

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ
ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ
М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬСІЙНИХ
СИСТЕМ**

Монографія

Харків
ХДУХТ
2015

УДК 637.521.42:664.324
ББК 36.924
Т 38

Авторський колектив:

М.О. Янчева, О.Б. Дроменко, О.О. Гринченко, В.О. Потапов,
Л.М. Крайнюк

Рецензенти:

д-р техн. наук, професор Харківського державного університету
харчування та торгівлі **В.В. Евлаш**

д-р техн. наук, доцент Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З. Гжицького **М.З. Паска**

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського державного
університету харчування та торгівлі, протокол № 7 від 26.02.2015 р.

Технологічні аспекти виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених
заморожених із використанням емульсійних систем : монографія /
Т 38 М. О. Янчева [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2015. – 178 с.

ISBN 978-966-405-378-2

У монографії теоретично та практично обґрунтовано доцільність
використання емульсійних систем у технології напівфабрикатів м'ясних
посічених заморожених.

Дослідження рекомендоване науковим робітникам, аспірантам,
студентам та може бути корисним широкому загалу фахівців
м'ясопереробної галузі та ресторанного господарства.

УДК 637.521.42:664.324
ББК 36.924

ISBN 978-966-405-378-2

© Харківський державний
університет харчування та
торгівлі, 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ.....	9
1.1. Технологічні та економічні аспекти виробництва та споживання напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених.....	9
1.2. Науково-практичні аспекти створення м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів.....	24
1.3. Перспективи використання колагенвмісної сировини та продуктів її модифікації в технологіях м'ясних продуктів.....	36
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ БІЛКА ТВАРИННОГО.....	46
2.1. Визначення інноваційної стратегії розробки напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем на основі білка тваринного.....	46
2.2. Дослідження впливу заморожування-розморожування на теплофізичні показники та функціонально-технологічні властивості м'ясних систем на основі подрібненого м'яса яловичини.....	56
2.3. Обґрунтування технологічних параметрів одержання емульсійних систем на основі білка тваринного.....	71
2.3.1. Обґрунтування впливу технологічних чинників на функціонально-технологічні властивості білка тваринного.....	71
2.3.2. Дослідження емульгуючої здатності білка тваринного та стійкості емульсій на його основі.....	80
2.3.3. Розробка принципової технологічної схеми виробництва емульсійних систем на основі білка тваринного.....	88

РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ	93
3.1. Дослідження впливу заморожування-розморожування на теплофізичні показники м'ясних посічених систем із використанням емульсійних систем.....	93
3.2. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні та структурно-механічні показники м'ясних посічених систем із використанням емульсійних систем.....	100
3.3. Дослідження впливу заморожування-розморожування на мікроструктурні показники м'ясних посічених систем із використанням емульсійних систем.....	113
3.4. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем.....	119
РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ ТА ІХ ЗМІНА ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ.....	126
4.1. Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем.....	126
4.2. Розробка рекомендацій із використання напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених у технології кулінарної продукції.....	142
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	153

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

B2B	– бізнес-процес Business to Business
B2C	– бізнес-процес Business to Consumer
БЖЕ	– білково-жирові емульсії
ЕС	– емульсійні системи
БТ	– білок тваринний
НМПЗ	– напівфабрикати м'ясні посічені заморожені
МАФАМ	– мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми
МБВ	– медіко-біологічні вимоги
СН	– санітарні норми
pH	– активна кислотність
ВЗЗ	– вологозв'язуюча здатність
ВУЗ	– вологоутримуюча здатність
ЖУЗ	– жирутримуюча здатність
ГНЗ	– граничне напруження зсуву

ВСТУП

Виробництво харчової продукції є найважливішим життєзабезпечуючим сегментом народногосподарського комплексу України, який впливає на стан економіки держави, рівень продовольчої безпеки, добробут та здоров'я нації. В умовах сьогодення сучасні тенденції у харчуванні населення все більш орієнтовані на розвиток ринку швидких у приготуванні продуктів, які одночасно були б високопоживними та економічно доступними. Аналітично доведено, що одним із сегментів ринку продуктів швидкого приготування, що розвивається випереджаючими темпами, є напівфабрикати м'ясні посічені заморожені (НМПЗ), які користуються високим попитом у споживачів в межах реалізації бізнес-процесів B2C (кінцевий споживач через роздрібну торговельну мережу) та B2B (заклади ресторанного господарства різних форматів) завдяки зручності у використанні та зниженню трудомісткості технологічних процесів.

Незважаючи на значний науковий та практичний потенціал із виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених, який висвітлено в працях М.А. Габриельянца, Н.К. Журавської, І.О. Рогова, Л.А. Яблоненко, М.С. Алієва, О.В. Ізотова, Ф.В. Холодова, В.І. Криштафовича, Л.Г. Віннікової, М.М. Маслікова, Дж. Себранека, М. Дзіомдзіори, Л. Крала, питання забезпечення їх якості та безпечності не можна вважати повністю вирішеними. Виникнення в міжклітинному просторі кристалів льоду під час заморожування та зберігання призводить до пошкодження м'язових волокон, денатурації та агрегації білків, супроводжується значними втратами м'ясного соку, наслідком чого є погіршення споживних властивостей готової продукції.

Одним із ефективних способів нівелювання негативних наслідків заморожування м'ясних фаршів як основи для виробництва НМПЗ є

використання емульсійних систем (ЕС), здатних корегувати фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості готової продукції, їхню харчову цінність. Переваги застосування ЕС полягають у ефективному використанні м'ясної сировини, високому рівні сумісності зі структурним матриксом м'ясної подрібненої сировини, корегуванні харчової цінності готової продукції завдяки використанню рослинних олій та інших компонентів. Узагальнення наукових даних із використання в складі м'ясної продукції ЕС визначило значний технологічний потенціал тваринних білків на основі колагенвмісної сировини.

Сьогодні відсутні системні дослідження з використання ЕС у технології НМПЗ, не визначено науково обґрунтовані параметри їх виробництва, що є стримуючим чинником розвитку індустрії напівфабрикатів для широкого загалу споживачів. У зв'язку з вищезазначеним обґрунтування наукових принципів одержання стійких до заморожування-розморожування ЕС на основі тваринних білків та розробка технології НМПЗ з їх використанням є актуальними завданнями.

У монографії наведено результати власних теоретичних та експериментальних досліджень авторів із розробки та наукового обґрунтування технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем на основі білка тваринного, що дозволяє одержати продукцію зі стабільними показниками якості в циклі заморожування-розморожування, раціонально використовувати м'ясну сировину, розширити асортимент напівфабрикатів.

Матеріал монографії узагальнює результати досліджень теплофізичних, функціонально-технологічних, структурно-механічних показників та мікроструктури систем на основі подрібненого м'яса яловичини з використанням емульсійних систем під впливом технологічних чинників. Авторами теоретично та експериментально

доведено, що використання емульсійних систем на основі білка тваринного за рахунок зниження рухливості водної фази, підвищення в'язкості та формування дрібних кристалів льоду дозволяє забезпечити колоїдну стійкість систем під час заморожування-розморожування та низькотемпературного зберігання.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ

1.1. Технологічні та економічні аспекти виробництва та споживання напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених

Сучасний ринок м'ясної продукції має мету – найбільш повне кількісне та якісне задоволення потреб населення в м'ясі та м'ясних продуктах.

Аналіз численних публікацій та статистичних даних свідчить про стійке зростання частки м'ясних заморожених напівфабрикатів в загальному обсязі м'ясних продуктів, які виробляються. На користь цього свідчать такі факти: по-перше – збільшення населення, що мешкає у містах, по-друге – щорічний приріст виробництва зазначеної групи продукції збільшується на 5...7% [1–10].

Привабливість виробництва заморожених напівфабрикатів полягає у зручності такої продукції як для споживачів, так і для виробників. Для споживачів – тому, що використання заморожених напівфабрикатів потребує мінімум часу для їх приготування, для виробників – подовжується строк її реалізації, поліпшується мікробіологічний стан виробництва, знижується трудомісткість технологічного процесу.

На українському ринку заморожених напівфабрикатів працює низка великих національних виробників і значна кількість регіональних операторів. Поряд із спеціалізованими м'ясопереробними підприємствами значна частка у загальному обсязі напівфабрикатів, що виробляються, припадає на невеликі виробництва, що входять до структури супермаркетів і магазинів.

Найбільш популярними торговими марками заморожених напівфабрикатів в Україні, на долю яких припадає значна частка ринку, є: ТМ «Геркулес» (23,0%), ТМ «Левада» (18,4%), ТМ «Три ведмеді» (16,4%), ТМ «Vichi» (7%), ТМ «Дригало» (6%), ТМ «Добриня» (5%).

За підрахунками фахівців, займаючи приблизно від 5% до 8% загального обігу торгівельних підприємств, заморожені напівфабрикати приносять до 13% прибутку. Хоча більше 50% від усієї продукції припадає на частку напівфабрикатів у тістовій оболонці (пельмені, вареники, равіоли) (рис 1.1), не можна не відзначити зростання виробництва групи посічених напівфабрикатів (фарші, котлети, биточки, зрази, фрикадельки). Це пов'язано з більш широким розвитком мереж підприємств швидкого харчування, багато з яких включають у меню гамбургери та інші м'ясні фаршеві страви; зміною інтенсивності життя; зростанням платоспроможності населення, в основному, у великих містах; підвищенням обізнаності споживачів про властивості й переваги заморожених продуктів (початкова недовіра до продуктів швидкої заморозки йде в минуле).

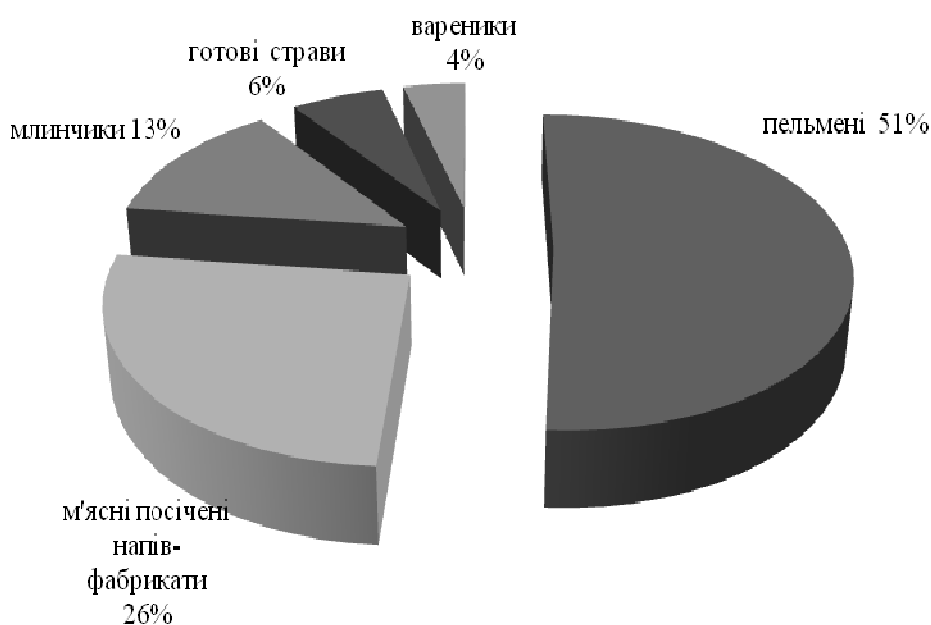


Рисунок 1.1 – Структура ринку заморожених напівфабрикатів [4; 11]

Аналіз вітчизняної літератури дозволяє стверджувати, що виробництво м'ясних заморожених напівфабрикатів знаходиться на стадії планомірного зростання та має достатньо великий потенціал для розвитку. Для успішного просування замороженої продукції на вітчизняний ринок необхідно застосовувати раціональні технології заморожування й безперервне впровадження інновацій.

Використання холоду під час виробництва м'яса та м'ясопродуктів є одним із найбільш ефективних методів консервування порівняно з консервуванням будь-якими іншими способами, дозволяє максимально зберегти якість, харчову й біологічну цінність продуктів протягом тривалого часу [12–15].

Прагнення до удосконалення технологічних процесів, розробки раціональних технологій заморожування харчових продуктів сприяло появі великої кількості праць, присвячених дослідженню низькотемпературної обробки м'ясної сировини.

Узагальнення даних, наведених в працях [16–26], дозволяє стверджувати, що важливим аспектом управління технологією заморожених м'ясних напівфабрикатів є науково обґрунтований підхід до визначення якісного та кількісного складу рецептурних компонентів, які формують харчову цінність продукту, його функціонально-технологічні властивості з урахуванням специфіки процесів, які мають місце в системах під час низькотемпературної обробки, зберігання та теплової обробки.

Відповідно до визначених в дослідженні завдань актуальним є висвітлення впливу заморожування на перебіг фізико-хімічних, теплофізичних, мікробіологічних процесів в м'ясній сировині.

Одним зі складних біотехнологічних об'єктів є м'язова тканина забійних тварин. Під час заморожування в ній відбувається складний комплекс перетворень, що впливає на якість м'яса та м'ясопродуктів: часткова денатурація білків, яка приводить до втрати їх розчинності, зміни

фракційного складу та ін. Зміни білкових речовин можуть посилюватися перебігом окислювальних процесів, що призводять також до істотної зміни технологічних і органолептичних властивостей. Поступове утворення та зростання кристалів льоду в продукті під час заморожування викликає зміну концентрацій всіх розчинених речовин і, як наслідок, – іонної сили, осмотичних процесів, рН, перенасичення розчинів [27; 28].

Відомо, що під час заморожування м'яса та його зберігання за низьких температур в ньому відбувається ціла низка фізико-хімічних явищ: виморожування вологи, кристалоутворення, структурні зміни в тканинах [29; 30].

За даними [31] процес виморожування вологи представляє собою процес перетворення рідини в кристали, а його суть виражається в переході вологи з рідини до твердої кристалоподібної речовини. Для такої багатокомпонентної системи, якою є тканинна рідина, цей процес досить складний. На відміну від чистої води температура початку замерзання (кріоскопічна точка) такого розчину нижча 0°C й відповідає його іонній та молекулярній концентрації. М'ясний сік починає замерзати за температур $-0,6^{\circ}\text{C} \dots -1,2^{\circ}\text{C}$ [32]. Виморожування води з міжклітинної рідини призводить до утворення гіпертонічних розчинів, концентрація яких весь час збільшується відповідно до зниження температури [33]. Цей процес продовжується поки концентрація розчинених у рідкій фазі речовин не досягає концентрації самої низької точки – так званої евтектичної точки замерзання, яка для м'язової тканини знаходиться в інтервалі $-59^{\circ}\text{C} \dots -64^{\circ}\text{C}$ [32].

Характер кристалоутворення залежить від стану клітинних оболонок, концентрації розчинених у клітинах речовин, ступеня гідратації білків та інших властивостей продукту. Серед чинників, які впливають на кристалоутворення, науковці визнають, що найбільше значення має швидкість заморожування [34]. Чим вища швидкість заморожування, тим

менше пошкоджень структури м'язової тканини і тим вища якість замороженого продукту [35; 36].

У працях [37; 38; 39] доведено, що прискорення процесу заморожування може досягатися зменшенням товщини продукту, зниженням температури охолоджуючого середовища, збільшенням коефіцієнта тепловіддачі від продукту до середовища.

Під час повільного заморожування тканин центри кристалізації утворюються раніше в міжклітинному просторі, оскільки міжклітинна рідина має дещо меншу концентрацію, а значить, вище значення криоскопічної точки, чим внутрішньоклітинна. Але як тільки вони утворюються, концентрація міжклітинної рідини та її осмотичний тиск зростають, вода дифундує з клітини в міжклітинний простір. При цьому в міжклітинній речовині утворюються великі кристали, які тиснуть на клітини, викликаючи розтягування та часткове руйнування їх структур [40; 41; 42].

За даними [29; 43; 44] швидке заморожування м'яса призводить до утворення кристалів льоду не тільки в міжклітинних просторах, а й у клітинах. Швидкість їх утворення вища за швидкість переміщення вологи, тому значна частина рідини виявляється замороженою там, де вона знаходилася до заморожування. За такого способу заморожування утворюються дрібні кристали льоду, які рівномірно розподіляються в клітинах і міжклітинному просторі. У цьому випадку характер розподілу вимороженої води мало відрізняється від характеру розподілу її в свіжому м'ясі і майже не спостерігається гістологічних змін у м'язовій тканині.

Утворення крупних кристалів льоду в практиці заморожування м'яса – явище небажане. Під час заморожування об'єм води збільшується на 10%. В разі утворення крупних кристалів і збільшення об'єму відбувається розширення міжклітинного простору та руйнування сполучнотканинних прошарків гострими гранями кристалів, тканина

розрихлюється, м'язові волокна деформуються, а іноді й руйнуються. Заморожування, таким чином, супроводжується істотними змінами тканин. Розміри та характер розподілення кристалів в тканинах і пов'язаний з цим ступінь руйнування морфологічних структурних елементів визначають розміри втрат тканинної рідини (м'ясного соку) під час розморожування м'яса та його наступної механічної обробки (обвалювання, жилування).

У працях [45; 46] доведено, що ступінь зниження гідрофільності білків залежить від швидкості заморожування м'яса, глибини автолізу м'яса перед заморожуванням, умов і тривалості зберігання м'яса. Максимально нативні властивості білків м'яса зберігаються за умови швидкого заморожування парного м'яса. Найбільші руйнування морфологічної структури мають місце у випадку заморожування м'яса в стані повного посмертного залякання.

За допомогою електронної мікроскопії експериментально підтверджено зміни клітинних мембранних структур [47] м'язової тканини, що виникають внаслідок змін стану білків та білково-ліпідних комплексів. Саме в білковій фракції продуктів найбільш виражені негативні зміни за умови холодильної обробки. Збільшення концентрації тканинного соку під час заморожування обумовлює денатурацію та коагуляцію м'язових білків. У більшому ступеню цим змінам піддаються міофібрилярні білки, в першу чергу міозин, фракція саркоплазматичних білків більш стійка до дії низьких температур [48]. Проведені дослідження [49; 50], спрямовані на виявлення впливу заморожування на зміни специфічних властивостей фібрилярних та глобулярних білків, дозволили виявити великий ступінь конформаційних змін першої групи білків. На підставі одержаних даних висловлено припущення, згідно з яким ступінь кріопшкоджень молекул білка визначається особливостями його гідратної оболонки: чим менша поверхня дотику зі стабілізуючим шаром

води, тим менші конформаційні зміни білків під час заморожування. Проведена Л.І. Абцедарською за допомогою рентгенографічного метода та метода парамагнітного резонансу кількісна оцінка вмісту води показала, що молекули міофібрилярних білків оточено двома-трьома шарами води (на відміну від одношарової оболонки саркоплазматичних білків).

Пошкодження нативної структури білків під час заморожування багато дослідників пов'язують із дією концентрованих розчинів солей. При цьому можливий як прямий вплив електролітів шляхом нейтралізації функціональних груп білка, модифікації іондіпольних взаємодій між полярними амінокислотними залишками, так і порушення стабілізаційного шару діполей навколо макромолекули [51].

Фазовий перехід води змінює умови міжмолекулярної взаємодії; спостерігається зближення білкових молекул із наступним утворенням міжмолекулярних дисульфідних зв'язків окисненням двох суміжних SH-груп за допомогою сульфіддисульфідного обміну [52; 53]. Дж. Коннел [54], навпаки, не знайшов змін у кількісному вмісті вільних SH-груп під час заморожування монодисперсного міозину та прийшов до висновку про можливість агрегації макромолекул без утворення дисульфідних зв'язків. Б.А. Поглазов, А. Холцер [55] та інші дослідники вважають, що макромолекулярні взаємодії білків в умовах низьких температур здійснюються способом «кінець до кінця» або «пліч-о-пліч» в результаті виникнення водневих зв'язків та зв'язків між іоногенними групами білків.

Під час заморожування можливе механічне пошкодження білкових ланцюгів за рахунок напруг, які виникають у тканинах в разі утворення та росту кристалів, перевищуючих енергію ковалентного зв'язку.

Процес агрегування міофібрилярних білків, що супроводжується утворенням нерозчинних комплексів, призводить до зниження гідрофільних властивостей м'яса, зниження вологозв'язуючої здатності та

підвищення жорсткості, підвищує стійкість білків до дії протеолітичних ферментів [56].

Результати, одержані Журавською Н.К. [57], під час заморожування зразків м'яса сферичної форми в діапазоні швидкостей заморожування від 0,01 см/хв до 2,74 см/хв і кінцевих температур заморожування від -15°C до -120°C , свідчать про наявність складної залежності між швидкістю заморожування та вологозв'язуючою здатністю.

У процесі заморожування відбуваються зміни смаку та запаху м'яса, що обумовлено окислювальними змінами ліпідів. Зневоднений шар, який утворюється на поверхні м'яса, сприяє збільшенню ступеня контакту м'яса з киснем повітря. У ході окислювальних реакцій утворюються первинні та вторинні продукти окислення жирів, що негативно позначається на органолептичних показниках та біологічній цінності м'яса. В разі тривалого зберігання м'яса можливе утворення токсичних продуктів окислення жирів. У зв'язку з цим зміни жирової тканини м'яса під впливом кисню повітря відіграють вирішальну роль у визначенні тривалості зберігання м'яса. Через те, що інтенсивність цих змін визначається температурою та видом жиру, допустима тривалість зберігання м'яса також залежить від цих чинників [58].

Застосування вакуумного пакування подовжує терміни зберігання м'яса. Дослідження, проведені Н.Н. Шишкіною [59; 60; 61], дозволили одержати інформацію щодо впливу окремих видів полімерних покриттів, а також застосування різних способів пакування на якість швидкозаморожених м'ясних напівфабрикатів.

Авторами [62; 63] доведено каталізуючу дію гемового заліза та кухонної солі на окислювальні процеси перетворення ліпідів.

Окислювальні перетворення ліпідів призводять не тільки до зниження біологічної цінності за рахунок зменшення вмісту біологічно активних поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вітамінів, але й

негативно впливають на стан білкових компонентів. У дослідях на модельних системах і конкретних об'єктах [64–67] доведено можливість виникнення білково-ліпідних взаємодій із утворенням макромолекулярних сполук, які не гідролізуються під дією трипсина [68].

Згідно з результатами досліджень [64; 65; 66] найбільшу схильність до асоціації з вільними жирними кислотами і вторинними продуктами окислення ліпідів проявляють міофібрилярні білки. Утворення білково-ліпідних комплексів каталізується гемовими пігментами м'язової тканини [68] і пришвидшується в інтервалі температур від точки замерзання до евтектичної точки [65]. Найбільш реакційно здатні до взаємодії з продуктами окислення ліпідів амінокислоти, що містять сірку, аміногрупи лізіну та фенольні кільця тирозину [67]. Утворення білково-ліпідних комплексів супроводжується зниженням розчинності білкових фракцій, погіршенням запаху продукту, зміною консистенції та кольору, зниженням харчової цінності.

Кристалізація вологи є однією з причин загибелі мікроорганізмів під час заморожування. Воно не забезпечує стерильності продукту, тому що деякі мікроорганізми прилаштовуються до низьких температур, переходячи в стан анабіозу [69].

Під час заморожування та наступного зберігання відбувається відмирання 90...99% мікроорганізмів. Найбільш згубно діють температури в інтервалі від -6 до -12°C [70]. За температури -20°C швидкість відмирання зменшується. Більшість плісняв витримують температуру мінус 18°C впродовж 10...12 місяців, хоча більшість клітин гине вже за температури -8°C [71].

Існує дві взаємопов'язані причини припинення життєдіяльності та відмирання мікроорганізмів: порушення обміну речовин і пошкодження структури клітини [69]. Доки температура залишається вище криоскопічної точки протоплазми, життєдіяльність мікроорганізмів призупиняється

тільки внаслідок зміни температури. У цьому випадку гальмуються всі процеси обміну речовин і порушується нормальне співвідношення швидкостей цих процесів.

Якщо температура нижче криоскопічної температури протоплазми, то її дія посилюється виморожуванням води в навколишньому середовищі та в самій клітині. Доки температура залишається вище евтектичної точки середовища (температура, за якої заморожується весь розчин), мікроби витісняються в ту частину, що залишилась рідкою, її концентрація зростає відповідно до зниження температури. Коли температура стає нижче евтектичної точки середовища, мікробні клітини вмерзають у затверділу евтектичну суміш.

Слід також враховувати ступінь технологічного впливу на м'ясопродукти до їх холодильної обробки. Багаточисельні дослідження вітчизняних та закордонних вчених враховують, як правило, лише вплив температури та термін придатності заморожених м'ясопродуктів. Однак існують дані [72], що допустимі терміни зберігання заморожених продуктів за певної температури визначаються як природою сировини, так і ступенем її обробки. Тобто, чим більше технологічних операцій виконано над сировиною до холодильної обробки, тим менше термін придатності замороженого продукту за певної температури.

Сучасний споживач прагне, щоб якість замороженої продукції була на рівні охолодженої. У зв'язку з цим найважливішою технологічною задачею є мінімізація небажаних змін, які відбуваються в м'ясі, зокрема у м'ясних посічених заморожених напівфабрикатах, в процесі заморожування, холодильного зберігання і розморожування. Велике значення при цьому набуває пошук нових технологічних рішень, які дозволяють випускати заморожені напівфабрикати з поліпшеними споживчими характеристиками.

Відомо багато способів удосконалення технології м'ясних заморожених продуктів, спрямованих на технічну модернізацію виробництва та застосування сучасного обладнання.

Інтенсивність процесу виробництва замороженого м'яса та м'ясопродуктів напряму пов'язана з підвищенням ефективності роботи швидкоморозильних апаратів, збільшенням продуктивності, скороченням тривалості процесу заморожування з максимальним збереженням якості харчових продуктів [73]. На ринку з'являються нові моделі компресорів [74], повітроохолоджувачів [75], в тому числі шокфростерів, нові камери заморожування [76].

Як показав аналіз опублікованих робіт [77–80], основними тенденціями в холодильній техніці є:

- ресурсозбереження (зниження втрат сировини, енерго- та матеріалоспоживання під час обробки холодом);
- оптимальне управління холодильними системами та їх елементами на базі комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;
- перехід до виробництва холодильного обладнання повної заводської готовності для зниження капітальних витрат на його монтаж і наладку;
- заміна екологічно небезпечних хладонових агентів;
- зниження температури повітря в камерах зберігання замороженої продукції до $-25\dots-30$ °С, а в камерах і апаратах заморожування до $-35\dots-40$ °С і нижче;
- використання модульного принципу під час конструювання та компоновки холодильного обладнання;
- перехід до безперервних технологічних ліній холодильної обробки харчових продуктів і створення технологічних машин і апаратів, здатних ефективно працювати у складі таких ліній.

Перспективними є впровадження інноваційних способів попередньої обробки м'ясної сировини. Авторами [22] запропонована технологія виробництва швидкозаморожених напівфабрикатів із замороженої блочної м'ясної сировини, яка виключає операції обвалки, жиловки, а також підморожування фаршу, скорочує тривалість заморожування в 1,5 разу, зменшує втрати маси під час заморожування, поліпшує санітарний стан напівфабрикатів.

Відомий спосіб [81] попередньої обробки м'ясної сировини перед заморожуванням шприцювальними розчинами на основі кріопротекторних композицій, які містять фосфати, сіль кухонну та цукор. Застосування зазначених композицій сприяє збільшенню терміну придатності м'яса після розморожування, підвищенню вологоутримуючої здатності м'яса, зменшенню втрат м'ясного соку, збереженню цілісності м'язових волокон.

Попередню обробку м'ясної сировини шприцюванням із наступним масажуванням у масажері пропонують і спеціалісти компанії «Консул» [82]. Автори повідомляють про перспективність застосування в складі розсолів карагегнана холодного згущення, введення якого забезпечує ефективне утримання вологи.

Використання ферментних препаратів під час виробництва м'ясопродуктів дозволяє в значній мірі підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, поліпшити якість швидкозаморожених м'ясних посічених напівфабрикатів [83].

Відомий спосіб виробництва м'ясних напівфабрикатів [84], за яким на поверхню м'ясного напівфабрикату перед заморожуванням наносять суміш водного розчину натрійкарбоксиметилцелюлози (NaКМЦ) та лактози, що сприяє зниженню випаровування вологи з поверхні продукту в процесі заморожування та наступного холодильного зберігання за рахунок створення захисного покриття зі стабільним комплексом реологічних показників.

Актуальним напрямом розвитку технологій м'ясних заморожених напівфабрикатів є зміна рецептурного складу продуктів із метою отримання заданих (очікуваних) споживчих властивостей і/або економічних показників продукту.

Запропонований спосіб виробництва м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів [85], в якому на стадії перемішування фаршу до основної м'ясної сировини додається композиція «КріоЛакт», що містить у своєму складі лактулозу, лактозу та сіль кухонну, у кількості 7%. Додавання композиції «КріоЛакт» збільшує вологозв'язуючу здатність фаршу, підвищує вихід продукту після теплової обробки, поліпшує органолептичні показники продукту.

Фахівцями Одеської національної академії харчових технологій розроблена технологія виробництва швидкозаморожених м'ясних напівфабрикатів [23] із використанням полісахаридних добавок (камедь гуара, камедь рожкового дерева, шрот гарбуза, зародки пшениці, борошно гречки та рису), які дозволяють підвищити якість, вихід, харчову та біологічну цінність виробів.

Відомий спосіб виробництва фаршу для м'ясних заморожених напівфабрикатів в тестовій оболонці [86]. Фарш включає яловичину, свинину, грибну сировину, рис відварений, яйця курячі, цибулю ріпчасту в певному співвідношенні компонентів. Отриманий продукт характеризується оптимальними органолептичними показниками, збалансованим хімічним складом, збагачений вітамінами та мікроелементами.

Відомий спосіб виробництва заморожених м'ясних та м'ясних комбінованих посічених виробів [87], суть якого полягає в тому, що під час складання фаршу замість води додають водний настій чаю концентрацією 4...8%. Введення настою чаю поліпшує органолептичні

показники, надає яскраве забарвлення, поліпшує консистенцію та подовжує термін зберігання.

Відомий спосіб виробництва м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів [88], за якого на стадії перемішування до м'ясної сировини додають підготовлений структуроутворювач у кількості 10...16% до маси фаршу. В якості структуроутворювача використовують суміш соєвого ізоляту, води та м'ясного компонента з високим вмістом жирової та сполучної тканини або субпродуктів у співвідношенні 1:2:2. Додавання структуроутворювача дозволяє раціонально використовувати м'ясну сировину а поліпшити якість готового продукту.

Із метою поліпшення якості та підвищення виходу готових виробів запропоновано введення до складу м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів порошкоподібної метилцелюлози (1%) та напівфабрикату зі свинячої відпресованої м'ясної маси (15...20%) [89].

Із метою поліпшення смакоароматичних характеристик готових виробів та зниження швидкості окислювальних процесів під час зберігання запропоновано введення до складу швидкозаморожених м'ясних напівфабрикатів аромоутворюючої композиції, поміщеної у водний 2...4% розчин натрієвої солі карбоксимеилцеллюлози або карбоксиметилкрохмалю [90]. Ароматична композиція представляє собою суміш компонентів: плазми або сироватки крові, ксилози, цистеїну, сульфїда Na, аскорбінової кислоти та води.

Відомий спосіб виробництва швидкозаморожених м'ясних посічених напівфабрикатів [91], за якого для поліпшення структурно-механічних властивостей та зниження втрат під час наступної теплової обробки запропоновано введення одночасно з м'ясною сировиною порошкоподібної суміші крохмалю (0,5...0,6) та порошкоподібної метилцелюлози (0,4...0,5%).

Фахівцями Московського державного університету прикладної біотехнології запропоновані рецептури та технологія заморожених напівфабрикатів на м'ясній основі нутрієнтноадекватні специфіки здорового харчування дітей дошкільного віку [92]. Запропоновані рецептури містять у своєму складі як м'ясну сировину (яловичину, свинину, конину, баранину) так і рослинну (гарбуз, цибулю ріпчасту, моркву, крупу рисову) і збалансовані за амінокислотним та жирнокислотним складом.

Узагальнюючи розглянутий вище матеріал, необхідно підкреслити наступне. Під час заморожування та наступного холодильного зберігання м'яса незворотно відбуваються глибокі структурні та біохімічні зміни в тканинах, які призводять до зниження якості м'яса та втрат м'ясної сировини в разі розморожування.

Зниження якості м'яса під час заморожування та наступного зберігання відбуваються:

- за рахунок втрат поживних речовин (білків, вітамінів та ін.) внаслідок витікання м'ясного соку під час розморожування;
- погіршення органолептичних показників якості (колір, смак, запах) внаслідок окислення пігментів, ліпідів м'яса;
- зниження перетравлюваності білків ферментами травного тракту внаслідок агрегування білків, утворення ліпопротеїдних комплексів;
- утворення токсичних сполук під час глибокого окислення ліпідів м'яса [93].

Неоднорідність складу та мікроструктури м'яса, наявність в ньому білків різної молекулярної організації, вміст активних ферментних систем зумовлюють своєрідність та багатоплановість процесів, що відбуваються під час заморожування.

Аналіз літературних джерел відносно впливу умов заморожування та наступного зберігання за низьких температур на зміни якісних

показників м'ясних посічених напівфабрикатів та узагальнення результатів вже існуючих напрацювань в галузі м'ясних заморожених напівфабрикатів, дає підставу констатувати, що ці питання вивчено ще недостатньо.

Вказані обставини підтверджують необхідність більш детального вивчення науково-практичних аспектів створення м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів.

1.2. Науково-практичні аспекти створення м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів

Структура ринку заморожених напівфабрикатів в Україні істотно відрізняється від західної. В європейських країнах переважають сегменти овочів та ягід, в Україні – продукти, характерні для національної кулінарної традиції, – м'ясні посічені заморожені напівфабрикати (в тістовій оболонці або без неї). Корені прихильності споживачів до цієї продукції – історичні: вона продавалась у країні ще в радянські часи.

М'ясні посічені заморожені напівфабрикати – це вироби, виготовлені з м'ясного фаршу [94]. Згідно з ДСТУ 4437:2005 традиційний асортимент м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів включає фарші, біфштекси, гамбургери, котлети, ромштекси, фрикадельки, шніцелі, пельмені.

Відповідно до вмісту м'ясної сировини напівфабрикати поділяють на: м'ясні – з масовою часткою м'ясної сировини відповідно до рецептури не менше 50...100% і м'ясо-рослинні – з масовою часткою м'ясної сировини відповідно до рецептури не менше 35...40%

Традиційна технологія виробництва м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів складається з підготовки сировини, приготування фаршу,

формування напівфабрикатів, заморожування, пакування, маркування та зберігання [95].

Основною операцією виробництва напівфабрикатів є приготування фаршу, за якого відбувається подрібнення м'язових і сполучнотканинних волокон, екстракція м'ясних білків, а також емульгування жиру. При цьому дисперсною фазою є емульгований жир, а дисперсійним середовищем – колоїдний розчин саркоплазматичних і міофібрилярних білків, в якому рівномірно розподілені набухлі часточки подрібнених м'язових і сполучнотканинних волокон різного розміру, фрагменти міофібрил, оболонки жирових клітин, агрегати актоміозинового комплексу, часточки прянощів, водорозчинні мінеральні речовини, вітаміни [96]. У результаті утворюється полідисперсна гетерофазна система, до якої можна застосувати термін «м'ясна емульсія» [97–102].

Таким чином, дисперсійне середовище такої емульсії є складною колоїдною системою, яку прийнято називати матриксом. Матрикс нетермооброблених фаршів являє собою тиксотропний гель коагуляційної структури, який утворюється внаслідок взаємодії білків, а також диспергованих часточок м'язових і сполучнотканинних волокон. Після термообробки в результаті денатурації та агрегації білків м'яса коагуляційна структура матрикса перетворюється в конденсаційно-кристалізаційну, яка утримує часточки дисперсної фази (жирові кульки), воду та інші елементи, які входять до складу дисперсійного середовища.

Однією з головних задач практичної технології є отримання стабільних (термодинамічно стійких) емульсій. Із точки зору технологічної практики стабільність м'ясних систем в першу чергу залежить від [96]:

– виду, структури, властивостей і концентрації білків, які виконують функцію поверхнево-активних речовин і забезпечують

зв'язування води, емульгування жиру, формування структурного матриксу та отримання необхідних реологічних характеристик м'ясної системи;

- виду, кількості, властивостей (температура плавлення) жиру та ступеня диспергування жирової фази;

- співвідношення білок:жир:вода в системі;

- фізико-хімічних чинників (рН та іонний склад середовища, температура), а яких здійснюється процес подрібнення;

- ступеня гомогенізації сировини;

- послідовності внесення інгредієнтів рецептури під час приготування фаршу.

Основними компонентами м'ясопродуктів, які забезпечують їх структуру і стабільність, є білки м'яса. Найбільш важливими властивостями м'ясних білків є емульсійні властивості, вологоутримуюча здатність, розчинність у воді в присутності харчової солі з утворенням високов'язких розчинів, здатність до термотропного гелеутворення. Тому у м'ясній системі повинна бути достатня кількість м'ясних білків для реалізації цих властивостей. У випадку низької концентрації білка, за його недостатнього потенціалу (денатурація білків м'яса за тривалого зберігання в замороженому стані, сировина з ознаками PSE і RSE, колагенвмістна сировина, м'ясо механічного дообвалювання птиці), за підвищеного вмісту жиру в рецептурі можна рекомендувати введення додаткових інгредієнтів. Цілеспрямоване застосування білоквмісних препаратів, гідроколоїдів і емульгаторів в якості додаткових інгредієнтів дає можливість істотно підвищити стабільність м'ясних систем і регулювати їх хімічний склад, структурно-механічні властивості, органолептичні і технологічні показники.

У технологіях м'яса в якості емульгаторів використовують міофібрилярні білки, лецитин, кефалін, холестерин (природні компоненти сировини), білкові препарати, які містять водорозчинні білки (рослинні

білкові препарати, білки молока, яєчні продукти, білки крові), а також хімічні адитиви (полівалентні фосфати, поверхнево-активні речовини) [100; 103–107].

Значна кількість науковців відзначає, що найбільш доцільно в м'ясних емульсіях застосовувати білкові препарати, які мають високі функціональні властивості та є носіями необхідних поживних речовин. Цей напрям набув широкого розповсюдження як в нашій країні, так і за кордоном. Для цього використовують білки рослинного, тваринного, мікробіологічного походження у формі ізолятів, концентратів, борошна [109; 110].

На ефективність застосування білкових препаратів в якості емульгаторів і стабілізаторів м'ясних емульсій впливає стан та спосіб їх внесення. Існує декілька можливих способів введення білкових препаратів в м'ясний фарш. У залежності від виробничих умов білкові препарати застосовують у сухому, гідратованому вигляді або у складі білково-жирових емульсій [111].

В останні роки багато уваги приділяється організації виробництва фаршевих м'ясних продуктів із використанням заздалегідь виготовлених емульсій. У своїх працях А. А. Соколов, Ю. Ф. Заяс, Е. С. Токаєв та ін. довели, що введення у фарш жиру у вигляді концентрованої водожирової емульсії найдоцільніше, оскільки це збільшує вологозв'язуючу здатність фаршу, і виготовлені з нього вироби мають кращу структуру, втрати під час теплової обробки мінімальні [112–115].

До основних переваг використання білково-жирових емульсій (БЖЕ) можна віднести:

- можливість ефективного використання м'ясної сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями;
- отримання індивідуальних емульсій із гарантовано стабільними властивостями;

- високий рівень функціонально-технологічної сумісності індивідуальних БЖЕ зі структурним матриксом базової м'ясної емульсії;
- позитивний вплив БЖЕ на структурно-механічні показники і вихід готової продукції;
- зниження вірогідності появи жирових та бульйонних набряків під час термічної обробки ковбасних виробів;
- економічні показники.

Головний принцип отримання та використання БЖЕ – це зв'язування як можна більшої кількості жиру та води однією часткою білка.

У багатьох дослідженнях вітчизняних та закордонних вчених доведено, що продукти високої якості можна виробляти із застосуванням емульсій різного складу, в яких у якості стабілізаторів виступають білкові препарати (рослинного або тваринного походження) або спеціальні емульгатори [110–115].

Використання білків під час виробництва харчових емульсій обумовлено їх функціональними властивостями, до яких відносять розчинність у водних середовищах різного складу, здатність утворювати та стабілізувати дисперсні системи, драглеутворюючу, водо- і жирозв'язуючу здатність [106; 108]. Наявність гідрофільних і гідрофобних груп у білкових молекулах обумовлює можливість утворення міжфазних адсорбційних шарів.

Білоквмісні компоненти БЖЕ найчастіше представлені сировиною рослинного походження (соєві препарати, пшеничне, рисове, кукурудзяне борошно, крупи, піддані екструзійній обробці) [116], вторинною білоквмісною сировиною тваринного походження (субпродукти II категорії, шкура домашньої птиці, свиняча шкура, кістковий залишок [117]; м'ясо механічного дообвалювання [118]; препарати крові та її фракції [119]), молочно-білковою сировиною та препаратами на її

основі [120].

Приготування БЖЕ на основі соєвих білкових препаратів (СБП) здійснюється кількома способами, причому отримання емульсій із найбільш стабільними властивостями забезпечує застосування ізольованих і концентрованих соєвих білків із застосуванням холодного та гарячого способів [121]. Рекомендовані співвідношення СБП:жирова сировина:вода знаходяться в діапазоні від 1:3:3 до 1:10:10 і залежать як від типу соєвого препарату так і від властивостей жирової сировини.

Утворювати однорідну структуру фаршу здатні БЖЕ, які включають до свого складу соєвий ізолят, жир-сирець, карагінін та фосфатну добавку. Введення їх до складу м'ясних консервів в кількості від 10% до 30% дозволяє отримати вироби, що характеризуються ніжною монолітною консистенцією, без порожнин та бульйону, з приємним смаком та ароматом [122].

Молочно-білкові препарати широко використовувались у м'ясопереробній галузі в 1970...1980 роках, але потім на тривалий час були заміщені більш дешевими та багатофункціональними імпортованими добавками.

Добрий технологічний ефект може бути отриманий за умови комплексного використання казеїнату натрію з соєвими білковими препаратами: соєвий білок виконує функцію гелеутворювача та вологозв'язуючого компонента, а казеїнат натрію посилює жирутримуючу та емульгуючу властивості.

Співробітниками ВНДІМПа Салаватуліною Р.М. і Овчинніковою Л.П. запропонована технологія приготування фаршу для ковбасних виробів із застосуванням емульсії, яка містить казеїнат натрію або ізолят соєвого білка, плазму крові та сироватку крові, а також вим'яловиче [123].

Відомий спосіб виробництва БЖЕ для варених ковбасних

виробів [124], за яким готують емульсію на основі концентрату молочного стабілізуючого (суміш знежиреного молока, безказеїнової фракції знежиреного молока та пектину), води та жиру тваринного пряженого.

Розроблена технологія фаршевих консервів із конини з використанням БЖЕ [125], яка містить казеїнат натрія, соєвий ізолят, фосфатні добавки, карагенан.

Для виробництва варених ковбас рекомендовані БЖЕ, які містять казеїнат натрія, жир-сирець, воду та сіль кухонну [126].

Відомий спосіб отримання БЖЕ для використання в ковбасному виробництві [127], яка містить гідролізат казеїну, харчовий фосфат, кістковий жир, воду або бульйон.

Фахівцями Московського державного університету прикладної біотехнології розроблена рецептура БЖЕ для виробництва варених ковбасних виробів [128]. До складу БЖЕ входять свинячий шпик, концентрат молочного білка та комплексна добавка, що представляє собою суміш ксантанової, гуарової та камеді рожкового дерева в поєднанні з пальмітатом сахарози.

Використання БЖЕ відкриває можливість виробництва дієтичних продуктів, виготовлених із застосуванням рослинних олій. Наприклад, для зниження калорійності ковбасних виробів запропоновано емульсію, яка містить 5...15% целюлози і 1...40% рослинної олії [129].

Фахівцями Північно-Кавказського державного університету розроблена технологія м'ясопродуктів категорії «Халяль» із використанням БЖЕ на основі рослинних олій та білково-вуглеводного концентрату «Лактобел-ЕД» (на основі демінералізованої молочної сироватки) [130].

Для утворення однорідної структури фаршу варених ковбас запропоновано БЖЕ на основі молочно-рослинного білкового препарату («Белкон Алев II»), до складу якого входить концентрат сироваточних

білків, отриманий шляхом ультрафільтрації, знежирене молоко, харчова соєва основа. В якості жирової складової обрано свинячий жир [131].

Значний економічний і технологічний ефект під час виробництва м'ясопродуктів дають БЖЕ, отримані за спільного використання формених елементів крові забійних тварин, молочно-білкових концентратів і рослинних білків. Такого роду емульсії широко використовуються на м'ясопереробних підприємствах США. У Данії для приготування сосисок запропонована емульсія, яка містить 27% крові, 25% води, 6% молочного цукру, 42% жиру [132].

Відомий спосіб виготовлення білково-жирової суміші для м'ясних виробів, який передбачає змішування знежиреного молока та олії рослинної, під час змішування компонентів із метою підвищення біологічної цінності готового продукту додатково вводять попередньо запарене горохове борошно [133].

Відомий спосіб приготування БЖЕ [134], для одержання яких як сировину використовували модифіковане пшеничне борошно, яловичий жир-сирець, кров харчову стабілізовану та воду питну. Виготовлені БЖЕ вводили під час виробництва варених ковбасних виробів II гатунку у кількості 10% замість напівжирної свинини.

Відомий також спосіб отримання БЖЕ, який передбачає змішування компонентів, кутерування в дві стадії з введенням білоквмісної речовини (гідролізат формених елементів крові) та кісткового жиру, гомогенізацію й охолодження. Білоквмісну речовину вводять на першій стадії кутерування разом з фосфатом, кістковий жир – на другій [135].

Широке розповсюдження отримали рецептури БЖЕ на основі вторинної колагенвмісної сировини.

Фахівцями Московського державного університету запропонована багатокомпонентна білково-жирова добавка на основі продукту з рубця, соєвого концентрованого білка, тваринних та рослинних жирів для

застосування під час виробництва ковбасних виробів [136]. Добавка дозволяє підвищувати біологічну цінність готових виробів, збагачувати їх легкозасвоюваним білком, харчовими волокнами, клітковиною та поліненасиченими жирними кислотами.

Розроблені варіанти рецептурних композицій на м'ясній та субпродуктовій основі з використанням у складі БЖЕ екструдату сочевиці в гідратованому стані та жиру-сирцю [138]. Співвідношення екструдату сочевиці, води та жиру-сирцю в емульсії 1:4:2. До складу фаршевих композицій БЖЕ вводили в кількості 16% до маси фаршу.

Розроблені технології білково-вуглеводно-жирових емульсій на основі екструдованого пшеничного борошна [139], до складу яких ходять борошно пшеничне, вода, жир-сирець та кров.

Відомий спосіб отримання білково-жирової добавки для виробництва м'ясних фаршевих та пастоподібних продуктів, в якому в якості сировини використовують шкурку сухопутної птиці. Шкурку піддають термогідрообробці, подрібнюють на вовчку, на стадії гомогенізації на дві частини сировини додають одну частину жиру курячого пряженого й одну частину курячого бульйону [140].

Відомий спосіб виробництва білково-жирової добавки для м'ясних фаршевих виробів, що передбачає подрібнення ніг та голови сухопутної птиці, додавання до них води, гомогенізацію сировини з водою під час нагрівання та ферментацію ферментним мікробним препаратом. Отримана білково-жирова добавка рекомендується до використання в рецептурах м'ясних фаршевих виробів замість основної сировини у кількості 12...15% [137].

Автори [141] пропонують спосіб отримання білково-жирової добавки для м'ясних фаршевих виробів із вторинних малоцінних відходів птахопереробної промисловості. Сировину подрібнюють, додаючи воду, проводять ферментацію мультиензимною композицією, витримують

впродовж 4,5...5 годин. У результаті гідролітичного розщеплення білкових структур жир сировини виділяється з комплексів і під час наступного використання в рецептурах м'ясних фаршевих виробів поліпшує органолептичні показники готових виробів.

Автори пропонують спосіб виробництва БЖЕ із стабільними властивостями із колагеномісткої сировини [142]. Як вихідну сировину використовують шкурку свинячу, яку куттерують із льодом та фосфатами, додаючи яловичий або свинячий жир та сіль.

Відомий спосіб одержання мінерально-білково-жирової композиції, яка містить напівфабрикат кістковий харчовий, жир кістковий, сироватку крові великої рогатої худоби та емульгатор [143].

Розроблена композиція білково-жирової наноструктурованої емульсії для м'ясних продуктів [144]. До складу емульсії входять: рослинний білок (концентрат або ізолят), електрохімічно активна вода, суміш гідроколоїдів (карагенан, камедь ріжкового дерева, гуара, ксантана) та жировмісна сировина (шкурка свиняча варена).

Відомий спосіб отримання стабільних білково-жирових емульсій, що включають тваринний білок, жирову сировину та воду. Використовується тваринний білок Сканпро Т-95, в якості жирової сировини – жирна свинина, шпик, жир-сирець. Спосіб передбачає подрібнення жирової сировини, додавання гарячої води, внесення Сканпро Т-95, диспергування та подальше емульгування з додаванням солі, барвників та смакоароматичних добавок. Охолоджену білково-жирову емульсію додають у фарші варених ковбас, сосисок, сардельок, варено-копчених та ліверних ковбас у кількості до 20% [145].

Відомий спосіб виробництва білково-жирової емульсії, що включає тваринний білок, воду та рослинну олію, в якості тваринного білка використовується поліфункціональний препарат колагену, в якості рослинної олії – олія соняшникова рафінована дезодорована. Спосіб

передбачає отримання суспензії тваринного білка та наступне емульгування з рослинною олією. Отримана білково-жирова емульсія рекомендується до використання у складі м'ясних фаршів у кількості 10...30% [146].

Автори [147] пропонують спосіб одржання БЖЕ на основі ядра соняшникового насіння, в якості білково-жирової основи використовується попередньо підготовлене соняшникове насіння, а як додатково внесена жирова компонента – олія соняшникова рафінована дезодорована.

Фахівці Національного університету харчових технологій [148] пропонують спосіб приготування емульсії для харчових продуктів, згідно з яким розплавлені тваринні та рослинні жири змішують із розчином інуліну або розчином інуліну та молочно-білкової суміші.

Для застосування в рецептурах комбінованих м'ясопродуктів пропонується БЖЕ з кров'ю [149], яка включає ковбасну шкурку свинячу або ковбасну жилку, бульйон або воду, жир свинячий або шпик, стабілізований розчин крові з молоком, функціональну добавку та сіль. БЖЕ може використовуватися для заміни м'ясної сировини під час виробництва комбінованих м'ясопродуктів для стабілізації їх структурно-механічних та технологічних властивостей.

Запропоновані варіанти рецептур БЖЕ [150] на основі соєвого білкового ізоляту, води та рослинної олії. Із метою збагачення БЖЕ мікро- та макроелементами до її складу введено 20% харчової добавки «Ламіфарен».

Білково-жирові композити, збагачені лецитином і вітамінами, використовують для виробництва м'ясних напівфабрикатів та дієтичних паст [151]. Технологія передбачає використання композицій із рослинних жирів та олій (соняшникова, пальмова, соєва, саломас), білкових продуктів із пшеничних висівок (борошно та концентрати) та бобових культур (соя,

сочевиця та ін.), лецитину, які поліпшують технологічні показники якості виробів і збагачують їх біологічно цінним білком, жиром зі збалансованим жирнокислотним складом та лецитином.

Із метою збагачення м'ясопродуктів мікроелементами розроблена рецептура БЖЕ, білкова частина якої представлена соєвим ізолятом та сухим знежиреним молоком, жирова частина – рослинною олією. До складу БЖЕ введено полісахаридну компоненту – пшеничне борошно, попередньо збагачене селеном [152].

Фахівцями Східно-Сибірського державного технологічного університету розроблена технологія БЖЕ для виробництва варених ковбас, збагачених йодом [153]. До складу БЖЕ входить соєвий білковий ізолят, оброблений розчином КJ, вода та рослинна олія.

Розроблені рецептури збагачених білково-жирових композицій для ковбас [154]. Білкова частина розробленої композиції представлена соєвим білковим ізолятом та казеїнатом натрію, жирова частина – соняшниковою олією. Також до складу рецептури введено відвар цетрарії ісландської.

Таким чином, патентний пошук та аналіз літературних джерел дав змогу провести систематизацію найбільш розповсюджених емульсійних систем, що застосовують у технологіях м'ясних фаршевих продуктів. Можна виділити наступні складові частини емульсійних систем:

1. Білкові препарати, джерелами яких є рослинні та тваринні продукти.

2. Жирові компоненти (жирна свинина, шпик свинячий, шоковина, жир-сирець яловичий, баранячий, кінський, курячий, топлений жир свинячий або яловичий, масло вершкове, маргарин, рослинні олії, рослинні жири (пальмове, кокосове).

3. Рідке середовище (вода, бульйон, тощо), що забезпечує відповідний колоїдний стан системи.

4. Інші компоненти, необхідні для підвищення ефективності та

надання специфічних властивостей БЖЕ (стабілізатори, емульгатори).

Незважаючи на широке використання БЖЕ в рецептурах м'ясопродуктів, зокрема в м'ясних посічених напівфабрикатах, відсутні відомості, щодо застосування білково-жирових емульсій у технологіях заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів як захисних речовин (кріопротекторів) для білків м'яса, які сприяли б зменшенню втрат маси та збереженню технологічних властивостей напівфабрикатів під час заморожування, зберігання та подальшої теплової обробки.

Важливим в цьому напрямі є використання препаратів білків сполучної тканини забійних тварин. Поява на вітчизняному ринку функціональних білків тваринного походження закордонних виробників, а з недавнього часу й вітчизняних, розширює можливості створення нових технологій м'ясних продуктів.

Тому є доцільним розгляд науково-практичних аспектів та перспектив використання колагенвмісної сировини в технологіях м'ясних напівфабрикатів.

1.3. Перспективи використання колагенвмісної сировини та продуктів її модифікації в технологіях м'ясних продуктів

Збільшення виробництва продуктів харчування на основі сировини тваринного походження, які відрізняються високою біологічною цінністю, потребує переоцінки існуючих поглядів на м'ясо як на сировину. У вітчизняній та закордонній науках, на положеннях яких засновані існуючі технології, м'ясо оцінювалося за хімічним складом та фізико-хімічними властивостями без урахування біологічної своєрідності. Повністю ігнорувався принцип цілісності тваринного організму, взаємопов'язаність та взаємозалежність його тканин та органів. Тільки за умови розглядання м'яса як сировини, до складу якої входить комплекс

тканин (м'язова, сполучна, кісткова та жирова), можна підійти до обґрунтованої та раціональної переробки, створення нових принципів сучасних технологічних процесів, які забезпечать підвищення ефективності виробництва та отримання біологічно цінної продукції.

Сполучна тканина – необхідний компонент м'язової тканини, тому що в організмі все є взаємозалежним. Без сполучної тканини неможливо нормальне функціонування організму. Її наявність у тій чи іншій кількості впливає на товарні якості частин туші тварини.

Проблема раціонального використання ресурсів сполучної тканини висвітлена багатьма науковцями (І.О. Рогов, О.І. Жарінов, Л.В. Антипова, І.А. Глотова та ін.), які вважають, що можливості її не вичерпано, а це обумовлює необхідність та подальше вивчення властивостей сполучнотканинних білків.

Нові уявлення про роль колагену в харчуванні, створення оригінальних продуктів, необхідність розвитку нетрадиційних і удосконалення вже існуючих технологій колагенових субстанцій різної функціональності з одного боку, відомий і постійно зростаючий дефіцит тваринного білка і значний об'єм малоцінних ресурсів, які нераціонально використовуються, з іншого, потребують наукового обґрунтування та реалізації підходів в забезпеченні максимальної трансформації колагенвмісних ресурсів в корисні для людини продукти або препарати.

Специфічність властивостей колагенвмісної сировини полягає в наступному:

- різномірність морфологічної будови;
- переважання сполучної тканини;
- знижена біологічна цінність;
- висока мікробіологічна забрудненість;
- характерні органолептичні показники;
- низькі функціонально-технологічні властивості.

Тому процес повної переробки колагенвмісної сировини для харчових потреб стримують багато чинників, зокрема:

- наявність упередженої думки про низьку харчову та біологічну цінність зазначених видів сировини;

- трудомісткість і малоефективність способів і прийомів із переробки вторинних ресурсів, поліпшення їх органолептичних показників, модифікування функціонально-технологічних властивостей.

Зважаючи на специфічність нативного колагену, його низьку здатність набрякати у воді, погану розчинність і здатність до емульгування, в практиці виробництва м'ясопродуктів ці види колагенвмісної сировини, як правило, застосовують для виробництва низькосортних м'ясопродуктів.

Для виробництва м'ясопродуктів можливе використання вторинних м'ясних ресурсів за двома основними напрямками:

1. За науково обґрунтованого підходу до вибору співвідношення компонентів у рецептурі м'ясних виробів є можливість одержувати м'ясопродукти з високим ступенем збалансованості амінокислотного складу білкового компонента. При цьому наявність значної частки колагену в сировині може виконувати вельми важливу біолого-фізіологічну роль згідно з теорією адекватного харчування – функцію харчових волокон.

2. Створення на основі вторинної м'ясної сировини принципово нових типів колагенвмісних продуктів із високими якісними характеристиками.

Для вітчизняної м'ясопереробної промисловості характерна певна тенденція до виробництва з частини вторинної колагенвмісної сировини напівфабрикатів (наприклад, набір для холодцю). Проте економічні розрахунки показують, що реалізація необроблених напівфабрикатів, в

порівнянні з продажем максимально готових до вживання виробів, значно знижує прибуток підприємств.

Застосування багатих на колаген вторинних продуктів м'ясної галузі для виготовлення ліверних ковбас, зельців, м'ясних студнів, супових наборів, начинок для кулінарних виробів слід визнати історично традиційним. Номенклатура колагенвмісної сировини, що використовується для цього, включає головним чином субпродукти II категорії, а також жилки, шкурку, хрящі [95].

Фізико-хімічна природа змін колагену у процесі виготовлення м'ясних виробів полягає в зварюванні та гідротермічному розпаді з утворенням желеподібної структури. Явище зварювання спостерігається під час нагріву колагену у вологому стані до 58...62° С. Режим зварювання відіграє важливе значення в забезпеченні кулінарної готовності м'яса та підвищенні харчової цінності та засвоюваності продукту в цілому.

Новий напрям використання сировини з високою часткою сполучної тканини в м'ясопереробному виробництві – отримання біологічно цінних білкових препаратів із високим рівнем водозв'язуючої та емульгуючої здатності у вигляді пастоподібних суспензій, емульсій та білкових мас, білково-жиро-рослинних дисперсних емульгованих систем, полікомпонентних структуроутворювачів із додатковим включенням в їх склад харчових фосфатів і препаратів рослинних білків, ефірних олій, моно- і дигліцеридів жирних кислот, кухонної солі, крохмалю, стабілізаторів кольору, антиокислювачів та ін.

До методів обробки колагенвмісної сировини слід віднести теплову обробку в умовах сухого або вологого нагріву за підвищених або помірних температур, взаємодію з хімічними реагентами кислотного та лужного характеру, комбіновану лужно-сольову обробку; фізичні методи (наприклад, іонізуючі випромінювання, які у зв'язку з чисельністю функціональних груп у структурі колагену можуть призводити до

різноманітних як деструктивних, так і модифікуючих ефектів), УЗ-обробку [117; 146; 155].

Для переробки колагенвмісної сировини в біоматеріали різного призначення знайшли реалізацію два основні підходи:

– виділення колагену із сполучної тканини або його очищення від інших компонентів із повним збереженням молекулярної та незначними змінами надмолекулярної структури;

– переведення сировини в розчин зі збереженням основних молекулярних характеристик і подальшим відновленням макромолекулярних структур, що знаходяться в розчині, в колагенові матеріали тієї або іншої форми.

При цьому всі типи розчинного колагену можна поділити на дві групи: розчинні фракції колагену, що одержуються прямою екстракцією із сполучної тканини, і солюбілізований колаген, одержаний після механічної, хімічної або ферментативної обробки нерозчинного зрілого колагену [146; 156].

Хімічна природа реагентів обумовлює різний механізм і ступінь руйнування молекулярної структури колагену в процесах підготовки його до розчинення. На сьогодні методами селективного руйнування міжмолекулярних зв'язків, що найбільш широко реалізуються, зі збереженням трьохспіральної структури тропоколагену є лужно-сольовий і ферментативний із використанням протеїназ із тваринних і мікробних джерел.

За допомогою лужно-сольової модифікації різних видів вторинної колагенвмісної сировини одержані колагенові препарати, що мають широкий спектр функціональних властивостей стосовно потреб харчової промисловості, медицини, ветеринарії.

На основі поліфункціональних колагенових препаратів у формі водних дисперсій, одержаних обмеженою лужною дією на колагенвмісні

тканини сільськогосподарських тварин, птиці і риби, розроблено способи отримання желюваних, збитих харчових продуктів, харчових білкових продуктів легко-пористої структури і збитих желейних мас, білкових загусників-стабілізаторів [157].

Альтернативою багатостадійним рідинним обробкам колагенвмісних тканин тварин із метою отримання колагенових продуктів різних форм є цілеспрямоване застосування методів біотехнології, де провідна роль належить інженерній ензимології – напряду біотехнології, що базується на використанні каталітичних функцій ферментів (або ферментативних систем) в ізольованому стані або у складі живих клітин для отримання відповідних цільових продуктів. Очевидні переваги методів інженерної ензимології полягають у можливості глибокої переробки основної та вторинної сировини, реалізації технологічних режимів в природних діапазонах температур, рН і тиску середовища з мінімальними витратами матеріальних і енергетичних ресурсів [155; 158].

Останнім часом найбільшу зацікавленість у фахівців м'ясопереробних підприємств викликають концентрати білків тваринного походження на основі колагену, частка білка в яких складає 90% і більше. Ця тенденція пов'язана, з одного боку, з все більш негативним ставленням споживачів до м'ясних продуктів, які містять у своєму складі соєві білки, часто генетично модифіковані, з іншого боку, доступністю та високими функціонально-технологічними властивостями білків тваринного походження [159].

Більшість тваринних білків, представлених на вітчизняному ринку (табл. 1.1), виробляють на основі водорозчинних (альбумін, глобулін та ін.) і лугорозчинних (колаген, еластин) білків.

Таблиця 1.1 – Характеристика асортименту тваринних білків різних торговельних марок

Найменування	Фірма-виробник	Склад
Міогель	Могунція-Інтеррус	Текстурований тваринний білок
Тіпро 600, Тіпро 600С		Білок крові ВРХ
Тіпро 601		Концентрований колагеновий білок
GitPro P	ГК «ПТІ», Росія	Колагеновий білок зі свинячої шкірки
GitPro K		Білок крові (близько 60% білка)
GitPro D		Білок плазми крові (близько 70...80 % білка)
Кат-Гель 95	Нессе	Колагенвмісна сировина ВРХ
Кат-Про 95		Колагеновий білок зі свинячої шкірки
Сканпро Т-95, Сканпро Е-95, Сканпро ТС-70	ВНІ Danexport A/S, Данія	Колагенвмісна сировина свиняча
Скангель А95	ТД Нордик Продукт, Росія	Колагенвмісна сировина свиняча
Проміл С95	Компанія «Мілорд», Росія	Колагенвмісна сировина свиняча

Характерною ознакою білків із колагенвмісної сировини є незбалансованість амінокислотного складу за незамінними амінокислотами (табл. 1.2). Однак комбінуванням лімітованих за рядом незамінних амінокислот препаратів колагенових білків із м'ясною сировиною можливо досягти збалансованості амінокислотного складу в межах норми, встановленої ФАО/ВООЗ, про що свідчать праці [146; 155; 157].

Таблиця 1.2 – Характеристика амінокислотного складу функціональних тваринних білків, ізольованих соєвих білків (ІСБ), у порівнянні з еталоном

Амінокислоти	ІСБ, г/100 г	Функціональні тваринні білки, г /100 г	Рекомендації ФАО/ВООЗ 1985 р., г/100 г
Аланін	4,3	7,5...8,7	3,8
Аргінін	7,6	7,04...7,5	6,7
Аспарагінова кислота	11,6	6,3...7,85	10,2
Цистин	1,3	0,3...0,4	1,1
Глютамінова кислота	1,9	10,4...12,3	16,8
Гліцин	4,2	13,4...20,0	3,7
Гістидин	2,6	1,1...2,9	2,3
Ізолейцин	4,9	1,5...3,6	4,3
Лейцин	8,2	2,7...6,4	7,2
Лізін	6,3	4,0...5,9	5,5
Метіонин	1,3	0,6...1,0	1,2
Фенілаланін	5,2	2,4...3,51	4,6
Пролін	5,1	7,9...12,4	4,5
Серін	5,2	2,9...4,2	4,6
Треонін	3,8	1,9...3,5	3,3
Триптофан	1,3	0...0,01	1,1
Тирозин	3,8	0,5...2,6	13,3
Валін	5,0	2,5...5,2	4,4

Білки на основі колагенвмісної сировини перевищують соєві і білки з плазми крові за рівнем гідратації та здатністю стабілізувати консистенцію готових виробів, а, відповідно, потребують менших витрат, що позначається на вартості продукції; перевагою є також ідентичність смако-ароматичних характеристик білкових препаратів із колагенвмісної сировини та м'ясної сировини.

До важливих переваг тваринних білків можна також віднести їх багатоцільове призначення, простоту у використанні, збереження

властивостей в разі тривалого (до 1 року) зберігання в сухих приміщеннях без спеціальних температурних режимів, можливість забезпечити за рахунок їх застосування збільшення виходу готової продукції та високу рентабельність виробництва.

Функціонально-технологічні властивості тваринних білків (волоγοутримуюча, емульгуюча здатності, термостабільність та ін.) дозволяють використовувати їх за різним цільовим призначенням:

- замість частини основної м'ясної сировини в рецептурах емульгованих м'ясних продуктів;

- у поєднанні з низькосортною м'ясною сировиною з метою поліпшення структури та функціонально-технологічних властивостей м'ясних емульсій, підвищення біологічної цінності готової продукції;

- у поєднанні з жировмісною сировиною (жир-сирець, шпик боковий, пашина, м'ясна обрізь та ін.) для стабілізації функціональних та якісних характеристик м'ясної сировини;

- для поліпшення реологічних та органолептичних властивостей (консистенції, пластичності, соковитості, зовнішнього вигляду), а також із метою запобігання утворенню бульонно-жирових набряків та втрат під час термообробки;

- для виробництва високозасвоєваних геродієтичних білкових м'ясних продуктів із пониженим вмістом жиру, холестерину та достатньою енергетичною цінністю;

- із метою зниження затрат на виробництво та підвищення виходу готової продукції.

Функціональні тваринні білки під час виготовлення м'ясних виробів застосовують:

- у сухому вигляді в процесі кутерування м'ясної сировини з наступним внесенням води для гідратації;

- у вигляді гель-форми;

- у вигляді білково-жирової емульсії;
- у складі розсолів та структурованих форм.

Таким чином, використання білків тваринних у вигляді концентратів сполучнотканинних білків, стандартизованих за якісними та функціональними показниками, є одним з перспективних напрямів раціонального використання тваринних сполучних тканин.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ БІЛКА ТВАРИННОГО

2.1. Визначення інноваційної стратегії розробки напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем на основі білка тваринного

У сучасному високотехнологічному суспільстві розробка нового продукту – це складний багатогранний процес, який здійснюється проведенням послідовних заходів в різній організаційній формі.

Важливим є не тільки забезпечення конкурентоспроможності нової продукції на споживчому ринку, а й підвищення ефективності функціонування підприємства-виробника. Щодо останнього, то воно залежить від раціонального використання науково-технічного потенціалу, удосконалення існуючих та/чи освоєння нових процесів (виробничих, управлінських, маркетингових та ін.), підвищення якісного рівня науково-дослідної та інформаційної бази.

Дієвим інструментом досягнення вищезазначеної мети є розробка інноваційної стратегії, яка визначає технологічну, технічну, маркетингову, організаційну та інші складові розробки нової продукції.

Світові тенденції розвитку харчової промисловості свідчать, що виробництво заморожених м'ясних напівфабрикатів є одним із найбільш ефективних методів консервування, який дозволяє зберегти якість, безпечність, харчову та біологічну цінність продуктів протягом тривалого часу [2; 10; 14]. Однак, незважаючи на існуючі техніко-технологічні досягнення у сфері холодильної обробки, під час заморожування харчових

продуктів незворотно відбуваються негативні зміни, пов'язані з фазовими та фазово-структурними перетвореннями внаслідок кристалоутворення водної фази.

Відомо, що зміна властивостей м'ясних систем під час заморожування зумовлена, головним чином, процесами кристалізації води.

Виникнення під час заморожування в міжклітинному просторі кристалів льоду призводить до розриву м'язових волокон, денатурації та агрегації білків, що в подальшому негативно впливає на функціонально-технологічні властивості розмороженого м'яса та виявляється в першу чергу в значних втратах м'ясного соку та зниженні споживних характеристик готових продуктів [17; 27; 28]. Негативний вплив заморожування в більшій мірі виявляється під час низькотемпературної обробки напівфабрикатів із посіченого м'яса, оскільки під час подрібнення в результаті механічного руйнування клітинної структури м'яса м'язова тканина втрачає цілісність, руйнується система капілярів і клітинних мембран, виділяється додаткова кількість вологи за рахунок зменшення осмотично- та капілярно-зв'язаної вологи.

Кількість, розміри, форма та локалізація кристалів льоду, що утворюються під час заморожування, залежать від багатьох чинників – швидкості заморожування, фізико-хімічних та структурних властивостей м'ясної системи (ступеня гідратації білків, іонної та молекулярної концентрації розчинів у складі окремих морфологічних утворень м'язового волокна, співвідношення м'язової, жирової та сполучної тканин), розмірних характеристик продукту та інших.

Безумовним є той факт, що стабільність м'ясного фаршу як системи в технологічному потоці визначається стабільністю стану окремих елементів системи в цілому. М'ясний фарш (як основа для виготовлення НМПЗ) є складною за складом, станом та структурою харчовою

полідисперсною системою коагуляційного типу, в межах якої дисперсні часточки зв'язані одна з одною нестійкими коагуляційними зв'язками в єдину просторову сітку. Дисперсійне середовище м'ясного фаршу являє собою водний розчин екстрагованих із м'ясної сировини мінеральних солей (Na, K, Ca та ін.), органічних (білки, пептиди, амінокислоти, екстрактивні речовини) сполук та інших речовин; дисперсною фазою є тонкоподрібнені часточки м'язової, жирової та сполучної тканин. За класифікаційними ознаками м'ясний фарш відноситься до емульсійних систем із грубоподрібненої м'ясної сировини й характеризується низьким ступенем диспергування жиру, частково збереженою морфологічною структурою тканин м'яса [96; 103].

Відомо, що процес кристалоутворення розвивається наступним чином. Охолодження м'ясної системи до криоскопічних температур ($-0,8 \dots -1,2^{\circ} \text{C}$) супроводжується утворенням центрів кристалізації (спочатку в міжклітинному просторі внаслідок меншої концентрації водорозчинних речовин, потім – у внутрішньоклітинному) й надалі – дрібнодисперсних кристалів льоду, наслідком чого є збільшення концентрації розчинених речовин та осмотичного тиску. За визначених умов молекули води починають рухатися з клітини в міжклітинний простір, а молекули розчинених речовин – дифундувати в зворотньому напрямку, що збільшує ймовірність негативних процесів (висолювання білків, окислення ліпідів, неферментативне побуріння тощо). Вищезазначені процеси призводять, з одного боку, до подальшого зростання розмірів кристалів, які будуть тиснути на клітини, викликаючи часткове пошкодження та руйнування їх структури, а з іншого – до взаємодії активних груп білкових макромолекул із утворенням міцних зв'язків між ними внаслідок утворення так званих гіпертонічних розчинів, в яких збільшується концентрація сухих речовин за рахунок виморожування вологи. У подрібненій м'ясній системі, де значна кількість

міофібрилярних і саркоплазматичних білків вже вивільнена із м'язового волокна, міжмолекулярні взаємодії відбуватимуться ще інтенсивніше.

З огляду на зазначене, важливим є забезпечення під час заморожування такого розвитку процесу, в результаті якого швидкість утворення кристалів льоду буде вища, а швидкість переміщення вологи менша. За цих умов основна частка рідини виявиться замороженою там, де вона була локалізована до заморожування.

Згідно з інформаційними джерелами вищевказані умови частково можна забезпечити технічними (шокове заморожування – IQF, заморожування у швидкоморозильних апаратах та ін.) та технологічними (використання парного м'яса, застосування методів попередньої обробки м'ясної сировини, використання захисних речовин, здатних впливати на структуру розчинника та характер кристалоутворення) засобами. Оцінка їх ефективності є складним завданням, яке на теперішній час не вирішено повною мірою.

У технологічному потоці виробництва НМПЗ важливим є:

- забезпечити формування дрібних кристалів льоду;
- зменшити рухливість водної фази, розірвати її безперервність наявністю гідрофобних прошарків;
- зменшити тиск кристалів льоду на морфологічні утворення (переважно м'язову тканину) м'ясної системи;
- уповільнити утворення нерозчинних комплексів білків, що призводить до зниження гідрофільних та функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем;
- підвищити гідратаційні властивості м'ясної системи під час розморожування та забезпечити максимальне відновлення її первинних властивостей.

На основі аналізу перетворень, що мають місце в м'ясних системах під час заморожування, стає зрозумілим, що використання систем

(речовин), які здатні впливати на процес кристалоутворення водної фази, дифузійні та осмотичні процеси, забезпечить формування нових технологічних властивостей, реалізація яких у технологічному потоці дозволить одержати принципово нові НМПЗ та готову кулінарну продукцію на їх основі.

Як відомо [73], рівноважна енергія зв'язку (E) вологи в замороженому продукті згідно з рівнянням Д.Г. Рютова залежить від температури замороженого продукту:

$$E = \Delta H_{кр} \frac{-t}{273,15}, \quad (2.1)$$

де $\Delta H_{кр}$ – питома теплота перетворення води в лід, кДж/кг;

t – кінцева (рівноважна) температура продукту для зазначеної енергії зв'язку, °С.

Як видно з цього рівняння, на характер зв'язку вологи можна впливати величиною $\Delta H_{кр}$ – питомою теплотою перетворення води в лід, яка в харчовому продукті змінюється завдяки наявності розчинених речовин. Таким чином, зменшення теплоти перетворення води в продукті буде призводити до зменшення температури, за якої настає повне виморожування вологи, та як наслідок збільшуються кріопротекторні властивості продукту.

Також відомо, що згідно другого закону Рауля збільшення концентрації розчинених речовин знижує кріоскопічну температуру прямо пропорційно моляльній концентрації:

$$\Delta t_{кр} = Kn_{\mu}, \quad (2.2)$$

де n_{μ} – моляльна концентрація, моль/кг,

K – кріоскопічна стала, К/(моль/кг).

Таким чином, збільшення концентрації розчинених речовин у м'ясній системі також приведе до зменшення кріоскопічної температури,

яка обумовлює початок процесу кристалізації та розмір кристалів. Чим менша ця температура, тим менші кристали льоду та менший коефіцієнт дифузії через мембрани клітин, що є позитивним фактором із точки зору збереження споживчих властивостей сировини, що заморожується.

На сьогодні науковці та виробники значну увагу приділяють розробці та запровадженню технологій м'ясних продуктів, до складу яких входять емульсійні системи. Переваги застосування емульсійних систем полягають у можливості ефективного використання м'ясної сировини, високому рівні технологічної сумісності емульсійних систем зі структурним матриксом базової м'ясної системи, позитивному впливі емульсійних систем на структурно-механічні, функціонально-технологічні показники, показники якості та вихід готової продукції.

Згідно з інноваційною стратегією в технології НМПЗ доцільним є використання емульсійних систем, які під впливом заморожування-розморожування мають високу стійкість до коалесценції, при цьому водна фаза міцно пов'язана з сольватними оболонками жирових глобул. Використання емульсійних систем дозволить одержати м'ясні посічені системи з необхідними структурно-механічними властивостями, збільшити частку фізично зв'язаної вологи, збільшити її в'язкість та зменшити рухливість, реалізувати кріопротекторні властивості ліпідів (жирів).

Із огляду на зазначене сформульовано наукову гіпотезу дослідження – корегування стану та складу м'ясного фаршу як харчової гетерогенної системи введенням стійких до заморожування-розморожування емульсійних систем дозволить забезпечити формування дрібних кристалів льоду та зменшити їх тиск на м'язове волокно, знизити рухливість водної фази за рахунок підвищення в'язкості та наявності гідрофобних прошарків, регулювати харчову цінність та функціонально-технологічні властивості м'ясних фаршів.

Систематизація наукових даних із використання у складі м'ясної продукції емульсійних систем дозволяє визначити значний технологічний потенціал тваринних білків на основі колагенвмісної сировини, які відповідають наступним вимогам:

- гарантування постійного хімічного складу та властивостей для підтримки заявлених виробником якості та безпечності продуктів;
- відсутність інгредієнтів, які одержано з генетично модифікованих джерел;
- використання переважно фізичних та/чи гідротермічних способів обробки;
- широкий спектр функціонально-технологічних властивостей (зв'язування вологи, підвищення в'язкості, поверхнева активність, здатність до гелеутворення та ін.);
- збільшення виходу готових виробів зі зниженням витрат сировини;
- зниження собівартості готової продукції;
- використання в технологічному процесі типового технологічного устаткування.

Слід зазначити, що в технології м'ясної продукції одним із важливих чинників, що впливає на формування властивостей м'ясних систем емульсійної структури, є температура, яка під час емульгування підвищується. Локальний перегрів фаршу сприяє частковій денатурації білків і, як наслідок, погіршенню основних функціонально-технологічних властивостей готової продукції. Тому виділення з технологічного циклу виробництва НМПЗ окремого модуля – емульсійної системи, в межах якої буде скеровано здійснено диспергування жирової фази, є, безумовно, позитивним.

За умови розуміння поведінки емульсійної системи в складі м'ясних систем процес заморожування-розморожування може бути керованим, а

новоутворена система буде скорегована як за складом окремих елементів, так і за їх впливом на формування функціонально-технологічних властивостей.

Вищезазначене стало передумовою визначення інноваційного задуму нового продукту – напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем на основі білка тваринного (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Інноваційний задум нового продукту – напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених

Показники	Характеристика
1	2
Концепція продукту	НМПЗ характеризуються підвищеними функціонально-технологічними властивостями, які позитивно впливають на органолептичні показники готового виробу, високою стабільністю під час зберігання, зменшеними втратами під час заморожування-розморожування та теплової обробки. Готовий продукт відрізняється соковитістю та ніжною консистенцією. Технологічний процес виробництва готової продукції на основі НМПЗ є ресурсозберігаючим, відсутні трудомісткі технологічні операції підготовки сировини та напівфабрикатів. Має доступну для споживачів ціну.
Цільовий сегмент	B2B: HoReCa (заклади ресторанного господарства різних форматів, в тому числі мережеві; ресторани при готелях та ін.); навчальні заклади, промислові підприємства, зосереджений контингент (військові). B2C: широкі верстви населення через підприємства оптової та роздрібної торгівлі.
Конкурентні переваги	Розроблений продукт являє собою напівфабрикат м'ясний посічений заморожений із підвищеними вологов'язуючою та жирутримуючою здатностями. Використання емульсійних систем на основі білка тваринного та рослинних олій, які є додатковим джерелом поліненасичених жирних кислот та білка, дозволяє запропонувати продукцію з новими

1	2
	споживчими властивостями. Використання НМПЗ дозволить значно скоротити час приготування їжі, знизити трудомісткість технологічного процесу, що особливо актуально в закладах ресторанного господарства зі скороченим технологічним циклом
Органолептичні показники продукту	НМПЗ характеризуються заданими геометричними формою та розміром, в розмороженому вигляді мазкою консистенцією без відшарування вологи. Колір – рожевий різної інтенсивності, смак та запах властиві доброякісній сировині та прянощам
Маса продукту	Від 0,008 кг до 1,0 кг залежно від асортименту та технологічного призначення
Асортимент	Формування асортименту досягається використанням спецій, прянощів, додаткових рецептурних компонентів та наданням НМПЗ певних форм та розмірів
Строки та умови зберігання	$t \leq -18^{\circ} \text{C}$, $\tau \leq 60$ діб $t \leq -10^{\circ} \text{C}$, $\tau \leq 30$ діб $t \leq -5^{\circ} \text{C}$, $\tau \leq 48$ год
Прогнозована сировинна собівартість.	28,0...30,0 грн за 1 кг
Прогнозована роздрібна ціна	40,0...42,0 грн за 1 кг
Матеріал пакування	Полімерні, поліетиленові матеріали

На цій підставі сформульовано наукові та технологічні завдання, які потребують вирішення:

– обґрунтування складу та умов одержання емульсійних систем, стійких до заморожування-розморожування, на основі білка тваринного;

– визначення закономірностей зміни функціонально-технологічних, структурно-механічних та теплофізичних характеристик м'ясних систем на основі подрібненого м'яса з ЕС під час заморожування-розморожування;

– обґрунтування параметрів технологічного процесу одержання кінцевого (цільового) продукту – НМПЗ;

- формування ключових технічних та технологічних характеристик нового продукту;
- визначення конкурентоспроможності інновацій, реалізованих у технології нового продукту.

Реалізація інноваційної стратегії потребує формалізації технології у вигляді моделі технологічної системи виробництва НМПЗ (рис. 2.1).

У межах моделі технологічної системи виробництва НМПЗ відокремлено окремі підсистеми (C_1 , C_2 , C_n , B , A) та встановлено функціональні зв'язки між ними, параметри яких потребують обґрунтування.

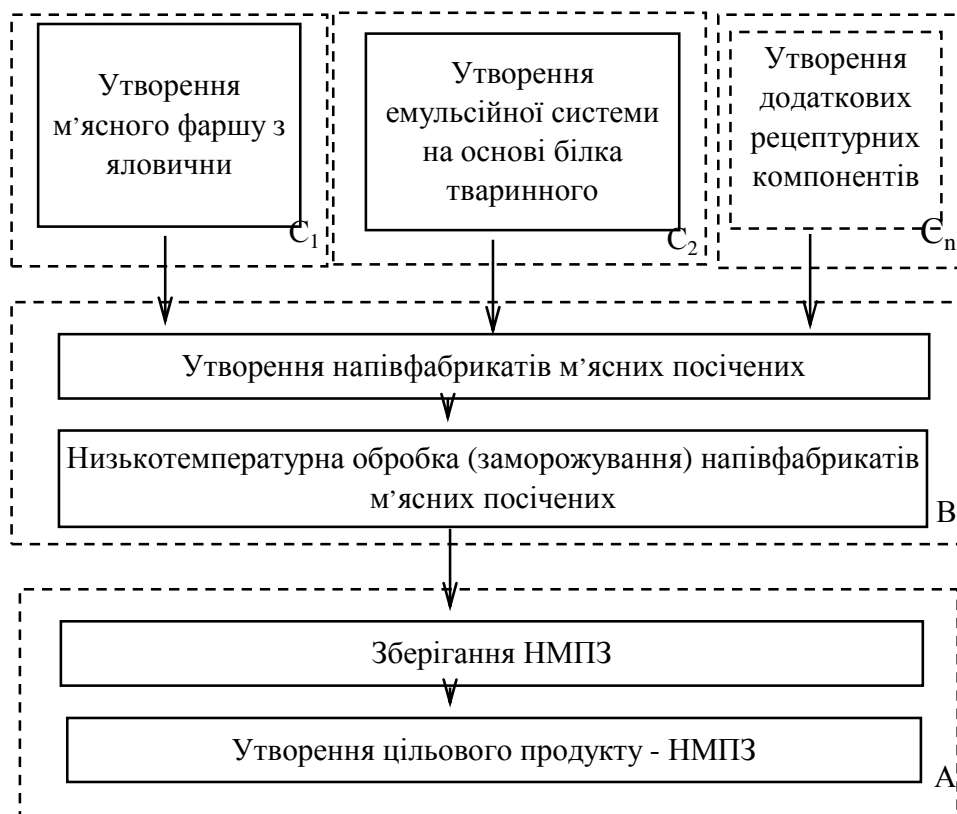


Рисунок 2.1 – Модель технологічної системи виробництва НМПЗ

2.2. Дослідження впливу заморожування-розморожування на теплофізичні показники та функціонально-технологічні властивості м'ясних систем на основі подрібненого м'яса яловичини

На основі аналізу літературних джерел (підрозділ 1.1) та сформульованої наукової гіпотези дослідження спрогнозовано доцільність використання емульсійних систем у складі напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених.

Незважаючи на наявність у дослідницькій літературі великої кількості відомостей стосовно впливу заморожування-розморожування на м'ясну сировину, у тому числі посічену, абсолютні значення її фізико-хімічних, теплофізичних та інших показників знаходяться в широких межах (внаслідок використання сировини з індивідуальним хімічним складом та використання різних способів заморожування), та без експериментального визначення не можуть бути використані для оцінки перебігу фазових та фазово-структурних перетворень.

Досліджено вплив заморожування-розморожування на теплофізичні та функціонально-технологічні властивості м'ясних систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю, загальний хімічний склад яких наведено в табл. 3.2. Визначення проводили за традиційними методиками: масову частку сухих речовин – за ГОСТ 9793 [169], вміст загального білка – методом К'ельдаля [170], масову частку жиру – методом Сокслета [171], масову частку загальних мінеральних речовин – спаленням наважки з подальшою мінералізацією за температури 450° С.

М'ясні системи одержували, подрібнюючи м'ясо яловичини (односортне) на м'ясорубці з діаметром отворів решітки $(3...4) \times 10^{-3}$ мм та додаючи подрібнений жир-сирець у різній кількості. Кількість введеного жиру-сирцю відповідає вмісту жирового компонента у традиційних

рецептурах м'ясних натуральних посічених напівфабрикатах [214]. Зразок 4 являє собою жир-сирець подрібнений.

М'ясні системи піддавали заморожуванню-розморожуванню на лабораторній низькотемпературній установці, оснащій вимірювачем-регулятором багатфункціональним восьмиканальним ОВЕН ТРМ 138-Р із автоматичним перетворювачем інтерфейсів ОВЕН АС 4 (рис. 2.2); температура зразків вимірювалася автоматично з дискретністю $\Delta\tau = 1 \times 60$ с.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд вимірювача-регулятора багатфункціонального восьмиканального ОВЕН ТРМ 138-Р із автоматичним перетворювачем інтерфейсів ОВЕН АС 4

Порівняльний аналіз загального хімічного складу досліджувальних зразків (табл. 3.2) дозволяє констатувати (у ряді зразок 1 → зразок 3), незначне зменшення масової частки вологи з $73,4 \pm 0,2\%$ до $68,9 \pm 0,2\%$ та білків із $19,8 \pm 0,2\%$ до $17,3 \pm 0,2\%$, суттєве збільшення ($\sim 2,3$ разу) масової частки жиру – з $5,8 \pm 0,1\%$ до $13,2 \pm 0,1\%$.

Згідно з експериментальними даними, після заморожування-розморожування спостерігається зменшення масової частки вологи у зразках 1...3. Проте слід зазначити, що відсоток зменшення масової

частки вологи зменшується зі збільшенням у системах масової частки жиру. Так масова частка вологи у зразках 1, 2, 3 зменшилась на ~1,5%, 1,1%, й 0,7% відповідно.

Дослідження теплофізичних характеристик м'ясних систем під час заморожування-розморожування здійснювали шляхом побудови термограм у температурному інтервалі $-20 \dots +20^\circ \text{C}$ з обробкою результатів експерименту в програмному забезпеченні Owen Process Manager; розрахунок параметрів температурної залежності ефективної питомої теплоємності систем здійснювали, використовуючи метод аналізу кінетики явищ переносу в нерівноважних термодинамічних системах [185; 186], одержуючи інформаційні параметри (рис. 2.3).

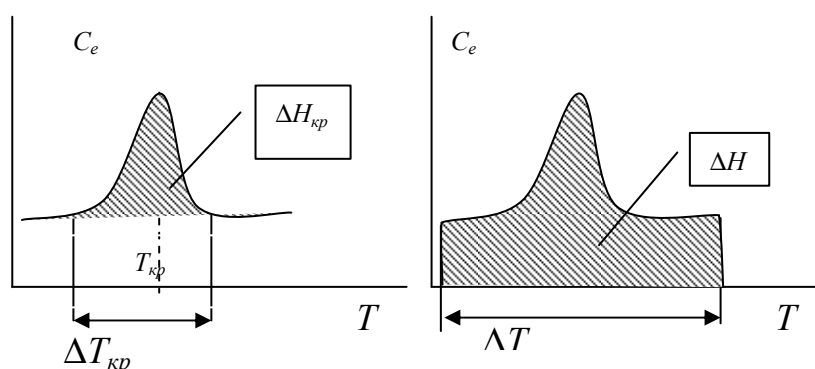


Рисунок 2.3 – Інформаційні параметри температурної залежності ефективної питомої теплоємності $C_e = f(T)$: $T_{кр}$ – криоскопічна температура, $^\circ\text{C}$; $\Delta T_{кр}$ – криоскопічний інтервал температур, $^\circ\text{C}$; $\Delta H_{кр}$ -- питома теплота фазового переходу в криоскопічному інтервалі температур, kJ/K ; ΔH – зміна ентальпії в інтервалі температур (ΔT) зразка, що вимірювався, kJ/K

Характерний пік ефективної теплоємності відповідає фазовому переходу вода–лід, положення його максимуму фіксує криоскопічну температуру системи. Ширина піка біля основи визначає криоскопічний інтервал температур початку й кінця фазового переходу, площа під піком

фазового переходу – питому теплоту фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур.

Враховуючи, що

$$\Delta H_{кр} = L_{\omega} \Delta \omega, \quad (2.3)$$

де L_{ω} – питома теплота фазового переходу вода–лід, 335 кДж/кг;

$\Delta \omega$ – частка вологи, що змінює свій агрегатний стан в кріоскопічному інтервалі температур (кількість вимороженої або розплавленої вологи), яку розраховували за формулою

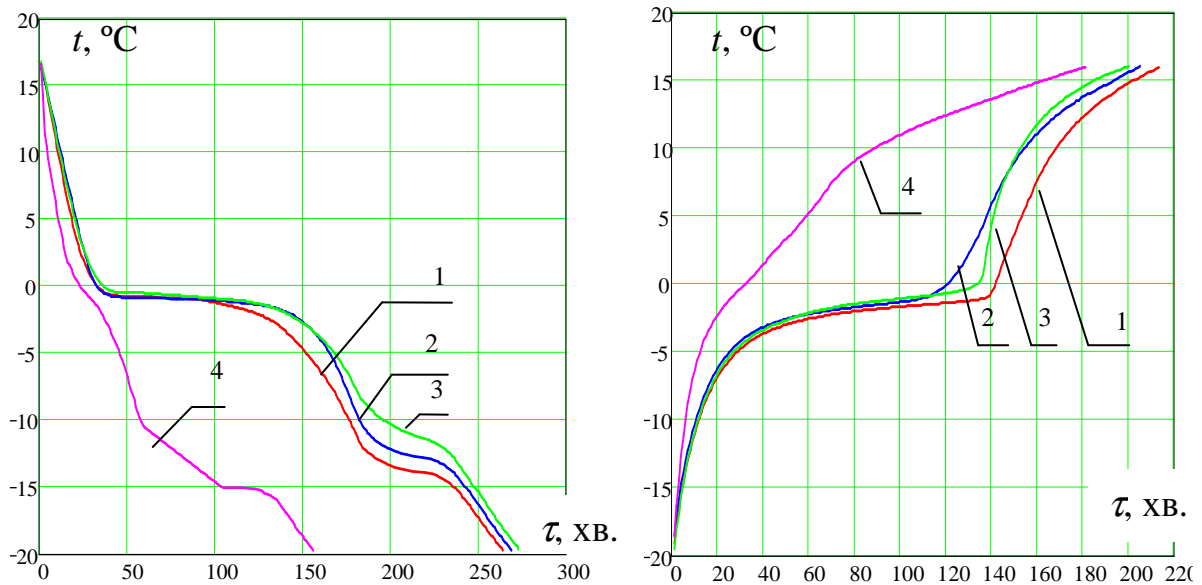
$$\Delta \omega = \Delta H_{кр} / L_{\omega}. \quad (2.4)$$

Зміну ентальпії ΔH визначали за площею під всією кривою ефективною питомою теплоємністю в дослідженому температурному діапазоні.

На рис. 2.2 наведено термограми процесу заморожування-розморожування систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю (характеристика зразків відповідає даним табл. 2.2).

На рис. 2.2а, б видно, що криві заморожування-розморожування зразків 1...3 мають однаковий загальний вигляд, але різні абсолютні значення. Так, незалежно від кількості жиру-сирцю у м'ясній системі, процес їх охолодження до кріоскопічної температури (криві 1–3) описується практично однаковими кривими.

Процес заморожування тканин м'яса можна розглядати як процес замерзання тканинної рідини – розчина відносно невеликої молярної концентрації. Під час заморожування (рис. 2.2а) можна виділити три діапазони температур.



а) заморожування

б) розморожування

Рисунок 2.2 – Кінетика процесу заморожування-розморожування систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю (характеристика зразків 1, 2, 3, 4 відповідає даним табл. 3.2)

На першому етапі охолодження зразків від $+17^{\circ}\text{C}$ до $+1^{\circ}\text{C}$ та зниження температури зразків відбувається пропорційно кількості роботи з відбору тепла. На другому етапі температура зразків знижується від $+1^{\circ}\text{C}$ до -4°C , настає переохолодження системи, та відбувається кристалізація приблизно 70% рідкої фази продукту. На третьому етапі має місце доморожування зразків за температури від -4°C до -20°C . При цьому утворення нових кристалів не відбувається, розпочинається зростання вже утворених. Зниження температури відбувається пропорційно роботі з відбору тепла.

На рис. 2.3 наведено температурні залежності ефективної теплоємності м'ясних систем та жиру-сирцю під час заморожування-розморожування, у табл. 2.3 представлено їх інформаційні параметри.

Аналіз одержаних даних (табл. 2.3) дозволяє констатувати, що процес заморожування-розморожування є необоротним – всі параметри температурної залежності ефективної теплоємності змінюються, однак характер вищевказаних змін має індивідуальний характер.

Встановлено, що криоскопічні температури систем на основі подрібненого м'яса яловичини (під час заморожування) знаходяться в інтервалі $(-1,1 \dots -0,9)^\circ \text{C}$. Для всіх систем із підвищенням вмісту жирової складової спостерігається збільшення криоскопічного інтервалу температур ($\Delta T_{кр}$).

Характер зміни криоскопічного інтервалу температур дозволяє визначити, що наявність жиру суттєво впливає на процес заморожування-розморожування.

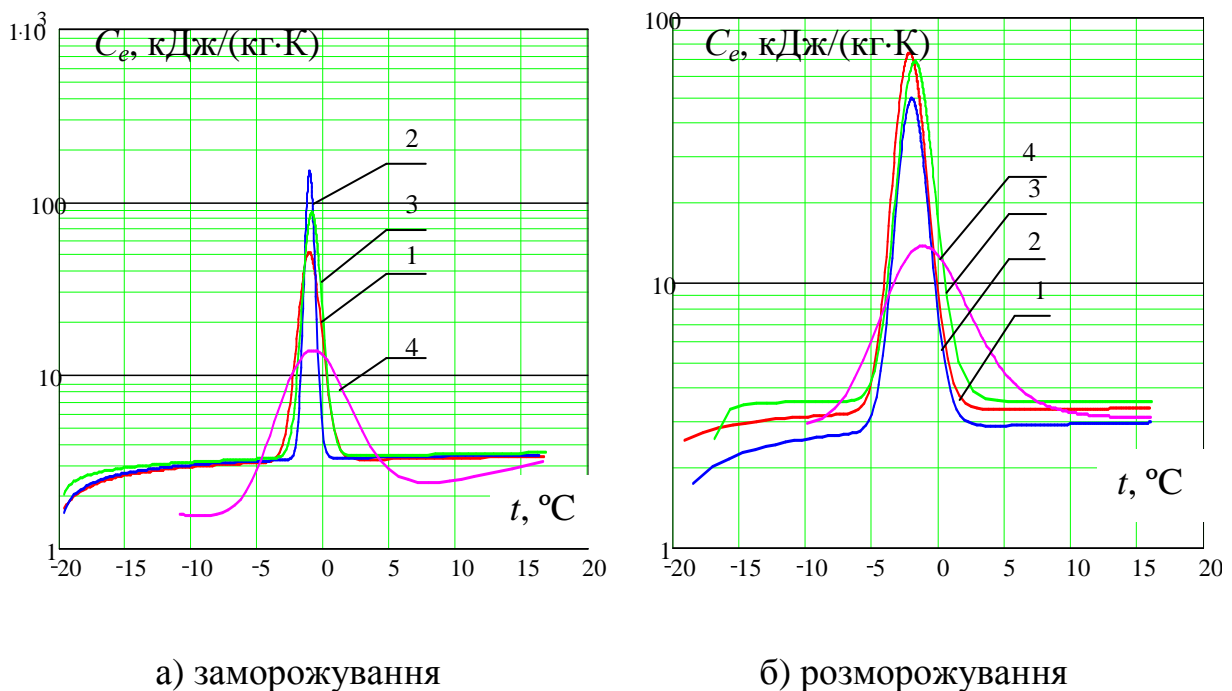


Рисунок 2.3 – Температурні залежності ефективної питомої теплоємності систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю (характеристика зразків 1, 2, 3, 4 відповідає даним табл. 3.2)

Таблиця 2.3 – Параметри температурної залежності ефективної теплоємності систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю

Показники	Зразки							
	1	2	3	4*	1	2	3	4*
	під час заморожування				під час розморожування			
Кріоскопічна температура, $T_{кр}$, °С	-1,1	-1,1	-0,9	-5,1	-1,1	-1,2	-1,8	-
Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta T_{кр}$, °С	2,4	2,9	4,4	-	7,2	7,4	8,2	-
Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$, кДж/К	88	92	99	-	100	118	154	-
Зміна ентальпії в інтервалі температур, що вимірювався, ΔH , кДж/К	199	218	230	239	207	250	296	215
Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$	0,26	0,27	0,30	-	0,30	0,31	0,33	-

* зразок 4 – подрібнений жир-сирець

Мінімальне значення кріоскопічного інтервалу температур ($\Delta T_{кр}=2,4^{\circ}\text{C}$) зафіксоване для зразка 1, найбільше значення ($\Delta T_{кр}=4,4^{\circ}\text{C}$) характерне для систем із подрібненого м'яса яловичини за вмісту жиру 13,2% (зразок 3), що пов'язано зі зміною хімічного складу.

Зі збільшенням частки жирової складової для всіх досліджуваних систем характерним є підвищення значення питомої теплоти фазового переходу, що повною мірою співвідноситься з існуючими даними літературних джерел про вплив жиру на процес заморожування.

Порівняльний аналіз теплофізичних характеристик м'ясних систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю в циклі заморожування-розморожування дозволяє зробити наступні висновки. Під час розморожування у всіх зразків значно збільшується кріоскопічний

інтервал температур (в 1,8...3,0 раз). Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур має однакову тенденцію до збільшення в 1,1...1,5 разу зі збільшенням жирової складової в системі. Під час розморожування поряд із підвищенням питомої теплоти фазового переходу збільшується в 1,1...1,5 разу частка вологи ($\Delta\omega$), що змінює агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур. При цьому зі збільшенням частки жирової складової в системі від $5,8\pm 0,1\%$ до $13,2\pm 0,1\%$ цей показник зменшується на 10...15% відповідно.

Характер температурної залежності ефективної теплоємності жиру-сирцю свідчить про відсутність чітко вираженого фазового переходу. Структурні зміни в жирі спостерігаються у всьому досліджуваному діапазоні температур, що свідчить про переважну частку зв'язаної вологи в ньому. Це підтверджується низьким значенням температури, за якою спостерігається максимум теплового ефекту під час заморожування жиру-сирцю ($T_{кр} = -5,1^\circ \text{C}$).

Разом із дослідженням теплофізичних характеристик важливим є визначення функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем у взаємозв'язку з оцінкою негативного впливу низькотемпературної обробки.

На рис. 2.4 наведено результати дослідження вологозв'язуючої (ВЗЗ) та жируотримуючої (ЖУЗ) здатностей м'ясних систем під час заморожування-розморожування.

Вологозв'язуючу здатність м'ясних систем визначали ваговим методом у модифікації [184] для систем із підвищеним вмістом жиру. Для дослідження зразки масою 0,3 г із абсолютною похибкою 0,001 г поміщали на поліетиленову плівку, яку переносили на фільтрувальний папір, розкладений на скляній пластині, щоб зразок фаршу знаходився на фільтрувальному папері. Зверху поліетиленову плівку накривали пластиною, на яку ставили вантаж масою 1 кг. Тривалість пресування

складала 10×60 с. Після закінчення пресування масу знімали з фільтрувального паперу; папір зважували і поміщали в сушильну шафу з температурою 105° С для висушування до постійної маси.

Вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) систем обчислювали за формулою 2.5:

$$ВЗЗ = 100 - (v - c) \times \frac{100}{a \times M} \times 100, \quad (2.5)$$

де a – маса наважки, г;

v – маса фільтрувального паперу після пресування та зняття з нього фаршу, г;

c – маса фільтрувального паперу після пресування, зняття з нього фаршу та висушування, г;

M – масова частка вологи в наважці, %.

Жирутримуючу здатність м'ясних посічених систем визначали за методикою Р.М. Салаватуліної [178].

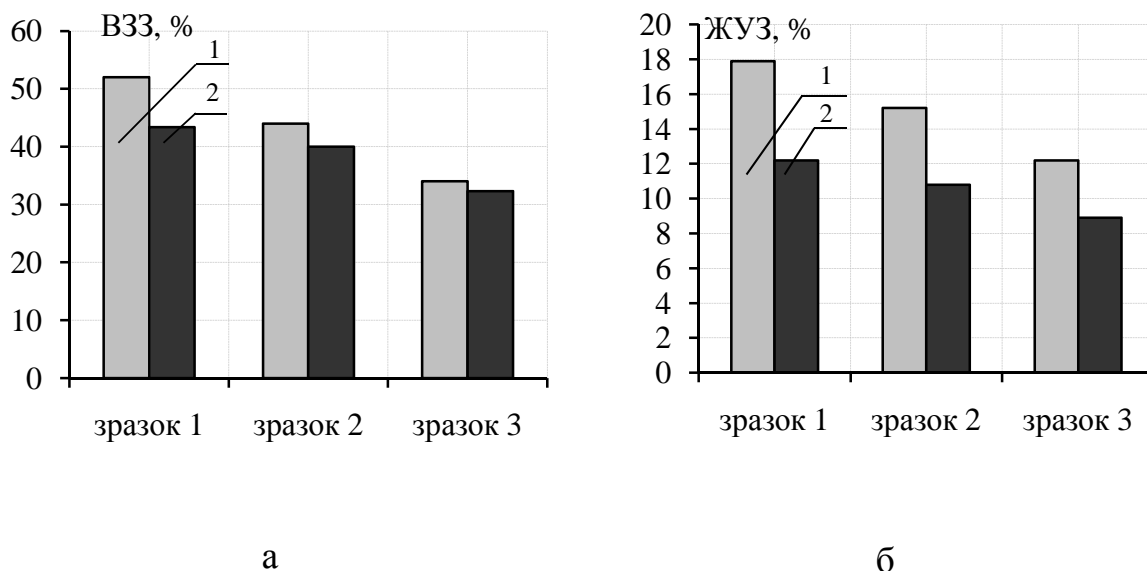


Рисунок 2.4 – Вплив заморожування-розморожування на ВЗЗ (а) та ЖУЗ (б) систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю: 1 -- до заморожування, 2 – після заморожування-розморожування (характеристика зразків 1, 2, 3 відповідає даним табл. 2.2)

Встановлено, що зі збільшенням масової частки жиру спостерігається зменшення ВЗЗ (з $52,0 \pm 0,3\%$ до $34,2 \pm 0,2\%$) та ЖУЗ (з $17,9 \pm 0,2\%$ до $12,2 \pm 0,1\%$), що імовірно пов'язано зі зменшенням в системі білкової складової, яка визначає вологозв'язуючі та жирутримуючі властивості м'ясної системи. Незалежно від хімічного складу та вмісту жирової складової процес заморожування-розморожування сприяє погіршенню властивостей м'ясних систем, однак у меншому ступені в системах з більшою масовою часткою жиру. Так, ВЗЗ зразків 1, 2, 3 після низькотемпературної обробки зменшилась у 1,2, 1,1 і 1,05 разу відповідно.

Зміни функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем після заморожування-розморожування перш за все пов'язані зі змінами хімічного складу, й зокрема, зменшенням білкової та збільшенням жирової складової.

Згідно з експериментальними даними (табл. 2.2) після заморожування-розморожування змінюється хімічний склад зразків: має місце зменшення масової частки води на $1,0 \dots 2,0\%$, збільшення кількості білків (на $\sim 2,3 \dots 4,8\%$) та жиру (на $2,2 \dots 6,5\%$).

Фракційний склад білків м'ясних систем визначали фотометричним методом із використанням фотоелектроколориметра. Для проведення дослідження використовували дистильовану воду, розчин NaOH (10%), сольовий розчин Вебера (на 100 мл розчину $0,106$ г Na_2CO_3 , $4,476$ г KCl та $0,336$ г NaHCO_3) та біуретовий реактив.

Наважку м'язової тканини, очищену від жиру та сполучної тканини, масою $3 \dots 4$ г ретельно подрібнювали ножем на часовому склі, доливали дистильовану воду (у співвідношенні 1:6 (за масою)), проводили екстракцію за температури 0°C протягом 30×60 с та центрифугували за частоти обертання 83 s^{-1} протягом 5×60 с. Декантовану надосадову рідину використовували для кількісного визначення водорозчинних (саркоплазматичних) білків, осад (I) піддавали подальшій обробці.

Осад (I) переносили у фарфорову ступку, розтирали з піском, доливали сольовий розчин Вебера (у співвідношенні 1:6) до первісної наважки м'язової тканини, проводили екстракцію за температури 0° С протягом 20×60 с, центрифугували за частоти обертання 83 с⁻¹ протягом 10×60 с. Декантовану надосадову рідину використовували для кількісного визначення солерозчинних (міофібрилярних) білків, осад (II) піддавали подальшій обробці.

Осад (II) переносили в термостійку пробірку, додавали 10 см³ розчину NaOH (10%), нагрівали на водяній бані (за температури до 96 °С), охолоджували та центрифугували за частоти обертання 83 с⁻¹ протягом 5×60 с. Декантовану надосадову рідину використовували для кількісного визначення лужнорозчинних білків (білків строми).

Для проведення кольорової реакції до 1 см³ досліджуваних розчинів білків (фракції: водорозчинна, солерозчинна, лужнорозчинна) додавали 4 см³ біуретового реактиву та витримували за температури 20,0±,5° С протягом 30×60 с. Оптичну густину розчину виміряли на фотоелектроколориметрі з зеленим світлофільтром за довжини хвилі 540...590 мкм.

Масову частку водо-, соле- та лужнорозчинних білкових фракцій (%) визначали за формулою

$$X=100(c \cdot V)/m, \quad (2.6)$$

де c – концентрація білка, визначена за калібрувальним графіком, мг/см³;

V – об'єм проби після екстрагування відповідної білкової фракції, см³;

m – маса наважки м'язової тканини, мг.

Дослідження фракційного складу білків м'ясних систем показало, що вони є гетерогенними за складом і представлені декількома фракціями (табл. 2.4). Основною фракцією білків м'ясних систем є солерозчинні,

вміст яких складає ~52% від загальної кількості білків, на частку водорозчинної фракції припадає в середньому 33%, решта – білки строми та нерозчинний осад.

Таблиця 2.4 – Вплив заморожування-розморожування на фракційний склад білків систем на основі подрібненого м'яса яловичини та жиру-сирцю

Показники	М'ясні системи до заморожування			М'ясні системи після заморожування-розморожування		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Масова частка загального білка, %	$\frac{19,8 \pm 0,2}{100}$	$\frac{18,7 \pm 0,2}{100}$	$\frac{17,3 \pm 0,2}{100}$	$\frac{20,8 \pm 0,2}{100}$	$\frac{19,4 \pm 0,2}{100}$	$\frac{17,7 \pm 0,2}{100}$
Водорозчинна фракція, %	$\frac{6,5 \pm 0,3}{32,9}$	$\frac{6,2 \pm 0,3}{33,1}$	$\frac{5,7 \pm 0,3}{33,0}$	$\frac{6,7 \pm 0,3}{32,4}$	$\frac{6,3 \pm 0,3}{32,7}$	$\frac{5,8 \pm 0,2}{32,7}$
Солерозчинна фракція, %	$\frac{10,3 \pm 0,5}{52,0}$	$\frac{9,7 \pm 0,4}{51,9}$	$\frac{9,0 \pm 0,4}{52,0}$	$\frac{10,1 \pm 0,5}{48,4}$	$\frac{9,5 \pm 0,4}{48,8}$	$\frac{8,7 \pm 0,4}{49,4}$
Лужнорозчинна фракція, %	$\frac{2,9 \pm 0,1}{15,1}$	$\frac{2,8 \pm 0,1}{15,0}$	$\frac{2,6 \pm 0,1}{15,0}$	$\frac{4,0 \pm 0,1}{19,2}$	$\frac{3,6 \pm 0,1}{18,5}$	$\frac{3,2 \pm 0,1}{17,9}$

Примітка: над рискою наведено вміст білка в складі м'ясних систем; під рискою – відсоток до загальної кількості білка

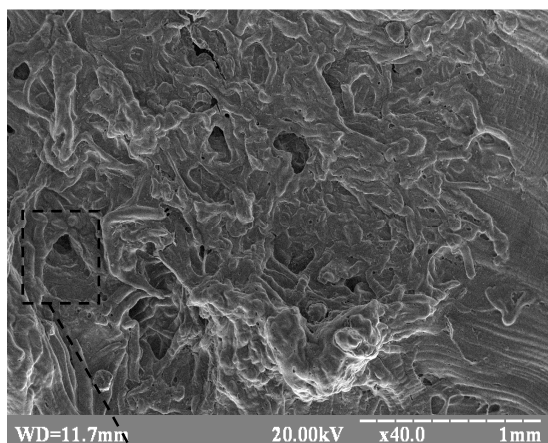
Експериментально встановлено, що заморожування-розморожування несуттєво впливає на кількість білків саркоплазми, їх відсоткове співвідношення залишилося практично незмінним (32,4...32,7%). Після заморожування-розморожування спостерігається зниження частки солерозчинник білків, що можливо пояснити високою лабільністю міофібрилярних білків до впливу низькотемпературної обробки.

Зменшення частки фракції солерозчинник білків свідчить про часткову денатурацію міофібрилярних білків із агрегуванням їх у складні комплекси, зниження розчинності та випадіння в осад. Про це свідчить і

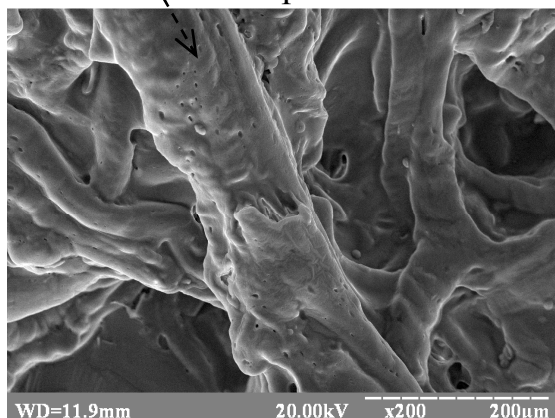
підвищення частки лужнорозчинної фракції (у 1,2...1,3 разу). Ці процеси мають менш виражену тенденцію зі збільшенням кількості жирової складової в системах.

Підтвердженням негативних змін у м'ясній посіченій системі під час заморожування-розморожування стали зображення, зроблені до та після заморожування-розморожування за різного збільшення (рис. 2.5). Фотографії, зроблені за допомогою растрового електронного мікроскопа з попередньо проведеною спеціальною пробопідготовкою, що полягає в покритті поверхні зразків тонким шаром (50 – 100 Å) золота в умовах іонного напилювання на установці Ion Sputter Devise JFC-1100, дозволили одержати зображення дослідних зразків та охарактеризувати морфологічну картину поверхні предметів дослідження. М'ясна система з подрібненого м'яса до заморожування являє собою пухко розташовані розрізнені пучки м'язових і сполучнотканинних волокон різного розміру. На фотографії зразка до заморожування (рис. 2.5а, зб.×40 разів) зображено фрагменти міофібрил, їх рельєфи чітко виділені. Топографія зразків за більшого збільшення (рис. 2.5а, зб.×200 разів) показує наявність пошкоджень поверхні внаслідок прикладення механічної дії під час подрібнення та перемішування м'ясної системи, наявність на поверхні м'язового волокна агрегатів актоміозинового комплексу.

Заморожування-розморожування призводить до розрихлювання та склеювання м'язових та сполучнотканинних волокон; складно виділити окремі волокна, межі між ними розмиті, чітко не виділяються (рис. 2.5б, зб.×40 разів),

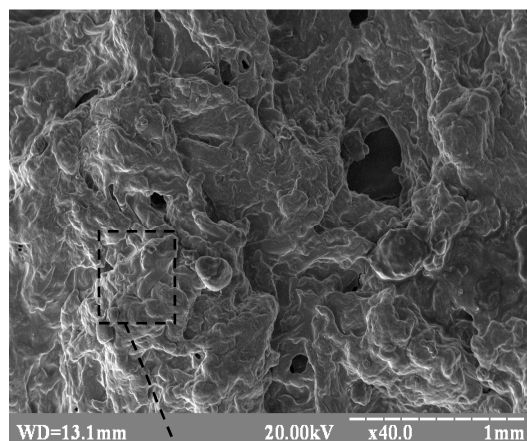


× 40 разів

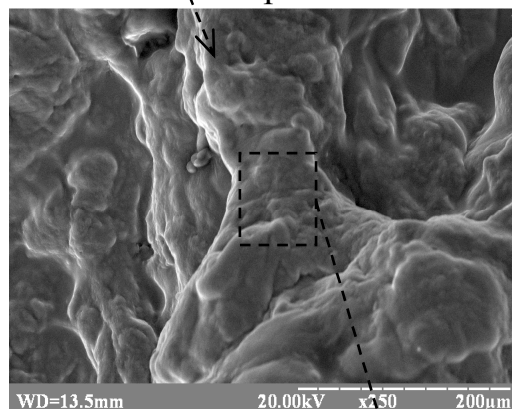


×200 разів

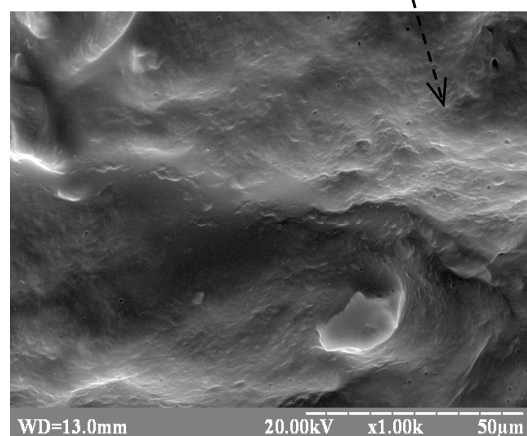
а) до заморожування



× 40 разів



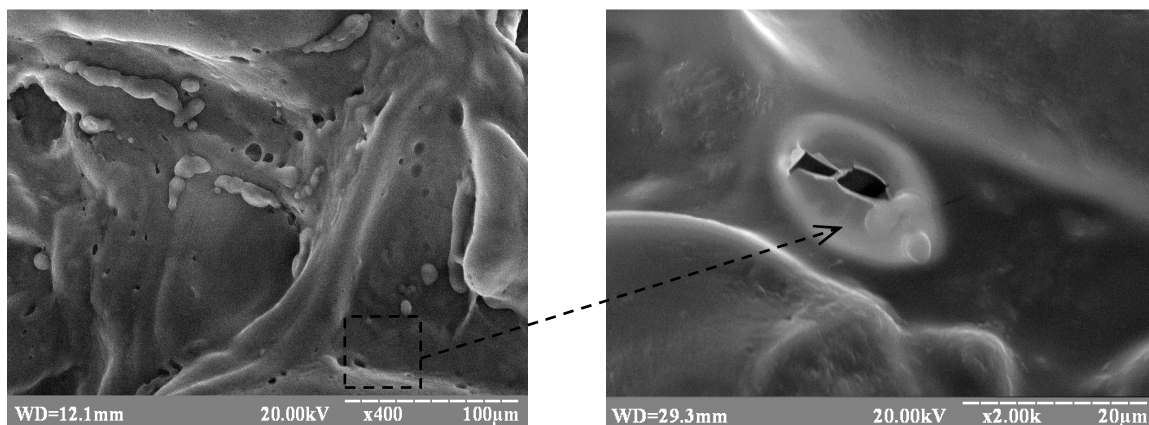
× 250 разів



× 1000 разів

б) після заморожування-розморожування

Рисунок 2.5 – Мікроструктура системи на основі подрібненого м'яса яловичини за вмісту жиру 5,8% (зразок 1) (а – до заморожування, б – після заморожування-розморожування) за різного збільшення



×400 разів

×2000 разів

Рисунок 2.6 – Мікроструктура систем на основі подрібненого м'яса яловичини за вмісту жиру 5,8% (зразок 1) після заморожування-розморожування за різного збільшення

діаметр м'язових волокон збільшено (рис. 2.5б, зб.×250 разів). Поступове збільшення зображення (рис. 2.6) дозволило виділити ділянки поверхні м'язового волокна з механічним пошкодженням оболонок кристалами льоду.

Таким чином, проведені дослідження доводять, що процес заморожування-розморожування систем на основі подрібненого м'яса яловичини супроводжується руйнівним впливом на м'язове волокно, наслідком чого є погіршення функціонально-технологічних властивостей (ВЗЗ, ЖУЗ) системи. Експериментально доведено, що зі збільшенням вмісту жирової складової в м'ясній системі процес заморожування-розморожування є більш зворотним.

Одержані результати дозволяють припустити, що жир у складі систем із подрібненого м'яса проявляє кріопротекторні властивості; ймовірно вони будуть виражені тим більше, чим вищий ступінь його дисперсності [215–217].

Ґрунтуючись на одержаних результатах експериментальних досліджень, вочевидь є доцільним використання в складі напівфабрикатів

м'ясних посічених заморожених емульсійних систем, що дозволить створити продукцію з необхідними функціонально-технологічними та теплофізичними показниками, забезпечити високі показники якості та безпеки під час реалізації технологічного циклу заморожування-розморожування.

2.3. Обґрунтування технологічних параметрів одержання емульсійних систем на основі білка тваринного

2.3.1. Обґрунтування впливу технологічних чинників на функціонально-технологічні властивості білка тваринного

На сьогодні на продовольчому ринку України білки тваринні представлено достатньо широким номенклатурним рядом, який формується як різними виробниками, так і марками в межах одного виробника. Вищезазначене обумовлює необхідність ґрунтовного вибору найбільш ефективного білка тваринного з огляду на його фізико-хімічні, функціонально-технологічні властивості та їх прояв в конкретному технологічному процесі.

Аналіз літературних джерел (підрозділ 1.3) показує, що властивості білків тваринних ретельно досліджено вітчизняними [97; 155; 157] та закордонними вченими [99–102; 156; 158]. Разом із тим за існування загального масиву інформації стосовно їх використання в складі харчової продукції розробка конкретної технології потребує визначення абсолютних значень їх функціонально-технологічних властивостей, які будуть визначати технологічні параметри регідратації, емульгування та інші.

Під час пошукових технологічних досліджень із огляду на інноваційний задум нової продукції обрано білок тваринний Gelexcel A-95 (фірма-виробник «Scanflavour», Данія). Переваги обраного білка

тваринного порівняно з іншими полягають у використанні органічної сировини – знежиреної свинячої шкурки (виробництво сертифіковане за національним органічним стандартом USDA); способі його виробництва – гідро-, термо-, механодеструкція з подальшим подрібненням і висушуванням; широкому спектрі функціонально-технологічних властивостей, економічній доступності та ін.

Білок тваринний Gelexcel A-95 (надалі – БТ) є різновидом желатину й являє собою суміш високофункціональних білків із визначеною молекулярною масою, які одержують внаслідок гідролітичного розпаду колагену. Гідротермічна трансформація структури колагену, яка супроводжується розривом водневих зв'язків та дезагрегацією білків (з утворенням глютина та желатоз), забезпечує вивільнення так званих «прихованих» функціональних груп, які визначають в цілому високі вологозв'язуючу та гелеутворюючу здатності.

Слід зазначити також позитивну роль БТ як колагенвмісної сировини з огляду на те, що за різного технологічного впливу – заморожування-розморожування, термообробки – зниження функціонально-технологічних властивостей м'язових білків може бути частково компенсоване білками сполучної тканини.

Досліджено органолептичні, фізико-хімічні показники БТ та проаналізовано його амінокислотний склад (табл. 2.5–2.7).

Таблиця 2.5 – Органолептичні показники БТ

Показники	Характеристика
Загальний вигляд та консистенція	Порошок тонкого помелу, сипучий, допускається незначне агломерування
Колір	Світло-кремовий, однорідний
Запах	Нейтральний, смаженого м'яса без стороннього запаху
Смак	Нейтральний, з присмаком смаженого м'яса без сторонніх присмаків

Таблиця 2.6 – Фізико-хімічні показники БТ

Показники	Вміст	
	в продукті	на суху речовину
Масова частка сухих речовин, %	97,5±0,3	100,0
Масова частка білка, %	91,5±0,3	93,8
Масова частка жиру, %	4,8±0,1	4,9
Масова частка золи, %	1,2±0,1	1,3
pH 5% розчину	7,0±0,1	-

Таблиця 2.7 – Амінокислотний склад БТ

Найменування амінокислот	Вміст амінокислот	
	г/100 г білка тваринного	%
1	2	3
Валін	2,5	2,8
Ізолейцин	1,5	1,7
Лейцин	3,3	3,7
Лізин	3,6	4,0
Метіонін	0,8	0,9
Треонін	1,9	2,1
Триптофан	0,2	0,2
Фенілаланін	2,0	2,2
Сума незамінних АК	15,8	17,6
Аланін	7,3	8,1
Аргінін	6,7	7,4
Аспарагінова кислота	6,4	7,2
Гістидін	1,1	1,2
Гліцин	18,2	20,3
Глутамінова кислота	9,3	10,4
Оксипролін	9,2	10,3
Пролін	10,7	11,9
Серин	3,2	3,6
Тирозин	1,4	1,6
Цистин	0,4	0,4
Сума замінних АК	73,6	82,4
Загальна кількість амінокислот	89,4	100

Дані табл. 2.7 свідчать, що амінокислотний склад БТ аналогічний амінокислотному складу більшості тваринних білків із колагенвмісної

сировини [99]. Домінуючими за вмістом є чотири амінокислоти – гліцин (20,3%), пролін (11,9%), оксипролін (10,3) та глютамінова кислота (10,4), практично відсутні триптофан (0,2%) та цистин (0,4%). Кількісний аналіз амінокислотного складу БТ дозволяє стверджувати, що він містить усі незамінні амінокислоти, однак якісний аналіз (табл. 2.8) свідчить про недостатню їх кількість порівняно з рекомендованим вмістом (ФАО/ВООЗ) та м'ясом яловичини, що характеризує його як джерело неповноцінного білка.

Проте можна прогнозувати, що в разі комбінування м'ясної сировини, яку «перевантажено» амінокислотами, з БТ за різних співвідношень, амінокислотний склад м'ясних систем буде наближено до оптимальних значень.

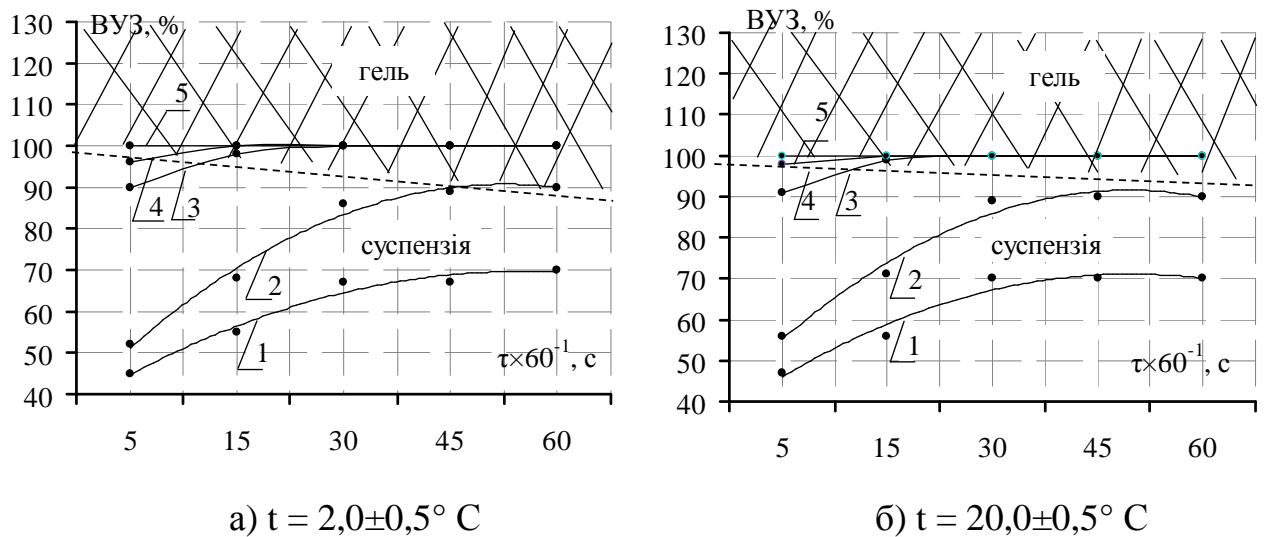
Таблиця 2.8 – Біологічна цінність БТ за амінокислотним скором

Незамінні амінокислоти	Амінокислотний склад, %				
	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг АК/1 г білка	М'ясо яловичини II сорту		БТ	
		мг/ г білка	скор, %	мг/ г білка	скор, %
Валін	50,0	55,3	110,6	27,0	54,0
Ізолейцин	40,0	42,9	107,2	16,0	40,0
Лейцин	70,0	78,5	112,1	36,0	51,4
Лізин	55,0	85,5	154,7	39,0	70,9
Метіонін+цистин	35,0	37,6	107,4	13,0	37,1
Треонін	40,0	43,0	107,5	21,0	52,5
Триптофан	10,0	10,7	107,0	2,0	20,0
Фенілаланін+тирозин	60,0	79,6	132,6	37,0	61,7

Експериментально досліджено умови регідратації БТ та визначено показники ВУЗ, яку визначали за методом [180], суть якого полягає в дослідженні розділення системи під дією сили тяжіння з утворенням надосадочного шару залежно від технологічних чинників (вміст БТ (1...10%), температури та тривалості ((1...60)×60 с) регідратації. Із

урахуванням особливостей технологічного процесу виробництва м'ясних посічених систем для регідратації використано воду питну за температури $2,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ та $20,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ (рис. 2.7).

Встановлено, що ВУЗ БТ залежить від його вмісту та тривалості регідратації. Внаслідок того, що процес регідратації супроводжується набряканням часточок БТ та розчиненням низькомолекулярних сполук модифікованої колагенової сировини, ВУЗ зростає як з підвищенням концентрації БТ, так і зі збільшенням часу регідратації.



Рисунк 2.7 – Залежність ВУЗ систем на основі БТ за температури води питної $2,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ (а) та $20,0\pm 0,5^\circ\text{C}$ (б) від тривалості регідратації та концентрації БТ, %: 1 – 1,0; 2 – 3,0; 3 – 5,0; 4 – 7,0; 5 – 10,0

Дані, наведені на рис. 2.7а, б, свідчать, що в перші 30×60 с спостерігається інтенсивне підвищення ВУЗ зразків 1...2 (за вмісту БТ 1...3%). Сталих величин ВУЗ досягає для зразків із вмістом БТ 1,0...5,0% – через 30×60 с, 7,0% – 15×60 с, 9,0...10,0% – 8×60 с. Максимальна величина ВУЗ зразків, що досліджувались, коливається в межах 55...100% і становить для зразків із вмістом БТ 1,0% – $67\pm 1\%$; 3,0% – $90\pm 2\%$; 5,0...10,0% – 100%.

Згідно з проведеними дослідженнями визначено критичну концентрацію гелеутворення БТ, яка відповідає 5,0%. Системи з вмістом БТ <5,0% являють собою пастоподібну суспензію з різною величиною седиментаційної стійкості, понад >5,0% утворюються структуровані системи – гелі.

Дослідження впливу температури води питної (рис. 2.7а, б) на ВУЗ БТ показали, що цей показник збільшується незначним чином (на 1,0...1,5%). Загальна тенденція зберігається для всіх зразків, що досліджувались. Дослідження впливу NaCl як рецептурного компонента НМПЗ в інтервалі концентрацій 0,1...1,0%, практично не впливає на процес регідратації БТ.

Тож із урахуванням проведених досліджень можна зазначити, що раціональними параметрами регідратації БТ є температура – 10,0...12,0° С (з огляду на термолабільність білків м'язового волокна та традиційну температуру води питної, що використовується на виробництвах), тривалість процесу – $(30 \pm 1) \times 60$ с.

Використання БТ як функціонального інгредієнта для одержання емульсійних систем визначає доцільність вивчення структурно-механічних властивостей систем на його основі залежно від технологічних чинників (концентрації, температури).

В'язкість зразків досліджували на віскозиметрі постійної напруги ВПН – 0,2М [181; 182]. За одержаними даними будували криві течії $\eta = f(\dot{\gamma})$.

Визначення міцності гелів на основі білка тваринного проводили на приладі Валента. Для цього гідратовану дисперсію білка тваринного розливали у сухі склянки, які витримували за температури 20° С протягом $(2...3) \times 3600$ с. Потім склянки з утвореним гелем ставили на підставку приладу Валента, горизонтально встановленого за допомогою ватерпаса, і на поверхню гелів обережно опускали грибоподібну насадку. Поверхня, на

яку давила насадка, мала площу 2 см^2 . У судину, поміщену на площадку, повільно насипали сухий промитий і прожарений пісок доки насадка, надавлюючи на гель, не прорве його.

Навантаження подавали з однаковою швидкістю, рівній $10 \dots 12 \text{ г/с}$. Міцність гелю випробували під навантаженням, необхідним для його прориву, і обчислювали у грамах. Під час обчислення міцності гелів враховували масу піску, склянки, стрижня з насадкою та площадкою. Із усіх визначених для гелю значень обчислювали середнє арифметичне. Розбіжності між рівнобіжними визначеннями не перевищували 10% .

Встановлено, що зразки за різного вмісту БТ ($C_{\text{б.т.}}=1,0 \dots 10,0\%$) утворюють суспензії з вираженою плинністю ($1,0\% \leq C_{\text{б.т.}} < 5,0\%$) (рис 3.8) та гелі різної міцності ($C_{\text{б.т.}} \geq 5,0 \dots 10,0\%$) (рис 3.9).

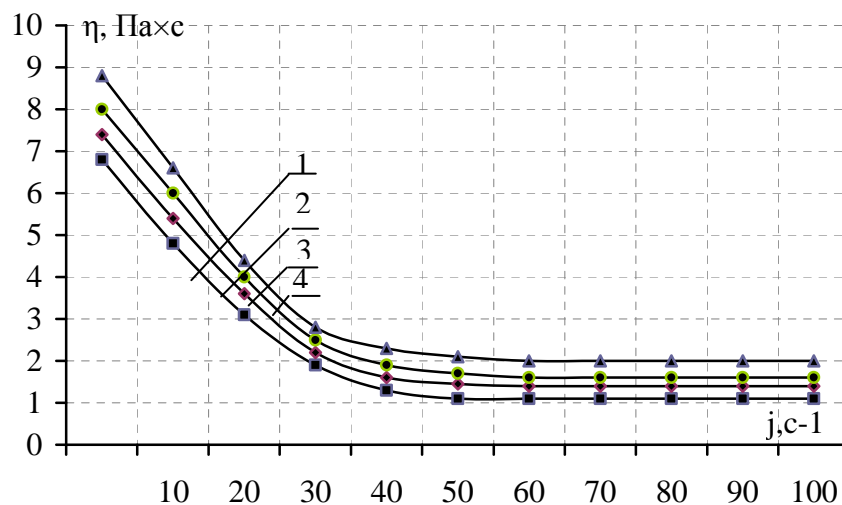


Рисунок 2.8 – Залежність ефективного в'язкості систем на основі БТ від швидкості зсуву та концентрації БТ, %: 1 – 1,0; 2 – 2,0; 3 – 3,0; 4 – 4,0 ($t=20,0 \pm 0,5^\circ \text{ C}$)

Визначено, що незалежно від вмісту БТ в діапазоні концентрацій $1,0\% \leq C_{\text{б.т.}} < 5,0\%$, системи, що утворилися, є неньютонівськими рідинами, ефективна в'язкість яких залежить від швидкості зсуву. Із характеру кривих $\eta=f(j)$ видно, що вони мають дві області – поступового руйнування

структури та ньютонівське плато за високих швидкостей зсуву, що, вірогідно, пов'язано з руйнуванням міжмолекулярних зчеплень між полімерами.

Відповідно до класифікації, запропонованої П.А. Ребіндером [182], визначені системи можуть бути віднесені до рідкоподібних структурованих дисперсних систем. Характеристичною величиною для систем цього типу є в'язкість, яка коливається в інтервалі $1,1 \dots 2,7 \text{ Па}\cdot\text{с}$ за $j=90 \text{ с}^{-1}$ та залежить від вмісту білка тваринного, збільшення вмісту білка тваринного більше 5,0% призводить до різкого підвищення в'язкості.

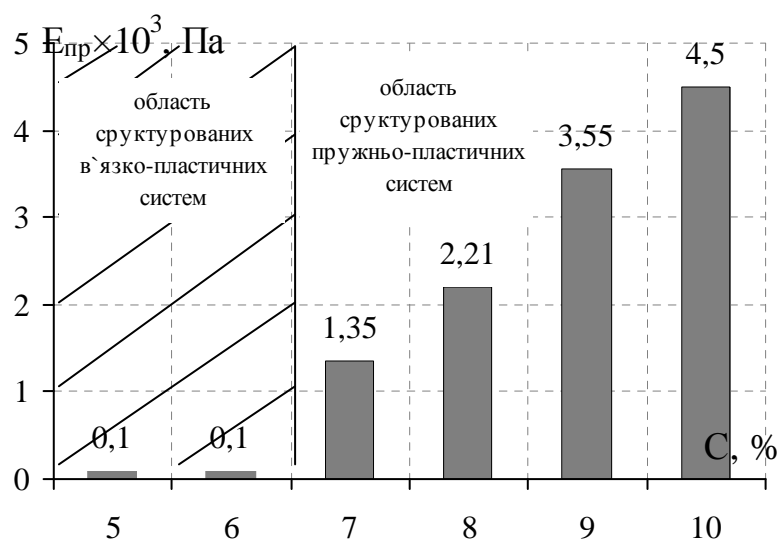


Рисунок 2.9 – Залежність модуля пружності систем від вмісту БТ ($t=20\pm 0,5^\circ \text{ C}$)

Гідратований БТ в діапазоні концентрацій $5,0\% \leq C_{\text{б.т}} \leq 10,0\%$ виявляє здатність до структурування з утворенням гелів із пружно-пластичними властивостями (рис. 3.9). Експериментально визначено, що в системах за вмісту БТ 5,0% та 6,0% утворюються гелі, що легко руйнуються за умови механічного впливу, тому визначити їх модуль пружності неможливо. Із підвищенням концентрації БТ (7,0...10,0%) системи набувають виражених

пружно-пластичних властивостей, модуль пружності яких коливається в межах 1,35...4,50 Па.

Структурування вищезазначених систем пов'язано з виникненням тривимірної сітки водневих зв'язків, донорами й акцепторами яких є желатози БТ. Кількість водневих зв'язків, що утворились, залежить від вмісту БТ, що чітко простежується за умови підвищення їх вмісту: зі збільшенням вмісту БТ з 7,0% до 10,0% модуль пружності систем підвищується в ~3,3 разу і складає $1,35 \pm 0,11$ Па, $2,21 \pm 0,10$ Па, $3,55 \pm 0,12$ Па та $4,50 \pm 0,12$ Па для систем з вмістом БТ 7,0%, 8,0%, 9,0% та 10,0% відповідно.

Цікавим (із огляду на подальшу термообробку НМПЗ) є вивчення структурно-механічних показників систем на основі БТ в інтервалі температур 20...90° С (рис. 2.10). Із даних, наведених на рис. 2.10, видно, що, незалежно від вмісту БТ, з підвищенням температури спостерігається зниження їх в'язкості, однак характер процесу дещо різниться.

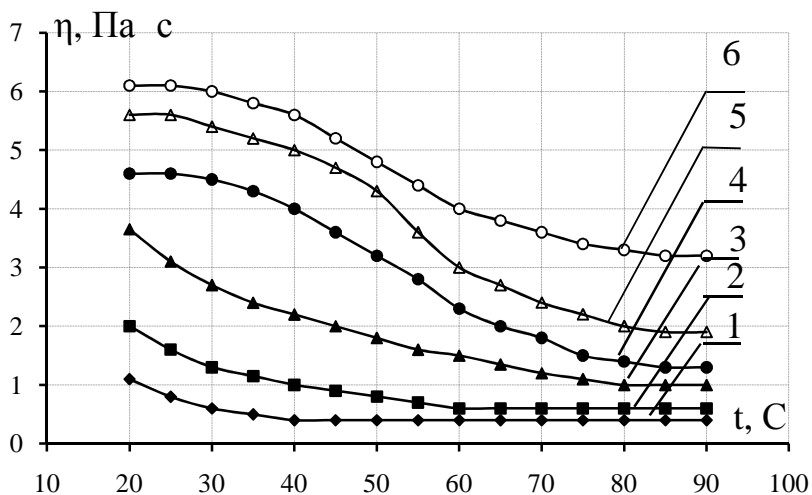


Рисунок 2.10 – Залежність ефективного в'язкості систем від температури та концентрації БТ, %: (1 – 1,0; 2 – 3,0; 3 – 6,0; 4 – 7,0; 5 – 9,0; 6 – 10,0), ($j=90 \text{ c}^{-1}$)

Для систем зі вмістом БТ 1,0...6,0% в діапазоні температур 20...90° С спостерігається поступове зниження в'язкості (з 1,1 Па·с до 0,4 Па·с та з 2,1 Па·с до 0,6 Па·с відповідно). Для систем зі вмістом БТ 7,0%, 9,0% та 10,0% течія зразка спостерігається за температур, більших ~ 30° С, що свідчить про руйнування внутрішньосистемної структури за рахунок розриву водневих зв'язків.

Узагальнюючи результати дослідження впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості систем на основі БТ, слід відзначити їх здатність до загущення та гелеутворення. Тож можна прогнозувати, що використання в складі м'ясних посічених систем БТ дозволить підвищити в'язкість дисперсного середовища, знизити рухливість водної фази та цілеспрямовано впливати на процеси кристалоутворення.

2.3.2. Дослідження емульгуючої здатності білка тваринного та стійкості емульсій на його основі

Із метою обґрунтування технологічних параметрів одержання емульсійних систем на основі суспензій БТ досліджено емульгуючу здатність та стійкість емульсій залежно від технологічних чинників – вмісту БТ та жирової фази, впливу заморожування-розморожування.

Емульсійні системи одержували на лабораторному емульсітаторі за частоти обертання робочих органів 50 об./с, вводячи олію соняшникову рафіновану дезодоровану в попередньо гідратований білок тваринний.

Для визначення емульгуючої здатності та стійкості емульсій використовували системи з вмістом БТ 1...10%, процес регідратації здійснювали за обґрунтованими вище параметрами – $t=10,0...12,0^{\circ}\text{C}$, $\tau=(30\pm 1)\times 60\text{ с}$.

Емульгуючу здатність білка тваринного оцінювали за методикою Гурова О.М. [183], визначаючи точку інверсії фаз. Для цього в стакан місткістю 100 мл поміщали 10 мл суспензії, потім за допомогою ділительної бюретки вводили олію зі швидкістю $(70...80) \times 60$ крап./с до настання моменту інверсії фаз, тобто переходу емульсії олія/вода в емульсію вода/олія. Тип емульсії визначали методом розведення. Об'єм олії (у %), відповідав значенню точки інверсії фаз.

Стабільність ЕС визначали, фіксуючи об'єм водної та жирової фаз, що відділилися після центрифугування та термостатування ЕС за температури $90,0 \pm 1^\circ \text{C}$ та повторному центрифугуванні протягом 5×60 с. Величину кінетичної та агрегативної стабільності визначали як відношення об'єму фаз, що відділилися, до загального об'єму емульсії:

Агрегативну (A_{cm} , %) та кінетичну (K_{cm} , %) стабільність визначали за формулами 2.7, 2.8.

$$A_{cm} = 100 - \frac{V_{ж.ф.}}{V_e} \times 100, \quad (2.7)$$

$$K_{cm} = 100 - \frac{V_{в.ф.}}{V_e} \times 100, \quad (2.8)$$

де $V_{ж.ф.}$ – об'єм жирової фази, що відділилася з емульсії, мл;

$V_{в.ф.}$ – об'єм водної фази, що відділилася з емульсії, мл;

V_e – загальний об'єм емульсії, мл.

На рис. 2.11 наведено експериментальні дані дослідження залежності точки інверсії фаз від вмісту БТ.

Емульгуюча ємність БТ у досліджуваному діапазоні концентрації коливається в межах 48...91%, що свідчить про його високі поверхнево-активні властивості. В інтервалі концентрацій 1,0...5,0% спостерігається стрімке збільшення емульгуючої ємності (~ в 1,8 разу); за концентрації

БТ 5,0...8,0% емульгуюча ємність є сталою величиною (88...91%). Подальше підвищення концентрації БТ призводить до зниження його емульгуючої ємності, яка для систем зі вмістом БТ 9,0% та 10,0% складає $78\pm 1\%$ та $60\pm 1\%$ відповідно. Встановлені закономірності зміни точки інверсії фаз емульсій пояснюються, з одного боку, конкурентною адсорбцією білків на межі розподілу фаз, а з іншого, – високою в'язкістю систем (рис. 2.10) й утворенням за концентрацій 7,0...10,0% гелів із пружньо-пластичними властивостями, що ускладнює процес емульгування.

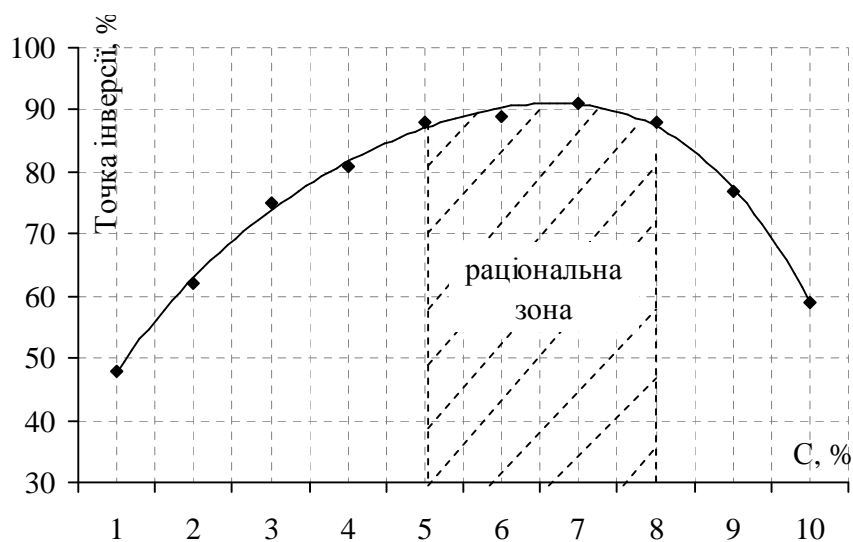


Рисунок 2.11 – Залежність точки інверсії фаз емульсії від вмісту БТ

Із огляду на одержані результати дослідження емульгуючої ємності визначено раціональний вміст БТ – 5,0...8,0%, за яких системи характеризуються максимальним значенням точки інверсії фаз – 88...91%.

Досліджено показники кінетичної та агрегативної стабільності емульсій на основі БТ, які представлено у вигляді діаграм стабільності (рис. 2.12). Необхідність проведення цих досліджень визначена тим, що емульсії є термодинамічно-нестійкими системами, та з часом в них можуть відбуватися седиментація, флокуляція та коалесценція жирової фази.

Аналіз проведених досліджень (рис. 2.12а) дозволяє визначити наступні закономірності: емульсії на основі БТ із концентрацією 5,0% у всьому діапазоні вмісту жирової фази (10...90%) характеризуються меншою стабільністю порівняно з системами з концентрацією БТ 8,0%. Так частка незруйнованої емульсії за вмісту жирової фази 50% для систем з концентрацією БТ 5,0% та 8,0% становить 85% та 90% відповідно. Підвищення концентрації БТ позитивно впливає як на показник агрегативної, так і кінетичної стабільності, які мають тенденцію до збільшення.

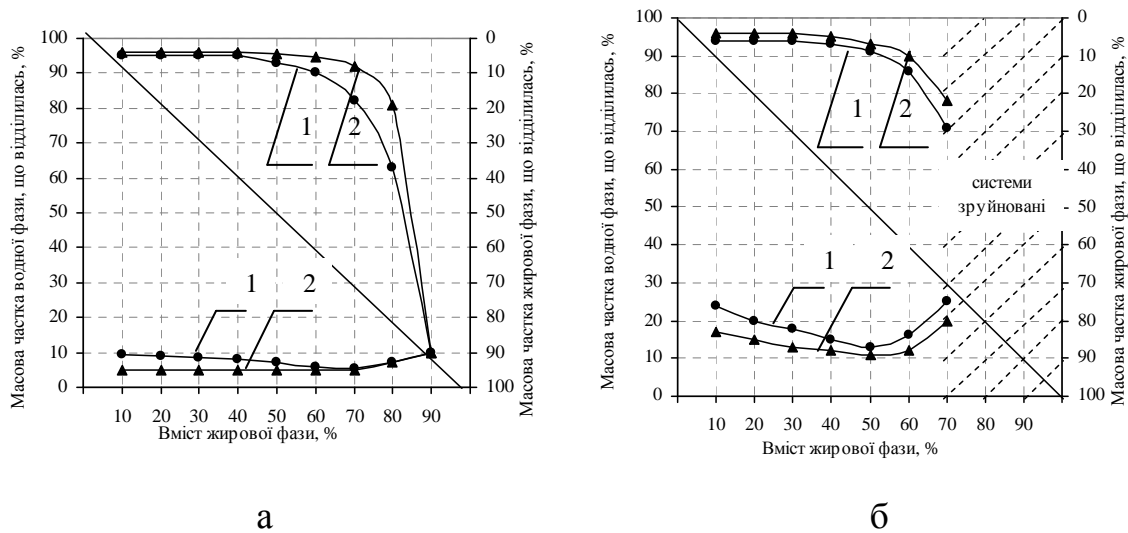


Рисунок 2.12 – Стабільність емульсій на основі суспензій БТ 5,0% (1) та 8,0% (2): а – до заморожування; б – після заморожування-розморозжування

Слід зазначити, що, на відміну від традиційних емульгаторів, які використовуються в технології харчової продукції у вигляді розчинів відповідної концентрації, суспензії БТ являють собою дисперсну гетерогенну систему типу Т-Р (тверде-рідке). За цих умов молекули білків можуть взаємодіяти як з водною, так і з жировою фазою у великій кількості точок контакту. При цьому водна фаза дисперсії являє собою розчин високомолекулярних сполук, а тверда фаза – нерозчинені

часточки, що набухли й приймають участь у процесі адсорбції та гелеутворення. За цих умов нерозчинені часточки виконують роль твердих емульгаторів, адсорбуючись на поверхні розподілу фаз, забезпечують структурно-механічний чинник стабілізації, що є позитивним із погляду на стабільність емульсії.

Експериментально доведено (рис. 2.12б), що заморожування-розморожування чинить руйнівний вплив на стабільність емульсій. Емульсії з часткою жировою фази $>70\%$ не витримують низькотемпературної обробки, співставлення кривих агрегативної та кінетичної стабільності зразків емульсій із часткою жирової фази $<70\%$ до (рис. 2.12а) та після (рис. 2.12б) заморожування-розморожування показує, що для них характерне зменшення частки незруйнованої емульсії (на $10\ldots 25\%$), системи характеризуються вираженою кінетичною нестабільністю.

Відомо, що одним із чинників, що сприяє підвищенню кінетичної стійкості, є використання речовин, які мають гідрофільні властивості. На основі аналізу літературних джерел [21; 23; 218–221] та проведених експериментальних робіт визначено доцільність використання інгредієнтів полісахаридної природи, зокрема, камеді ксантану, якій притаманні високі вологозв'язуюча здатність, спроможність регулювати кристалоутворення та ін.

Обґрунтування концентрації камеді ксантану здійснювали на основі досліджень її в'язкісних характеристик та стабільності емульсій на основі суспензій БТ під впливом заморожування-розморожування. На основі проведених досліджень (рис. 2.13) встановлено, що, незалежно від концентрації ($0,1\ldots 0,5\%$), розчини камеді ксантану є неньютонівськими рідинами, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву.

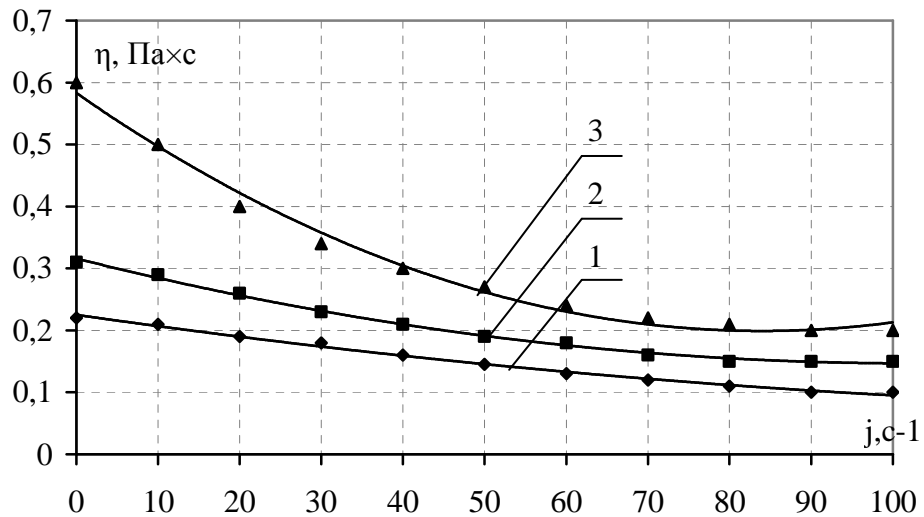


Рисунок 2.13 – Залежність ефективної в'язкості розчинів камеді ксантану від швидкості зсуву та концентрації камеді ксантану ($t=20,0\pm 0,5^\circ C$), %: 1 – 0,1; 2 – 0,3; 3 – 0,5

В'язкість розчинів камеді ксантану суттєво залежить як від швидкості зсуву, так і від концентрації. Збільшення швидкості зсуву до $100 c^{-1}$ призводить до різкого зниження в'язкості до значень, які для розчинів із концентрацією камеді ксантану 0,1%, 0,3% та 0,5% становлять 0,10 Па·с, 0,15 Па·с та 0,20 Па·с відповідно.

Досліджено вплив камеді ксантану (0,1...0,5%) на структурно-механічні властивості систем, що містять БТ у кількості 5,0...8,0% (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Вплив камеді ксантану на структурно-механічні властивості суспензій БТ

Вміст БТ, %	Вміст камеді ксантану, %	Модуль пружності, $\times 10^3 Pa$
1	2	3
5	0	-
	0,1	-
	0,3	0,25
	0,5	0,20

1	2	3
6	0	-
	0,1	0,30
	0,3	0,24
	0,5	0,21
7	0	1,35
	0,1	1,30
	0,3	1,20
	0,5	1,12
8	0	2,21
	0,1	1,90
	0,3	1,75
	0,5	1,70

Встановлено, що камедь ксантану підвищує в'язкість суспензій БТ та пластифікує властивості структурованих систем (гелів), змінюючи їх модуль пружності. Із даних, наведених у табл. 2.9 видно, що модуль пружності систем на основі БТ зменшується на 12...17%, що є позитивним із огляду на процес емульгування.

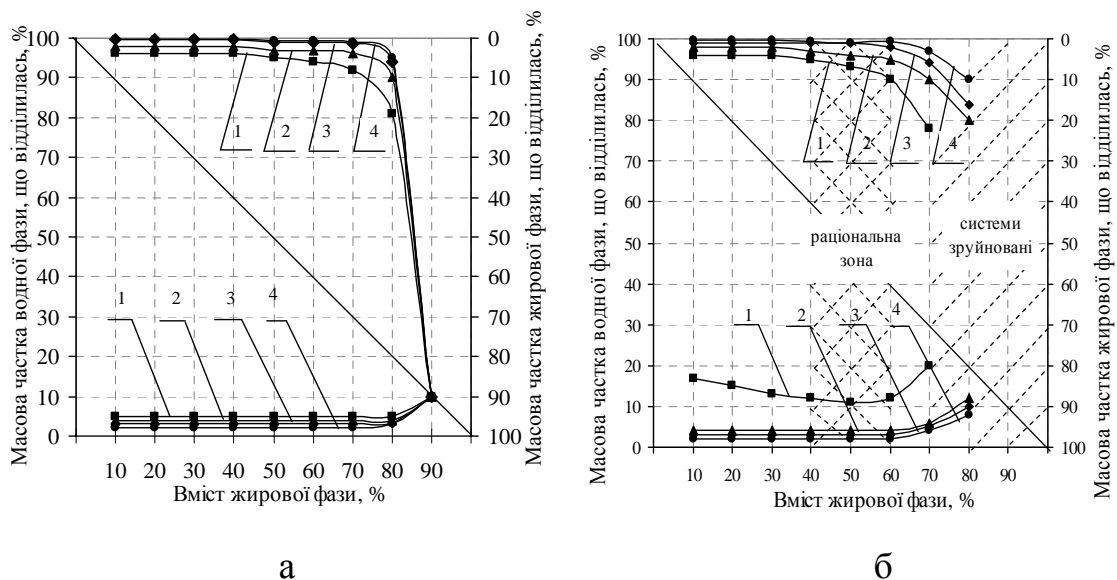


Рисунок 2.14 – Стабільність емульсій на основі суспензії БТ (8%) залежно від концентрації камеді ксантану, %: 1, 2, 3, 4 – 0; 0,1; 0,3; 0,5 (а --до заморожування; б – після заморожування-розморожування)

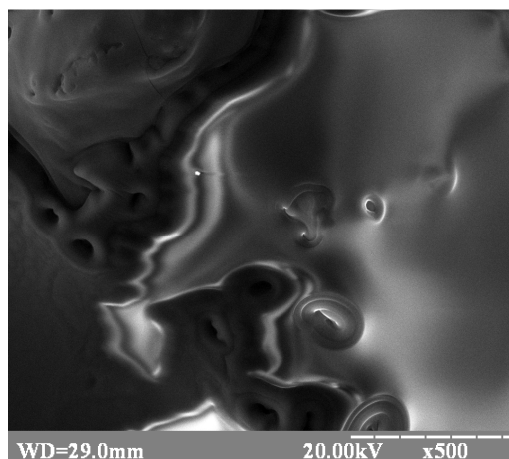
Порівняння стабільності емульсій на основі суспензій БТ та камеді ксантану (рис. 2.14) до та після заморожування-розморожування дозволяє дійти висновку щодо позитивного впливу камеді ксантану як на стабільність емульсій до заморожування (спостерігається збільшення частки незруйнованої емульсії, підвищення кінетичної стабільності), так й після низькотемпературної обробки. Кількість незруйнованої емульсії коливається в межах 94,0...97,5%, показники кінетичної та агрегативної стабільності дорівнюють 98...99%.

Експериментально встановлено, що середній розмір кристалів льоду зменшується в 10...25 раз в інтервалі концентрації жирової складової 10...50%.

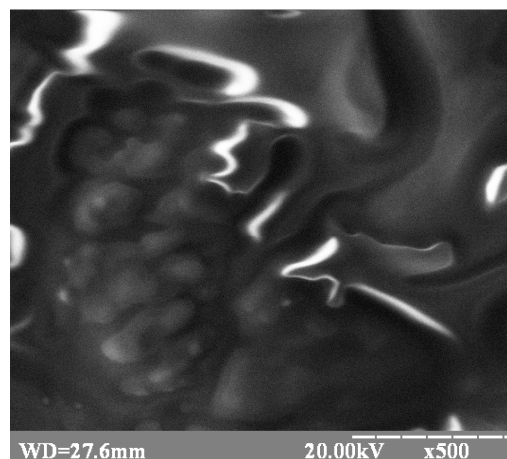
Візуальним підтвердженням стабільності емульсій під впливом заморожування-розморожування є зображення, представлені на рис. 2.15. Аналіз зображень підтверджує, що низькотемпературна обробка не призводить до коалесценції жирової фази, що імовірно визначається міцностними характеристиками оболонки та їх стійкістю до руйнування кристалами льоду.

Доведено, що зі збільшенням жирової фази в емульсії під час заморожування спостерігається утворення більш дрібних кристалів льоду. Жирова фаза утворює природні гідрофобні прошарки на шляху росту кристалів льоду, які інтенсивно збільшуються кількісно та за розмірами під час заморожування.

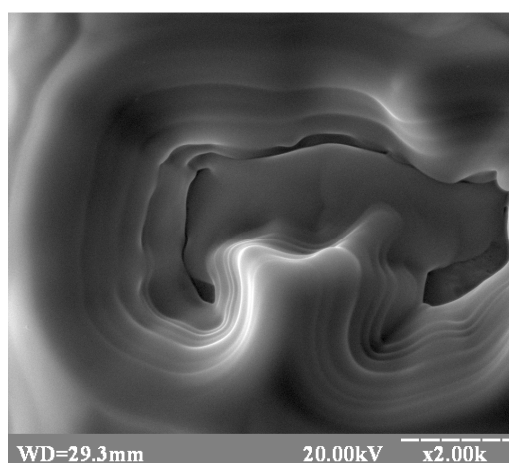
Проведені експериментальні дослідження довели можливість створення на основі БТ стійких до заморожування-розморожування емульсійних систем. Одержані результати досліджень стали підґрунтям для розробки рецептурного складу та технологічного процесу виробництва емульсійних систем (ЕС) на основі БТ.



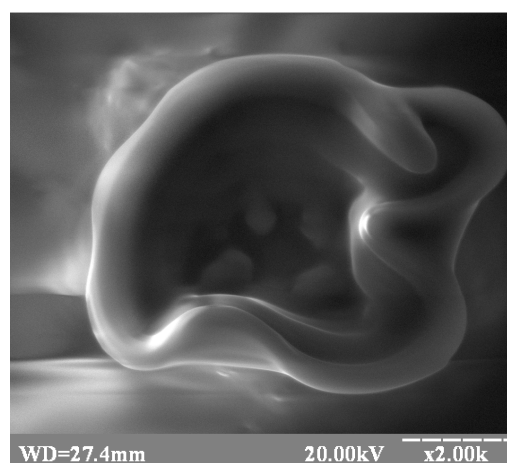
×500 разів



×500 разів



×2000 разів
а



×2000 разів
б

Рисунок 2.15 – Мікроструктура емульсійних систем на основі БТ та камеді ксантану (а – до заморожування; б – після заморожування-розморожування)

2.3.3. Розробка принципової технологічної схеми виробництва емульсійних систем на основі білка тваринного

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень із обґрунтування технологічних параметрів виробництва ЕС на основі БТ дозволило визначити раціональні параметри їх одержання (табл. 2.10) та розробити технологічну схему виробництва (рис. 2.16).

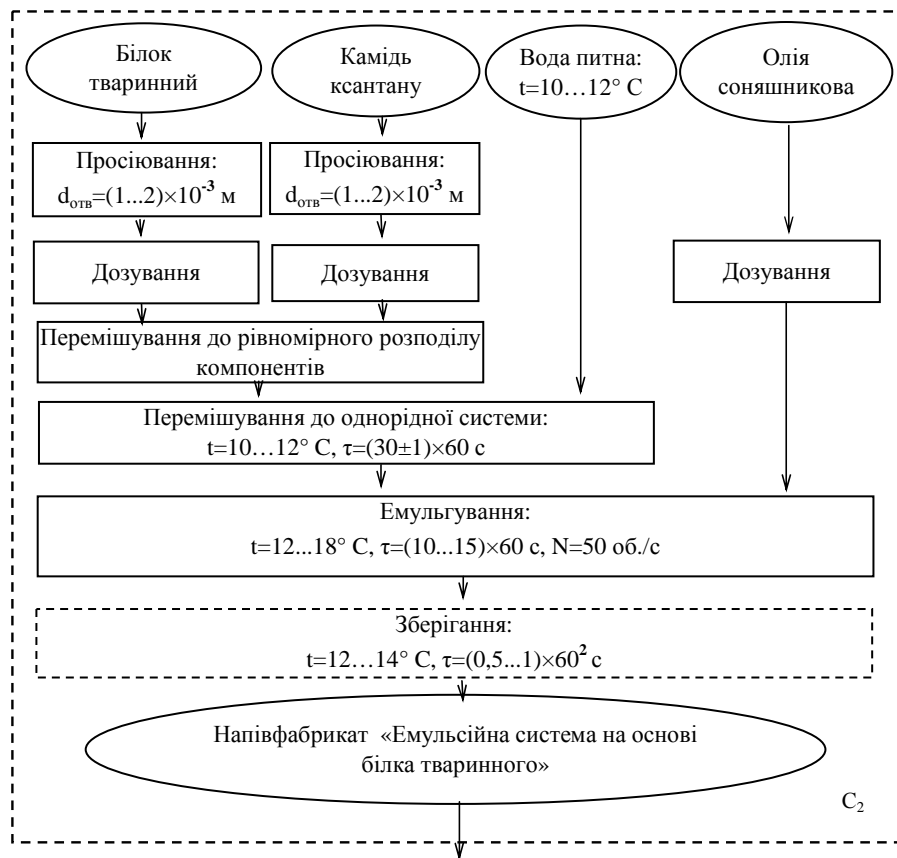
Таблиця 2.10 – Раціональні параметри одержання ЕС

Параметри	Характеристика, межові значення
Марка БТ	Gelexcel A-95
Масова частка БТ, %	6,0...8,0 (у водній суспензії) 3,0...4,0 (у складі емульсії)
Параметри відновлення БТ : температура води питної, °С тривалість, ×60, с характер відновлення	10,0...12,0 30±1 динамічний (за періодичного перемішування)
Масова частка камеді ксантану, %	0,10...0,15
Масова частка жирової фази, %	40,0...60,0
Параметри емульгування: температура, °С тривалість, ×60, с частота обертання робочих органів, об./с	12...18 10...15 50
Примітка: параметри емульгування (тривалість) наведено у розрахунку на 100 кг ЕС	

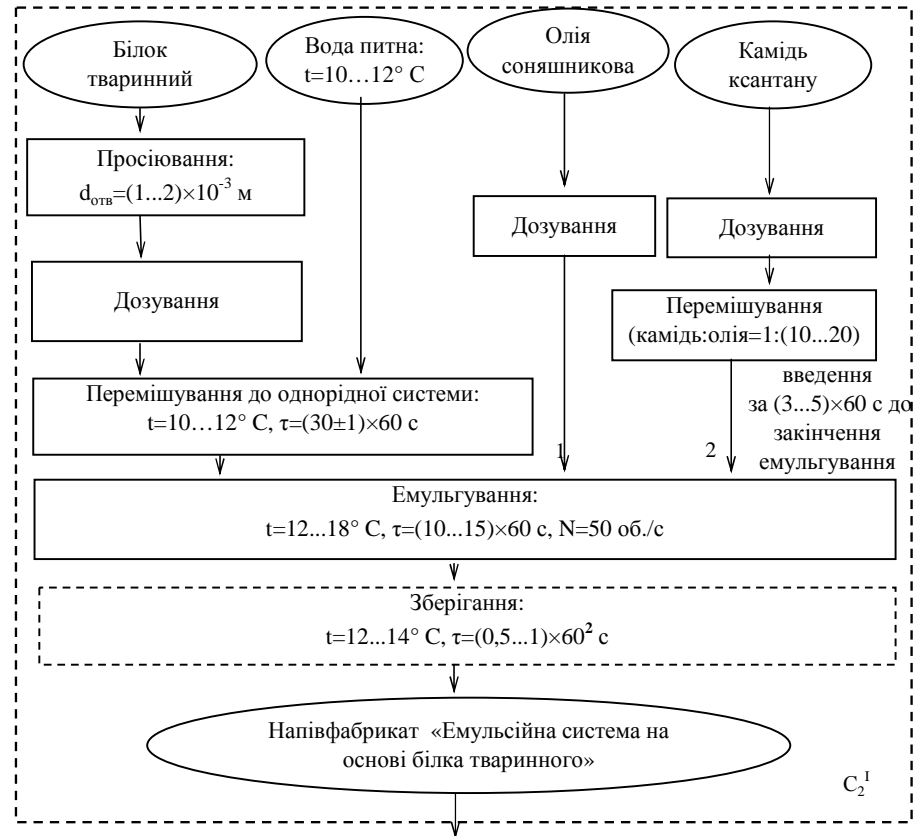
Технологічні схеми одержання ЕС на основі БТ представлено як цілісну підсистему С₂ (у межах функціонування технологічної системи з виробництва НМПЗ – рис. 2.1), функціонування якої спрямовано на одержання проміжного напівфабрикату.

Під час технологічних відпрацювань доведено можливість виробництва напівфабрикату за двома технологічними схемами (рис. 2.16а, б), які відрізняються способом введення камеді ксантану.

Технологічний процес одержання ЕС на основі БТ (рис. 2.16а) передбачає механічну кулінарну обробку сипучих компонентів – БТ та камеді ксантану з метою видалення сторонніх домішок та деагломерації часточок, що утворюються під час зберігання сировини.



а



б

Рисунок 2.16 – Технологічні схеми виробництва напівфабрикату «Емульсійна система на основі білка тваринного» за спільного (а) та окремого (б) введення камеді ксантану

Надалі рецептурні компоненти дозують, з'єднують та перемішують до рівномірного розподілення, за інтенсивного перемішування додають воду питну за температури $10,0...12,0^{\circ}\text{C}$, й витримують систему для відновлення БТ та розчинення камеді ксантану протягом $(30\pm 1)\times 60$ с за температури $10,0...12,0^{\circ}\text{C}$.

В утворену систему вводять олію соняшникову та інтенсивно диспергують з метою утворення ЕС за температури $t=12...18^{\circ}\text{C}$ протягом $(10...15)\times 60$ с за частоти обертання ножів 50 об./с. Напівфабрикат можна зберігати на протязі короткого терміну $(0,5...1)\times 60^2$ с чи відразу використовувати для виробництва НМПЗ.

Одержання ЕС за технологічною схемою, представленою на рис. 2.16б, відрізняється способом введення камеді ксантану. На основі експериментальних досліджень встановлено, що камідь ксантану може бути введена до вже сформованої емульсії у вигляді масляної дисперсії за $(3...5)\times 60$ с до закінчення емульгування (співвідношення камідь ксантану:олія як 1: $(10...20)$). За цих умов набрякання камеді ксантану здійснюється безпосередньо в межах дисперсійного середовища ЕС й супроводжується незначним підвищенням в'язкості.

Експериментально доведено, що спосіб введення камеді ксантану не впливає на властивості ЕС – в'язкість, агрегативну та кінетичну стабільність, стабільність до впливу заморожування-розморожування.

У виробничих умовах вибір технологічної схеми базується перш за все на інженерно-технічному забезпеченні технологічного процесу. Для реалізації технологічної схеми, представленої на рис. 2.16а, доцільним є створення суміші сухої (ТУ У 10.1-01566330-294:2014 «Суміші кріопротекторні «КріоMeat» («КріоМит»)), до складу якої входять БТ, камедь ксантану й використання її як напівфабрикату.

Розробка науково обґрунтованої технології ЕС, стійких до впливу заморожування-розморожування, визначає перспективи їх використання у складі НМПЗ.

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ
НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ**

**3.1. Дослідження впливу заморожування-розморожування на
теплофізичні показники м'ясних посічених систем із використанням
емульсійних систем**

Відомо, що м'ясний фарш є складною полідисперсною системою коагуляційного типу, часточки якої зв'язано силами міжмолекулярної взаємодії в єдину просторову сітку [31]. Деякі із складових цієї структури існують у вигляді молекулярних розчинів, інші – у вигляді колоїдної суспензії. Часточки жиру знаходяться в різному ступеню дисперсності, що визначається ступенем подрібнення м'ясної сировини та емульгуючою здатністю білків м'яса [55; 56].

Основною вимогою технології виробництва фаршевих виробів є дисперсний стан компонентів фаршу та зв'язаний стан вологи та жиру впродовж всього технологічного процесу. У виробництві м'ясних заморожених продуктів високої якості з технологічної точки зору важливим є забезпечення умов для утворення дрібних рівномірно розподілених кристалів льоду для забезпечення цілісності м'язових волокон м'яса. Формування кристалів льоду в такій складній системі як м'ясо залежить не тільки від швидкості заморожування, а й від фізико-хімічних і структурних особливостей тканин (співвідношення в ній води, жирової, м'язової та сполучної тканин).

Для обґрунтування раціонального вмісту ЕС у складі м'ясних посічених систем проведено дослідження з вивчення їх теплофізичних

характеристик у режимі заморожування-розморожування. На рис. 3.1 наведено термограми процесу заморожування-розморожування систем на основі подрібненого м'яса яловичини залежно від вмісту ЕС.

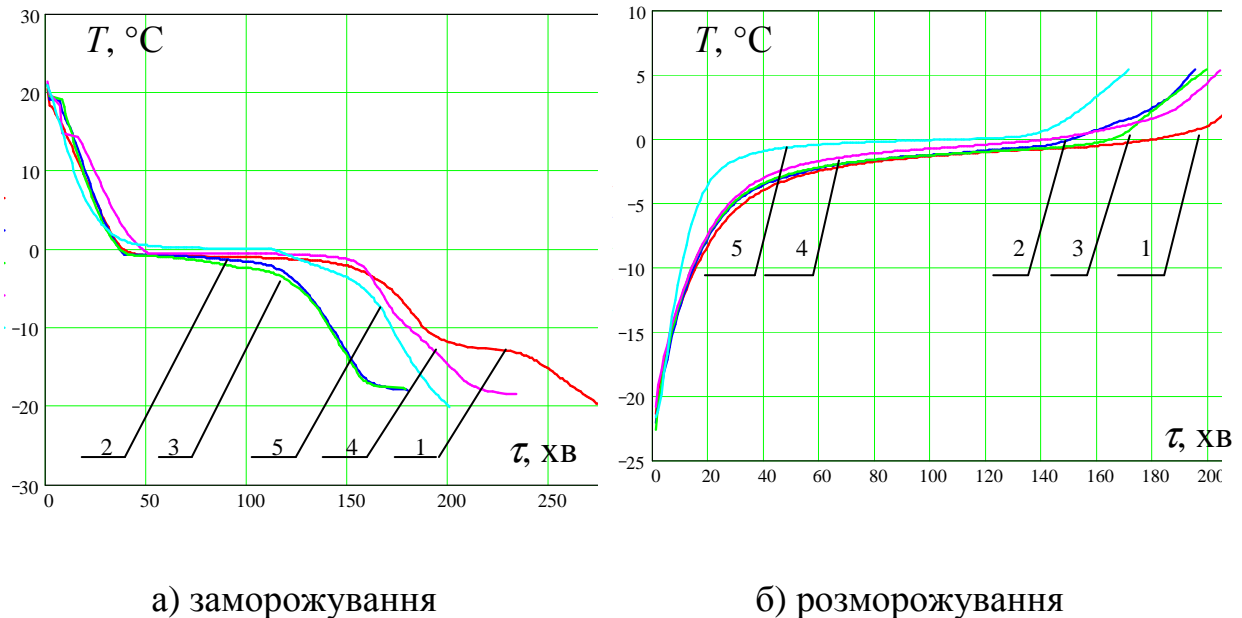


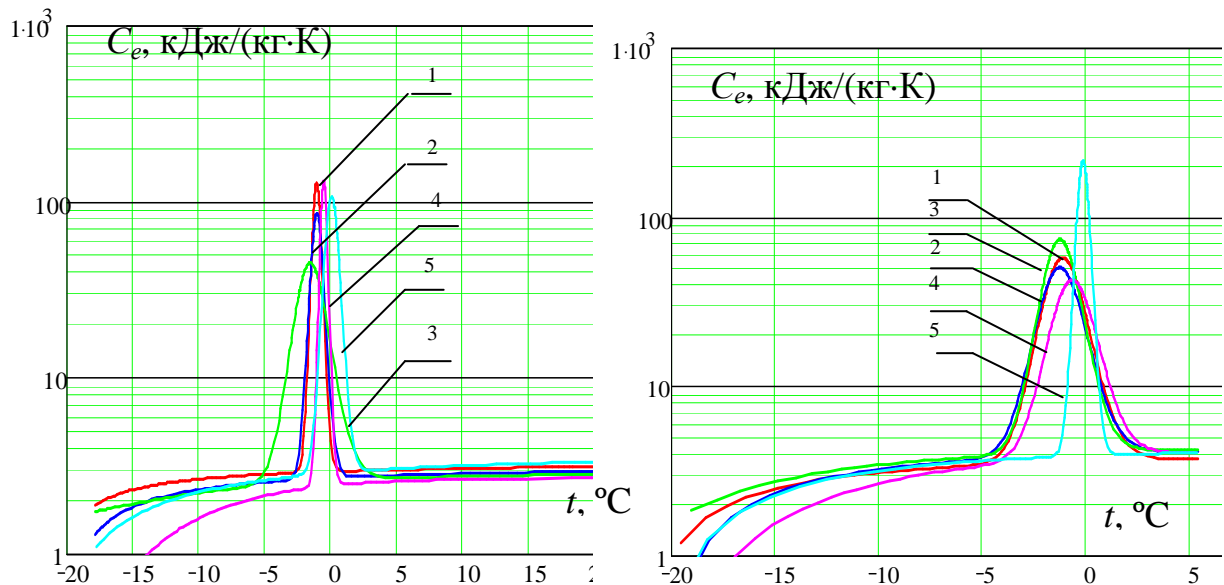
Рисунок 3.1 – Кінетика процесу заморожування-розморожування м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 100

Процес заморожування систем на основі подрібненого м'яса яловичини можна розглядати як процес замерзання тканинної рідини – розчина з відносно невеликою молярною концентрацією. За температури нижче криоскопічної точки тканинної рідини м'яса починається розвиватися процес фазового перетворення води в лід. У зв'язку з тим, що м'ясний сік представляє собою розчин солей, він має початкову температуру замерзання (або криоскопічну точку) в діапазоні від $-0,6^{\circ}\text{C}$ до $1,2^{\circ}\text{C}$.

У процесі заморожування (рис 3.1а) можна виділити три діапазони температур: від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+1^{\circ}\text{C}$, від $+1^{\circ}\text{C}$ до $-4\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ і від $-4\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ до -20°C .

У технологіях замороженої продукції найбільший інтерес представляє другий діапазон, який відповідає зоні найбільшого кристалоутворення. Бажано забезпечити якнайшвидше проходження цього етапу для утворення більш дрібних і рівномірно розподілених кристалів льоду.

Кількість вимороженої води в продукті є функцією температури. На рис. 3.2 наведено температурні залежності ефективної теплоємності під час заморожування-розморожування м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС, в табл. 3.1 представлено їх інформаційні параметри.



а) заморожування

б) розморожування

Рисунок 3.2 – Температурні залежності ефективної питомої теплоємності м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 100

Аналіз одержаних експериментальних даних дозволяє зробити наступні висновки. У процесі заморожування-розморожування спостерігається збільшення частки вологи, яка змінює свій агрегатний стан $\Delta\omega$, криоскопічного інтервалу температур $\Delta T_{кр}$ та теплоти фазового переходу в криоскопічному інтервалі температур $\Delta H_{кр}$, що пов'язано з

денатураційними змінами білкової складової, зниженням гідрофільних властивостей системи і, як наслідок, утворенням значної кількості вільної ВОЛОГИ.

Таблиця 3.1 – Параметри температурної залежності ефективної теплоємності м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС

Показники	Вміст ЕС, %				
	0	10	20	30	100
під час заморожування					
Кріоскопічна температура, $T_{кр}$, °С	-1,1	-1,1	-1,6	-0,6	-0,1
Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta T_{кр}$, °С	2,4	4,0	8,5	2,4	4,1
Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$, кДж/К	88	81	77	72	114
Зміна ентальпії в інтервалі температур, що вимірювався, ΔH , кДж/К	199	180	165	153	218
Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$	0,27	0,24	0,21	0,32	0,34
під час розморожування					
Кріоскопічна температура, $T_{кр}$, °С	-1,2	-1,3	-1,4	-0,7	-0,2
Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta T_{кр}$, °С	7,4	7,3	7,1	6,9	2,5
Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$, кДж/К	100	87	80	88	131
Зміна ентальпії в інтервалі температур, що вимірювався, ΔH , кДж/К	207	248	235	219	271
Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$	0,30	0,26	0,22	0,38	0,32

Відомо, що малі значення кріоскопічного інтервалу температур характерні для систем із великим вмістом вільної вологи (для чистої води

$\Delta T_{кр} \rightarrow 0$). Введення ЕС в кількості 10...20 % (під час заморожування) призводить до підвищення значень кріоскопічного інтервалу температур $\Delta T_{кр}$ в 1,6 разу за вмісту ЕС 10% і 3,5 разу за вмісту ЕС 20%. Для систем із вмістом ЕС 30% значення кріоскопічного інтервалу температур залишились на рівні контролю у зв'язку з тим, що в системі зменшується масова частка білка за одночасного збільшення додатково внесеної вологи, яка складає основу дисперсійного середовища емульсії. Під час розморожування кріоскопічний інтервал температур, як правило, збільшується. Це пов'язано з тим, що лід має більш широкий спектр енергій зв'язку, оскільки під час заморожування відбувається безперервне концентрування внутрішньоміцелярного розчину й розбавлення позаміцелярного. Для контрольного зразка цей показник збільшується в 3 рази (з $2,4^\circ$ до $7,4^\circ$). Введення ЕС у кількості 10% і 30% призводить до збільшення $\Delta T_{кр}$ в 1,8 та 2,8 разу відповідно, в разі введення ЕС у кількості 20% значення кріоскопічного інтервалу температур $\Delta T_{кр}$ зменшується з $8,5^\circ$ до $7,1^\circ$. Можна припустити, що в цій системі майже не відбулося перерозподілення вологи під час кристалоутворення завдяки утворенню нових дисперсійних зв'язків (взаємодій), зменшення рухливості водної фази, що є наслідком підвищення в'язкості. Підтвердженням цього факту є показники частки вологи, що змінює свій агрегатний стан під час заморожування-розморожування, які характеризують кількість зв'язаної вологи в системі.

Для контрольного зразка частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан під час заморожування, становить $\Delta\omega=0,27$, під час розморожування цей показник збільшується на 10% ($\Delta\omega =0,30$), що пов'язано з денатураційними змінами білкової складової системи та утворенням додаткової кількості вільної вологи. За умови введення ЕС в кількості 10% та 20% частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан $\Delta\omega$ під час заморожування, зменшується до 0,24 і 0,21 відповідно. ЕС перешкоджає

агрегуванню міофібрилярних білків м'яса, створюючи між ними гідрофобні прошарки, що сприяє забезпеченню вологоутримуючої здатності. Під час розморожування частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан, в системах з вмістом 10% ЕС збільшується на 7,7% ($\Delta\omega=0,26$), з вмістом ЕС 20% – на 4,5% ($\Delta\omega=0,22$), що в 1,3 та 2,2 разу менше ніж у контрольного зразка.

Зміна частки вологи, яка змінює свій агрегатний стан з $\Delta\omega=0,32$ під час заморожування до $\Delta\omega=0,38$ під час розморожування для систем з вмістом ЕС 30% пояснюється введенням додаткової водної фази, яка складає основу дисперсійного середовища емульсії за одночасного зменшення масової частки білка в системі.

Зменшення частки вологи, що змінює свій агрегатний стан під час заморожування-розморожування в системах із ЕС в кількості 10...20%, є результатом прояву кріоскопічних властивостей останніх. Для систем із вмістом ЕС 20% характерні найменша кріоскопічна температура під час заморожування ($-1,6^{\circ}\text{C}$) і за розморожування ($-1,4^{\circ}\text{C}$), найбільше значення кріоскопічного інтервалу температур за заморожування ($8,5^{\circ}\text{C}$), що за одночасного зменшення питомої теплоти фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур $\Delta H_{кр}$ в 2,5 разу за заморожування і 1,3 разу за розморожування (порівняно з контрольним зразком) підтверджує наявність кріопротекторних властивостей ЕС. Імовірно, це відбувається в результаті формування гідрофобних прошарків (ліпідного бар'єра), які перешкоджають агрегуванню білкових молекул і зниженню їх гідрофільності.

Таким чином, введення в системи з подрібненого м'яса яловичини ЕС призводить до нівелювання негативних наслідків заморожування-розморожування.

Підтвердженням наявності кріопротекторних властивостей ЕС є результати досліджень морфологічної картини м'ясних посічених систем після заморожування-розморожування (рис. 3.3).

Як видно на рис. 3.3, ЕС рівномірним шаром розподілена за всім об'ємом м'ясної посіченої системи, при цьому спостерігається збереження структури окремих м'язових волокон та часточок фаршу, чого не було зафіксовано у зразках нативних м'ясних систем, підданих заморожуванню-розморожуванню (рис. 2.5).

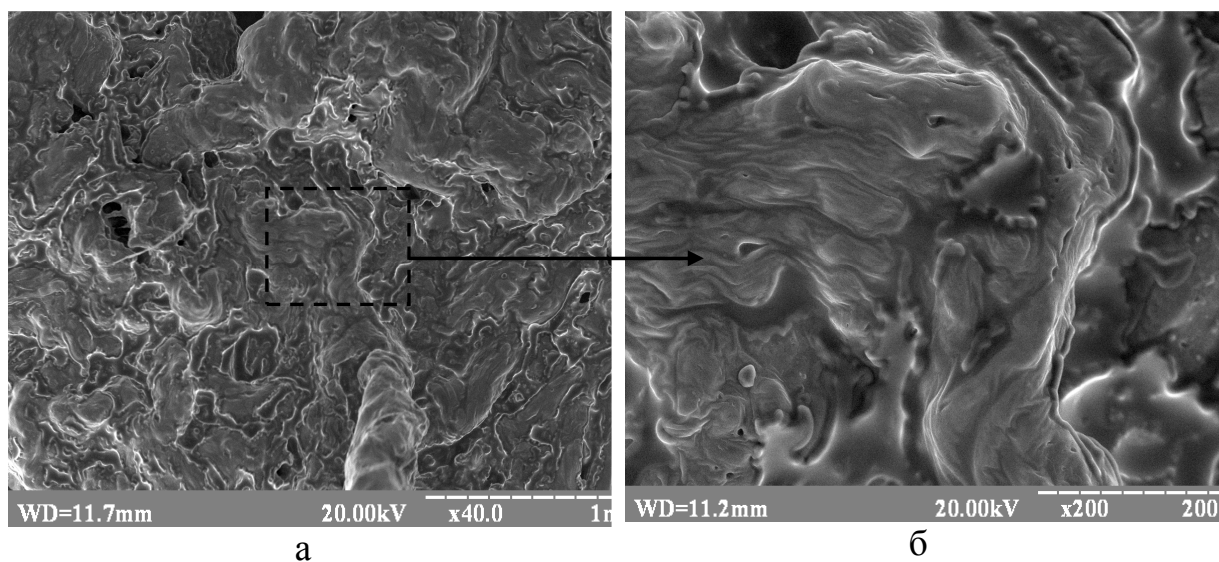


Рисунок 3.3 – Мікроструктура систем на основі подрібненого м'яса яловичини з використанням 20% ЕС після заморожування-розморожування за різного збільшення: а – $\times 40$ разів, б – $\times 200$ разів

Відсутні розриви та пошкодження м'язових волокон, зовнішній вигляд ЕС також залишився без змін (не спостерігається відшарування водної та жирової фаз), шар ЕС непошкоджений.

3.2. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні та структурно-механічні показники м'ясних посічених систем із використанням емульсійних систем

Під час досягнення криоскопічної температури з тканинних рідин починає виморожуватися вода та утворюються гіпертонічні розчини, концентрація яких збільшується зі зниженням температури. Рідина, яка міститься всередині клітини, поступово за осмотично-дифузійними принципами через сарколему переходить до міжклітинного простору. Дія низьких температур призводить до порушення ліпід-білкових і ліпід-ліпідних взаємодій у мембранах, просторового перерозподілу білків, порушення їх третинної та четвертинної структури, агрегації з утворенням S–S зшивок, дисоціації ліпопротеїнових комплексів. Під час заморожування відбувається процес агрегування білків у складні комплекси з пониженням їх розчинності, випадінням у осад і вивільненням молекул води, з якими до цього утворювалися гідрофільні зв'язки.

Тому стан білків м'ясних посічених систем до та після заморожування-розморожування доцільно характеризувати за фракційним складом.

Експериментальні дані щодо вмісту білка та фракційного складу білків м'ясних посічених систем наведено у табл. 3.2.

Під час досліджень виділено основні фракції (водорозчинна, солерозчинна та лужнорозчинна) білків м'ясних посічених систем. До заморожування в контрольному зразку фракції розподілені наступним чином: 33,1% — водорозчинна (білки саркоплазми), 51,9% – солерозчинна (білки міофібрил) і 15% – лужнорозчинна (білки строми). Уведення до складу м'ясних посічених систем ЕС у кількості від 10% до 30% змінює кількісне співвідношення між цими фракціями, а саме зменшується

відсоток водорозчинної (у ~1,01...1,1 разу) і солерозчинної (у ~1,01...1,1) фракції у всіх дослідних зразках і збільшується відсоток лужнорозчинної (у 1,1...1,5 разу) фракції порівняно з контролем.

Таблиця 3.2 – Вплив заморожування-розморожування на фракційний склад білків м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС

Показники	Вміст ЕС, %							
	м'ясні посічені системи до заморожування				м'ясні посічені системи після заморожування-розморожування			
	0	10	20	30	0	10	20	30
Масова частка загального білка, %	$18,7 \pm 0,1$ 100	$17,2 \pm 0,2$ 100	$15,8 \pm 0,2$ 100	$14,4 \pm 0,2$ 100	$17,8 \pm 0,2$ 100	$16,9 \pm 0,2$ 100	$15,6 \pm 0,2$ 100	$14,2 \pm 0,2$ 100
Водорозчинна фракція, %	$6,2 \pm 0,2$ 33,1	$5,6 \pm 0,2$ 32,6	$5,0 \pm 0,2$ 31,6	$4,3 \pm 0,2$ 30,0	$5,8 \pm 0,3$ 32,7	$5,6 \pm 0,2$ 32,3	$4,9 \pm 0,2$ 31,5	$4,2 \pm 0,2$ 29,7
Солерозчинна фракція, %	$9,7 \pm 0,1$ 51,9	$8,7 \pm 0,2$ 50,6	$7,8 \pm 0,2$ 49,4	$6,8 \pm 0,2$ 47,2	$8,7 \pm 0,4$ 48,8	$8,3 \pm 0,2$ 48,9	$7,6 \pm 0,2$ 49,0	$6,5 \pm 0,2$ 46,1
Лужнорозчинна фракція, %	$2,8 \pm 0,1$ 15,0	$2,9 \pm 0,1$ 16,8	$3,0 \pm 0,1$ 19,0	$3,3 \pm 0,1$ 22,8	$3,3 \pm 0,1$ 18,5	$3,0 \pm 0,1$ 18,8	$3,0 \pm 0,1$ 19,5	$3,5 \pm 0,1$ 24,2

Примітка: над ризикою наведено вміст білка в складі м'ясних посічених систем; під ризикою – відсоток від загальної кількості білка.

Підвищення вмісту лужнорозчинної фракції зразків із ЕС пов'язане зі зниженням масової частки м'ясної сировини, яка є основним джерелом міофібрилярних і саркоплазматичних білків і використанням у складі ЕС тваринного білка, отриманого з колагенвмістної сировини.

Процес заморожування-розморожування негативно впливає на білкову складову м'ясних посічених систем. Відмічено зміни як у вмісті білка в цілому (вміст білка знижується в контрольному зразку на 4,8%, у зразках з вмістом ЕС 10%, 20% і 30% – на 1,7%, 1,3% і 1,4% відповідно), так і у складі окремих фракцій м'ясних посічених систем. Максимальні зміни відбуваються з солерозчинною фракцією білків, яка зменшується на

5,9% (контроль), 3,4% (10% ЕС), 0,8% (20% ЕС) і 2,5% (30% ЕС). Водорозчинна фракція зменшується на 1,5% в контрольному зразку і на 0,9%, 0,3% і 1,0% у зразків із вмістом ЕС 10%, 20% і 30% відповідно. Лужнорозчинна фракція всіх дослідних зразків збільшується – на 23,0% (контроль) і 11,9%, 2,6% і 6,1% у зразках із вмістом ЕС 10%, 20% і 30% відповідно.

Таким чином встановлено факт стабілізації міофібрилярних білків під час введення ЕС. На основі одержаних експериментальних даних можна констатувати, що мінімальних змін білкової складової зазнав зразок із вмістом ЕС 20%, що може свідчити про максимальне відновлення нативних властивостей цієї м'ясної системи після заморожування-розморожування.

На підставі дослідження вологозв'язуючої (ВЗЗ) та жирутримуючої (ЖУЗ) здатностей м'ясних посічених систем до та після заморожування-розморожування доведено позитивний вплив ЕС на функціонально-технологічні властивості (рис 3.4).

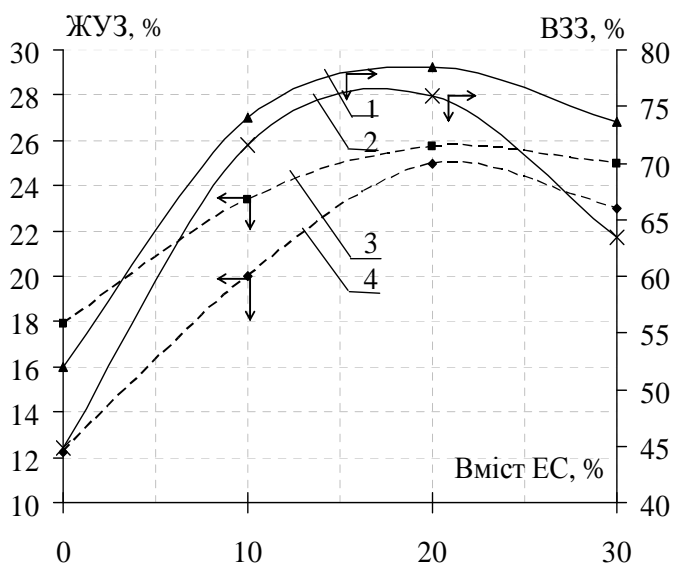


Рисунок 3.4 – Залежність ВЗЗ (1, 2) та ЖУЗ (3, 4) м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС: 1, 3 – до заморожування; 2, 4 – після заморожування-розморожування

Дані на рис. 3.4 показують, що з введенням ЕС ВЗЗ м'ясних посічених систем до заморожування підвищується з $53\pm 0,7\%$ (контрольний зразок) до $78\pm 0,5\%$ (зразок із вмістом ЕС 20%). У зразка із вмістом ЕС 30% ВЗЗ дорівнює $72\pm 0,5\%$, що в 1,4 разу більше, ніж у контролю, але в 1,1 разу менше зразка з вмістом ЕС 20%.

Характер зміни ЖУЗ м'ясних посічених систем має аналогічну залежність, але менші абсолютні значення. Уведення ЕС призводить до збільшення показника ЖУЗ на 18,7...25%, що можна пояснити тим, що в систему додатково введено жировий компонент у складі стабільних ЕС.

Заморожування-розморожування систем призводить до зменшення показників ВЗЗ, найбільш помітно це у контрольного зразка (на 17%) і зразка із вмістом ЕС 30% (на 12,5%). Зміна ВЗЗ у м'ясних посічених систем із введенням ЕС в кількості 10...20% склала 3...5%. Волога у цих системах зв'язується не тільки м'язовими білками, але й у результаті групування та міцного її утримання навколо сольватних оболонок жирових кульок ЕС.

Показники ЖУЗ м'ясних посічених систем після заморожування-розморожування теж знижуються: в контрольному зразку ці зміни виражені більш помітно (~ на 23%), у зразках з введенням ЕС – на 8,4%, 4% і 7,2% за введення ЕС у кількості 10, 20 і 30% відповідно.

Таким чином, введення ЕС до складу м'ясних посічених систем сприяє міцному утриманню вологи та жиру в системі. У системі утворюються нові дисперсні зв'язки (взаємодії), збільшується частка зв'язаної вологи та жиру, який знаходиться в емульгованому стані, що підтверджує й обґрунтовує гіпотезу про доцільність використання ЕС у складі напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених. М'ясні посічені

системи з введенням 20% ЕС мають найменшу різницю між показниками ВЗЗ і ЖУЗ до та після заморожування-розморожування.

Відомо, що ВЗЗ визначає такі органолептичні показники продуктів, як соковитість і ніжність, а також втрати під час теплової обробки. Можна припустити, що готові вироби з введенням ЕС будуть відрізнятися більш соковитою консистенцією та меншими втратами під час теплової обробки порівняно з контрольним зразком.

Підтвердженням цього припущення стали результати вивчення втрат під час теплової обробки м'ясних посічених систем, які представлено на рис. 3.5.

Втрати під час теплової обробки розраховували за формулою

$$X_{\text{т}} = \frac{M_{\text{н/ф}} - M_{\text{г}}}{M_{\text{н/ф}}} \times 100, \quad (3.1)$$

де: $M_{\text{н/ф}}$ – маса напівфабрикату, підготовленого до теплової обробки, кг;

$M_{\text{г}}$ – маса готового виробу після теплової обробки, кг.

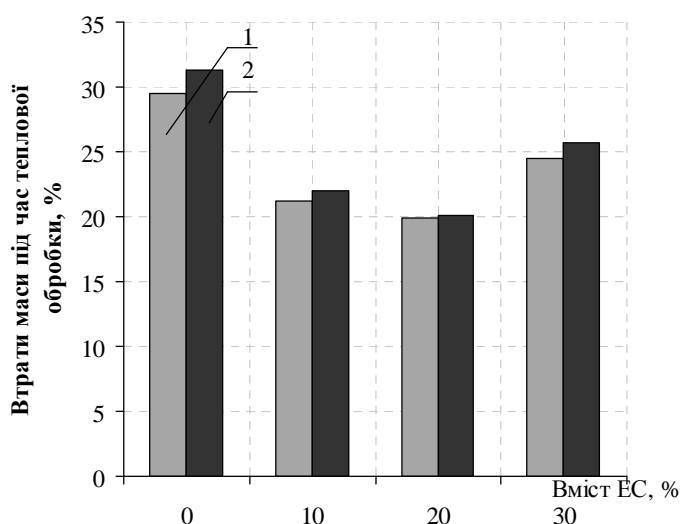


Рисунок 3.5 – Залежність втрат маси під час теплової обробки м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС: 1 – до заморожування; 2 – після заморожування-розморожування

У разі введення до складу м'ясних посічених систем ЕС значення втрат під час теплової обробки знижуються зі збільшенням вмісту ЕС у зразках до та після заморожування-розморожування. Втрати маси під час теплової обробки зменшуються з $29,5\pm 0,8\%$ в контролі до $19,9\pm 0,4\%$ за вмісту ЕС 20%. У зразку із вмістом ЕС 30% (до заморожування) втрати під час теплової обробки складають $25,5\pm 0,5\%$, що в 1,3 разу більше, ніж у зразка з 20% ЕС і в 1,2 разу менше порівняно з контролем. Різниця між показниками втрат до та після заморожування-розморожування менша у зразків із вмістом ЕС 10% і 20%, що добре корелює з показниками ВЗЗ.

Одним із важливих показників, який характеризує функціонально-технологічні властивості м'ясних посічених систем, є втрати маси під час заморожування (табл. 3.3).

Результати дослідження втрат маси м'ясних посічених систем під час заморожування-розморожування підтверджують наявність кріопротекторних властивостей ЕС.

Таблиця 3.3 – Втрати маси м'ясних посічених систем

Показник	Вміст ЕС, %			
	0	10	20	30
Втрати маси під час заморожування, %	$3,2\pm 0,16$	$2,0\pm 0,10$	$1,1\pm 0,05$	$1,2\pm 0,06$
Масова частка вологи, %	$74,9\pm 0,7$	$71,9\pm 0,8$	$68,9\pm 0,6$	$66,1\pm 0,9$
Масова частка білка, %	$18,7\pm 0,8$	$17,3\pm 0,4$	$15,8\pm 0,3$	$14,2\pm 0,5$
Співвідношення білок:вода	1:4,0	1:4,2	1:4,4	1:4,6

Як видно з даних табл. 3.3, введення до м'ясних посічених систем ЕС у кількості 10...30% знижує втрати маси зразків на 50,0...72,5% порівняно з контрольним зразком. При цьому за загального зниження масової частки вологи в системах з $74,9\pm 0,7\%$ (контроль) до $66,1\pm 0,9\%$

(зразок із вмістом ЕС 30%) спостерігається й одночасне зменшення масової частки білка з $18,7 \pm 0,8\%$ (контроль) до $14,4 \pm 0,5\%$ (зразок із вмістом ЕС 30%). На одну частку білка в дослідних системах припадає 4,0 (контроль), 4,2, 4,4 і 4,6 частини води за збільшення вмісту ЕС з 10% до 30%.

Як видно з даних табл. 3.3, введення до м'ясних посічених систем ЕС у кількості 10...30% знижуює втрати маси зразків на 50,0...72,5% порівняно з контрольним зразком. При цьому за загального зниження масової частки вологи в системах з $74,9 \pm 0,7\%$ (контроль) до $66,1 \pm 0,9\%$ (зразок із вмістом ЕС 30%) спостерігається й одночасне зменшення масової частки білка з $18,7 \pm 0,8\%$ (контроль) до $14,4 \pm 0,5\%$ (зразок із вмістом ЕС 30%). На одну частку білка в дослідних системах припадає 4,0 (контроль), 4,2, 4,4 і 4,6 частини води за збільшення вмісту ЕС з 10% до 30%.

Для комплексної оцінки досліджуваних м'ясних посічених систем представляють інтерес їх реологічні властивості.

Реологічні властивості систем відносяться до групи фізичних властивостей і залежать від хімічного складу продукту та його внутрішньої будови.

Вивчення структурно-механічних показників м'ясних систем проводили на плоско-паралельному еластопластометрі Толстого [182]. Деформацію зсуву визначали за зміщенням голки, закріпленої на верхній пластині. Із одержаних результатів визначали в'язко-пружні властивості системи: миттєвий модуль пружності ($E_{\text{пр}}$), зворотну ($\gamma_{\text{зв}}$) і незворотну ($\gamma_{\text{незв}}$) деформації, коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної (K_{γ}), а також в'язкість (η), яку розраховували як тангенс кута нахилу лінійної ділянки графіка $\gamma = f(\tau)$.

Деформацію (γ) визначали за формулою

$$\gamma = \frac{k \cdot n}{d}, \quad (3.2)$$

де k – ціна поділок мікроскопа 10^{-3} , м);

n – кількість поділок у шкалі мікроскопа;

d – товщина зразка, м.

Коефіцієнт відношення (K_γ) зворотної деформації ($\gamma_{зв}$) до загальної ($\gamma_{заг}$) визначали за формулою

$$K_\gamma = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_{заг}}. \quad (3.3)$$

Розділення загальної деформації на зворотну та незворотну проводили екстраполяцією лінійної ділянки графіка $\gamma = f(\tau)$ на вісь ординат.

Миттєвий модуль пружності (E_{np}) визначали за формулою

$$E_{np} = \frac{m \cdot g}{S \cdot \gamma_0}, \quad (3.4)$$

де m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

S – площа пластинки, м²;

γ_0 – відносна умовно-миттєва деформація.

Ефективну в'язкість (η) визначали за формулою

$$\eta = \frac{(t_2 - t_1) \cdot m \cdot g}{S \cdot (\gamma_2 - \gamma_1)}, \quad (3.5)$$

де $t_2 - t_1$ – тривалість вимірювання деформації, с;

$\gamma_2 - \gamma_1$ – зміна деформації зсуву за інтервал часу $t_2 - t_1$.

Ступінь пенетрації м'ясних систем та напівфабрикатів м'ясних посічених визначали до та після теплової обробки на напівавтоматичному пенетрометрі «Labor». Досліджуваний зразок (до термічної обробки) поміщали в циліндричний посуд і вирівнювали масу таким чином, щоб її

поверхня знаходилася на одному рівні зі стінками посуду. Посуд із досліджуваним зразком поміщали на площадку приладу, що знаходиться під індентором. Площадку піднімали до дотику поверхні зразка з нижньою крапкою індентора, що фіксує показання електронного приладу. Потім звільняли рухливу частину приладу й індентор під дією власної ваги та вантажу відомої маси починав занурюватися в зразок.

Для визначення ступеня penetрації м'ясних виробів використовували конусний індентор. За одиницю penetрації приймали 0,1 мм занурення індентора в досліджуваний продукт. Замір показань приладу з кожного зразка проводився не менш 7 разів, а надалі розраховували середньоарифметичне значення.

На рис. 3.6 представлені результати дослідження впливу ЕС на ступінь penetрації м'ясних посічених систем, підданих заморожуванню-розморожуванню, в табл. 3.4 – показники граничного напруження зсуву.

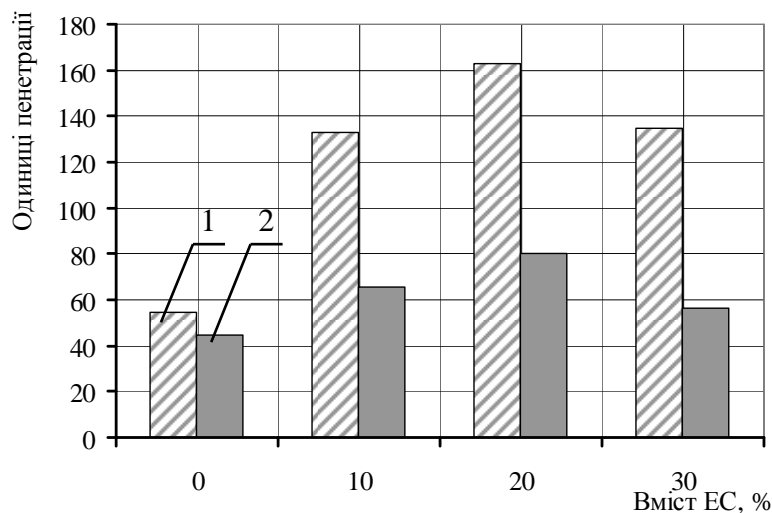


Рисунок 3.6 – Залежність ступеня penetрації м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС: 1-й ряд – до заморожування, 2-й ряд – після заморожування-розморожування

Експериментально встановлено, що з підвищенням вмісту ЕС до 20% у зразках, не підданих заморожуванню-розморожуванню, ступінь

пенетрації зростає майже у 3 рази порівняно з контролем. Цей показник добре корелює з в'язкістними характеристиками м'ясних посічених систем та їх консистенцією. У зразка з вмістом ЕС 30% спостерігається зниження одиниць пенетрації на 17%, що пов'язано з утворенням структурованої дисперсної системи.

Таблиця 3.4 – Показники пенетрації та граничного напруження зсуву м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС

Вміст ЕС, %	Глибина занурення індентора, у.о.		Граничне напруження зсуву, ГНЗ×10 ⁻³ Па	
	до заморожування	після заморожування-розморожування	до заморожування	після заморожування-розморожування
0	54,66	44,56	2,3	3,4
10	132,66	65,66	0,4	1,6
20	162,88	80,1	0,3	1,1
30	135,00	56,48	0,4	2,1

Після заморожування-розморожування показники пенетрації різко знижуються як у контрольному зразку, так і в зразках із введенням ЕС. В контролі – в 1,2 разу, у зразків із вмістом ЕС 10, 20 і 30% – у 2,0, 2,1 і 2,3 разу відповідно.

Консистенція зразків після заморожування-розморожування стає більш монолітною, що є наслідком процесу структурування. Підтвердженням цього стали і результати дослідження в'язко-пружних властивостей м'ясних посічених систем (рис. 3.7; 3.8; табл. 3.5).

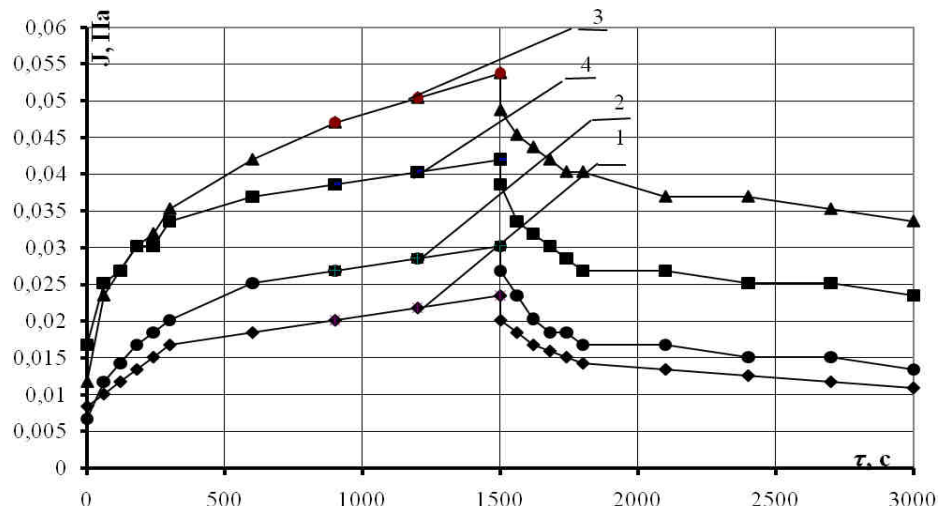


Рисунок 3.7 – Криві повзучості м'ясних посічених систем до заморожування залежно від вмісту ЕС, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30

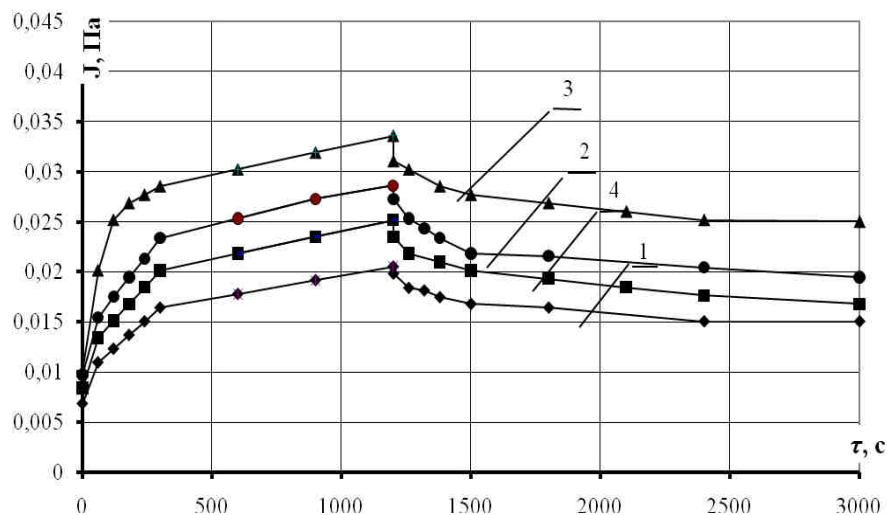


Рисунок 3.8 – Криві повзучості м'ясних посічених систем після заморожування-розморозжування залежно від вмісту ЕС, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30

Під впливом навантаження на м'ясну систему відбувається миттєва деформація зразків (J_0), максимальна (J_{\max}), високоеластична ($J_{\text{в-е}}$) деформації, які повільно розвиваються, а також залишкова деформація ($J_{\text{ост}}$). Миттєва та високоеластична деформації є зворотними.

Таблиця 3.5 – Реологічні властивості м'ясних посічених систем залежно від вмісту ЕС

Вміст ЕС, %	Деформація			
	миттєва, $J_0 \times 10^3$, Па	максимальна, $J_{\max} \times 10^3$, Па	високо-еластична, $J_{в-е} \times 10^3$, Па	залишкова, $J_{ост} \times 10^3$, Па
м'ясні посічені системи до заморожування				
0	8,4	23,4	15,0	8,4
10	6,7	30,2	22,1	8,1
20	11,7	53,8	37,5	16,3
30	16,8	42,0	34,2	7,8
м'ясні посічені системи після заморожування-розморожування				
0	6,8	20,5	15,0	5,5
10	5,8	28,6	22,5	6,1
20	10,1	33,6	26,5	7,1
30	8,5	25,2	18,0	7,2

Максимальні показники миттєвої деформації у зразків до заморожування мають системи з 20% і 30% ЕС ($8,4 \text{ Па} \times 10^{-3}$ – у контролю та $11,7 \dots 16,8 \text{ Па} \times 10^{-3}$ у зразків із 20...30% ЕС). Високоеластична деформація характеризує пружну деформацію, яка запізнюється та зникає через деякий час після зняття напруги. Показники миттєвої, максимальної і високоеластичної деформації м'ясних посічених систем, не підданих заморожуванню, збільшуються за збільшення вмісту ЕС від 10 до 30% (~ 1,5...2,5 разу). Відповідно, чим більша кількість ЕС у зразках, тим більш еластичними вони стають. Максимальні показники високоеластичної деформації мають зразки з вмістом ЕС 20% – $37,5 \text{ Па} \times 10^{-3}$ (у контролю $15,0 \text{ Па} \times 10^{-3}$). Після заморожування-розморожування показники миттєвої деформації знижуються в контролі в 1,23 разу; в системах із вмістом ЕС 10, 20 і 30% – у 1,15, 1,16 і 1,97 разу відповідно, що є ознакою структури, яка стає більш міцною та менше змінюється під дією деформуючої сили.

Незворотня деформація характеризує в'язку течію системи. При цьому відбувається безперервне переміщення часточок м'ясної системи,

які не повертаються у вихідне положення після зняття напруги. До заморожування незворотня деформація максимальна у зразків із 20% ЕС (в 1,9 разу більше контролю), тобто вони найбільш пластичні. Зразки з 10, 30% ЕС і контрольний зразок мають близькі значення необоротної деформації (різниця в 1,03...1,07 разу), тобто є менш пластичними. Ці дані підтверджуються й результатами сенсорної оцінки. Після заморожування-розморожування показники незворотної деформації знижуються у всіх досліджуваних зразків. У контролі у 1,5 разу у зразків із вмістом ЕС 10, 20 і 30% у 1,3; 2,3 і 1,08 разу відповідно.

Введення ЕС впливає також і на характеристики міцності зразків. Для зразків із вмістом ЕС 10% до заморожування криві деформації більш пологі та мають менше значення тангенса кута нахилу дотичної до кінцевої лінійної ділянки кривої, що свідчить про зниження релаксаційної в'язкості м'ясних модельних систем із збільшенням вмісту в них ЕС.

Після заморожування-розморожування підвищується в'язкість м'ясних посічених систем, про що свідчать більш пологі криві деформації зразків, системи стають більш структурованими. ЕС міцно зв'язує часточки м'язової тканини, утворюючи нові дисперсійні зв'язки в системі.

Зниження показників деформації зразків із 30% ЕС пов'язане із зміною зсувних і об'ємних властивостей системи, підвищенням міцностних характеристик, збільшенням внутрішньої взаємодії між часточками і корелює з показниками їх ступеня penetрації.

У цілому заморожування-розморожування призводить до зміни реологічних властивості м'ясних посічених систем. Реологічні характеристики, показники миттєвої, високоеластичної та незворотної деформацій зменшуються у м'ясних посічених системах з введенням ЕС у ~2,0...2,4 разу, при цьому вони залишаються вище, ніж у контрольного зразка у 1,2...1,8 разу, що свідчить про збереження такими системами пластичних властивостей.

Таким чином, на підставі комплексного вивчення фізико-хімічних, структурно-механічних, теплофізичних та функціонально-технологічних характеристик м'ясних посічених систем раціональній вміст ЕС у складі м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів складає 20%. Використання ЕС у цій кількості призводить до нівелювання дії низьких температур, збереження нативних властивостей білків м'яса та м'ясної системи в цілому.

3.3. Дослідження впливу заморожування-розморожування на мікроструктурні показники м'ясних посічених систем із використанням емульсійних систем

Відомо, що перевага використання захисних речовин (кріопротекторів) під час заморожування м'яса та м'ясопродуктів полягає, насамперед, у тому, що відбувається рівномірна кристалізація води як у міжклітинному просторі, так і всередині клітини, що обумовлює формування гіпертонічних розчинів меншої концентрації і знижує швидкість рекристалізації в разі тривалого зберігання, сприяючи збереженню структури м'язового волокна, нативних властивостей білків.

Із метою підтвердження кріопротекторних властивостей ЕС вивчено їх вплив на зміни мікроструктурних показників м'ясних посічених систем.

Мікроструктурні дослідження до та після заморожування-розморожування м'ясних посічених напівфабрикатів здійснювали за допомогою мікроскопа JENAMED-2 (об'єктив 40^x, окуляр 10^x) після підготовки зрізів: фіксація у формаліні, подальше промивання, зневоднювання в спиртах зростаючої міцності, заливання в парафін, зафарбування підготовлених зразків гематоксиліном-еозином та триколюровим методом Маллорі [187; 188].

Морфометрію проводили на оглядових препаратах за допомогою окуляра-мікрометра МОВ-1-15^х. У кожному з препаратів брали 40...60 точок вимірювання. За допомогою об'єкт-мікрометра визначали ціну ділення для збільшення та здійснювали перерахунок відносних значень у абсолютні.

Результати гістологічних досліджень показали, що м'ясні посічені системи представляють собою пухко розташовані по відношенню один до одного, різноспрямовані розрізнені пучки м'язових волокон (рис. 3.9а). ЕС, яку методом Маллорі забарвлено в синій колір, представлено у вигляді крупнопузирчатої пухкої маси, розподіленої відносно рівномірно в ендомізії уздовж м'язових волокон (рис. 3.9б).

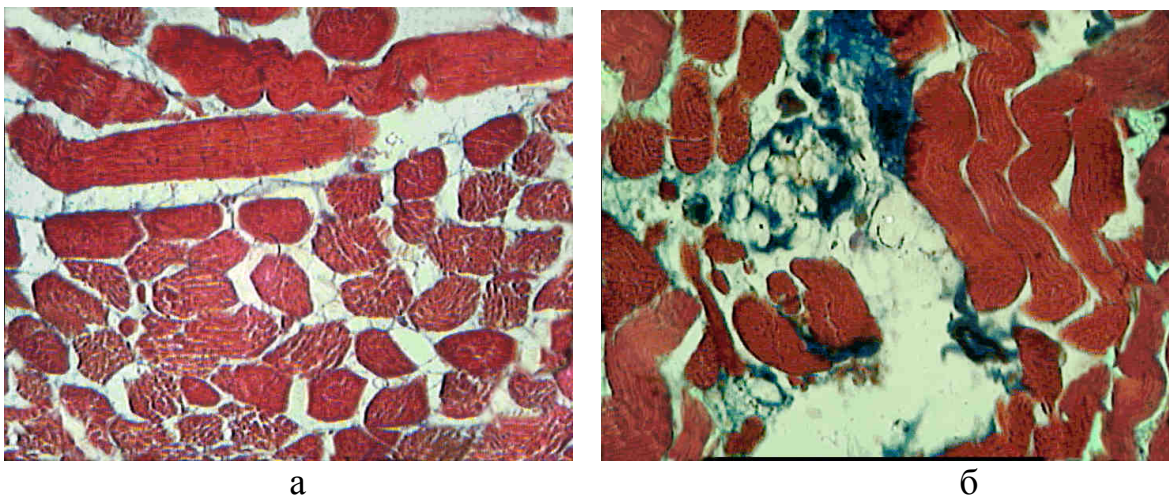
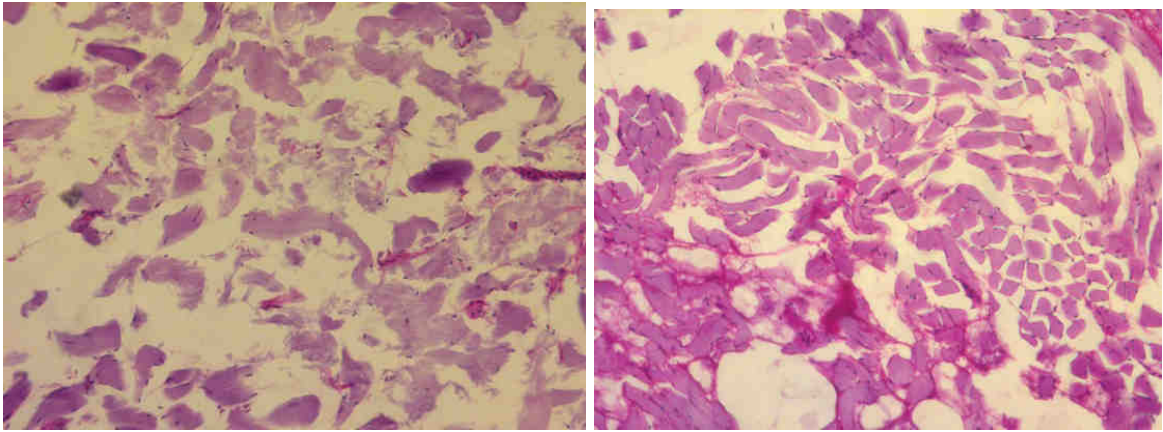


Рисунок 3.9 – Гістоструктура м'ясних посічених систем до заморожування (а – контроль, б – 20% ЕС) Заб. гематоксилін-еозін. Зб.×350 разів

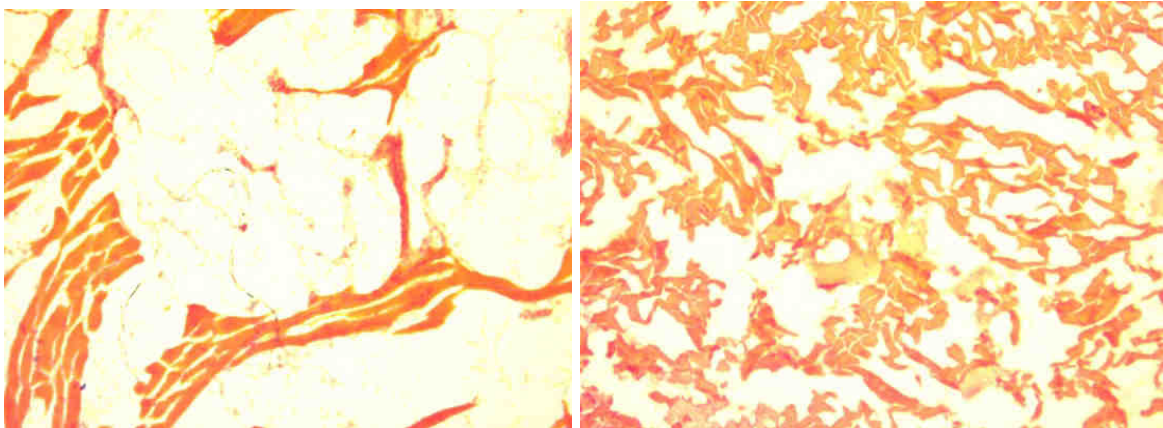
На рис. 3.10, 3.11, 3.12 наведено зображення мікропрепаратів м'ясних посічених систем, що досліджувались. Морфометричні показники (табл. 3.6) визначають діаметр м'язових волокон, розмір проміжку між ними та фрагментами фаршу в м'ясних посічених системах.



а

б

**Рисунок 3.10 – Зображення мікропрепаратів охолоджених зразків:
а - контроль; б - 20% ЕС. Заб. ШИК + гематоксилін. Зб.×150 разів**

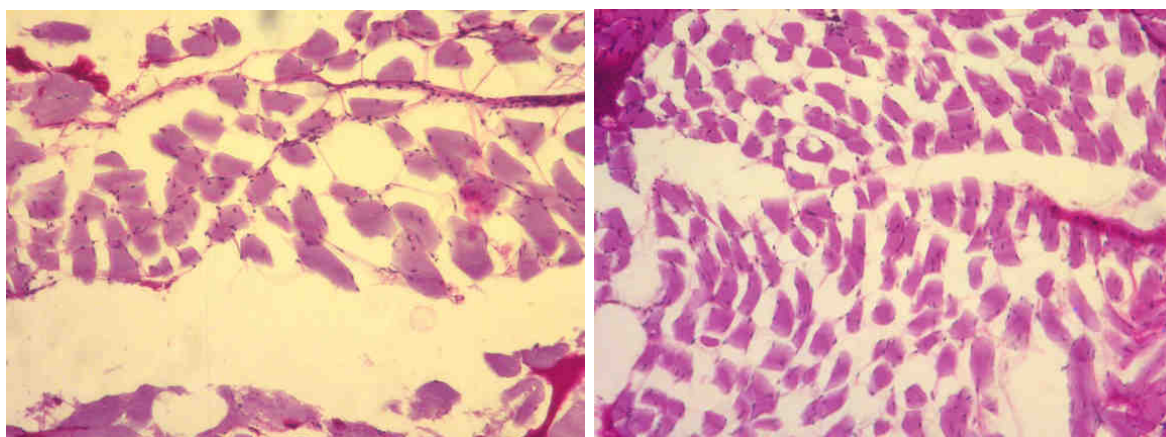


а

б

**Рисунок 3.11 – Зображення мікропрепаратів заморожених зразків:
а - контроль; б - 20% ЕС. Заб. ШИК + гематоксилін. Зб.×150 разів**

У контрольному зразку (рис. 3.10) м'язові волокна розподілено рівномірно, відстань між ними сильно варіює, багато з них у значній мірі зруйновані, сарколема пошкоджена, кількість ядер міозинів зменшена у зв'язку з їх пошкодженням. Середня відстань між м'язовими волокнами більша ($34,32 \pm 0,07$ мкм), ніж середній діаметр м'язових волокон ($27,05 \pm 0,03$).



а

б

**Рисунок 3.12 – Зображення мікропрепаратів розморожених зразків:
а - контроль; б - 20% ЕС. Заб. ШИК + гематоксилін. Зб.×150 разів**

Таблиця 3.6 – Результати мікроморфометрії м'ясних посічених систем

Показник	Вміст ЕС, %	
	0 (контрольний зразок)	20
Охолоджені зразки		
Діаметр м'язових волокон (мкм)	27,05±0,03	26,76±0,03
Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм)	34,32±0,07	23,93±0,02
Розмір проміжків між фрагментами фаршу (мкм)	80,02±0,11	95,96±0,11
Заморожені зразки		
Діаметр м'язових волокон (мкм)	125,68±0,49	32,15±0,05
Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм)	48,64±0,07	33,19±0,02
Розмір проміжків між фрагментами фаршу (мкм)	265,42±0,37	49,53±0,07
Розморожені зразки		
Діаметр м'язових волокон (мкм)	61,65±0,11	27,45±0,02
Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм)	61,44±0,18	26,30±0,03
Розмір проміжків між фрагментами фаршу (мкм)	44,53±0,11	93,95±0,11

У замороженому контрольному зразку (рис. 3.11а) шматочки фаршу віддалені один від одного дуже великими проміжками ($265,42 \pm 0,37$ мкм), що відображає утворення крупних кристалів льоду, в нероздрібнених шматочках проміжки між м'язовими волокнами виявились невеликими. У середньому величина пустот значно більша, ніж величина м'язових волокон (~в 2,1 разу), також відмічається нерівномірний розподіл м'язових волокон.

У зразка з ЕС (рис. 3.11б) спостерігається достатньо рівномірний розподіл вологи. Кристали льоду мінімальні, збереження волокон високе. Зустрічаються невеликі ділянки пошкодження сарколеми м'язових волокон.

Розморожений контрольний зразок (рис. 3.12а) представлений шматочками м'яса, розділеними крупними пустотами, всередині шматочків м'язові волокна виглядають стиснутими та оточеними пустотами, які утворились у результаті дії кристалів льоду. Середня ширина пустих проміжків та м'язових волокон приблизно однакова. У результаті пошкодження міофібрил спостерігається дрібна й ослаблена поперекова та поздовжня смугастість. Відмічено зниження інтенсивності забарвлення контрольних зразків, що пов'язано з більшими втратами під час розморожуваннями м'ясного соку, а разом із цим водорозчинних компонентів саркоплазми. Деструктивні зміни деяких ділянок м'язових волокон спричинили вихід білків саркоплазми за межі волокон. Відмічено нерівномірний розподіл ділянок та відсутність розволокнення м'язової тканини, спостерігається конгломерація м'язових волокон, що пов'язано з негативним впливом кристалізації вологи під час заморожування та утворенням кристалів льоду великого розміру.

У розмороженому зразку з використанням ЕС (рис 3.12б) ступінь збереження м'язового волокна висока, ядра присутні у великій кількості, середній розмір пустот приблизно рівний середнім розмірам м'язових

волокон. Порівнюючи результати мікроструктурних показників до заморожування та після заморожування-розморожування можна вважати, що у зразка, який містив ЕС, відбулося відновлення м'язових волокон та їх пучків до початкового стану.

Оптична щільність м'язового волокна під час постановки ШИК-реакції (з додатковим забарвленням гематоксиліном) свідчить про щільність розміщення складових елементів саркоплазми – полісахаридів, мітохондрій, рибосом, лізосом та інших клітинних органел (табл. 3.7). Зміна показника оптичної щільності пов'язана із різними змінами, супутніми кристалізації льоду під час заморожування м'язової тканини.

Таблиця 3.7 – Оптична щільність саркоплазми м'язових волокон м'ясних посічених систем

Зразки	Оптична щільність саркоплазми м'язових волокон, ум.од.опт.щіл.
До заморожування	
0 % ЕС (контрольний зразок)	0,228 ± 0,016
20% ЕС	0,230 ± 0,011
Після заморожування-розморожування	
0 % ЕС (контрольний зразок)	0,346 ± 0,012
20% ЕС	0,220 ± 0,006

Дані, наведені в табл. 3.7, показують, що оптична щільність контрольного зразка, який пройшов стадії заморожування-розморожування в 1,5 разу більша, ніж у зразка одразу після приготування. До цього призводить вплив гіпертонічних розчинів, який обумовлює денатурацію та розпад білкових структур м'язового волокна, перш за все глікопротеїдів та ліпопротеїдів.

Додавання до м'ясних посічених систем ЕС призводить до зменшення показника оптичної щільності саркоплазми м'язових волокон на 3,7% порівняно з контролем, що пояснюється зменшенням дії

гіпертонічного середовища та гальмуванням осмотично-дифузійних процесів.

Таким чином, ЕС здатна впливати на характер кристалізації, що сприяє утворенню дрібнодисперсного льоду, перешкоджаючи утворенню неприродних міжмолекулярних зв'язків та руйнуванню внутрішньоклітинних структур за низьких температур.

Виходячи з принципу максимального збереження м'язових волокон та меншого їх пошкодження кристалами льоду, які утворюються під час заморожування, можна стверджувати, що використання ЕС сприяє кращому розподілу вологи, утворенню більш дрібних та більш рівномірно розподілених кристалів льоду, що забезпечує більшу збереженість м'язових волокон у порівнянні з контрольним зразком.

Використання в складі м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів ЕС дозволить створити продукцію з необхідними функціонально-технологічними та теплофізичними показниками, забезпечити високі показники якості та безпеки під час реалізації технологічного циклу заморожування-розморожування.

3.4. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем

Аналітичні та експериментальні дослідження (розділ 2, підрозділи 3.1, 3.2, 3.3), спрямовані на обґрунтування технологічних параметрів одержання емульсійних систем на основі білка тваринного, визначенні закономірності формування фізико-хімічних, структурно-механічних показників м'ясних посічених систем та їх зміни під впливом технологічних чинників, дозволили визначити раціональні умови функціонування підсистем C_1 , C_2 та частково підсистеми В. Визначені

раціональні інтервали концентрацій основних рецептурних компонентів та значення параметрів технологічного процесу є базовими в технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням ЕС. Разом із тим розробка нового продукту потребує подальших досліджень, які ставлять за мету надання продукту необхідних споживних властивостей.

Із урахуванням принципової технологічної схеми виробництва емульсійної системи кріопротекторної дії (рис. 2.16) розроблено структуру та модель технологічної системи виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених (НМПЗ), які наведено на рис. 3.13 та 3.14.

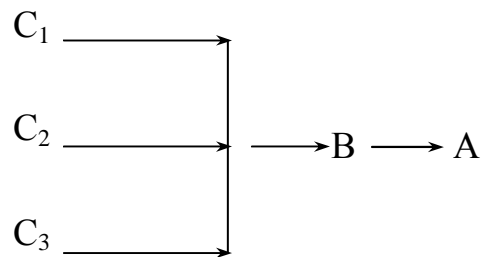


Рисунок 3.13 – Структура технологічної системи виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням ЕС (C₁, C₂, C₃, B, A – підсистеми)

Подальший синтез та дослідження функціонування окремих підсистем на мікрорівні здійснено відповідно до моделі технологічної системи. Мету функціонування окремих підсистем у межах технологічної системи виробництва НМПЗ із використанням ЕС наведено в табл. 3.8.

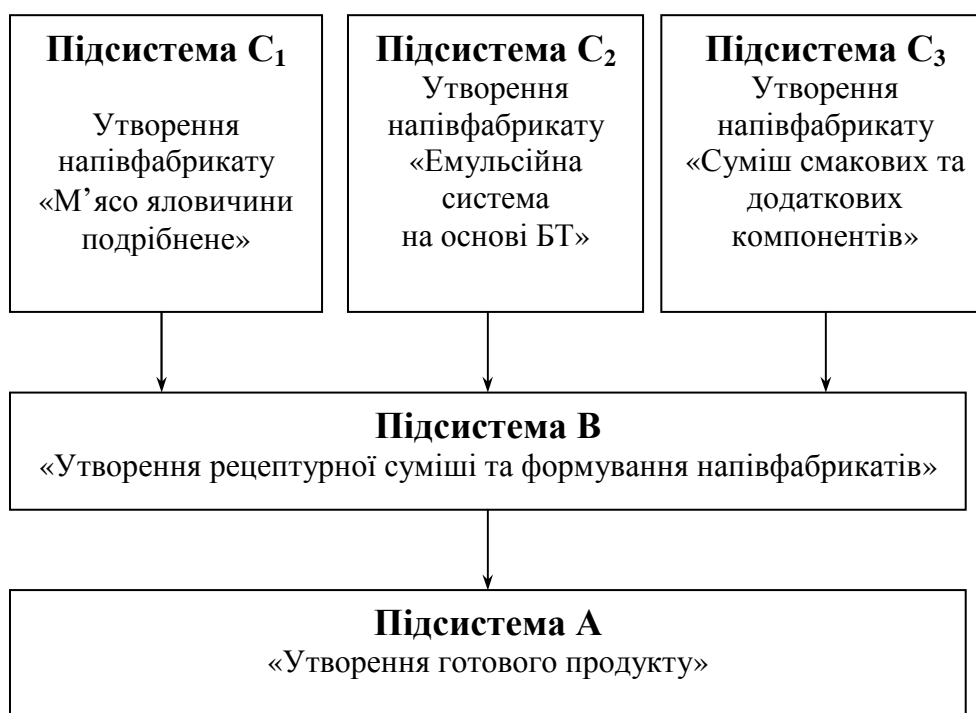


Рисунок 3.14 – Модель технологічної системи виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням ЕС

Таблиця 3.8 – Мета функціонування окремих підсистем у межах нової технології

Позначення підсистеми	Найменування підсистеми	Мета функціонування підсистеми
1	2	3
A	Утворення готового продукту	Отримання продукту із заданими властивостями відповідно до інноваційного задуму нового продукту
B	Утворення рецептурної суміші та формування напівфабрикатів	Отримання рецептурної суміші, виконуючи окремі технологічні операції в обґрунтованій послідовності, що забезпечують перебіг фізичних та фізико-хімічних процесів, наслідком чого є формування цілісної структури НМП

1	2	3
C ₁	Утворення напівфабрикату «М'ясо яловичини подрібнене»	Отримання подрібненого м'яса яловичини з певними фізичними характеристиками
C ₂	Утворення напівфабрикату «Емульсійна система на основі БТ»	Отримання емульсійної системи із заданими властивостями
C ₃	Утворення напівфабрикату «Суміш смакових та додаткових компонентів»	Механічна кулінарна обробка смакових рецептурних компонентів (солі кухонної, спецій, овочів сушених) за типовими технологічними схемами

На основі проведених експериментальних досліджень та попередніх технологічних відпрацювань визначено раціональний вміст основних інгредієнтів (табл. 3.9) та принципову технологічну схему виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням ЕС, що наведено на рис. 3.15.

Таблиця 3.9 – Раціональний вміст основних інгредієнтів напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням ЕС

Сировина	Витрати сировини на 100 кг продукту, кг
1	2
Напівфабрикат «М'ясо яловичини подрібнене»	66,5...81,5
Напівфабрикат «Емульсійна система», в т.ч.	19,5...20,5
білок тваринний Gelexcel A-95	0,84...0,89
камідь ксантану	0,02...0,022
вода питна	8,74...9,23
олія соняшникова рафінована дезодорована	9,6...10,2

1	2
Смакові компоненти (сіль кухонна, спеції)	0,05...2,50
Додаткові компоненти	0...10,5

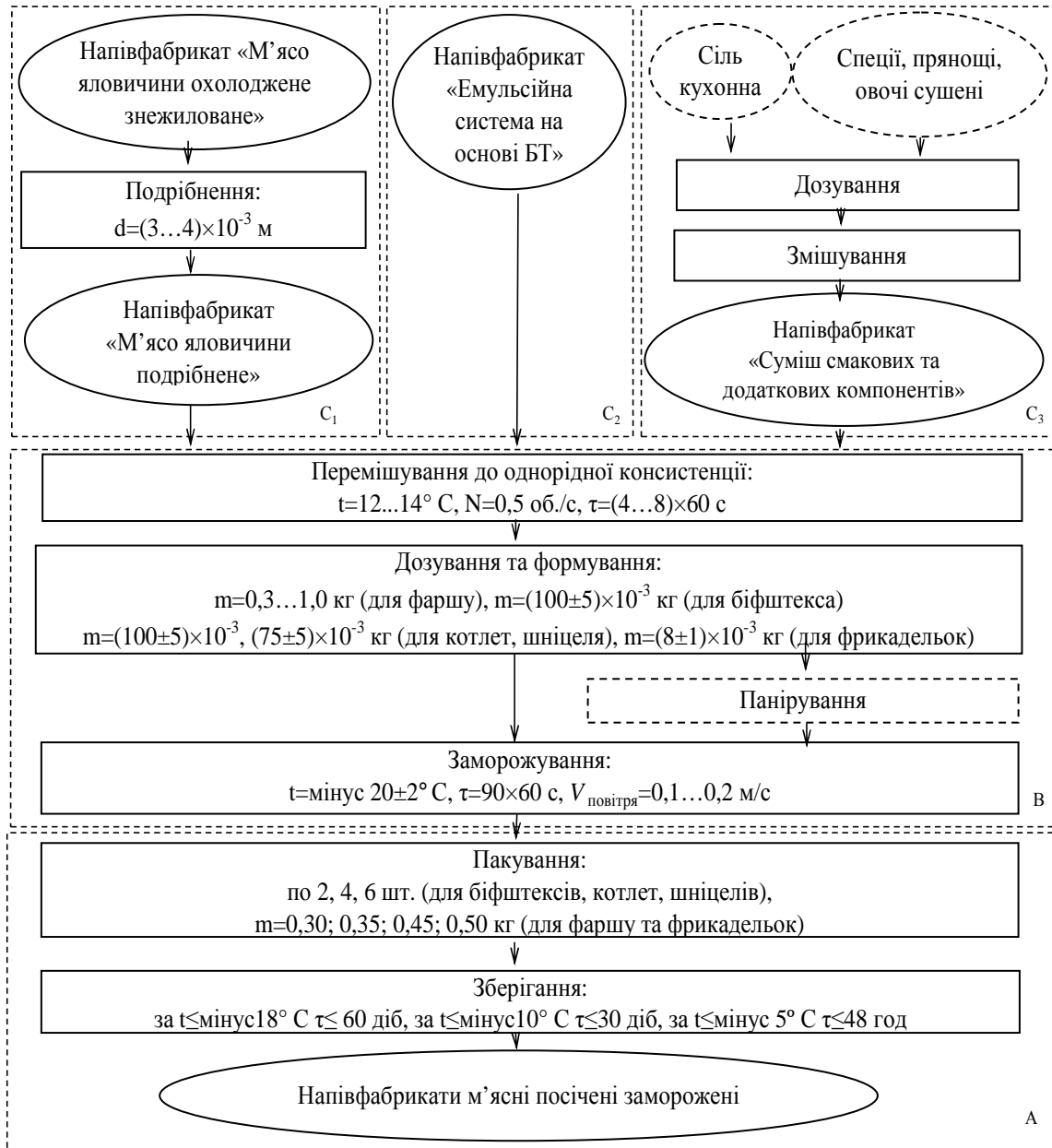


Рисунок 3.15 – Принципова технологічна схема виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням емульсійних систем

НМПЗ виготовляють відповідно до рецептур, затверджених у встановленому порядку й наведених у табл. 3.10.

Проведені дослідження покладено в основу розробленої та затвердженої нормативної (ТУ У 10.1-01566330-295:2014 «Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені») та технологічної документації з виробництва нової продукції.

Таблиця 3.10 – Рецептури напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг продукту, кг				
	Фарш яловичий	Біфштекс «Особливий»	Шніцель «Столичний»	Котлети «Соковиті»	Фрикадельки «Сімейні»
Яловичина жилована II категорії	80,7	81,20	75,0	74,0	59,0
Сіль кухонна	-	1,02	1,40	1,42	2,03
Перець чорний або білий мелений	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10
Мускатний горіх	-	-	0,05	-	-
Часник сушений	-	-	1,02	1,02	-
Цибуля сушена	-	-	-	2,80	10,15
Яблука свіжі, напівфабрикат	-	-	-	-	10,15
Суміш кріопротекторна KrioMeat СК 005	0,91	0,86	0,91	0,91	0,91
або білок тваринний Gelexcel A-95	0,89	0,84	0,89	0,89	0,89
Камедь ксантану	0,021	0,02	0,021	0,021	0,021
Вода питна	9,19	8,74	9,23	9,23	9,23
Олія соняшникова рафінована дезодорована	10,1	9,6	10,15	10,15	10,15
Напівфабрикат «Емульсійна система»	20,2	19,20	20,30	20,30	20,3
Сухарі панірувальні	-	-	4,00	2,50	-
Усього	101,0	102,0	102,0	102,5	102,0
Вихід	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ
М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ ТА ІХ ЗМІНА ПІД ВПЛИВОМ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ**

**4.1. Дослідження показників якості та безпечності
напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням
емульсійних систем**

Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені із використанням емульсійних систем на основі білка тваринного є новими в існуючому асортименті м'ясної продукції, тому доцільно комплексно дослідити показники їх якості та безпечності.

Комплекс можливих змін, які відбуватимуться з НПМЗ під час зберігання, включає функціонально-технологічні, органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, зміни харчової та біологічної цінності.

Під час дослідження було використано напівфабрикати м'ясні посічені заморожені, виготовлені за традиційною технологією (контроль) і НМПЗ із ЕС за розробленою технологією. Через те, що формування асортиментного ряду розроблених напівфабрикатів досягається використанням смакоароматичних компонентів та наданням певних форм, для визначення показників, що досліджувались, обрано один вид напівфабрикатів, рецептури яких наведено в табл. 4.1. Зберігання напівфабрикатів здійснювали за температури -18°C впродовж 3 місяців.

У виробничих умовах м'ясні системи одержували, подрібнюючи на м'ясорубці МИМ-300 з діаметром отворів решітки $(3...4) \times 10^{-3}$ м, емульсійні системи – на кутері VZBJ-80 за частоти обертання робочих

органів 30...60 об/с, які надалі перемішували на фаршмішалці ИПКС-019(Н) за частоти обертання робочих органів 0,5...0,6 об/с. Дозування та формування НМПЗ здійснювали на формовочному автоматі (ИПКС-123) із подальшим заморожуванням у холодильній камері шокового заморожування (ИПКС-033-3Ш) за температури $-24...-30^{\circ}\text{C}$ і швидкості повітря 0,1 м/с, та зберіганням у холодильній низькотемпературній камері (ИПКС-033НТ-6) за температури -18°C .

Таблиця 4.1 – Рецептурний склад НМПЗ

Сировина	Витрати сировини, г			
	Біфштекс (контроль)		Біфштекс «Особливий»	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Яловичина жилована (односортна)	111,0	81,0	111,2	81,20
Сіль кухонна	1,02	1,02	1,02	1,02
Перець чорний мелений	0,1	0,1	0,1	0,1
Шпик ковбасний несолоний	12,5	12	-	-
Напівфабрикат «Емульсійна система»	-	-	-	19,20
Вода питна	7,03	7,03	-	-
Усього		101,05		101,52
Вихід		100,0		100,0

Досліджено органолептичні показники НМПЗ, які представлено в табл. 4.2

Із метою визначення харчової цінності НМПЗ досліджено загальний хімічний склад після виготовлення та під час зберігання, наведений у табл. 4.3.

Таблиця 4.2 – Органолептичні показники НМПЗ

Показники	Характеристика
Зовнішній вигляд	Не зліплені, не zdeформовані. Форма однієї штуки – округло-приплюснута. Поверхня рівна, без розірваних та ламаних країв, без наледеніння та інею
Колір	Від світло-рожевого до темно-червоного кольору
Запах та смак	Властиві відповідній доброякісній м'ясній сировині, з вираженим смаком та ароматом яловичини, з присмаком відповідних спецій. Після термічної обробки – властивий цьому виду продукту, з ароматом прянощів, без стороннього присмаку та запаху
Консистенція	Консистенція щільна, тверда, некрихка. У розмороженому вигляді мазка, без відшарування води

Таблиця 4.3 – Загальний хімічний склад НМПЗ під час зберігання

Термін зберігання	Масова частка, %					
	Біфштекс (контроль)			Біфштекс «Особливий»		
	вологи	білка	жиру	вологи	білка	жиру
до заморожування						
0 діб	67,4±0,3	15,0±0,3	16,8±0,1	68,9±0,3	15,8±0,1	14,6±0,1
після заморожування та зберігання						
30 діб	66,3±0,3	14,3±0,1	16,2±0,1	68,1±0,3	15,6±0,1	14,6±0,1
60 діб	65,6±0,3	13,6±0,1	15,9±0,1	68,0±0,3	15,6±0,1	14,5±0,1
90 діб	62,1±0,3	12,8±0,1	15,4±0,1	67,6±0,3	15,5±0,1	14,2±0,1

Аналізуючи дані, наведені в табл. 4.3, слід зазначити, що хімічний склад контрольного та дослідного зразків НМПЗ до заморожування характеризується наступним співвідношенням білок:жир:волога – контроль (1:1,1...1,2:4,4...4,5), дослідний зразок (1:0,9...1,0:4,3...4,4).

У складі НМПЗ із ЕС міститься $68,9 \pm 0,3\%$ води (контроль – $67,4 \pm 0,3\%$), серед сухих речовин на частку білкових речовин припадає $15,8 \pm 0,1\%$ (контроль – $15,0 \pm 0,1\%$), $14,6 \pm 0,1\%$ жиру (контроль – $16,8 \pm 0,1\%$), решта $0,7 \pm 0,1\%$ (контроль – $0,8 \pm 0,1\%$) мінеральні речовини, вітаміни.

Під час низькотемпературного зберігання спостерігається зниження масової частки води, білка та жиру у всіх зразках. У контрольному зразку впродовж перших двох місяців зберігання кількість води зменшилась на $1,6 \dots 2,6\%$, білка – на $4,6 \dots 9,3\%$, жиру – на $3,6 \dots 5,4\%$. Після 90 днів зберігання вміст води знизився на $7,8\%$, білка – на $14,6\%$, жиру – на $8,3\%$. У зразку з ЕС впродовж перших 60 днів зберігання показники знизились на: вода – $1,2\%$, білок – $1,3\%$, жир – менше 1% , після 90 днів зберігання втрати води і білка склали $1,8\%$, жиру – $2,7\%$.

В разі низькотемпературного зберігання м'яса вирішальну роль у збереженні його якісних показників відіграють зміни білків і ліпідів, пов'язані з протеолізом, ліполізом, гідролізом і окисненням жирів, а також взаємодією один з одним продуктів розпаду.

За зниження температури відбувається процес агрегування білків у складні комплекси зі зниженням їх розчинності. Показник розчинності пов'язаний із вологозв'язуючою здатністю білків м'язової тканини.

Оцінку стану білків НМПЗ впродовж зберігання проводили, вивчаючи розчинність білків, ВЗЗ, втрати маси напівфабрикатів під час теплової обробки.

Для визначення розчинності білкових речовин м'ясних систем наважку масою 10 г заливали 40 см³ розчину NaOH (рН=10...11), перемішували протягом 10×60 с до утворення суспензії, титрували розчином HCl до досягнення рН=6 та центрифугували за частоти обертів 83 с⁻¹ протягом 5×60 с. Для проведення кольорової реакції до 1 см³ досліджуваних розчинів білків додавали 4 см³ біуретового реактиву, витримували за температури $20,0 \pm 0,5^\circ$ С протягом 30×60 с. Оптичну

густину розчину вимірювали на фотоелектроколориметрі із зеленим світофільтром за довжини хвилі 540...590 нм. Масову частку білка визначали за формулою (2.6)

Дані щодо розчинності білків НМПЗ наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розчинність білків НМПЗ під час зберігання

Термін зберігання	Розчинність, %	
	Біфштекс (контроль)	Біфштекс «Особливий»
до заморожування		
0 діб	15,3±0,6	13,5±0,4
після заморожування та зберігання		
30 діб	14,8±0,4	13,3±0,5
60 діб	14,1±0,4	13,1±0,3
90 діб	13,6±0,6	12,9±0,6

Одержані результати свідчать, що відмінності у розчинності білків НМПЗ помітні вже у свіжевиготовлених зразків. Розчинність білків напівфабрикатів із ЕС менша порівняно з контролем на 11,7%, це пов'язано з тим, що ЕС сприяє утворенню нових дисперсійних зв'язків у м'ясній системі, міцному зв'язуванню вологи та жиру, а також, створюючи ліпідний бар'єр, перешкоджає проникненню розчинника в м'ясну систему.

Зниження розчинності білків під час зберігання відбувається внаслідок руйнування сольватних оболонок білково-водних систем. Це створює сприйнятливі умови для безпосередньої взаємодії реакційних груп білкових макромолекул із утворенням міцних зв'язків між ними. При цьому виникають просторові структурні утворення, в яких зв'язок між структурними елементами частково здійснюється без сольватних оболонок.

Під час зберігання НМПЗ в замороженому стані впродовж 30, 60 і 90 діб спостерігається зменшення екстрагування білків: у контрольного зразка – на 3,3%, 7,8% і 11,1%; у НМПЗ із ЕС – на 1,5, 2,9 і 4,2% відповідно. У цілому збереження розчинності білків НМПЗ із ЕС під час зберігання порівняно з контролем вище у 2,6 разу, що свідчить про менші денатураційні зміни.

Вказані зміни знаходяться в прямій залежності з гідрофільністю м'язової тканини, яка визначає ВЗЗ м'яса. Підтвердженням цього є результати дослідження ВЗЗ і втрат під час теплової обробки (ТО) НМПЗ впродовж зберігання (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристика функціонально-технологічних показників НМПЗ під час зберігання

Термін зберігання	Біфштекс (контроль)		Біфштекс «Особливий»	
	ВЗЗ, %	Втрати маси під час ТО, %	ВЗЗ, %	Втрати маси під час ТО, %
до заморожування				
0 діб	53,3±0,7	29,5±0,4	78,4±0,5	20,5±0,7
після заморожування та зберігання				
30 діб	50,7±0,8	30,6±0,6	76,3±0,6	20,3±0,3
60 діб	47,2±0,7	31,0±0,5	75,2±0,5	20,0±0,2
90 діб	44,9±0,7	31,2±0,5	74,3±0,5	19,9±0,2

Як показує аналіз результатів (табл. 4.5), ВЗЗ напівфабрикату з ЕС до заморожування вища порівняно з контролем у 1,5 разу, втрати маси під час теплової обробки відповідно менші у 1,4 разу. Під час зберігання НМПЗ відмічено зниження ВЗЗ і збільшення втрат під час теплової обробки. Проте вказані зміни менше виражені для НМПЗ із ЕС. Зокрема їх ВЗЗ знижується на 2,6, 4,1 і 5,2% порівняно з 4,8, 11,4 і 15,8% з контролем впродовж 30, 60 і 90 діб зберігання відповідно, втрати під час теплової

обробки НМПЗ із ЕС є практично незмінними, в той час як у контрольного зразка вони знижуються на 3,7...5,7%.

Контакт жирів із киснем повітря супроводжується розвитком окислювальних процесів. Швидкість, характер і глибина окислення жирів залежать від складу та властивостей м'ясних систем, умов виробництва і зберігання. Розвиток окислювальних процесів може призвести до зниження харчової цінності продукту або утворення шкідливих речовин. У зв'язку з цим передбачалось вивчення змін, що протікають у ліпідній фракції НМПЗ.

Про утворення продуктів окислення в ліпідній фракції НМПЗ робили висновок за ступенем змін кислотного, перекисного і тіобарбітурового чисел, які визначали за стандартною методикою [178].

Динаміка окислювальних процесів, показана на рис. 4.1–4.3, свідчить про наявність гідролітичних і окислювальних процесів в ліпідній фракції за зберігання НМПЗ.

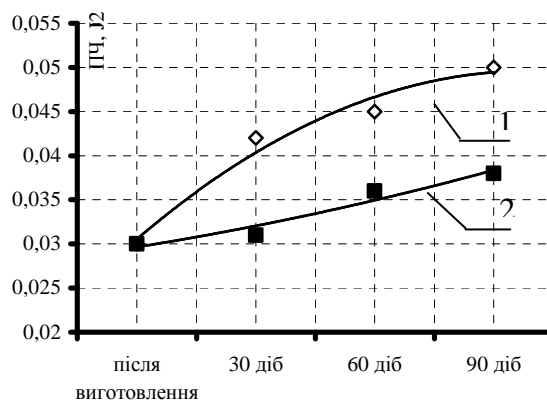


Рисунок 4.1 – Зміна перекисного числа НМПЗ під час зберігання (1 – контроль, 2 – 20% ЕС)

Аналіз графіків показує, що після зберігання в замороженому стані впродовж перших 30 днів перекисне число у дослідному зразку збільшилось на 3%, а у контрольному зразку цей показник зріс на 33%; показник тіобарбітурового числа в дослідному зразку залишився

незмінним, у контрольному зразку зріс на 5%; відбувалося збільшення показників кислотного числа як в контрольному, так і в дослідному зразках, проте в контрольному зразку окислювальні процеси протікають більш інтенсивно, ніж у зразка з ЕС.

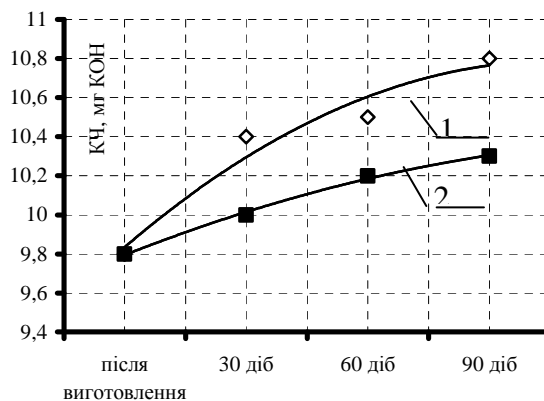


Рисунок 4.2 – Зміна кислотного числа НМПЗ під час зберігання (1 – контроль, 2 – 20% ЕС)

Після зберігання в замороженому стані впродовж 90 днів перекисне число у контрольному зразку збільшилось на 67%, у дослідному у 2,5 разу менше – на 27%. Збільшення кислотного числа у контрольному зразку – на 10%, у дослідному – на 5%, тіобарбітурового числа у контрольному зразку – на 52%, у дослідному – на 14%.

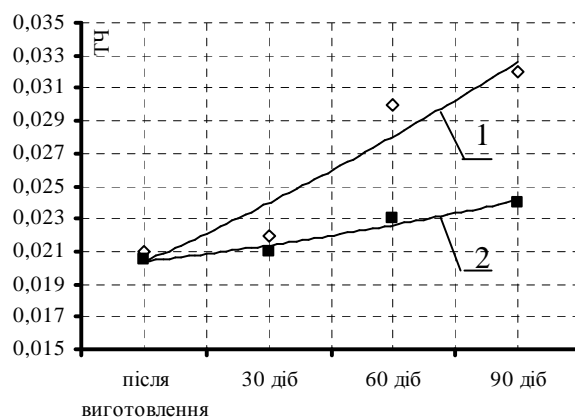


Рисунок 4.3 – Зміна тіобарбітурового числа НМПЗ під час зберігання (1 – контроль, 2 – 20% ЕС)

Враховуючи, що м'ясні продукти є джерелом вітамінів В₁, В₂, РР, які можуть руйнуватися під час технологічної обробки і зберігання, було досліджено їх вміст у складі напівфабрикатів до заморожування та після зберігання в замороженому стані (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Вміст вітамінів у НМПЗ під час зберігання

Термін зберігання	Вміст вітамінів, мкг/100 г білка					
	Біфштекс (контроль)			Біфштекс «Особливий»		
	В ₁ (тіамін)	В ₂ (рибо- флавін)	РР (нікоти- нова кислота)	В ₁ (тіамін)	В ₂ (рибо- флавін)	РР (нікоти- нова кислота)
до заморожування						
0 діб	0,065	0,096	4,68	0,067	0,098	4,85
після заморожування і зберігання						
30 діб	0,057	0,091	4,46	0,061	0,093	4,57
60 діб	0,049	0,087	4,13	0,058	0,091	4,46
90 діб	0,046	0,079	3,92	0,051	0,087	4,13

Аналізуючи одержані данні, можна відмітити, що існує тенденція негативного впливу заморожування на збереження вітамінів у НМПЗ як у контрольному зразку, так і в дослідному.

Згідно з отриманими даними (табл. 4.6), зберігання впродовж 90 діб призвело до зменшення вмісту вітамінів (В₁, В₂, РР) у НМПЗ у контрольному зразку на 29, 18 і 16%, у дослідному зразку на 24 11 і 15% відповідно. Тобто в зразку із ЕС ці зміни відбуваються в меншій мірі.

Важливим показником біологічної цінності м'ясних виробів є вміст незамінних і замінних амінокислот. Визначено амінокислотний склад білків НМПЗ, який наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Амінокислотний склад НМПЗ

Найменування амінокислоти (АК)	Вміст амінокислот у НМПЗ			
	Біфштекс (контроль)		Біфштекс «Особливий»	
	г/100 г продукту	г/100 г білка	г/100 г продукту	г/100 г білка
Незамінні, у т.ч.:				
Валін	1,033	5,52	0,803	5,08
Ізолейцин	0,845	4,52	0,651	4,12
Лейцин	1,4462	7,82	1,134	7,18
Лізин	1,568	8,39	1,217	7,70
Метіонін	0,529	2,83	0,406	2,57
Треонін	0,875	4,67	0,687	4,34
Триптофан	0,246	1,32	0,187	1,18
Фенілаланін	0,814	4,35	0,633	4,00
Сума незамінних АК	7,284	38,42	5,718	36,82
Замінні, у т.ч.:				
Аланін	1,229	6,57	1,092	7,04
Аргінін	1,166	6,23	1,037	6,69
Аспарагінова кислота	2,093	11,19	1,577	10,17
Гістидін	0,692	3,70	0,615	3,96
Гліцин	0,790	4,22	0,702	4,53
Глутамінова кислота	2,754	14,73	2,448	15,79
Оксипролін	0,052	0,28	0,046	0,29
Пролин	0,592	3,17	0,526	3,39
Серин	0,814	4,35	0,723	4,66
Тирозин	0,720	3,85	0,556	3,52
Цистин	0,279	1,49	0,214	1,35
Сума замінних АК	11,670	61,58	9,820	63,18
Загальна кількість амінокислот	18,955	100	15,538	100

Під час дослідження ідентифіковано та кількісно визначено 19 амінокислот, із яких 38,42% (контроль) і 36,82% (НМПЗ з ЕС) припадає на незамінні, а решта – 61,58% (контроль) і 63,18% (НМПЗ з ЕС) на замінні амінокислоти. Співвідношення незамінних та замінних амінокислот у контролю складає 1:1,6, у зразка з ЕС – 1:1,7, що дозволяє характеризувати НМПЗ як продукти з високою біологічною цінністю.

Аналізуючи якісний та кількісний склад незамінних амінокислот (табл. 4.8), слід відзначити, що вміст амінокислот у складі НМПЗ з ЕС є нижчим, ніж у контрольного зразка, але при цьому перевищує рівень ФАО/ВООЗ за такими амінокислотами як лізин, фенілаланін і триптофан. Кількість валіну, ізолейцину та лейцину в білках НМПЗ із ЕС наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку. Лімітуючі амінокислоти відсутні. Таким чином розроблений продукт можна вважати біологічно повноцінним.

Таблиця 4.8 – Біологічна цінність НМПЗ за амінокислотним скором

Незамінні амінокислоти	Амінокислотний склад, %				
	Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг АК/1 г білка	Біфштекс (контроль)		Біфштекс «Особливий»	
		мг/ г білка	скор, %	мг/ г білка	скор, %
Валін	50,0	55,2	110,4	50,8	101,6
Ізолейцин	40,0	45,2	113,0	41,2	103,0
Лейцин	70,0	78,2	111,7	71,8	102,6
Лізин	55,0	83,9	152,5	77,0	140,0
Метіонін+цистин	35,0	43,2	123,4	39,2	112,0
Треонін	40,0	46,7	116,7	43,4	108,5
Триптофан	10,0	13,2	132,0	11,8	118,0
Фенілаланін+тирозин	60,0	82,0	136,7	75,2	125,3

Це свідчить про те, що використання ЕС на основі БТ у складі НМПЗ призвело до збільшення збалансованості амінокислотного складу білків по відношенню до статистично обґрунтованому білка – еталону, який у найбільшому ступеню задовольняє потребам організму людини. Адже відомо, що у білку продуктів харчування незамінних амінокислот може бути істотно більше, ніж у еталоні ФАО/ВООЗ, однак можливість їх

утилізації визначена мінімальним скором однієї з амінокислот. Різниця між мінімальним та максимальним скором розробленого виробу складає 38,4 одиниць, тоді як у контролю цей показник дорівнює 42,1.

Для характеристики збалансованості незамінних амінокислот було розраховано триптофановий та треоніновий індекси (табл. 4.9).

Розрахунок триптофанового індексу показав, що продукт містить дещо перевищену кількість треоніну та лізину. Аналіз співвідношення амінокислот за треоніновим індексом також підтверджує, що НМПЗ з ЕС перевантажено лізином, але недостатньо збалансовано за фенілаланіном, ізолейцином та валіном.

Таблиця 4.9 – Збалансованість незамінних амінокислот у складі НМПЗ

Найменування амінокислоти	Збалансованість за триптофановим індексом			Збалансованість за треоніновим індексом		
	Стандарт на шкала ФАО/ВООЗ	Біф-штекс (конт-роль)	Біф-штекс «Особливий»	Стандарт на шкала ФАО/ВООЗ	Біф-штекс (конт-роль)	Біф-штекс «Особливий»
Треонін	2...3	3,5	3,7	1,00	1,00	1,00
Лізін	3...5	6,4	6,5	1,10	1,79	1,77
Валін	4	4,2	4,3	1,50	1,18	1,17
Лейцин	4...6	5,9	6,0	1,70	1,67	1,65
Ізолейцин	3...4	3,4	3,5	1,40	0,97	0,95
Фенілаланін	2...4	3,3	3,4	1,10	0,93	0,92
Метіонін	1...4	2,1	2,2	0,70	0,61	0,60
Триптофан	1	1,0	1,0	0,25	0,28	0,27

Біологічна цінність білків залежить не тільки від їх амінокислотного складу, а й від ступеня їх перетравлення ферментами шлунково-кишкового тракту людини.

Дослідження перетравлюваності «in vitro» проводили безпосередньо після виготовлення НМПЗ та їх теплової обробки, а також після низькотемпературного зберігання, подальшого розморожування та

виготовлення з них м'ясних посічених виробів. Перетравлюваність «in vitro» напівфабрикатів м'ясних посічених визначали за методом А.А. Покровського та Е.Д. Єртанова [176]. Ступінь перетравлення білків зразків визначали за різницею між кількістю білків, яку витрачено на перетравлення, та кількістю білків, які залишилися після послідовної обробки продукту пепсином і трипсином. Накопичення продуктів гідролізу визначали за кольоровою реакцією Лоурі та виражали в умовних одиницях (мкм тирозину на 1 мг білка).

На основі одержаних результатів визначено динаміку накопичення розчинного білка досліджуваних зразків та побудовано діаграму ферментативного гідролізу білка протеолітичними ферментами (рис. 4.4).

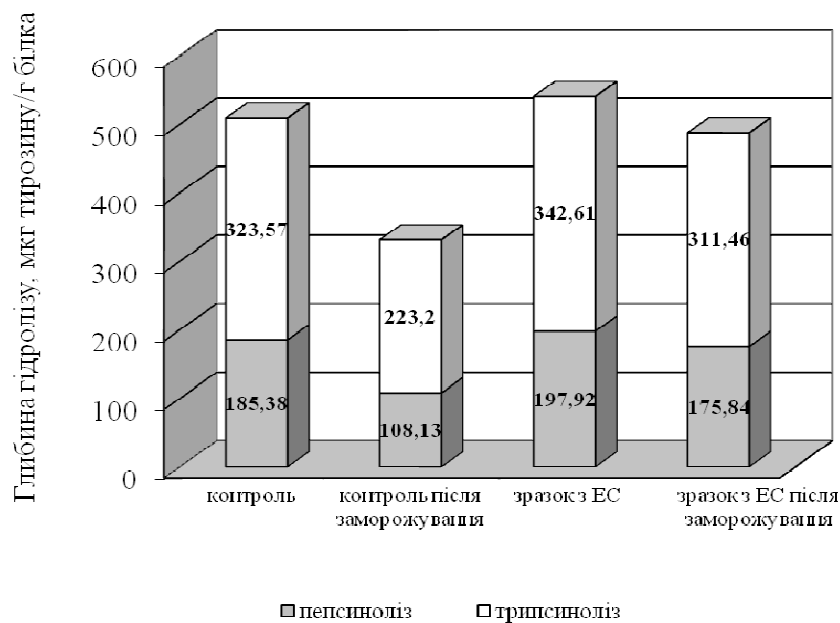


Рисунок 4.4 – Діаграма ферментативного гідролізу білка НМПЗ

Глибина і характер ферментативного гідролізу білків контролю та зразків із ЕС має деяку різницю. Аналіз ферментативного гідролізу білків пепсином у контрольного зразка до заморожування становить 185,38 мкг тирозину/г білка і 197,79 мкг тирозину/г білка в зразка з ЕС. Введення ЕС поліпшує процес перетравлення, що також стає помітним на етапі

трипсинолізу, де глибина гідролізу для контролю склала 323,57 мкг тирозину/г білка і 342,61 мкг тирозину/г білка для зразка з ЕС.

Процес заморожування призводить до зменшення швидкості ферментативного гідролізу білків протеолітичними ферментами як на стадії пепсинолізу, так і на стадії трипсинолізу. Причому у контрольного зразка ці показники зменшились у загальному підсумку в 1,5 разу, а у зразка з ЕС в 1,1 разу. Проте білкова складова зразків із введенням ЕС залишилася більш доступною для дії протеолітичних ферментів ніж у контролю в 1,5 разу.

Проведені дослідження щодо визначення мінерального складу НМПЗ із ЕС (табл. 4.10) показали, що зольний залишок представлено як макро-, так і мікроелементами.

Таблиця 4.10 – Мінеральний склад НМПЗ із ЕС

Найменування мінеральних речовин (МР)	Кількість МР, мг/%	Вміст МР,% від загальної кількості
Калій	284	48,19
Кальцій	8,2	1,39
Магній	17,6	2,98
Натрій	58,4	9,91
Сірка	18,4	3,12
Хлор	47,2	8,00
Фосфор	150,4	79,23
Залізо	2,32	0,39
Цинк	2,59	0,44
Кобальт	0,005	<0,001
Марганець	0,028	0,005
Мідь	0,145	0,025
Всього	589,28	100

Розроблені НМПЗ є джерелом макроелементів – натрію (58,4 мг%), калію (284,0 мг%) та фосфору (150,4 мг%) і мікроелементів – цинку (2,59 мг%), заліза (2,32 мг%), міді (0,145 мг%). Крім цього,

ідентифіковано також кальцій, магній, кобальт, марганець та інші мінеральні речовини.

Результати токсикологічних випробувань наведено у табл. 4.11. На підставі одержаних даних (табл. 4.11) встановлено, що вміст токсичних елементів, мікотоксинів, нітрозамінів у НМПЗ із ЕС не перевищує допустимих рівнів, встановлених МБТ і СН №5061.

Досліджено мікробіологічні показники НМПЗ із ЕС (після виготовлення, та після низькотемпературного зберігання) відповідно вимогам, встановленим ДСТУ 4437:2005 для м'ясних посічених напівфабрикатів [174].

Таблиця 4.11 – Вміст токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків і гормональних препаратів у НМПЗ із ЕС

Показники	Допустимі рівні, мг/кг, не більш	Фактичне значення, мг/кг
Свинець	0,50	0,02
Кадмій	0,05	0,02
Миш'як	0,10	0,03
Ртуть	0,03	0,01
Мідь	5,00	0,30
Цинк	70,00	3,90
Мікотоксини, мг/кг не більше Афлатоксин В1	0,005	не виявлено
Нітрозаміни (сума НДМА і НДЕА), мг/кг не більше	0,002	не виявлено
Гормональні препарати, мг/кг, не більше: діетилстильбестрол естрадіол-17в	не дозволено 0,0005	не виявлено не виявлено
Антибіотики, од./г, не більше: тетрациклінової групи гризин цинкбацитрацин левоміцетин	0,01 0,5 0,02 0,01	не виявлено не виявлено не виявлено не виявлено

Згідно з проведеними дослідженнями (табл. 4.12) встановлено, що бактерії групи кишкової палички, патогенні мікроорганізми не виявлені в 0,001 г продукту; 25 г зразків свіжовиготовлених напівфабрикатів і тих, що зберігалися протягом 30 діб відповідно, а кількість МАФАМ в 1 г свіжовиготовленого зразка склала $4,2 \cdot 10^4$, що не перевищує встановлених норм. Упродовж зберігання 30 діб кількість МАФАМ в 1 г досліджуваних зразків дещо підвищується – до $4,5 \cdot 10^4$, проте залишилася в допустимих межах.

Вміст радіонуклідів у НМПЗ із ЕС не перевищує допустимих рівнів, встановлених ГН 6.6.1.1.-130-2006 [144] (табл. 4.13).

Таблиця 4.12 – Мікробіологічні показники НМПЗ із ЕС

Показники	Допустимий рівень	Фактичне значення			
		Після виготовлення	Після зберігання		
			30 діб	60 діб	90 діб
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, в 1 г не більш ніж	$1 \cdot 10^7$	$4,2 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$	$5,2 \cdot 10^4$
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , у 25 г	не дозволено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
бактерії роду <i>Listeria monocytogenes</i> у 25 г	не дозволено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Бактерії групи кишкових паличок (колі форми), у 0,001 г	не дозволено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Таблиця 4.13 – Результати радіаційних досліджень НМПЗ з ЕС

Показники	Допустимі рівні, мг/кг	Фактичне значення, мг/кг
^{137}Cs	200,0	150
^{90}Sr	20,0	10

Таким чином, дослідження загального хімічного складу показників якості та безпечності НМПЗ із ЕС підтверджують відповідність продукції

вимогам державної системи контролю харчових продуктів, у тому числі під час зберігання впродовж 90 діб. Результати дослідження враховано під час розробки технічних умов ТУ У 10.1 – 01566330-295:2014 «Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені».

4.2. Розробка рекомендацій із використання напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених у технології кулінарної продукції

Розробка рекомендацій із використання НМПЗ у технології кулінарної продукції визначає необхідність визначення втрат під час теплової обробки. Досліджено технологічні втрати НМПЗ за різних способів теплової обробки – смаження основним способом, запікання, варіння на парі (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Втрати маси НМПЗ під час теплової обробки

Вид теплової обробки	Параметри теплової обробки		Втрати під час теплової обробки, %	
	t, °C	$\tau \times 60^{-1}$, с	Біфштекс (контроль)	Біфштекс «Особливий»
Варіння на парі	98...100	10...15	14,2...14,9	11,8...12,4
Смаження основним способом	150...160	8...10	30,4...32,0	19,0...20,0
Запікання	150...160	15...20	13,7...14,1	9,8...10,1

Аналіз даних табл. 5.14 свідчить, що за всіх зазначених способів теплової обробки втрати маси НМПЗ із ЕС менші порівняно з контролем. Загальні втрати маси НМПЗ за смаження основним способом та запікання складають до 19,0...20,0% та 9,8...10,1% відповідно, що у 1,6 та 1,4 разу менше порівняно з контролем. М'ясні вироби за зазначених способів

теплової обробки характеризуються ніжною консистенцією та соковитістю. Доведено, що використання панірувальних матеріалів (борошно, сухарі панірувальні) у вищезазначених процесах призводить до зменшення втрат із максимальним збереженням властивостей, притаманних продукту.

Таким чином у технології НМПЗ можна рекомендувати використовувати термообробку всіма способами: смаження основним способом, як найбільш традиційне для цього виду продукції, варіння на парі й запікання, враховуючи незначні втрати під час теплової обробки.

Для споживачів важливе значення під час вибору продукції мають її органолептичні показники. Органолептичну оцінку готової продукції проводили згідно з ГОСТ 9959 [204]. Якість готових виробів оцінювалася дегустаційною комісією за п'ятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості кожного показника. Враховувались зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція. Дегустаційна оцінка проводилась за розробленими таблицями, в яких кожному показнику якості відповідала його характеристика.

Розробку рецептури та технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених та кулінарної продукції на їх основі здійснювали відповідно до методичних рекомендацій із розробки рецептур на нові та фірмові страви (вироби) у закладах ресторанного господарства [205, 206], а також керуючись ДСТУ 3946 [207].

Середні оцінки органолептичних показників дослідних зразків наведено в табл. 4.15.

Порівняльний аналіз одержаних результатів дозволяє зробити висновок, що вироби з НМПЗ, виготовлені за новою технологією, мають кращі органолептичні показники, ніж контроль. Вказана тенденція спостерігається впродовж усього терміну їх зберігання (30...90 діб).

Таблиця 4.15 – Сумарна бальна оцінка органолептичних показників м'ясних посічених виробів

НМПЗ	Бальна оцінка					Сумарна бальна оцінка
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Консистенція	
Біфштекс (контроль)	4,4±0,1	4,6±0,1	4,5±0,1	4,6±0,1	4,5±0,1	22,6±0,5
Біфштекс «Особливий»	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	4,8±0,1	4,9±0,1	24,6±0,5

Напівфабрикати з додаванням ЕС відрізняються більш вираженим м'ясним смаком, ніжною консистенцією та соковитістю, добре зберігають форму на відміну від контрольного зразка. Після закінчення терміну зберігання контрольні вироби НМПЗ мають присмак прогоркання, пов'язаний зі зміною жирового компонента.

Досліджено вплив теплової обробки на зміну загального хімічного (табл. 4.16) складу НМПЗ із ЕС.

Порівняльний аналіз вмісту основних поживних речовин у складі НМПЗ із ЕС до та після їх термообробки дозволяє констатувати високий рівень збереження як їх кількісного, так і якісного складу.

Таблиця 4.16 – Загальний хімічний склад НМПЗ і готових м'ясних посічених виробів

Назва продукції	Масова частка, %				Калорійність на 100 г продукту (енергетична цінність), ккал (КДж)
	вологи	білка	жиру	золи	
Біфштекс «Особливий» (НМПЗ)	68,9±0,3	15,8±0,3	14,6±0,3	0,7±0,1	194,6 (784,3)
Біфштекс «Особливий»	57,9±0,3	20,2±0,3	19,5±0,3	0,7±0,3	256,3 (1074,1)

Проведені дослідження щодо впливу термічної обробки на якісні показники НМПЗ стали експериментальним підґрунтям для розробки рекомендацій із їх використання в технології кулінарної продукції.

Узагальнені рекомендації з використання НМПЗ з ЕС представлено на рис. 4.5.

Під час технологічних відпрацювань розроблено рецептурний склад і технологію виробництва других страв і кулінарних виробів з м'яса (6 найменувань).

Рецептурний склад кулінарної продукції наведено в табл. 4.17–4.22.

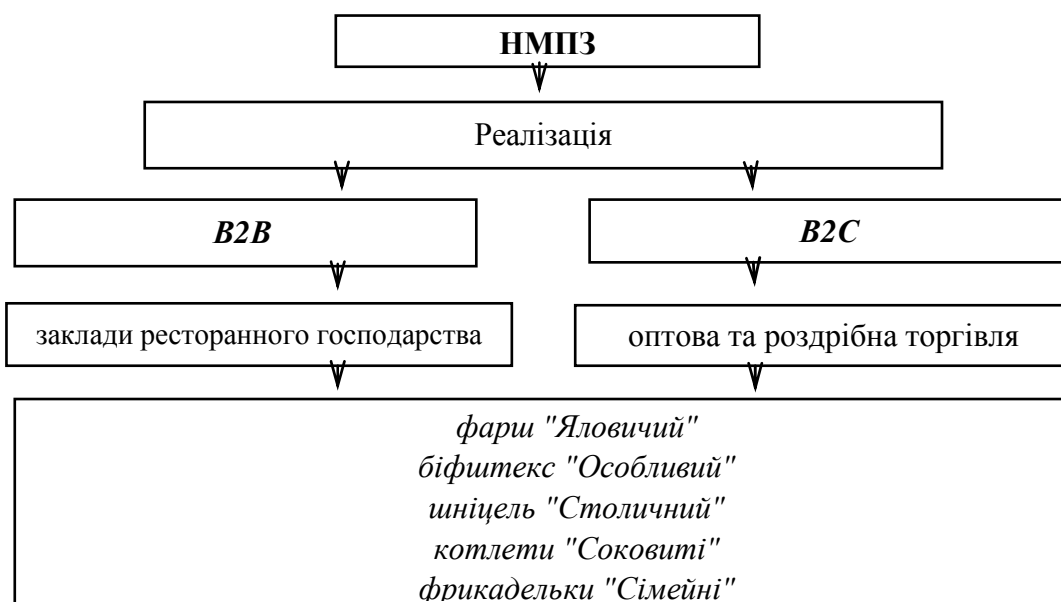


Рисунок 4.5 – Використання НМПЗ у технології кулінарної продукції

Таблиця 4.17 – Біфштекс «Особливий» смажений

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат біфштекс «Особливий»	-	100,0	-	1000
Олія соняшникова рафінована дезодорована	5,0	5,0	50	50
Разом	-	105,0	-	1050
<i>Вихід</i>	-	90,0	-	900

Таблиця 4.18 – Шніцель «Столичний» смажений

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат шніцель «Столичний»	-	100,0	-	1000
Олія соняшникова рафінована дезодорована	5,0	5,0	50	50
Разом	-	105,0	-	1050
<i>Вихід</i>	-	90,0	-	900

Таблиця 4.19 – Фрикадельки «Сімейні» в соусі

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат фрикадельки «Сімейні»	10 шт	80,0/65,0*	10 шт	800/650*
Сметана	25,0	25,0	250	250
Борошно пшеничне вищого або 1-го ґатунку	8,0	8,0	80	80
Вода	75,0	75,0	750	750
Томатне пюре	10,0	10,0	100	100
Маса соусу	-	100,0	-	1000
Разом	-	198,0	-	1980
<i>Вихід</i>	-	165,0	-	1650

* маса готових фрикадельок

Таблиця 4.20 – Котлети «Соковиті» смажені

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат котлети «Соковиті»	-	75,0	-	750
Олія соняшникова рафінована дезодорована	5,0	5,0	50	50
Разом	-	80,0	-	800
<i>Вихід</i>	-	65,0	-	650

Таблиця 4.21 – Хлібець «Дніпровський»

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Напівфабрикат «Фарш яловичий»	-	215,0	-	2150
Зелень петрушки	1,6	1,5	16	15
Зелень базилика	1,6	1,5	16	15
Сир твердий	21,0	20,0	210	200
Шинка	21,0	20,0	210	200
Сіль кухонна	3,0	3,0	30	30
Перець чорний мелений	0,1	0,1	1,0	1,0
Олія соняшникова рафінована дезодорована	3,0	3,0	30	30
Разом	-	265,0	-	2650
<i>Вихід</i>	-	200,0	-	2000

Таблиця 4.22 – Пельмені, запечені в сметані

Найменування сировини	Маса сировини на 1 порцію, г		Маса сировини на 10 порцій, г	
	брутто	нетто	брутто	нетто
Тісто для пельменів напівфабрикат	-	87,0	-	870
Напівфабрикат «Фарш яловичий»	-	70,0	-	700
Перець чорний мелений	0,05	0,05	0,5	0,5
Сіль кухонна	1,5	1,5	15	15
Цибуля ріпчаста	12	10	120	100
Маса фаршу	-	80	-	800
Маса напівфабрикату в тістовій оболонці	-	166	-	1660
Маса відварних пельменів	-	200	-	2000
Сметана	40,0	40,0	400	400
Сир твердий	11,0	10,0	110	100
<i>Вихід</i>	-	210,0	-	2100

Зазначену кулінарну продукцію виготовляють згідно з вимогами наведеної технологічної інструкції з дотриманням санітарних норм та правил, затверджених у встановленому порядку.

Механічну кулінарну обробку сировини здійснюють за традиційними технологіями. Свіжі овочі (моркву, цибулю ріпчасту, зелень, картоплю) сортують, видаляють пошкоджені екземпляри, миють та очищують чи зачищають, після чого знову миють. Отримані напівфабрикати нарізають у залежності від подальшого використання.

Заморожені м'ясні посічені напівфабрикати відділяють від упаковки, дефростують на повітрі (за температури 18...20° С) до досягнення температури в товщі продукту мінус 1° С.

Технологічний процес виготовлення кулінарної продукції відбувається наступним чином:

Біфштекс «Особливий» смажений. Дефростований напівфабрикат біфштекса смажать на розігрітій до температури 150...180° С пательні впродовж 5...7 хв. Перед подачею поливають м'ясним соком.

Шніцель «Столичний» смажений. Дефростований напівфабрикат шніцеля смажать на розігрітій до температури 150...180° С пательні впродовж 5...7 хв. Подать із гарнирами та шматочком вершкового масла.

Котлети «Соковиті» смажені. Дефростований напівфабрикат котлет смажать на розігрітій до температури 150...180° С пательні впродовж 5...7 хв. Подають із отварними овочами, крупяними гарнирами.

Фрикадельки «Сімейні» в соусі. Дефростований напівфабрикат фрикадельок обсмажують на розігрітій до температури 150...180° С пательні впродовж 2...3 хв, перекладають у неглибокий посуд, заливають соусом і тушкують 5...10 хв до готовності. Відпускають фрикадельки з соусом, в якому вони тушкувались.

Хлібець «Дніпровський». До дефростованого фаршу яловичого додати сіль, перець, дрібно нарізану зелень, нарізані кубиками сир і шинку, перемішують до рівномірного розподілу компонентів. Масу викладають у форму, змащену олією, і запікають у жарочній шафі за температури 180...190° С впродовж 20...25 хв.

Пельмені, запечені в сметані. До дефростованого фаршу яловичого додають сіль, перець, дрібно нарізану цибулю, перемішують до рівномірного розподілу компонентів. Із отриманого фаршу й тіста готують пельмені за традиційною технологією. Готові пельмені закладають у киплячу воду (гідромодуль 1:4), доводять до кипіння та варять 5 хв. Потім виймають, перекладають у посуд для запікання, заливають сметаною та посипають тертим сиром. Запікають у жарочній шафі за температури 180...190° С впродовж 5...7 хв.

Розроблено та затверджено технологічну інструкцію з виготовлення м'ясних посічених страв та кулінарних виробів з напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених.

Використання НМПЗ у технології кулінарної продукції дозволяє розширити її асортимент, запропонувати продукцію високої якості з новими споживними властивостями, підвищити ефективність функціонування закладів ресторанного господарства за рахунок використання напівфабрикатів.

ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел та узагальнення науково-технічної інформації довели, що перспективним напрямом розвитку технологій НМПЗ є використання у їх складі ЕС на основі БТ, що дозволить раціонально використовувати м'ясну сировину, створювати продукцію з новими споживними властивостями, що має харчову та біологічну цінність, тривалий термін зберігання.

Комплексно досліджено вплив заморожування-розморожування на фізико-хімічні та теплофізичні показники м'ясних систем на основі подрібненого м'яса яловичини за різного вмісту жирової складової. Встановлено, що з підвищенням масової частки жирової складової негативні зміни, викликані кристалоутворенням, мають тенденцію до зниження: спостерігається збільшення кріоскопічного інтервалу температур (у 1,8...3,0 раз), значень питомої теплоти фазового переходу (в 1,1...1,5 разу) та зниження різниці між часткою вологи, що змінювала свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур ($\Delta\omega_{зам} - \Delta\omega_{розм}$).

Досліджено хімічний склад, харчову та біологічну цінність БТ. На основі визначення фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей БТ та водних суспензій на його основі визначено раціональні параметри його регідратації: температура – 10,0...12,0° С, тривалість – $(30\pm 1)\times 60$ с.

Науково обґрунтовано технологічні параметри одержання ЕС на основі БТ, доведено доцільність використання у їх складі камеді ксантану за концентрації 0,10...0,15% із метою регулювання стійкості емульсій до коалесценції та забезпечення утворення дрібних кристалів льоду під час низькотемпературної обробки. Доведено, що ЕС за вмісту БТ 6,0...8,0% (у водній суспензії) або 3,0...4,0% (у складі ЕС), камеді ксантану – 0,10...0,15% та жирової фази – 40...60% характеризуються

максимальними показниками агрегативної (96...98%) та кінетичної (96...98%) стабільності за впливу заморожування-розморожування.

Визначено, що введення ЕС до складу посіченого м'яса яловичини приводить до збільшення кріоскопічного інтервалу температур в 1,6...3,5 разу під час заморожування та 1,1...2,8 разу під час розморожування, зменшення значень питомої теплоти фазового переходу у 1,1...1,3 разу під час заморожування та зменшення у 1,1...1,3 разу під час розморожування, зменшення масової частки вимороженої вологи у 1,3...2,2 рази під час розморожування. Встановлено, що з використанням ЕС фракційний склад білків м'язової тканини після заморожування-розморожування змінюються меншою мірою порівняно з контрольним зразком: зменшення частки солерозчинної фракції не перевищує 0,8...3,4% (контроль – 5,9%), водорозчинної – 0,3...1,0% (контроль – 1,5%), лужнорозчинної – 2,6...11,9% (контроль – 23,0%), що підтверджує кріопротекторні властивості ЕС у складі м'ясних посічених систем.

Теоретично та експериментально доведено, що використання ЕС на основі БТ за рахунок зниження рухливості водної фази, підвищення в'язкості та формування дрібних кристалів льоду забезпечує високі функціонально-технологічні властивості м'ясних посічених систем після заморожування-розморожування: ВЗЗ та ЖУЗ залишаються вище порівняно з контролем у 1,4...1,7 та 1,7...2,1 разу відповідно; втрати маси під час заморожування-розморожування складають 1,1...2,0% (контроль – $3,2 \pm 0,1\%$), під час теплової обробки зменшуються у 1,2...1,6 разу порівняно з контролем; структурно-механічні показники залишаються у 1,2...1,8 разу вище порівняно з контролем. Визначено раціональний вміст ЕС у складі м'ясних посічених систем – 20%, гістологічними та морфометричними дослідженнями підтверджено, що їх використання приводить до нівелювання дії низьких температур та максимального збереження нативних властивостей м'ясних посічених систем.

Із використанням методів системного аналізу науково обґрунтовано раціональні параметри, розроблено рецептури та технологічну схему виробництва НМПЗ з ЕС. Науково обґрунтовано раціональний вміст основних інгредієнтів: м'ясо яловичини – 60,0...81,0%, ЕС на основі БТ – 19,0...20,5%, смакові та інші компоненти – 0,05...10,50%.

Експериментально доведено високу харчову та біологічну цінність нової продукції, яка є джерелом повноцінного білка (14,2...16,9%), ліпідів (14,6...20,0%), поліненасичених жирних кислот, макро- та мікроелементів (589,28 мг/%), вітамінів (В₁, В₂, РР). Установлено, що порівняно з контролем впродовж всього терміну зберігання (30...90 діб) розчинність білків та показники ВЗЗ НМПЗ з ЕС вище у 2,6 та 1,5 разу відповідно; втрати маси під час теплової обробки залишаються незмінними; зміни в ліпідній фракції менш інтенсивні; білкова складова у 1,5 разу більш доступна для дії протеолітичних ферментів. На підставі дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників обґрунтовано умови та терміни зберігання НМПЗ із ЕС.

Розроблено рекомендації з використання НМПЗ із ЕС у технології кулінарної продукції. Проведено комплекс організаційно-технологічних заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво та навчальний процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Філіппов М. В. Сучасний стан та проблеми функціонування ринку м'ясної продукції в Україні / М. В. Філіппов // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечнікова : зб. наук. пр. – 2013. – Вип. 2/1, т. 18. – С. 183–187.
2. Статистичний аналіз ринку заморожених продуктів [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.radakmu.org.ua/file/zvit_Vartkovskogo.doc.
3. Комарова Т. В. Виробництво та споживання заморожених напівфабрикатів в Україні та світі [Електронний ресурс] / Т. В. Комарова. – Режим доступу : <http://www.sworld.com.ua/konfer32/1001.pdf>.
4. Пічкур Т. Стан українського ринку м'яса і м'ясопродуктів / Т. Пічкур, Г. Бандуренко, Д. Засєкін // Товари і ринки. – 2011. – № 2. – С. 46--52.
5. Про соціально-економічне становище України за 2010 рік [Електронний ресурс] / Державний комітет статистики України. – Режим доступу : http://ukrstat.org/uk/druk/soc_ek/2010/pub1122010_u.html.
6. Про соціально-економічне становище України за 2011 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
7. Про соціально-економічне становище України за 2012 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. Про соціально-економічне становище України за 2013 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Про соціально-економічне становище України за січень-червень 2014 року [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

10. Обзор рынка замороженных готовых полуфабрикатов: тенденции на рынке, основные производители [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.koloro.com.ua>.
11. Загоровская В. Замороженный рынок / В. Загоровская // Мясная сфера. – 2010. – № 4 (77). – С. 8–18.
12. Филиппов В. И. Холодильная технология пищевых продуктов / В. И. Филиппов, М. И. Кременевская, В. Е. Куцакова. – СПб. : ГИОРД, 2008. – 576 с.
13. Радешпиль Э. Техника и технология заморозки / Э. Радешпиль, Х. Шлойзенер, Х. Зилафф // Мясо-молоко. – 2003. – № 3. – С. 10–17.
14. Эванс Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация : [пер. с англ.] / Дж. Эванс. – СПб. : Профессия, 2010. – 440 с.
15. Хвыля С. И. Определение качества и оценка сроков хранения замороженного мясного сырья / С. И. Хвыля, С. С. Бурлакова // Мясной бизнес. – 2010. – № 4 (88). – С. 38–41.
16. Актуальные проблемы длительного хранения мяса в замороженном виде [Электронный ресурс] / В. И. Криштафович, Д. В. Криштафович, Е. В. Кавунова, И. Ю. Суржанская. – Режим доступа : <http://www.rosreserv.ru>.
17. Varnam A. Meat and Meat Products: Technology, Chemistry and Microbiology / A. Varnam , P. Jane // Sutherland Technology & Engineering. – 1995. – № 5. – 416 p.
18. Яблоненко Л. А. Исследование влияния глубокого замораживания на качество рубленых мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Яблоненко Людмила Александровна. – Улан-Удэ, 2008. – 99 с.
19. Изотов О. В. Разработка рецептуры и технологии производства быстрозамороженных мясных рубленых полуфабрикатов с использованием

протеолитических ферментов гидробионтов и овощных наполнителей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Изотов Олег Владимирович. – М., 2003. – 99 с.

20. Алиев М. С. Разработка интенсивной технологии мясных замороженных кусковых полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Алиев Микаэль Сергеевич. – М., 2009. – 196 с.

21. Холодов Ф. В. Разработка композиций пищевых добавок криопротекторного действия для сохранения качества мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Холодов Федор Васильевич. – М., 2011. – 107 с.

22. Шарпе А. А. Разработка технологии быстрозамороженных полуфабрикатов из замороженного мясного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Шарпе Анна Александровна. – Одесса, 2012. – 154 с.

23. Глушков О. А. Усовершенствование технологии производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Глушков Олег Анатольевич. – Одесса, 2010. – 142 с.

24. Масліков М. М. Технологія холодильного оброблення м'яса та м'ясопродуктів // Мясное дело. – 2010. – № 6. – С. 20–22.

25. Prabhu G. Use of Cryoprotectants for Mechanically Deboned Pork / Gitanjali Prabhu, Joseph G. Sebranek // Animal Science, Food Science and Human Nutrition. – 2010. – Vol. 14, № 2. – P. 47–53.

26. Dziomdziora M. Crioprotection of pork / Marcin Dziomdziora, Lucjan Krala // Polish journal of food and nutrition sciences. – 2006. – Vol. 15/56, № 1. – P. 23–27.

27. Kovačević D. Cryoprotective Effect of Polydextrose on Chicken Surimi / Dragan Kovačević, Krešimir Mastanjević, Jasna Kordić // Czech J. Food Sci. – 2011. – Vol. 29, № 3. – P. 226–231.

28. Kovačević D. Cryoprotective Effect of Trehalose and Maltose on Washed and Frozen Stored Beef Meat / Dragan Kovačević, Krešimir Mastanjević // Czech J. Food Sci. – 2011. – Vol. 29, № 1. – P. 15–23.

29. Семенова А. А. Перспективы применения криопротекторов при производстве замороженных полуфабрикатов / А. А. Семенова, М. В. Трифионов, Ф. В. Холодов // Актуальные проблемы мясной промышленности: инновации, качество, управление: сб. докл. 10-й междунар. науч. конф. памяти В. М. Горбатова. – М., 2007. – С. 133–135.

30. Hey J. A combined DSC-optical video microscope for crystallization studies / J. Hey, P. M. Mehl, D. R. MacFarlane // J. of Termal Analysis. – 1997. – № 49. – P. 991–998.

31. Соколов А. А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов / А. А. Соколов. – М. : Пищевая пром-сть, 1966. – 490 с.

32. Tornaniak A. Cryoprotectants for frozen red meats / A. Tornaniak, I. Tyszkiewicz, J. Komosa // Meat Science. – 1998. – № 50. – P. 365–371.

33. Survival mechanisms of vertebrate ectotherms at subfreezing temperatures: applications in criomedicine / [J. P. Castazo, R. E. Lee Jr., Al. DeVries et al.] // FASEB J. – 1995. – №9 (5). – P. 351-358.

34. MacDonal G. A. Carbohydrates as cryoprotectants for meats and surimi / G. A. MacDonal, T. Lanier // Food Technology. – 1991. – № 45. – P. 150–155.

35. Salt, cryoprotectants and preheating temperature effects on surimi-like material from beef or pork / [S. Park, M. S.Brewer, F. K. McKeith et al.] // Journal of Food Science. – 1996. – № 61. – P. 790–795.

36. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов / Н. А. Головкин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть. – 1984. – 240 с.

37. Blanshard J. M.V., Franks F. Ice crystallization and its control in frozen systems / J. M.V. Blanshard, F. Franks, eds. // Food Structure and Behavior. Academic Press. – London, 1987. – P. 51–56.

38. Холодильная технология пищевых продуктов : учебник для вузов в 3 кн. Ч. I. Теплофизические основы / [А. Н. Бараненко и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 224 с.

39. Филиппов В. И. Холодильная технология пищевых продуктов : учебник для вузов в 3 кн. Ч. II. Технологические основы / В. И. Филиппов, М. И. Кременевская, В. Е. Куцакова. – СПб. : ГИОРД, 2008. – 576 с.

40. Steven F. Mullen. The Science of Cryobiology [Electronic resource] / Steven F. Mullen, John K. Critser. – Available at : <http://www.springerlink.com>.

41. Ramadhan K. Freeze-thaw stability of duck surimi-like materials with different cryoprotectants added / K. Ramadhan, N. Huda, R. Ahmad // Poultry Science. – 2012. – № 91 (7). – P. 1703–1708.

42. Белоус А. М. Криоконсерванты / А. Белоус, М. Шраго, Н. Пушкарь. – К. : Наукова думка, 1979. – 197 с.

43. Филиппов В. И. Влияние льдообразования на теплофизические свойства замороженных пищевых продуктов : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.14 / В. И. Филиппов. – М., 1980. – 23 с.

44. Венгер К. П. Научные основы создания техники быстрого замораживания пищевых продуктов : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук / К. П. Венгер. – М., 1992. – 44 с.

45. Рогов И. А. Производство быстрозамороженных пищевых продуктов [Электронный ресурс] / И. А. Рогов, Б. С. Бабакин, Ю. А. Фатыхов. – Режим доступа : <http://www.holodilshik.ru>.

46. Zayas J. F. Functionality of Proteins in Food / Joseph F. Zayas // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 1997. – 177 p.

47. Пушкарь Н. С. Введение в криобиологию / Н. С. Пушкарь, А. М. Белоус. – К. : Наукова думка, 1975. – 342 с.

48. Grosch W. Ablauf und Analytik des oxidation Fettverderbs / Werner Grosch // Lebensmittel – untersuch und forsch. – 1975. – Bd. 157, № 2. – S. 70–83.

49. Hanafusa N. Cellular injury and resistants in freezing organism / N. Hanafusa // Proc. Int. conf. on low temp. Sci Supporo. – Japan, 1966. – Vol. 2. – P. 34–50.

50. Дузу П. Криобиохимия / П. Дузу [пер. с англ. Б. Сергеева ; под ред. Г. Сергеева]. – М. : Мир, 1980. – С. 147–157.

51. Awad A. Chrmical Deterioration of Frozen Bovine Muscle at -4 °C / A. Awad, W. Powrie, I. Fennema // Food Science. – 1968. – Vol. 33, № 3. – P. 227–235.

52. Kotula A. W. Evaluatong of beef patties containing soy protein, during 12-mounth trozen storage / A. W. Kotula, G. G. Twigg, E. P. Young // Food Science. – 1976. – Vol. 41, № 5. – P. 243.

53. Гунар Е. Влияние способа замораживания на саркоплазматические и миофибриллярные белки мяса / Е. Гунар, Г. Якубов, А. Каллинарская // Холодильная техника. – 1973. – № 11. – С. 28–31.

54. Connell J. Changes in amount of myosin extrable from cool flash during storage at -14 °C / J. Connell // Science Food and Agriculture. – 1962. – Vol. 13, № 11. – P. 231–233.

55. Holtzer A. On the spontaneus aggregation of myosin / A. Holtzer // Arch. Biochem. Biophys. – 1956. – Vol. 64. – P. 507.

56. Журавская Н. К. Повышение стабильности свойств мясных полуфабрикатов при низкотемпературном воздействии за счет введения белковых добавок / Н. К. Журавская, В. В. Куликова, С. В. Осипов // Холодильная техника. – 1981. – № 6. – С. 20–22.

57. Журавская Н. К. Качество быстрозамороженных полуфабрикатов и готовых изделий из рубленого мяса / Н. К. Журавская. – М., 1994. – 125 с.

58. Баль-Прилипко Л. В. Роль жирів у формуванні якісних характеристик м'ясної сировини / Л. В. Баль-Прилипко // М'ясні технології світу. – 2011. – № 1.

59. Changes in the Spoilage-Related Microbiota of Beef during Refrigerated Storage under Different Packaging Conditions / [D. Ercolini, F. Russo, E. Torrieri et al.] // *Appl Environ Microbiol.* – 2006. – № 72 (7). – P. 4663–4671.

60. Шишкина Н. Н. Исследование качества крупнокусковых полуфабрикатов, упакованных под вакуум при холодильном хранении / Н. Н. Шишкина, Т. А. Рудинцева, Л. Т. Колесникова // Труды ВНИИ мясной промышленности. – М., 1970. – Вып. 29. – С. 125–130.

61. Bartkowski L. Quality changes of beef steaks stored in controlled gas atmosphere containing high or low levels of oxygen / L. Bartkowski, F. D. Dryden, J. A. Marchello // *J. Food Prot.* – 1982. – № 45. – P. 41–45.

62. Лясковская Ю. Н. Исследование химического состава и пищевой ценности липидов мяса, их устойчивости к окислению и способов его торможения : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук / Ю. Н. Лясковская – М., 1971. – 41 с.

63. Мелузова Л. Н. Изменение глобулярных и фибриллярных белков мяса под воздействием отрицательных температур / Л. Н. Мелузова // Всесоюз. межвуз. конф. по термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов. – Одесса, 1969. – С. 72–74.

64. Lillford P. J. Texturisation of Proteins / P. J. Lillford ; Eds. J. Mitchel, J. Branshkel // *Functional properties of food macromolecules.* – 1986. – P. 26–31.

65. Pearson A. M. Lipid oxidation in meat products. A review / A. M. Pearson // *J. of the American Oil Chemists Society.* – 1971. – Vol. 48, № 10. – P. 547–549.

66. Obanu Z. F. Lipid-protein interactions as agents of quality deterioration in intermediate moisture meats: an appraisal / Z. F. Obanu, D. A. Ledward, R. A. Lawrie // *Meat Science*. – 1980. – Vol. 4, № 2. – P.79–88.

67. Partmann W. Some aspects of protein changes in frozen foods / W. Partmann // *Ernahrungswiss.* – 1977. – Bd. 16, № 3. – P. 167–175.

68. Pokorny S. Influence of interaction of protein with oxidized lipids on nutrition and sensory value of food / S. Pokorny, J. Davidek // *Acta aliment. pol.* – 1979. – Vol. 5, № 2. – P.87–95.

69. Кудряшов Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Л. С. Кудряшов – М. : ДеЛи принт, 2008. – 160 с.

70. *Handbook of Meat Processing* / ed. by Fidel Toldrá // Blackwell Publishing. – 2010. – 557 p.

71. Данилова Н. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Н. С. Данилова – М. : КолоС, 2008. – 280 с.

72. Стефановский В. М. Закономерности морозильного хранения мяса и мясопродуктов / В. М. Стефановский // *Все о мясе*. – 2011. – № 3. – С. 10–11.

73. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов : [пер. с венг.] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.

74. Антонов А. А. Технико-экономическая оценка работы скороморозильных аппаратов / А. А. Антонов, К. П. Венгер // *Мясная индустрия*. – 2002. – № 7. – С. 45–47.

75. Антонов А. А. Совершенствование производства быстрозамороженных пищевых продуктов с использованием низкотемпературных проточных систем хладоснабжения : дис. ... доктора. техн. наук : 05.18.04 / Антонов Анатолий Алексеевич. – М., 2003. – 236 с.

76. Венгер К. П. Холодильное технологическое оборудование. Быстрое замораживание пищевых продуктов / К. П. Венгер. – М. : МГУПБ, 1997. – 112 с.

77. Классификация пищевых продуктов для унификации расчетов холодильного оборудования / А. А. Антонов, А. В. Бобков, К. П. Венгер, С. А. Пчелинцев // Мясная индустрия. – 2002. – № 5. – С. 45–46.

78. Кудашов С. М. Інноваційні технології для м'ясної промисловості / С. М. Кудашов, Т. Д. Пушкар, Н. С. Новицька // Мясное дело. – 2011. – № 7. – С. 28–30

79. Вербицкий С. Б. Просто разморозить непросто / С. Б. Вербицкий, В. В. Шевченко // М'ясний бізнес. – 2008. – № 5. – С. 64–66.

80. Низкотемпературная камера для быстрого замораживания мясных полуфабрикатов / К. П. Венгер, Н. Б. Панышин, Х. М. Слама, О. А. Феськов // Мясная индустрия. – 2011. – № 4. – С. 50–52.

81. Бабакин С. Б. Производство быстрозамороженных продуктов по современным технологиям / С. Б. Бабакин, С. А. Плешанов // Мясная индустрия. – 2001. – № 7. – С. 21–24.

82. Семенова А. А. Новый взгляд на производство замороженных полуфабрикатов / А. А. Семенова, М. В. Трифонов, Ф. В. Холодов // Все о мясе. – 2008. – № 1. – С. 17–19.

83. Сделаем полуфабрикаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nesse.ru/pop.aspx?Id=21>.

84. Duckenhuskes H. S. Enzyme in der Fleischverarbeitung / Herbert S. Duckenhuskes // Fleischwirtschaft. – 2000. – Vol. 80, № 3. – P. 29–33.

85. Пат. 2039467, МКИ 6A23L3/31. Способ производства мясных полуфабрикатов / Розанцев Э. Г., Пешехонова А. Л., Данилова М. М., Антропова В. П., Климакова Т. В., Журавская Н. К., Бухтеева Ю. М. ; заявитель и патентообладатель Моск. гос. ун-т прикладной биотехнологии. – № 5056820/13 ; заявл. 27.07.92 ; опубл. 20.07.95.

86. Пат. 62694 Україна, МПК А23В4/06. Спосіб виробництва заморожених напівфабрикатів / Янчева М. О., Яковлева Ю. В. ; заявник і патентовласник Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. – № u201101590 ; заявл. 11.02.2011 ; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17. – 3 с.

87. Пат. 55129 Україна, МПК (2009) А23L1/31. Фарш для виробництва м'ясних заморожених напівфабрикатів в тістовій оболонці / Пешук Л. В., Журавель О. В. ; заявник і патентовласник Національний ун-т харч. технологій. – № u201005363 ; заявл. 30.04.2010 ; опубл. 10.012.2010, Бюл. № 23. – 2 с.

88. Пат. 1741745 Российская Федерация, МКИ А23И4/08. А23L3/37. Способ производства замороженных мясных и мясных комбинированных рубленых полуфабрикатов / Кожевникова О. Н, Куликова В. В., Дубинская А. П., Шутенко Е. А. ; заявитель и патентообладатель Ставропольский политех. ин-т. – № 4789018/13 ; заявл. 23.01.90 ; опубл. 23.06.92.

89. Пат. 2039466 Российская Федерация 6А23L1/31. Способ производства мясных рубленых полуфабрикатов / Воякин М. П., Лисицын А. Б., Спиркин А. Н., Козина З. А., Новикова Н. А. ; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т мясной пром-сти. – № 45042666/13 ; заявл. 20.05.92 ; опубл. 20.07.95.

90. Пат. 2134514 Российская Федерация, МКИ 6А23И4/08, А23L3/37. Способ производства быстрозамороженных рубленых полуфабрикатов / Журавская Н. К., Бухтеева Ю. М., Назарова А. Н., Мишкян Л. Н., Пешехонова А. Л., Данилова М. Н., Климакова Т. В. ; заявитель и патентообладатель Моск. технол. ин-т мясной и молочной пром-сти. – № 4711497/13 ; заявл. 28.06.89 ; опубл. 30.04.92.

91. Пат. 23134514 Российская Федерация, МКИ А23L3/371, 6А23В4/08. Способ производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов / Розанцев Э. Г., Журавская Н. К., Пелехонова А. Л.,

Данилова М. Н., Артамонова М. П., Климакова Т. В., Бухтеева Ю. М. ; заявитель и патентообладатель Моск. гос. ун-т прикладной биотехнологии – № 98109851/13 ; заявл. 21.05.98 ; опубл. 20.08.99.

92. Пат. 15655471 Российская Федерация, МКИ 6A23L314/08, A23B4/08. Способ производства быстрозамороженных мясных рубленых полуфабрикатов / Пешехонова А. Л., Данилова М. Н., Журавская Н. К., Бухтеева Ю. М., Собянина А. А., Прокофьева М. В., Смирнова Г. Н. ; заявитель и патентообладатель Моск. технол. ин-т мясной и молочной пром-сти. – № 4367109/31-13 ; заявл. 20.01.88 ; опубл. 23.05.90.

93. Фурин М. В. Разработка рецептур и технологии замороженных полуфабрикатов на мясной основе нутриентоадекватных специфике здорового питания детей дошкольного возраста : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Фурин Михаил Владимирович. – М., 2005. – 126 с.

94. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підручник / [М. М. Клименко та ін.]. – К. : Вища освіта, 2006. – 640 с.

95. Производство полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд / [И. А. Рогов и др.]. – М. : Колос, 1997. – 336 с.

96. Биотехнология мяса и м'ясопродуктів : курс лекцій / [И. А. Рогов и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 296 с.

97. Салаватулина Р. М. Изменение функциональных свойств фарша вареных колбасных изделий, содержащих молочные и соевые белки / Р. М. Салаватулина, С. А. Алиев, В. Н. Любченко // Обзорная информация. Сер. Мясная промышленность. – М. : ЦНИИТЭИ мясомолпром, 1984. – С. 26–32.

98. Katsaras K. The microstructure of frankfurter-type sausages as observed under the scanning and transmission electron microscope / K. Katsaras, R. Stenzel // Fleischwirtschaft. – 1984. – Vol. 64, № 8. – P. 951–952.

99. Kramlich C. Sausage products / C. Kramlich // The Science of meat and meat products / ed. by Price J. F. and Shaveiger B. S. – 1986. – Vol. 19. – P. 326–359.

100. Rivas R. Europe a tour through tradition and technology / R. Rivas, D. Osland // Meat Industry. – 1983. – Vol. 29, № 9. – P. 24–31.

101. Thedens P. Emylgatoren und emulgierende Kutterhcefsmittel fur die Herstellung von Bruhwurst / P. Thedens // Die Fleisherei. – 1984. – Vol. 35, № 2. – P. 118–119.

102. Winter F. F. Zusatzstoffe fur die Wurstwarenproduction/ F. F. Winter // Die Fleischerei. – 1982. – v. 33. - №5. – P. 305-305.

103. Жаринов А. И. Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин Технолоджиз Интернэшнл» (США). Курс 1. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты / А. И. Жаринов – М., 1994. – 154 с.

104. Консалтинговое агенство «Market Advice». Популярность соевых белков: итоги опроса технологов мясоперерабатывающих предприятий России // Мясная индустрия. – 2002. – № 11. – С.31–34

105. Мурликiна Н. В. Удосконалення технологiї м'ясних сiчених виробiв шляхом використання емульгаторiв ацилглицеринової природи : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Мурликiна Наталя Вiталiївна. – Х., 2013. – 169 с.

106. Hoogenramp H. W. Vegetable protein. Interactive technology and marketing for meat, poultry and lifestyle foods [Electronic resource] / H. W. Hoogenramp // Protein Technol. Intern. Inc. – 1998. – Available at : <http://www.henkhoogenkamp.com>.

107. Зимин Ю. Б. Применение немецких пищевых фосфатов при изготовлении мясных продуктов / Ю. Б. Зимин, Б. П. Лукачевский, И. В. Куцый // Все о мясе. – 2000. – № 32. – С. 3–4.

108. Мотина Н. В. Разработка пищевых композиций на основе модифицированного казеината натрия для эмульгированных мясных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Мотина Наталья Владимировна. – М., 2007. – 143 с.

109. Сунчалеев О. А. Применение соевых муки и текстурата в технологии мясных быстрозамороженных рубленых полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Сунчалеев Олег Абдулханович. – М., 2001. – 103 с.

110. Садовой В. В. Разработка научных принципов проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных изделий с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности : дис. ... доктора техн. наук : 05.18.04 / Садовой Владимир Всеволодович. – Ставрополь, 2007. – 429 с.

111. Куприянов В. А. Особенности использования концентратов животного белка при производстве мясных продуктов / В. А. Куприянов, А. Н. Смодлев // Мясная индустрия. – 2000. – № 7. – С. 43–45.

112. Токаев Э. С. Производство продуктов повышенной пищевой ценности с использованием эмульсий / Э. С. Токаев, И. А. Рогов. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1988. – 32 с.

113. Рогов И. А. Новые тенденции развития технологий производства мясных продуктов с точки зрения адекватного питания / И. А. Рогов, Э. С. Токаев, Ю. А. Ковалев // Мясная индустрия СССР. – 1987. – № 3.

114. Заяс Ю. Ф. Качество мяса и мясопродуктов / Ю. Ф. Заяс. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 480 с.

115. Joseph Kerry. Meat processing: Improving quality / Joseph Kerry, John Kerry, D. Ledard // CRC Press. Taylor&Francis Group. – Boca Raton ; Boston ; New York ; Washington (DC), 2002. – 440 p.

116. Bawa A. S. Effect of levels of fillers and extenders on the functionality of a meat system / A. S. Bawa, W. R. Usbome, H. L. Orr // J. Food Sci. and Technol. – 1988. – Vol. 25, № 2. – P. 84–88.

117. Антипова Л. В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л. В. Антипова, И. А. Глотова. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 384 с.

118. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р. М. Салаватулина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.

119. Антипова Л. В. Возможность использования плазмы крови убойных животных в новых белковых продуктах / Л. В. Антипова, А. Л. Кульпина // Известия вузов. Пищевая технология – 1998. – № 5. – С. 53–55.

120. Hoogenkamp. H. W. Milk Protein – The complete guide to meat, poultry and seafood. DMV Campina BV Veghel. – The Netherlands, 1989.

121. Hoogenkamp H. W. Soy protein and formulated meat products [Electronic resource] / H. W. Hoogenkamp. – Available at : <http://www.cabi-publishing.org>.

122. Влияние многокомпонентных эмульсий на функциональные свойства фаршевых консервов / [Н. И. Гомбожапова и др.] // Пища. Экология. Человек : 4-я междунар. науч.-техн. конф. : материалы / МГУПБ. – М., 2001. – С. 129–130.

123. А. с. 936863 СССР, МКИ А22С11/00. Способ производства фарша для колбасных изделий / Р. М. Салаватулина, Л. П. Овчинникова. – № 4367109/13 ; заявл. 20.01.80 ; опубл. 23.05.82, Бюл. № 23. – 5 с.

124. А. с. 1621832 А1 СССР, МКИ А22С11/00. Способ производства белково-жировой эмульсии для вареных колбасных изделий / В. В. Молочников, С. Г. Корыстов, В. В. Ким, Г. И. Холодов, М. Г. Петренко. – № 4435040/13 ; заявл. 22.06.88 ; опубл. 23.01.91, Бюл. № 3. – 6 с.

125. Гомбожапова Н. И. Разработка технологии фаршевых консервов из конины с использованием белково-жировых эмульсий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Гомбожапова Нина Ивановна. – Улан-Удэ, 2004. – 120 с.

126. Гурова Н. В. Использование казеината натрия в составе эмульгированных мясных продуктов с позиций современной науки о мясе / Н. В. Гурова, В. В. Сучков, И. А. Попело // Мясная индустрия. – 2003. – № 3. – С. 23–25.

127. А. с. 961629 А1 СССР, МКИ А22С11/00, А23L1/31. Способ получения белково-жировой эмульсии / М. И. Яворский, И. К. Тавровский, Е. Г. Плиско, Г. К. Бабанов, Л. Е. Литвиненко, Г. П. Куркина, И. И. Тимощук, В. Д. Городинская. – № 3258715/28-13 ; заявл. 10.03.81.; опубл, 30.09.82. Бюл. № 36. – 4 с.

128. Мансветова Е. В. Разработка технологии вареных колбасных изделий с использованием белково-жировых эмульсий на основе камедей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Мансветова Елена Владимировна. – М., 2010. – 120 с.

129. Пат. 211709 ГДР, МКИ А23L11/31. Способ понижения калорийности колбасных изделий. – Опубл. 06.12.83.

130. Мирзаянова Е. П. Разработка технологии мясопродуктов категории «Халяль» с использованием растительных масел и молочного белково-углеводного концентрата «Лактобел-ЭД» : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Мирзаянова Екатерина Петровна. – Ставрополь, 2009. – 120 с.

131. Стаценко Е. Н. Разработка технологии вареных колбасных изделий с использованием молочно-растительных белково-углеводных препаратов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Стаценко Елена Николаевна. – Ставрополь, 2007. – 120 с.

132. Саломатин А. Д. Основные тенденции развития мясной промышленности США и стран Западной Европы / А. Д. Саломатин //

Обзор. инф. ЦНИИТЭИ мясомолпром. Сер. Мясная промышленность. – 1983. – С. 52.

133. А. с. 938885 А1 СССР, МКИ А22С11/00, А23L1/31. Способ приготовления белково-жировой смеси для мясных изделий / В. Е. Мицык, И. Л. Фиргер, Н. Р. Джурик, В. С. Михайловский, В. И. Копил, Е. И. Осадчая – № 2858484/28-13 ; заявл. 30.10.79 ; опубл. 30.06.82, Бюл. № 24. – 4 с.

134. Файвишевский М. Л. Использование белково-жировых эмульсий в производстве колбасных изделий / М. Л. Файвишевский, Т. Ю. Гребенщикова // Мясная индустрия. – 2000. – № 7. – С. 23–25.

135. Пат. 163321 Україна, МПК А23L1/30, А23L1/313. Спосіб одержання мінерально-білково-жирової композиції / Черевко О. І., Головка М. П., Чуйко Л. О., Серік М. Л., Головка Т. М. ; заявник і патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. – № u200510719 ; заявл. 14.11.05; опубл. 15.08.06, Бюл. № 8. – 4 с.

136. Производство вареных колбасных колбас с белково-жировыми композициями / Е. И. Титов, С. К. Апраксина, Ю. И. Ковалев, В. В. Белитов // Мясная индустрия. – 2002. – № 3. – С. 25–27.

137. А.с. 1822723 А1 СССР, МКИ А23L1/31, А23J3/34. Способ получения белково-жировой добавки для мясных фаршевых изделий / Л. В. Антипова, В. М. Сидельников, Л. Е. Бутурлакина, Н. И. Кочергина. – № 4905495/13 ; заявл. 28.01.91 ; опубл. 23.06.93, Бюл. № 23. – 10 с.

138. Крылова В. Б. Модельные фаршевые композиции с экструдатом из чечевицы / В. Б. Крылова, Т. Ю. Гребенщикова, Е. В. Логвинова // Мясная индустрия. – 2001. – № 11. – С. 25–27.

139. Гребенщикова Т. Ю. Разработка технологии белково-углеводно-жировых эмульсий на основе экструдированной пшеничной муки и их применение в производстве фаршевых мясных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Гребенщикова Татьяна Юрьевна. – М., 2001. – 116 с.

140. Пат. 2113137 Российская Федерация, МПК 6A23L1/317, A23J1/02. Способ получения белково-жировой добавки для производства мясных фаршевых и пастообразных продуктов / Антипова Л. В., Полянских С. В. ; заявитель и патентообладатель Воронежская гос. технол. акад. – № 96111048/13 ; заявл. 05.06.96 ; опубл. 20.06.98, Бюл. № 6. – 14 с.

141. Использование коллагенсодержащей эмульсии при производстве рубленых полуфабрикатов / Н. В. Колесникова, М. Б. Данилов, А. А. Старцева, Л. Б. Дашиева // Пищевая промышленность. – 2011. – № 11. – С. 18–19.

142. Пат. 66626 Україна, МПК A23J1/10. Спосіб виробництва білково-жирової емульсії із стабільними властивостями із колагеновмісної сировини / Кишенько І. І., Гащук О. І., Гащук С. Л ; заявник і патентовласник Нац. ун-т харч. технологій. – № u201107843 ; заявл. 22.06.2011 ; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1. – 4 с.

143. Серік М. Л. Технологія композиції мінерально-білково-жирової та м'ясних січених виробів з її використанням : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Серік Максим Леонідович. – Х., 2007. – 176 с.

144. Пат. 73605 Україна, МПК A23L1/00. Композиція білково-жирової наноструктурованої емульсії для м'ясних продуктів / Баль-Прилипко Л. В., Леонова Б. Ю., Прасол Д. Ю., Гармаш О. М. ; заявник і патентовласник Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – № u201204691 ; заявл. 17.04.2012 ; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18. – 3 с.

145. Лукин А. А. Технологические особенности и перспективы использования растительных и животных белков в производстве колбасных изделий / А. А. Лукин // Вестник ЮУрГУ. Сер. Пищевые и биотехнологии. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 52–59.

146. Янчева М. А. Разработка технологии комбинированных мясных изделий с использованием полифункционального препарата

коллагена : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Янчева Марина Александровна. – К., 2000. – 160 с.

147. Пат. 57057 Україна, МПК А23L1/36. Спосіб отримання білково-жирової емульсії на основі ядра соняшникового насіння / Перцевой Ф. В., Бідюк Д. О.; заявник і патентовласник Харківський держ. ун-т харч. та торг. – № u201008603 ; заявл. 06.07.2010 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3. – 4 с.

148. Пат. 8353 Україна, МПК 7A23C15/16. Спосіб підготовки емульсії для виробництва харчових продуктів / Гулій І. С., Рашевська Т. О., Тасенко Є. П. ; заявник і патентовласник Нац. ун-т харч. технологій. – № 20031212713 ; заявл. 29.12.2003 ; опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

149. Пат. 70714 Україна, МПК А23J3/00. Білково-жирова емульсія з кров'ю / Пасічний В. М., Сабадаш П. М., Жук І. З., Кремешна І. В. ; заявник і патентовласник Нац. ун-т харч. технологій. – № 20031212348 ; заявл. 25.12.2003 ; опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13. – 6 с.

150. Белково-жировая эмульсия с ламифареном для мясных продуктов / Б. А. Баженова, И. С. Колесникова, Т. М. Бадмаева, М. Б. Данилов // Мясная индустрия. – 2011. – №4. – С. 68–70.

151. Технологии новых систем // Мясные технологии. – 2003. – № 1. – С. 8–9.

152. Баженова Б. А. Оптимизация состава белково-жировой эмульсии с селенированной мукой / Б. А. Баженова, О. А. Балыкина, К. М. Миронов // Мясная индустрия. – 2010. – №3. – С. 53–54.

153. Лескова С. Ю. Разработка технологии йодированных белково-жировых эмульсий для производства вареных колбас : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Лескова Светлана Юрьевна. – Улан-Удэ, 2005. – 96 с.

154. Брюхова С. В. Обогащенная белково-жировая композиция для колбас / С. В. Брюхова, М. Б. Данилов, Б. А. Баженова // Мясная индустрия. – 2012. – № 6. – С. 44–46.

155. Коваленко В. О. Наукові основи технології переробки м'ясної сировини з використанням ферментних препаратів : дис. ... доктора. техн. наук : 05.18.16 / Коваленко Валентина Олексіївна. – Х., 2009. – 327 с.

156. Jerold A. L. Collagen Biosynthesis / A. L. Jerold, Reiser M. Karen // *Environmental Health Perspectives*. – 1984. – Vol. 55. – P. 169–177.

157. Теймурова А. Т. Розробка технології желевної продукції з використанням концентратів тваринних білків : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Теймурова Анжеліка Тагирівна. – Х., 2010. – 168 с.

158. Autorenreferate 2-nd European Symposium on Connective Tissue Research, 9-12 September 1970 in Hannover, Germany. – 38 p.

159. Прянишников В. В. Весь спектр животных белков – для инновационных мясных технологий / В. В. Прянишников // *Пищевая индустрия*. – 2011. – № 2 (7). – С. 44–46.

160. М'ясо. Яловичина та телятина в тушах, півтушах і четвертинах. Технічні умови : ДСТУ 6030:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с.

161. Олія соняшникова. Технічні умови : ДСТУ 4492:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с.

162. Сіль кухонна. Загальні технічні умови : ДСТУ 3583-97. – [Чинний від 1998-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – 16 с.

163. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171. – [Чинні від 2010-06-01]. – К., 2010. – 25 с.

164. Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 4288-76. – [Взамен ГОСТ 4288-62 ; введ. 1977-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 14 с.

165. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов : ГОСТ 26929-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 10 с.

166. Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені. Технічні умови : ДСТУ 4437:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с.

167. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26669-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 9 с.

168. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : ГОСТ 26670-91. – М. : Стандартиформ, 2005. – 7 с.

169. Продукты мясные. Метод определения содержания влаги : ГОСТ 9793-74. – [Взамен ГОСТ 9793-61 ; введ. 1975-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 4 с.

170. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту азоту (контрольний метод) (ISO 937:1978, IDT) : ДСТУ ISO 937:2005. – [Чинний від 2007-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с.

171. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT) : ДСТУ ISO 1443:2005. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 9 с.

172. Аналитические методы белковой химии / [под ред. В. Н. Ореховича]. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – С. 648–649.

173. Шабанова Н. И. Методические указания к лабораторным занятиям спецкурса «Обмен аминокислот». Методы количественного определения белков и продуктов обмена / Н. И. Шабанова. – Х. : ХГУ, 1984. – С. 12–13.

174. Методические указания по определению общего азота, азота органического и солей аммония в продуктах питания, кормах и окружающей среде. – К. : Укргоسخимкомиссия, 1995. – 24 с.

175. Барковский В. Ф. Основы физико-химических методов анализа : учебник / В. Ф. Барковский, Т. Б. Городенцева, Н. Б. Топорова. – М. : Высш. школа, 1993. – 247 с.

176. Покровский А. А. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами *in vitro* / А. А. Покровский, Н. Д. Ертанов // Вопросы питания. – 1965. – № 3. – С. 38–44.

177. Metcalfe L. D. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for Gas chromatographic analysis / L. D. Metcalfe, A. A. Schmitz, J. R. Pelral // Analytical chemistry. – 1966. – Vol. 38, № 13. – P. 514–515.

178. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : [учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений] / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : КолосС, 2004. – 571 с.

179. Методы биохимического исследования растений / [А. И. Ермаков, В. Е. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова и др.] – Л. : Колос, 1972. – 456 с.

180. Ямлинский В. П. Коагуляционные контакты в дисперсных системах / В. П. Ямлинский, В. А. Пчелин, Е. А. Амелина. – М. : Химия, 1982. – 185 с.

181. Вискозиметр постоянного напряжения сдвига ВПМ-0,2М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации – (АЛЮ 2.842.003.ТО). – М., 1987. – 50 с.

182. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / [А. Б. Горальчук та ін]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.

183. Гуров А. Н. Новые методы оценки эмульгирующих свойств белков / А. Н. Гуров, Н. В. Лозинская, Н. А. Ларичев // Физическая химия структурирования пищевых белков : Всесоюз. совещ., 31мая – 2 июня 1983 г. : тезисы докл. – Таллин, 1983. – С. 55–57.

184. К вопросу о совершенствовании методики определения водосвязывающей способности мяса и мясопродуктов / Л. Н. Крайнюк, Ю. А. Савгира, Е. Б. Позднякова, М. А. Янчева // Прогресивні технології та

удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. пр. / Харк. держ. акад. техн. та орг. харч. – Х., 2000. – Ч. 1. – С. 119–123.

185. Потапов В. О. Кинетика сушки: анализ и управление процессом : монография / В. О. Потапов. – Х. : ХДУХТ, 2009. – 250 с.

186. Фролов С. В. Тепло- и массообмен в расчетах процессов холодильной технологии пищевых продуктов / С. В. Фролов, В. Е. Куцакова, В. Л. Кипнис. – М. : КОЛОС-ПРЕСС, 2001. – 144 с.

187. Меркулов Г. А. Курс паталогогистологической техники / Г. А. Меркулов. – Л. : МЕДГИЗ, 1969. – С. 275–279.

188. Тиняков Г. Г. Гистология мясопромышленных животных / Г. Г. Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 416 с.

189. Физические методы контроля сырья и продуктов в мясной промышленности : лабораторный практикум / [Л. В. Антипова, Н. Н. Безрядин, С. А. Титов и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 200 с.

190. Архіпова Т. Ф. Прикладне матеріалознавство : навч. посібник / Т. Ф. Архіпова, А. Ю. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60 с.

191. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов : ГОСТ 10444.15-94. – [Введ. 1996-01-07]. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 7 с.

192. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Ч. 1. Метод виявлення (ISO 11290-2:1996, IDT) : ДСТУ ISO 11290-1:2003. – [Чинний від 2004-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 23 с.

193. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Ч. 2. Метод підрахування (ISO 11290-2:1998, IDT) : ДСТУ ISO 11290-2. – [Чинний від 2004-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 21 с.

194. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Методика виявлення *Salmonella* spp (ISO 6579:2002, IDT) : ДСТУ ISO 6579:2006. – [Чинний від 2008-10-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 23 с.

195. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечной палочки (колиформных бактерий) : ГОСТ 30518-97. – [Введ. 1999-06-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 7 с.

196. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца : ГОСТ 26932-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 19 с.

197. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 17 с.

198. Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути : ГОСТ 26927-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 21 с.

199. Методические указания по определению ртути в пищевых продуктах : МУ 5178-90 [Утв. 21.06.1990]

200. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка : ГОСТ 26930-86. – [Введ. 1987-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 10 с.

201. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди : ГОСТ 26931-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 22 с.

202. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка : ГОСТ 26934-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 15 с.

203. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов : ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1998-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 24 с.

204. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки : ГОСТ 9959-91. – [Введ. 1993-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1995 – 15 с.

205. Касилова Л. А. Методические указания по теме «Изучение методики отработки рецептур на кулинарную продукцию» / Л. А. Касилова, Л. Н. Крайнюк. – Х. : ХГАТОХ, 1997. – 16 с.

206. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. – М. : ВНИИОП, 1991. – 19 с.

207. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Основні положення : ДСТУ 3946-2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2000. – 7 с.

208. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н. Сафонова и др.]. – Х. : ХГАТОП, 2000. – 200 с.

209. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания : Метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М. : Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.

210. Румшинская Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л. З. Румшинская. – М. : Наука, 1971. – 192 с.

211. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 263 с.

212. C/C++. Программирование на языке высшего уровня – СПб. : Питер, 2006. – 461 с.

213. Дроменко О. Б. Експертний аналіз рецептурного складу м'ясних січених виробів / О. Б. Дроменко // Ресторанне господарство і туристична індустрія у ринкових умовах : зб. наук. пр. / Київ. нац. торг.-екон. ун-т. – К., 2004. – С.64–71.

214. Influence of lipids on ice formation in crioprotective media / [A. A. Andreev, D. G. Sadikova, C. Labbe et al.] // Biophysics. – 2008. – Vol. 53, № 4. – P. 283–285.

215. Congelation of crioprotective solutions and cryopreservation of fish sperm / [A. A. Andreev, D. G. Sadikova, E. N. Gakhova et al.] // *Biophysics*. – 2009. – Vol. 54, № 5. – P. 612–616.

216. Юхневич М. М. Разработка технологии производства мороженого с растительным маслом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Юхневич Мария Марьяновна. – СПб., 2004. – 92 с.

217. Milani J. Hydrocolloids in Food Industry / J. Milani, G. Maleki // *Food Industrial Process – Methods and Equipment*. – 2012. – № 2. – P. 2–37.

218. Thomas R. Hydrocolloids: Fifteen Practical Tips / R. L. Tomas // *Guaranteed gums*. – 2007. – № 8. – P. 2–17.

219. Nishinari K. Structure and Propeties of Food – Hydrocolloids – Gels, Tmelsion and Foams / K. Nishinari // *Foods Food Ingredients J. Jpn.* – 2008. – Vol. 213, – № 5. – P. 138–141.

220. Amit K. Ghosh. Polysaccharide-Protein Interactions and Their Relevance in Food Colloids [Electonic resource] / K. Ghosh Amit, Prasun Bandyopadhyay // *The Complex World of Polysaccharides. The Complex World of Polysaccharides Edited by Desiree Nedra Karunaratne, Publisher: InTech*. – 2012. – P. 395–408. – Available at : <http://cdn.intechopen.com/>.

Наукове видання

ЯНЧЕВА Марина Олександрівна
ДРОМЕНКО Олена Борисівна
ГРИНЧЕНКО Ольга Олексіївна
ПОТАПОВ Володимир Олексійович
КРАЙНЮК Людмила Миколаївна

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ
ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ
М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ
СИСТЕМ**

МОНОГРАФІЯ

Редактор О. В. Щегельська

Підп. до друку 01. 06. 2015 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Друк. офсет. Умов. друк. арк. 11,1. Тираж 300 прим. Зам. № 3/95.

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4417 від 10.10.2012 р.