life extension, safety and quality of fresh pork loin treated with high hydrostatic pressure. *Journal Food Protect.* 1998. Vol. 61, No. 12. P. 1649-1656.
158. Ananth V., Dickson J. S., Olson D. G. Shelf life extension, safety and quality of fresh pork loin treated with high hydrostatic pressure. *Journal Food Prot.* 1998. Vol. 61. P. 1649-1656.
159. Ananth V., Murano E. A., Dickson J. S. Shelf life extension and safety of fresh pork treated with high hydrostatic pressure. *Journal Food Prot.* 1995. Vol. 58. P. 8-15.
160. Ayo J., Carballo J., Solas M. T. High pressure processing of meat batters with added walnuts. *International Journal of Food Science & Technology.* 2005. Vol. 40, No. 1. P. 47-54.
161. Carlez A., Veciana N. T., Cheftel J. C. Changes in color and mioglobin of minced beef due to high pressure processing. *Lebensm. Wiss. And Technol.* 1995. Vol. 28. P. 528-538.
162. Chlopin G. W., Tamman G. Z. Pressure and temperature induced inactivation of microorganisms. *Hygiene Infections krankh.* 1992. Vol. 45. P. 171-179.
163. Hayakawa I., Kanno T., Tomito M. Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation. *Journal Food Sci.* 1994. Vol. 59, No. 1. P. 159-163.
164. Jaenicke R. Enzymes under extremes of physical conditions. *Ann. Rev. Biophys. Bioeng.* 1981. Vol. 10. P. 1-67.
165. Korshunova A., Sabirov A. Modeling of dependence of ability to connect a moisture of meat from pressure. *Global Safety of Commodity and Environment Quality of Life.* Kyiv : KNTEU, 2006. P. 922-925.
166. Korshunova A., Dekan A., Sabirov A. Designation of parameters of reaching the culinary readiness of meet products which were processed by the high pressure. *Bioatlas 2008* : International conference of new research in food and tourism. Romania : Transilvania University of Brasov, 2008. P. 213-216.

167. Hong K., Park J. Changes in microorganisms, enzymes and texture of dongchimi by high hydrostatic pressure treatment. *Korean Journ. Food Sci. Technol.* 1998. Vol. 30, No. 3. P. 596-601.
168. Linton M., Patterson M. F. High pressure processing of foods for microbiological safety and quality. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica.* 2000. Vol. 47, No. 2-3. P. 175-182.
169. Macfarlejne J. J., McKenzie I. J., Turner R. H. Binding of comminuted meat: effect of high pressure. *Meat Sci.* 1984. Vol. 10. P. 307-320.
170. Masuda M., Saito Y., Iwanami T. Effects of hydrostatic pressure on packaging materials for food. *High Pressure and Biotechnology (John Libbey and Co. Ltd., London).* 1992. P. 545-547.
171. Mertens B., Deplace G. Engineering Aspects of High-Pressure Technology in the Food Industry. *Food Technology.* 1993. Vol. 47, No. 6. P. 164-169.
172. Nishiwaki T., Ikeuchi Y., Suzuki A. Effects of high pressure treatment on Mg-enhanced ATPase activity of rabbit myofibrils. *Meat Sci.* No. 43. 1996. P. 1445-1551.
173. Önenç A., Serdaroplu M., Abdraimov K. [Перевод А. Ю. Соколова]. Влияние маринования на некоторые свойства говядины. *Мясные технологии.* 2006. № 6 (42). С. 32-34.
174. Rovere P., Capri G., Dall'Aglio G., Gola S. High pressure heat treatments: Evaluation of the sterilizing effects and of thermal damage. *Industria Conserve.* 1996. Vol. 71. P. 473-483.
175. Rowe R. W. Collagen fibre arrangement in intramuscular connective tissue. Changes associated with muscle shortening and their possible relevance to raw meat toughness measurements. *Food Science.* 1974. No. 9. P. 501.
176. Smelt J. P., Rijke A. G., Hayhurst A. Possible mechanism of high pressure inactivation of microorganisms. *High Press. Res.* 1994. Vol. 12. P. 199-203.
177. Tausher B. K. High pressure and chemical reactions: effect on nutrients and pigments. *Emerging Food Science and Technology.* 1999. Vol. 58. P. 29-34.

178. Timpson W. J., Short A. J. Resistance of microorganisms to hydrostatic pressure. *Biotechnol and Bioeng.* 1965. Vol. VII. P. 139-159.
179. Vordag T., Dierker H., Korner P. High pressure processing. *Food Technology Europe.* 1995. Vol. 2, No. 3. P. 106-110.
180. Zimmerman F., Bergman C. Isostatic High-Pressure Equipment for Food Preservation. *Food Technology.* 1993. Vol. 47, No. 6. P. 162-163.
181. Zimmerman F., Bergman C. Isostatic High-Pressure Equipment for Food Preservation. *Food Technology.* 1993. Vol. 47, No. 6. P. 162-163.
182. Ажгиреев В. В. Еще раз о производстве деликатесов. *Мясные технологии.* 2005. № 9 (33). С. 38-39.
183. Физические методы контроля сырья и продуктов в мясной промышленности : лабораторный практикум / Л. В. Антипова и др. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2006. 200 с.
184. Ахметов С. С. Баростатическая обработка мяса : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Москва, 1992. 110 с.
185. Басов В. О., Забашта А. Г. Разработка мясопродуктов из свинины с использованием структурообразующих компонентов. *Мясные технологии.* 2006. № 2 (38). С. 50-53.
186. Белоцерковский А. М. Высокое давление в технологии. Москва : Знание, 1977. 25 с.
187. Бреснев Б. И. Высокие давления в современных технологиях обработки материалов. Москва : Наука, 1988. 245 с.
188. Буша А. А. Функциональные комбинированные добавки для реструктурированных и цельномышечных продуктов. *Мясной бизнес.* 2006. № 1 (41). С. 16.
189. Вначале были пряности... . *Мясной бизнес.* 2006. № 3 (43). С. 32-33.
190. Войцеховская Л. У. Исследование и разработка колбасных изделий с использованием пряностей на основе отечественного пряноароматного сырья : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Київ, 1997. 241с.

191. Говорова Е. Красители для мясной промышленности. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 36-40.
192. ДСТУ 4668:2006. Продукти зі свинини варені, копчено-варені, копчено-запечені, запечені, смажені, сирокочені. Загальні технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2007. 26 с.
193. ДСТУ 4670:2006. Продукти з яловичини та свинини варені, копчено-варені. Загальні технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2007. 20 с.
194. Грінченко Н. Г. Технологія реструктурованих напівфабрикатів на основі рибної сировини : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Харків, 2007. 196 с.
195. Дебелий В. Л. Удосконалення процесу обробки пива високим тиском з метою стабілізації його якості: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Донецьк, 2005. 144 с.
196. Забашта А. Г., Казюлин А. Г., Рогов И. А., Соколова Е. Н. Общая технология мяса и м'ясопродуктів. Москва : Колос, 2000. 367 с.
197. Податковий кодекс України № 2755-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
198. Verfahren zur Erzielung einer Konstanten Presskraft, insbesondere bei Teblettiermaschinen : заявка на пат. 19828004 Германия, МПК⁶ В 30В11/00. № 19828004; заявл. 24.06.98; опубл. 13.01.2000; DE.
199. И мясо можно облагородить. Несколько слов о пищевых добавках. *Мясной бизнес*. 2006. № 2 (42). С. 30-34.
200. Искусственные белковые оболочки. *Мясной бизнес*. 2006. № 3 (43). С. 58.
201. История успеха CRYOVAC. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 58.
202. Коршунова Г. Ф., Сабіров О. В. Аналіз змін мікроструктури м'ясопродуктів, оброблених традиційним способом та НВЧ-нагрівом. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. Одеса, 2007. Вип. 30, Т. 1. С. 113-116.

203. Коршунова Г. Ф., Сабіров О. В. Использование высокого давления для производства мясной продукции. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. Луганськ, 2006. № 64 (87). С. 152-154.
204. Коршунова Г. Ф., Сабіров О. В. Обґрунтування режимів обробки м'ясопродуктів за допомогою високого гідростатичного тиску. *Вісник ДонНУЕТ. Серія «Технічні науки»*. Донецьк, 2008. № 1 (37). С. 73-78.
205. Кох Г. Фукс М. Производство и рецептуры мясных изделий. *Мясная гастрономия*. Санкт-Петербург : Профессия, 2005. 655 с.
206. Крисс А. Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. Москва : Наука, 1973. 204 с.
207. Современные аспекты теплового консервирования мясопродуктов / Под общей редакцией А. Б. Лисицына. Москва : ВНИИМП, 2007. 576 с.
208. Справочник технолога общественного питания / А. И. Мглинец и др. Москва : КолосС, 2000. 416 с.
209. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов № 5061-89. Москва : Издательство стандартов, 1990. 185 с.
210. Методичні рекомендації з розробки бізнес-планів інвестиційних проектів. Затверджено Наказом Державного агентства України з інвестицій та розвитку 31.08.2010 № 73. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0073537-10#Text>
211. Одежда для колбас. Искусственная или натуральная? *Мясной бизнес*. 2006. № 3 (43). С. 60-61.
212. Орещенко Л. В. Пищевая комбинаторика и генетическое здоровье человека. Москва : Пищепромиздат, 1999. 207 с.
213. Гідростатична кювета для твердотілих оптичних камер високого тиску: пат. 24360 U Україна, МПК⁶ G 01 N 21/03. № у 200702078; заявл. 26.02.2007; опубл. 25.06.2007, Бюл. № 9.

214. Method for pressure processing a pumpable food substance: пат. 5891505 США, МПК⁶ А 23L3/00. № 832229; заявл. 03.04.97; опубл. 06.04. 99; НПК 426/665 US.

215. Pressure container : пат. 5894084 США, МПК⁶ G01N11/00. № 08/949847; заявл. 14.10.97; опубл. 13.04.99; НПК 73/37 US.

216. Перельман И. Д. Повышение эффективности нормирования на мясоперерабатывающих предприятиях. *Мясные технологии*. 2006. № 2 (38). С. 16-21.

217. Винникова Л. Г., Прокопенко И. А. Исследование влияния высокого давления на мясо птицы. *Харчова наука і технологія*. 2013. С. 8-11.

218. Позняковский В. М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2006. 528 с.

219. Использование коптильных ароматизаторов в производстве мясных продуктов / Н.Н. Потипаева и др. *Мясная индустрия*. 2004. № 4. С. 29-31.

220. Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. Москва : Пищевая промышленность, 1974. 584 с.

221. Розанцев Э. Г. Биохимия мяса и мясных продуктов. – Москва : ДеЛи принт, 2006. 236 с.

222. С цветом, вкусом и запахом / по материалам зарубежных изданий. *Мясной бизнес*. 2006. № 3 (43). С. 36.

223. Семенова А. А. Использование цитратов при производстве мясных продуктов – альтернативная замена фосфатов. *Мясная индустрия*. 2006. № 2. С. 25-29.

224. Стацько В. П. Колбасы. Колбасные изделия. Продукты из мяса. Ростов-на-Дону : Феникс, 2000. 350 с.

225. Експериментальне визначення часових залежностей процесів теплообміну в оптичній камері високого тиску / В.О. Сукманов та ін. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2007. Вип. 17. С. 177-183.

226. Сукманов В. О., Левіт І. Б., Петрова Ю. М. Розрахунок параметрів багат шарових камер надвисокого тиску. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2001. Вип. 5. С. 87-94.
227. Сукманов В. О. Левіт І. Б., Петрова Ю. М. Методика розрахунку витих камер високого тиску. *Вісник ДонДУЕТ. Технічні науки*. Донецьк, 2001. № 1 (9). С. 4-11.
228. Сукманов В. О., Петрова Ю. М. Деякі аспекти виготовлення витих камер високого тиску для обробки харчових продуктів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецьк, 2001. Вип. 6. С. 3-8.
229. Сучков В. В., Попело И. А. Новые комплексные пищевые добавки «ЛАКСА-стач» в технологиях инъектированных мясных продуктов. *Мясной бизнес*. 2006. № 9 (46). С. 34-35.
231. Туменов С. Н., Горбатов А. В., Косой В. Д. Обработка мясных продуктов давлением : монография. Москва : Агропромиздат, 1991. 205 с.
232. Увеличение срока годности и пищевая безопасность мясных продуктов. *Мясной бизнес*. 2007. № 5 (56). С. 40.
234. Улицкий З. З. От Севильи до Пармы. Сыровяленные воздушно высушенные окорока консорциума Jamon Serrano Espanola. *Мясной бизнес*. 2006. № 2 (42). С. 90-92.
235. Чередніченко О. О. Удосконалення технології зберігання м'яса та м'ясних продуктів за допомогою консервантів: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Київ, 1997. 219с.
236. Чорный С. Н. KERRY Ingredients – изысканный вкус вареных колбас. *Мясной бизнес*. 2006. № 2 (42). С. 35.
237. Инъекторы и маринование / М. Шаргайо та ін. *Мясной бизнес*. 2006. № 4 (44). С. 68-69.
238. Шмидт К. Ф. Мясные продукты домашнего копчения. Пер. с нем. Ю.Н. Солдатенкова; Под ред. И. А. Рогова. Москва : Агропромиздат, 1988. 91 с.

239. Яковенко Р. Рекомендации для производителей ветчинных изделий / *Мясной бизнес*. 2007. № 2 (53). С. 22-23.
240. Nose M., Yamagishi M., Hattori M. Development of a processing system of meat and meat products by introducing high pressure treatment. *In High pressure and biotechnology*. 1992. P. 321-323.
241. Grebol N. Commercial use of high hydrostatic pressure in sliced cooked ham in Spain. *In Trends in high pressure bioscience and technology*. 2002. P. 385-388.
242. Minerich P. L., Krug R. Case study in real world: Use of high pressure technology for processing hams. Chicago : IFT, 2003. 89 p.

Наукове видання

*Никифоров Радіон Петрович,
Сабіров Олександр Володимирович,
Сімакова Ольга Олександрівна,
Коренець Юрій Миколайович,
Горайнова Юлія Артурівна,
Слащева Аліна Вячеславівна*

Українська мова

Монографія

Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 8,5.

Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
50042, Дніпропетровська обл.,
м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.