

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**НАУКОВІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ  
СУХИХ СУМШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ  
НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ**

Монографія

Харків  
ХДУХТ  
2016

УДК 637.5.037(075.8)

ББК 36.924

Н 34

Автори:

Т. С. Желева, М. О. Янчева, О. О. Гринченко, М. І. Погожих

Рецензенти:

завідувач кафедри холодильної та торговельної техніки і прикладної механіки ХДУХТ, д-р техн. наук, проф. В. О. Потапов,  
завідувач кафедри технології харчування Сумського НАУ, д-р техн. наук, проф. Ф. В. Перцевой

Рекомендовано до друку вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі, протокол № 12 від 7.07.2016 р.

**Наукові** основи використання сухих сумішей кріостабілізуючої дії в Н 34 технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених : монографія / Т. С. Желева, М. О. Янчева, О. О. Гринченко, М. І. Погожих. – Х. : ХДУХТ, 2016. – 133 с.

ISBN.....

У монографії узагальнено результати багаторічних досліджень щодо наукового обґрунтування та розробки сухих сумішей кріостабілізуючої дії та їх використання в технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених.

Видання пропонується для викладачів, аспірантів, студентів, які навчаються за спеціальністю «Харчові технології», а також для фахівців м'ясопереробної галузі та закладів ресторанного господарства.

УДК 637.5.037(075.8)

ББК 36.924

© Желева Т. С., Янчева М. О.,  
Гринченко О. О., Погожих М. І., 2016

© Харківський державний університет  
харчування та торгівлі, 2016

ISBN.....

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ.....  | 5  |
| ВСТУП.....   | 6  |
| РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН СПОЖИВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ.....   | 8  |
| 1.1. Аналіз та перспективи розвитку ринку напівфабрикатів заморожених із м'ясної сировини.....   | 8  |
| 1.2. Теоретичні основи застосування низькотемпературної холодильної обробки в технологіях м'ясної продукції .....  | 11 |
| 1.3. Перспективи використання харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії та сумішей на їх основі в технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених.....   | 19 |
| РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА СУМІШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ ДЛЯ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ.....                              | 29 |
| 2.1. Інноваційна стратегія розробки напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії та сумішей на їх основі.....                      | 29 |
| 2.2. Дослідження впливу технологічних чинників на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії.....                                      | 36 |
| 2.3. Обґрунтування складу та технологічних параметрів одержання сумішей кріостабілізуючої дії для напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених.....   | 55 |
| 2.4. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні властивості харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії у складі м'ясних модельних систем.....                | 61 |
| 2.5. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва сумішей кріостабілізуючої дії.....  | 65 |
| РОЗДІЛ 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУМІШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ.....   | 71 |
| 3.1. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії.. | 71 |
| 3.2. Визначення стану вологи м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії.....  | 82 |
| 3.3. Дослідження впливу заморожування-розморожування на мікроструктурні показники м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії.....                                   | 83 |
| 3.4. Дослідження впливу заморожування-розморожування на білки м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії..  | 87 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.5. Обґрунтування технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей криостабілізуючої дії.....                                       | 89  |
| РОЗДІЛ 4. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУМІШЕЙ КРИОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ ТА ЇХ ЗМІНА ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ..... | 93  |
| 4.1. Дослідження показників якості напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей криостабілізуючої дії.....   | 93  |
| 4.2. Дослідження показників безпечності напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей криостабілізуючої дії.....  | 102 |
| 4.3. Розробка рекомендацій із використання напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених у технології кулінарної продукції.....  | 104 |
| ВИСНОВКИ.....  | 109 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 111 |
| ДОДАТОК А.....   | 126 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

|        |  |
|--------|--|
| ВЗЗ    | – вологозв'язуюча здатність                                    |
| ГМЦ    | – геміцелюлоза   |
| ГНЗ    | – граничне напруження зсуву                                    |
| КМЦ    | – карбоксиметилцелюлоза  |
| КРД    | – камедь ріжкового дерева                                      |
| МАФАнМ | – мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми |
| МБВ    | – медіко-біологічні вимоги                                     |
| ММС    | – м'ясні модельні системи                                      |
| МЦ     | – метилцелюлоза  |
| НМПЗ   | – напівфабрикати м'ясні посічені заморожені                    |
| СКД    | – суміші криостабілізуючої дії                                 |
| СН     | – санітарні норми  |
| ФТВ    | – функціонально-технологічні властивості                       |
| ХІКД   | – харчові інгредієнти криостабілізуючої дії                    |
| В2В    | – бізнес-процес Business to Business                           |
| В2С    | – бізнес-процес Business to Consumer                           |

## ВСТУП

В умовах зростаючої конкуренції на глобальних ринках продовольства вирішити одне із найважливіших державних завдань – забезпечити населення України харчовою продукцією вітчизняного виробництва – можливо лише за умови запровадження інноваційних технологій та підтримки інвестиційного процесу. Про це свідчить досвід держав із розвинутою економікою – США, Канади, Німеччини, Франції та інших, які вирішили проблему забезпечення населення своїх країн сільськогосподарськими та харчовими продуктами.

У широкому асортименті продукції, що виробляється у ресторанному господарстві та харчовій промисловості, значна частина припадає на вироби з м'ясної сировини, асортимент та склад яких протягом останнього часу зазнали суттєвих змін. Відповідно до сучасних трендів розвитку закладів ресторанного господарства сьогодні спостерігається використання індустріальних напівфабрикатів високого ступеня готовності, в тому числі заморожених, що дозволяє мінімізувати виробничі та збільшити торговельні площі, оптимізувати витрати на виробництво готової продукції, задовольнити вимоги споживачів до продукції з огляду на її поживні властивості та економічну доступність.

Загальновідомо, що заморожування забезпечує високий ступінь збереження поживних властивостей харчової продукції, в тому числі з м'ясної сировини, однак, призводить до крипошкодження м'язових волокон, що значно погіршує якість виробів на її основі. Узагальнення наукових та практичних принципів виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених (НМПЗ) дозволяє стверджувати, що одним із шляхів нівелювання низькотемпературної холодильної обробки є використання харчових інгредієнтів із криостабілізуючими (криозахисними) властивостями, які доречно застосовувати у вигляді комплексних сумішей.

Питання використання інгредієнтів та сумішей, яким притаманні криостабілізуючі властивості, висвітлено в працях Ю.Г. Базарної, Л.Г. Віннікової, А.А. Семенової, E. Dickinson, L. Klara, P.Z. Lian, J. Milani та ін. Науковцями доведено позитивний вплив деяких інгредієнтів на перебіг фізико-хімічних процесів у м'ясній сировині за низькотемпературного зберігання, але вищезначені дослідження не мають системного характеру й не охоплюють всього кола питань щодо наукового обґрунтування використання харчових інгредієнтів криостабілізуючої дії (ХКД) чи сумішей на їх основі в технологіях НМПЗ.

Очевидно, що наукове обґрунтування та розробка технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених, якість та безпечність яких впродовж низькотемпературного холодильного зберігання та подальшої кулінарної обробки забезпечується за рахунок використання сумішей криостабілізуючої дії (СКД), є актуальними та своєчасними.

У першому розділі монографії висвітлено перспективи розвитку ринку напівфабрикатів заморожених із м'ясної сировини, розглянуто теоретичні основи застосування холодильної обробки в технологіях м'ясної продукції,

визначено перспективи використання ХКД та сумішей на їх основі в технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених.

У другому розділі визначено інноваційну стратегію та сформульовано робочу гіпотезу дослідження щодо розробки та використання СКД у складі НМПЗ, визначено критерії їх вибору, розроблено параметричну модель створення СКД; досліджено вплив технологічних чинників на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості ХКД; обґрунтовано склад та технологічні параметри одержання СКД для НМПЗ; досліджено показники якості та безпечності СКД.

У третьому розділі наведено результати дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясних модельних систем (ММС) з використанням СКД, характер кристалоутворення, мікроструктуру, загальний та фракційний склад білків ММС з використанням СКД, обґрунтовано технологічну схему виробництва НМПЗ.

Четвертий розділ базується на результатах дослідження показників якості та безпечності нової продукції та їх зміни впродовж зберігання. У розділі представлено рекомендації з використання НМПЗ у технології кулінарної продукції.

В основу монографії покладено матеріали дисертаційної роботи Т.С. Желевої, виконаної в лабораторіях кафедр технології м'яса, технології харчування, товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки, фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом лауреата Державної премії в галузі науки і техніки, відмінника освіти України, доктора технічних наук, професора М.О. Янчевої.

# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНИЙ СТАН СПОЖИВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ

### 1.1. Аналіз та перспективи розвитку ринку напівфабрикатів заморожених із м'ясної сировини

Сьогодні в зв'язку з прискореним ритмом життя населення на українському продовольчому ринку все більше підвищується попит на заморожені харчові продукти. Зростання їх популярності обумовлено, по-перше, мінімальними витратами часу та зусиль на їх приготування, що робить їх затребуваними серед працюючої частини населення молодого та середнього віку та, по-друге, появою нових ніш на ринку та розширенням асортименту.

Науковці визначають, що перевага заморожування щодо енерговитрат та економічної ефективності порівнянно з іншими методами консервування зумовила інтенсивний розвиток виробництва напівфабрикатів заморожених та готових страв в багатьох країнах [1; 2]. Так, за даними [3–6] виробництвом замороженої харчової продукції займається понад 350 різних компаній світу, провідне місце належить США, Угорщині, Польщі, Голландії, Франції, Італії, Японії та ін., де виробництво заморожених продуктів зосереджено, в основному, на великих високомеханізованих підприємствах та за своїми масштабами та технічним оснащенням є спеціалізованою галузю харчової промисловості.

Заморожування дозволяє відстрочити реалізацію сільськогосподарської продукції у часі та перенести місце реалізації в просторі; розширює сферу збуту продукції не тільки регіоном, де її вирощують та сезоном збору, але й іншими регіонами та сезонами. Наприклад, для господарств це можливість частину своєї продукції заморозити та реалізувати її безпосередньо споживачеві за високою ціною, ніж свіжу, в будь-якому місці та в будь-який час [7].

Аналіз літератури [8–10] дозволяє стверджувати, що однією з основних тенденцій на ринку замороженої харчової продукції є виробництво напівфабрикатів з м'яса та риби, овочів та фруктів, тіста та виробів з нього, піци, морепродуктів та ін.

Найбільшу популярність одержали напівфабрикати м'ясні заморожені [10; 11]. За ствердженнями фахівців, в даний час їх асортимент досить широкий. До них відносяться вироби з натурального або посіченого м'яса (яловичини, телятини, баранини, свинини, птиці), що не пройшли термічної обробки. Серед них розрізняють: натуральні (крупнокускові, дрібнокускові, порційні); посічені; напівфабрикати у тістовій оболонці.

Зростання українського ринку напівфабрикатів забезпечується, головним чином, зміною стилю життя споживачів, підвищенням попиту на продукти швидкого приготування та в межах реалізації бізнес-процесів B2C (кінцевий споживач через роздрібну торговельну мережу) та B2B (заклади ресторанного господарства різних форматів), а також подальшим підвищенням якості



пропонованої продукції. Позитивна динаміка зростання ринку напівфабрикатів обумовлена наступними чинниками:

- зміною раціону харчування населення;
- прискоренням ритму життя українців та збільшенням числа працюючих жінок;
- розширенням пропозиції та географії збуту замороженої продукції [11].

Фахівці зазначають, що основними особливостями українського ринку напівфабрикатів м'ясних заморожених є:

- порівняно низька частка продукції високого ступеня готовності;
- найбільш ємними сегментами впродовж останніх 5–7 років залишаються традиційні м'ясні напівфабрикати (близько 44...45% натурального обсягу ринку) та «пельмені/вареники/млинці» (близько 27...28% натурального об'єму продажів);
- не готовність багатьох виробників підтримувати стандарти якості продукції, особливо в періоди зниження купівельної спроможності споживачів;
- введення в оману споживача щодо високої якості продукції;
- активне використання виробниками теми напівфабрикатів домашнього/ручного виготовлення, а також натуральності продукції (відсутність консервантів, шкідливих жирів, барвників, ГМО та ін.);
- нерозвиненість організованої роздрібної мережі;
- орієнтація закупівельників скоріше не на якість, а на низьку вартість продукції;
- не готовність холодильного обладнання працювати з підвищеним навантаженням влітку, що призводить до втрати товарного вигляду та псування продукції;
- висока частка вагової продукції, якість якої не завжди є зразком для наслідування;

– низька частка продукції іноземного виробництва, особливо в сегменті традиційних напівфабрикатів (не більше 3...5% в натуральному виразі) [12; 13].

В цілому український ринок напівфабрикатів м'ясних заморожених в 2006–2014 рр. був динамічним [11]. В цей період спостерігалось підвищення активності населення в сфері бізнесу, тобто на приготування їжі у людей залишається мало часу. Внаслідок постійного підвищення цін на продукти, зокрема, м'ясо, вартість напівфабрикатів з нього стала дешевше, ніж домашніх, що обумовило додатковий інтерес до напівфабрикатів в невеликих містах зі сторони менш заможних покупців. У зв'язку із зростанням добробуту населення вітчизняний ринок напівфабрикатів досяг в 2007 р. максимального показника – 310 тис. т., що привернуло увагу значної кількості компаній з великими фінансовими можливостями, які поступово почали витісняти з цього бізнесу невеликі фірми.

Однак, у другій половині 2008 р. на ринку спостерігалася негативна динаміка. В цілому падіння обсягу ринку в натуральному виразі склало 21%. Основними причинами такого зниження були:

- публікації в ЗМІ, які дискредитували напівфабрикати у свідомості вітчизняних споживачів та м'ясні продукти як категорію продуктів в цілому;
- зниження купівельної спроможності, пов'язане з кризовими чинниками та зростанням безробіття, й внаслідок цього – переорієнтація покупців на більш дешеві продукти;
- жорстка політика торгових мереж щодо встановлення націнки до 60%; переключаячись на дешевші аналоги, споживач втратив довіру до продукції.

За даними [11; 12] у 2009 році ринок напівфабрикатів зменшився в натуральному виразі ще на 12%. Причини зниження обсягів ринку – зниження купівельної можливості споживачів у зв'язку з кризовими чинниками та зростанням безробіття, підвищення собівартості виробництва, розвиток дешевого сегменту напівфабрикатів та наповнення ринку продукцією сумнівної якості.

У 2010–2011 рр. на ринку напівфабрикатів зберігалася позитивна динаміка, хоча зростання споживання було незначним. За даними маркетингового дослідження [12; 14] це пов'язано з покращенням якості продукції. Дійсно, в останні роки спостерігається використання у виробництві якісних інгредієнтів. Також у виробництві напівфабрикатів практично не використовується м'ясо яловичини, що пов'язано з дефіцитом даного виду сировини на вітчизняному ринку та небажанням використовувати у виробництві низькосортних замінників.

На період 2012–2014 років основний попит було зосереджено в середньому ціновому сегменті. Попит на якісні напівфабрикати заморожені розпочав поступово відновлюватися, тому виробники намагаються встигнути за ринком (попитом), пропонуючи споживачеві продукцію з більшою доданою вартістю, орієнтовану на високу якість та враховуючи прагнення споживачів до більш здорового, корисного харчування. Ще одна тенденція ринку – розширення лінійки продукції за рахунок орієнтації на більш вузькі групи споживачів.

Варто відзначити, що фінансова криза не вплинула негативно на стан ринку напівфабрикатів. Навпаки, населення, скоротивши витрати за багатьма пунктами бюджету, в тому числі на харчові продукти, віддає перевагу цій продукції. У зв'язку з цим значно збільшилася частка середньоцінового та низькоцінового сегментів [15–19].

Дослідження пропозицій торгівельних мереж дозволяє стверджувати про гостру конкуренцію на ринку заморожених продуктів та напівфабрикатів. Продукція різних виробників має схожі характеристики та властивості, тому компанії пропонують нові продукти та активно їх рекламують.

За прогнозами дослідників та маркетологів розвиток українського ринку напівфабрикатів з м'ясної сировини буде відбуватися не тільки в кількісних обсягах, але й в якісних показниках. Якість напівфабрикатів буде переважати над іншими параметрами, так як продукт повинен мати найвищі показники якості та безпечності для споживача незалежно від цінової категорії.

За підрахунками фахівців [7], споживання напівфабрикатів заморожених буде зростати на 3,5...5,0% щорічно за рахунок збільшення частоти покупок та числа активних покупців. Самим перспективним сегментом на ринку напівфабрикатів будуть напівфабрикати м'ясні посічені заморожені, які принесуть операторам ринку велику кількість покупців. Оцінюючи перспективність українського ринку, можна сказати, що він є досить привабливим для виходу нових гравців [11].

Таким чином, можна зазначити, що протягом останнього часу на продовольчому ринку України мають місце різновекторні тренди щодо виробництва та споживання напівфабрикатів заморожених. На фоні підвищення затребуваності даної продукції (як кінцевими споживачами – B2C, так й закладами ресторанного господарства – B2B) та зменшення купівельної спроможності й введення в оману споживача щодо її високої якості спостерігається нерівномірний темп нарощування виробничих потужностей та реалізації. Вирішення питання приведення у відповідність вимог споживачів та можливостей виробників можливе лише шляхом розробки та запровадження конкурентоспроможних інноваційних технологій напівфабрикатів м'ясних, на які в найближчі роки очікується значний попит.

## **1.2. Теоретичні основи застосування низькотемпературної холодильної обробки в технологіях м'ясної продукції**

Заморожування забезпечує тривале низькотемпературне зберігання м'яса та м'ясопродуктів завдяки запобіганню розвитку мікробіологічних процесів та різкого зменшення швидкості ферментативних й фізико-хімічних процесів.

Узагальнення даних, наведених в роботах [20; 21], дозволяє сверджувати, що серед великої кількості технологічних чинників, які визначають якість заморожених м'ясопродуктів, вирішальна роль належить умовам заморожування. До основних чинників заморожування відносять: температуру, швидкість руху охолоджувального середовища та характеристику об'єкта заморожування. При заморожуванні м'яса та його зберіганні за низьких температур в ньому відбувається цілий ряд фізико-хімічних явищ: кристалоутворення, виморожування води, структурні зміни в тканинах та інші.

Під час зниження температури зменшується інтенсивність броунівського руху та за досягнення криоскопічної температури починається процес кристалоутворення та виморожування води [22]. За підрахунками фахівців [23–25] під час заморожування близько 85% води перетворюється на лід. Криоскопічна температура залежить від концентрації розчину, ступеня дисоціації розчинених речовин та властивостей розчинення. Для продуктів тваринного походження вона нижче 0°C: м'ясного соку – (-1,0...-1,5)°C, крові – (-0,55...-0,56)°C, яєчного білка – (-0,45)°C, яєчного жовтка – (-0,65)°C [21; 26].

Процес заморожування тканин м'яса можна розглядати як процес замерзання тканинної рідини, тобто розчину порівняно невеликої молекулярної

концентрації. Так, при переході води з рідкого стану в твердий в м'ясі та м'ясних виробах відбуваються фізичні процеси, зокрема, утворення кристалів льоду, підвищення концентрації тканинної рідини, зростання тиску всередині клітин, збільшення об'єму. При зниженні температури в продуктах нижче точки замерзання не відразу відбувається утворення усієї кількості льоду з охолодженої води. У тканинах спочатку настає невелике переохолодження (для м'язової тканини до  $-4^{\circ}\text{C}$ ), після чого виникають зародки кристалів та виділяється прихована теплота кристалізації [27–29].

За температури нижче початкової точки замерзання рідина називається переохолодженою. Такий стан рідини є метастабільним – в цьому стані рідина може залишатися досить довго, до початку нуклеації (зародження) першого кристала льоду [27]. За даними [30] кристали льоду виникають у вигляді ядер (зародків) деякого критичного розміру та потім збільшуються («ростуть»). Критичний розмір – це такий розмір, при якому зростання ядра внаслідок збільшення обсягу призводить до зменшення поверхової енергії та збільшення вільної енергії Гіббса.

Нуклеація може бути гомогенною чи гетерогенною. Гомогенна нуклеація відбувається тільки в гомогенних, вільних від зважених часток рідинах внаслідок випадкових коливань молекул (випадкові кластери молекул миттєво приймають конфігурацію льоду та виконують функцію зародків). У твердих харчових продуктах нуклеація має гетерогенний характер, при цьому центром зародкоутворення є поверхня клітин. Імовірність нуклеації в тому чи іншому місці зростає, якщо молекулярна структура поверхні має схожість зі структурою льоду, тобто відповідає розміру кристалічної решітки льоду та діє як свого роду шаблон.

Отже, у процесі заморожування можна виділити три діапазони температур тканин м'яса від  $+20$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , від  $0$  до  $-5^{\circ}\text{C}$  та від  $-5$  до  $-35^{\circ}\text{C}$  [31; 32]. На першому етапі відбувається охолодження м'яса від  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ . Зниження температури йде пропорційно кількості роботи по відбору тепла. На другому етапі відбувається перехід з рідкої фази в тверду за температур від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Робота з відбору тепла у тканин м'яса дуже значна, однак їх температура практично не знижується, а відбувається кристалізація приблизно 70% рідких фракцій. На третьому етапі відбувається доморожування при температурах від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-35^{\circ}\text{C}$ . Зниження температури знову йде пропорційно виконуваною холодильною машиною роботи.

Автором [33] доведено, що тканинний м'ясний сік являє собою розчин мінеральних солей (Na, K, Ca, He та ін.) та органічних речовин, у тому числі екстрактивних та білкових. Кристали, що утворюються на початку замерзання, складаються з чистої води, а мінеральні речовини, розчинені в м'ясному соку, залишиються в рідкій фазі, кріоскопічна точка якої по мірі замерзання льоду знижується. В результаті потрібні все більш низькі температури для заморожування наступних порцій води, що призводить до збільшення розмірів кристалів. Цей процес продовжується до досягнення рівня концентрації розчинених у рідкій фазі речовин, відповідного складу евтектичної суміші, до

так званої евтектичної точки замерзання; після цього розчин замерзає повністю. Вченими встановлено, що евтектична точка замерзання м'язової тканини лежить в інтервалі (-59... -64)°C [34; 35].

Відомо, що вода є переважаючим компонентом м'яса, суттєво впливаючи на стан білків та відповідно структуру м'ясних продуктів. Вміст води у м'ясній сировині коливається в широкому діапазоні: від 50% для жирної свинини та до 78% для яловичини. Утримується вона здебільшого за рахунок осмотичного тиску та адсорбції структурами клітин – сіткою білкових мембран та білкових волокон, а також деякими іншими хімічними компонентами клітин (вуглеводи, ліпіди). Наприклад, у м'ясі 70% води тканини зв'язана з білками міофібрил. Наявність в харчових продуктах великої кількості води впливає на теплофізичні процеси при холодильній обробці та зберіганні продуктів, що обумовлено особливостями її зв'язку з іншими компонентами продуктів, великої її теплоємності та теплового фазового переходу при кристалізації та випаровуванні [22; 36–38].

Відомо, що вода є середовищем для протікання процесів біохімічного псування харчових продуктів. Тому, консервуючу дію заморожування засновано на зниженні активності води ( $a_w$ -показник) [39–41]. Автор [23] пояснює це тим, що збільшення коефіцієнту активності води пов'язано із зростанням тиску водяної пари над продуктом, що безумовно свідчить про значну наявність вільної вологи. У той час при малих значеннях активності води вона більш зв'язана та тому менш доступна для хімічних реакцій та життєдіяльності мікроорганізмів, що впливає на збільшення терміну зберігання.

При заморожуванні волога видаляється з харчового матриксу в результаті утворення кристалів льоду. Незважаючи на те, що кристали льоду залишаються у продукті, залишкова волога, що контактує з харчовим матриксом, насичується розчиненими речовинами, та її значення  $a_w$  знижується. У цьому сенсі заморожування подібно сушці, що є логічним обґрунтуванням консервування харчових продуктів методами заморожування. Життєдіяльність більшості мікроорганізмів припиняється при значеннях  $a_w$  нижче 0,7 [36; 42].

Структура води тканин м'яса має суттєвий вплив на їх властивості. Відомо, що в технології харчових продуктів вологу поділяють на 2 основних види: вільну та зв'язану, які відрізняються між собою в першу чергу, рухливістю їх молекул. Співвідношення між вільною та зв'язаною вологою, а також ступінь її структурування є вирішальним чинником у формуванні реологічних параметрів харчових продуктів. При цьому вирішальним впливом на органолептичні, функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості продуктів харчування впливає не стільки їх сумарна вологість, скільки структура вологи [43–48].

Структурний стан води має безпосередній вплив на процеси льодоутворення, які, в свою чергу, визначають найбільш важливі якісні характеристики м'ясних заморожених продуктів.

Виморожування розчинної фази м'ясної сировини призводить до збільшення концентрації розчинених речовин, а значить, збільшує ймовірність

різних небажаних реакцій. Зниження кількості вимороженої води відповідно повинно знижувати інтенсивність необоротних реакцій [43–45].

Більш низька концентрація розчинених речовин в міжклітинному просторі обумовлює різницю в значеннях криоскопічних температур структурних елементів. З цих причин формування кристалів льоду в першу чергу спостерігається в міжклітинному просторі та супроводжується міграцією води з клітин.

Автор [32] вважає, що в процесі кристалізації молекули води рухаються від рідкої фази до стабільного стану на поверхні кристала, а молекули розчинених речовин дифундують у зворотному напрямку. Наскільки інтенсивно будуть протікати ці процеси, залежить від умов відведення тепла.

Кількість та частка вимороженої води в продукті залежать від її загального змісту, форми та міцності зв'язку із структурними елементами, концентрації, гідратації та ступеня дисоціації розчинених у воді речовин, температури заморожування [42].

Автори [49–51] вважають, що при фазовому переході води у лід кожна молекула води з'єднується з чотирма сусідніми диполями, утворюючи регулярну кристалічну решітку. Зараз є досить чіткі уявлення про особливості взаєморозташування молекул води у структурі льоду, які зумовлені наявністю водневих зв'язків.

Особливості зміни стану та структури м'ясних систем при заморожуванні визначаються фазовим переходом води в лід та підвищенням концентрації розчинених в рідкій фазі речовин, тобто вплив заморожування на якість м'яса обумовлено характером процесу кристалізації [25].

Характер кристалоутворення залежить від стану клітинних оболонок, концентрації розчинених речовин в клітинах, ступеня гідратації білків та інших властивостей продукту. Але найбільше значення має швидкість заморожування [51; 52].

Відомо, що для початку процесу заморожування необхідно не тільки одержання температури нижче криоскопічної, тобто досягнення стадії переохолодження, але й поява центрів кристалізації зародків кристалів. Такими зародками можуть бути тверді та колоїдні речовини, коагулят білків тощо. Центри кристалізації виникають, перш за все, в міжклітинних просторах, оскільки там концентрація тканинного соку менша, ніж усередині волокна [28].

Узагальнення даних [27; 28; 53] дозволяє стверджувати, що характер льодоутворення у тканинах м'яса при безперервному відводі теплоти визначається двома чинниками: швидкістю росту числа центрів кристалізації та швидкістю зростання самих кристалів. Максимальна швидкість росту розмірів кристалів припадає на температурний інтервал  $(-1,0 \dots -5,0)^\circ\text{C}$ . Швидкість утворення зародків кристалів має максимум при більш низьких температурах охолодження. Отже, при повільному охолодженні за рахунок високої швидкості росту кристалів вони утворюються великими (до 1000 мкм). Утворення кристалів підвищує концентрацію міжклітинної рідини та її осмотичний тиск. Виникає дифузійний перенос води з клітини у міжклітинний простір

(кріоосмос). При відносно невеликій швидкості тепловідводу відбувається зростання кристалів тільки в міжклітинному просторі. У клітинах кристали не утворюються, але вони зневоднюються. Утворення великих кристалів льоду в практиці заморожування м'яса – явище небажане. Велика частина води після танення кристалів втрачає зв'язок з білками та виділяється з м'яса у вигляді соку. З ним втрачаються смакові та поживні речовини, погіршується якість м'яса та його функціональні властивості.

При середніх та високих швидкостях охолодження відзначають поєднання швидкого зростання числа центрів кристалізації та високої швидкості збільшення їх розмірів. Кристали льоду утворюються невеликих розмірів. При надшвидкому заморожуванні (при температурі (-93...-194)°C) до 90% кристалів утворюється усередині волокон. Вони мають розміри 0,2...0,3 мкм та надають не таке сильне деформуючий вплив на тканини м'яса, як великі кристали, що позитивно впливає на якість заморожування сировини. При високих швидкостях відведення теплоти кристали рівномірно розподілені як безпосередньо у волокнах, так й в міжволоконних просторах, що зменшує втрати соку при розморожуванні.

Однак [27] доведено, що не завжди кращі якісні показники продукту забезпечуються низькою температурою та підвищеною швидкістю процесу холодильної обробки. Досвід холодильної обробки харчових продуктів свідчить про те, що група продуктів або кожен продукт вимагає оптимальної швидкості заморожування.

М'ясо та м'ясні напівфабрикати заморожують у повітрі, в розчинах солей або деяких органічних сполук, у киплячих холодоагентах, при контакті з охолоджуваними металевими плитами. При виборі способу заморожування основними критеріями є збереження високого рівня якості продукту при мінімальних витратах на його забезпечення. Відповідно до використовуваного способу та від виду продукту, його властивостей, складу, форми та розміру встановлюють швидкість та глибину заморожування [22; 54].

Сучасні технології заморожування м'ясної продукції спрямовані на створення таких умов низькотемпературного оброблення та зберігання, при яких споживні властивості цих продуктів будуть максимально наближеними до нативних та не змінюватимуться протягом тривалого терміну холодильного зберігання.

Таким чином, для збереження харчової цінності м'яса велике значення мають фізичні, гістологічні, колоїдно-хімічні, біохімічні та біологічні зміни, що відбуваються в м'ясі під час заморожування та подальшого зберігання.

Багаточисленні дослідження вітчизняних та закордонних вчених [30; 55–58] доводять, що утворення кристалів льоду може знижувати якість м'ясних продуктів з наступних причин:

– механічне пошкодження структури продукту. Питомий об'єм льоду приблизно на 10% більше, ніж води. Об'ємне розширення кристалів льоду приводить до стиснення харчового матриксу. На макроскопічному рівні

термічний стрес, що виникає при швидкому криогенному заморожуванні, може призводити до розтріскування продукту;

- перехресне зшивання білків. Зменшення при заморожуванні кількості вільної вологи в рідкій фазі та підвищення концентрації електролітів обумовлює агрегацію та денатурацію м'язових білків;

- часткова реабсорбція води при розморожуванні відбувається при наявності перехресного зшивання білків. В заморожених тваринних тканинах, в яких м'язові білки, позбавлені оболонки, поперечно зшиваються. Розморожена тканина не здатна до повної повторної абсорбції води, що утворилася в результаті танення льоду, та відновлення попереднього вмісту вологи. Це призводить до небажаного виділення ексудату (втрати м'ясного соку) та формуванню більш жорсткої текстури розмороженої м'язової тканини – показників, що визначають якість м'яса [27; 59].

Деякі науковці [27; 30] вважають, що основними причинами погіршення якості заморожених харчових продуктів є останні дві причини, тобто зниження якості викликано, в основному, процесами, що відбуваються при зберіганні продукту в замороженому стані.

Залежно від режимів заморожування, денатураційні зміни в білкових структурах відбуваються по-різному. Порушення просторової структури макрочасток білків пов'язані з денатурацією, а її зовнішнім проявом є виділення тканинного соку при розморожуванні. Розвиток цих процесів сприяє підвищенню концентрації електролітів в рідкій фазі. Зона максимального розвитку денатураційних змін збігається з температурною зоною максимальної кристалізації тканинного розчину [60; 61].

У такій складній гетерогенній системі, якою є м'ясо, ступінь дисперсності льоду та характер розподілу кристалів залежать не тільки від швидкості охолодження, але й визначаються ступенем гідратації макромолекул білка, станом мембранних структур. Фіксована зміна кількості зв'язаної вологи при автолізі м'яса за допомогою методу визначення рівня витрати енергії на її видалення дає підставу вважати, що визначальне значення мають перетворення міофібрилярних білків, які на відміну від глобулярних оточені багатопаровими гідратними оболонками. Процес кристалоутворення та пов'язане з ним збільшення концентрації електролітів у системі сприяє зміні властивостей білків за рахунок розвитку денатураційних та агрегаційних процесів, порушення внутрішньомолекулярних гідрофобних взаємодій, розриву водневих зв'язків [42; 62–64].

Н.А. Головкін, Д.А. Бараненко [27; 65] вважають, що міжмолекулярні взаємодії білків в умовах низьких температур здійснюється в результаті виникнення водневих зв'язків та взаємодією іоногенних груп білків, причому найбільшим змінам піддаються міофібрилярні білки, фракція саркоплазматичних білків більш стійка до впливу низьких температур.

Процес агрегування міофібрилярних білків, що супроводжується утворенням нерозчинних комплексів, призводить до зниження гідрофільних



властивостей, вологозв'язуючої здатності та зростанню жорсткості м'яса, підвищенню стійкості білків до дії протеолітичних ферментів [4; 66].

Важливе значення для стану білків має величина рН. Зберігання м'яса з високим значенням рН обумовлює значно менш виражені зміни стану білків [1]. Характер зміни кислотності середовища м'яса пов'язаний насамперед зі зміною систем небілкової природи. Разом з цим зміна кислотності в м'ясі значною мірою зумовлена особливостями змін білків. У період найбільших структурних змін білків виявляється міцніше зв'язування водневих іонів та зменшення їх у середовищі, що особливо чітко спостерігається в процесі зберігання мороженого м'яса [42].

Узагальнення даних, наведених в роботах [1; 22; 65], дозволяє стверджувати, що зміна якості білків у продукті відбувається також у результаті їх гідролізу під дією тканинних ферментів, які вивільняються при пошкодженні клітин у процесі кристалоутворення.

За даними [33; 67; 68] забарвлення мороженого м'яса менш інтенсивне, ніж охолодженого м'яса, що обумовлено розсіюванням світла кристалами льоду. Він залежить від стану та концентрації пігментів м'яса. Потемніння поверхні м'яса викликано підвищенням концентрації його пігментів внаслідок підсушування поверхні, а також внаслідок окиснення міоглобіну й оксиміоглобіну та утворення метміоглобіну й метгемоглобіну.

Відомо, що у різних шарах м'язів кристали льоду утворюються по-різному, оскільки темп тепловідведення та швидкість заморожування неоднакові. Під час заморожування м'яса відбувається відведення тепла з внутрішніх шарів та випаровування води з поверхні, що призводить до ущільнення поверхневого шару та усушки, яка є причиною втрат маси. Втрати маси продукту при заморожуванні можуть коливатися в широких межах – від 0,3 до 3,5% [42; 45; 55; 69; 70].

При випаровуванні концентрація розчину в поверхневому шарі може збільшитися до такої міри, що відбудуться незворотні процеси денатурації білків, усадки клітин, утворення скоринки на поверхні. Усадка клітини викликана збільшенням концентрації клітинного соку, що, у свою чергу, сприяє хімічним змінам. Крім того, в міжклітинних просторах утворюються великі кристали льоду, які деформують та руйнують тканину [54].

Відомо, що теплопровідність м'яса залежить від співвідношення кількості жирової та м'язової тканин, оскільки теплопровідність жирової тканини майже удвічі менша, ніж м'язової. При заморожуванні м'яса основна маса води та тканинної рідини переходить в кристалічний стан, тому м'язова тканина стає твердою, а жир набуває крошливу консистенцію [42; 44].

Гістологічні зміни при заморожуванні м'яса пов'язано з порушенням міжволоконної структури та м'язових волокон у зв'язку з утворенням кристалів льоду, – чим більше швидкість заморожування, тим дрібніше кристали та менш помітні руйнування природної структури тканин. Зміни структури тканин, зокрема, сполучної, з одного боку сприяють збільшенню ніжності м'яса, з іншого – витіканню м'ясного соку при розморожуванні [33; 71; 72].

Виникаючі під час заморожування зміни характеризуються появою нових структурних компонентів – водних кристалів, що призводять до зміни загального вигляду та товщини м'язових волокон. Кристали, що виникають при заморожуванні, наносять структурі м'язових волокон механічні пошкодження. Кристали, що розташовані у волокнах, насамперед розпушують, а потім у міру зростання спресовують окремі пучки міофібрил, наближуючи їх до сарколеми. Крім того, формуючи всередині волокна канали, вони пошкоджують його структуру. У зв'язку з цим у волокнах, що містять кристали, раніше починає зникати поперечна смугастість [44; 73].

Під час тривалого зберігання замороженого м'яса у жировій тканині розвиваються процеси окислювального псування та накопичуються продукти окислення жиру, що відіграє вирішальну роль для термінів зберігання м'яса. Стабільність ліпідів м'яса та м'ясопродуктів обумовлено безліччю чинників, в тому числі видом тварини, її раціоном, вгодованістю перед забоєм, наявністю захворювань та, перш за все, способами обробки м'яса після забою [22]. Органолептичні показники жирової тканини свинини починають змінюватися раніше, ніж яловичини [42].

Згідно даних [1; 65; 74; 75] зміни ліпідної фракції можуть призвести до зниження харчової цінності м'ясних продуктів. На сьогоднішній день чіткої залежності між розвитком окислювальних процесів та температурою зберігання не встановлено.

Тривале зберігання замороженого м'яса призводить до зниження вмісту водорозчинних (тіаміну, рибофлавіну, пантотенової і нікотинової кислот) та до значних втрат жиророзчинних вітамінів, що позначається на харчовій цінності продукту [1; 33; 76]. Кількість водорозчинних вітамінів під час зберігання мороженого м'яса залежить від температури зберігання. Жиророзчинні вітаміни менш стійкі. Вітамін Е, зокрема, руйнується майже повністю, що зменшує опірність жиру під час окислення; вітамін А зберігається тривалий час [41; 77].

Аналіз численних публікацій [1; 77–80] свідчить, що заморожування супроводжується зниженням концентрації та активності мікроорганізмів без їх повного знищення. Біологічні основи загибелі мікробної клітини не досить ясні. При недостатньо низькій температурі заморожування вода в м'ясі залишається, а отже, залишаються найголовніші умови для життєдіяльності мікроорганізмів.

Найбільш згубно на властивості м'ясної сировини діють температури в інтервалі (-6,0...-12,0)°C. При -20°C швидкість відмирання мікроорганізмів зменшується. Якщо заморожування проводиться дуже швидко та до низьких температур, то близько 10% клітин залишаються живими [21; 80; 81]. Проте авторами [1; 71] встановлено, що в процесі зберігання м'яса та м'ясопродуктів при досить низьких температурах більша частина мікрофлори поступово відмирає. Так, в роботі [82] зазначено, що число мікробів на поверхні м'яса, що зберігалось при -18°C, через 3 місяці зменшилося на 50%, через 6 місяців – на 80%, а через 9 місяців їх залишалося 1...2% до початкового числа клітин.

Згідно роботам [42; 54; 72; 81] стійкість мікробної клітини до заморожування залежить від виду та роду мікроорганізмів, стадії їх розвитку, швидкості та температури заморожування, складу середовища.

Відомо, що крім негативної дії живих мікроорганізмів, небезпеку являє дія ферментів, що зберігаються в продукті після загибелі мікроорганізмів, які синтезують їх. За зниження температури заморожування активність ферментів зменшується. Після розморожування активність більшості ферментів відновлюється [42; 83].

Неминучі при зберіганні коливання температур призводять до рекристалізації льоду (зміна кристалізаційної структури льоду в заморожених м'ясних продуктах). Сублімація дрібних кристалів льоду та міграція водяної пари в напрямку до більш великих кристалів відбувається під впливом різниці парціальних тисків. Однією з причин рекристалізації являються неминучі відмінності у швидкостях заморожування за обсягом продукту, що викликають утворення кристалів різноманітної величини. Ще однією причиною являються коливання температури в камерах зберігання, які викликають зміни тиску водяної пари над кристалами льоду, що й обумовлює міграцію води в продукті.

Наслідком рекристалізації є структурні зміни, які виражені тим більше, чим вище температура зберігання більше її коливання.

За даними [65; 67; 84] після розморожування м'ясних продуктів ці зміни проявляються в погіршенні консистенції м'ясних виробів та збільшенні втрат м'ясного соку.

Таким чином, при заморожуванні та зберіганні в замороженому стані м'ясних продуктів протікають фізичні, біохімічні, хімічні та мікробіологічні процеси, що призводять до погіршення функціонально-технологічних властивостей та показників якості м'ясних продуктів. Інтенсивність та характер їх змін залежить від умов заморожування, вихідних якісних характеристик, будови тканин та складу м'ясних систем.

### **1.3. Перспективи використання харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії та сумішей на їх основі в технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених**

Проблема вдосконалення технології напівфабрикатів м'ясних заморожених багатогранна. Визначення оптимальних умов заморожування – один з основних чинників, що гарантує високу якість під час заморожування та холодильного зберігання м'яса та м'ясопродуктів. Аналіз та узагальнення наукових публікацій з технології консервування м'яса холодом [28–31; 41; 51] показує, що із санітарно-гігієнічних та економічних міркувань у світовій практиці зберігається загальна тенденція переходу на інтенсивні методи заморожування. Однак встановлено, що прискорення процесу заморожування в повній мірі не дає змогу зберігти якість продукту.

Великий попит на напівфабрикати м'ясні заморожені робить актуальною проблему збереження їх показників якості при низькотемпературному

заморожуванні та зберіганні. Одним з перспективних напрямків є використання фізико-хімічного способу нівелювання негативних наслідків заморожування органічних тканин – застосування харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії – речовин, додавання яких здатне зберігати тканини від кріопошкодження [85; 86].

ХКД – речовини, що запобігають або уповільнюють зростання кристалів льоду та нівелюють дію під час заморожування двох ушкоджувальних чинників: формування внутріклітинного льоду та зневоднення тканин. Кріостабілізатори здатні до створення водневих зв'язків з молекулами води, що перешкоджає їх організації у лід, послаблення ефекту кристалізації, змінюючи її характер, перешкодження агрегації та денатурації макромолекул, сприяння збереження цілісності мембран клітин.

Існує велика кількість інгредієнтів, що володіють кріостабілізуючими властивостями. Найбільш відомі успіхи в дослідженнях за збереженням біологічних об'єктів у незмінному стані під дією різних факторів належать кріобіології [87–89].

У кріобіологічних дослідженнях розрізняють кріостабілізатори двох типів: проникаючі та непроникаючі. До проникаючих відносять кріостабілізатори, здатні проникати всередину клітини. Проникаючі кріостабілізатори перешкоджають формуванню кристалів льоду за рахунок утворення водневих зв'язків з молекулами води, що містяться у клітинних структурах. Найбільш вивчені властивості гліцерину, пропиленгліколю, етилгліколю, диметилсульфоксиду [87; 90; 91].

До непроникаючих відносять кріостабілізатори, не здатні проникати всередину клітин. Принцип дії непроникаючих кріостабілізаторів полягає у зниженні швидкості росту кристалів та захисту клітин від осмотичних перепадів. До непроникаючих кріостабілізаторів відносять дві групи речовин: олігосахариди (найбільш відомі сахароза та трегалоза) та високомолекулярні сполуки (альбумін, плазма крові, полівінілпірролідон) [87; 92; 93].

У технологіях виробництва м'ясної продукції використання ХКД дозволить зменшити витрати м'ясної сировини під час холодильної обробки та зберігання, знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, отримати широкий асортимент продукції з високими органолептичними властивостями, збільшити терміни та знизити температуру зберігання [92; 93].

Питання використання у технологіях м'ясних виробів інгредієнтів, що мають властивості кріостабілізаторів, висвітлено в роботах [93–100] зарубіжних (А.А. Семенова, Ю.Г. Базарнова, В.М. Лузан, Е. Dickinson, L. Klara, J. Milani, P.Z. Lian) та вітчизняних (Л.Г. Віннікова) науковців, які доводять позитивний вплив деяких речовин на перебіг фізико-хімічних процесів під час використання низьких температур.

Відомо, що кріостабілізаторними властивостями володіють деякі харчові інгредієнти полісахаридної природи (гідроколоїди, харчові волокна) [93; 96], які представляють собою високомолекулярні речовини, розчинні та не розчинні

у воді, широко розповсюдженні в природі, різні за походженням, хімічним складом, властивостями, галуззю використання.

Узагальнення даних, наведених в роботах [56; 101–106], дозволяє стверджувати, що при виробництві напівфабрикатів м'ясних заморожених для стабілізації структури та підвищення виходу широко використовуються гідроколоїди. Основна їх функція – стабілізація колоїдних харчових систем – регулювання кінетичної та термодинамічної стійкості. Гідроколоїди сприяють зниженню міжфазного поверхневого натягу, полегшують процес диспергування, формують механічний бар'єр, перешкоджають коалесценції, утворюють структуру та стабілізують харчову систему. Встановлено, що гідроколоїди у більшій або меншій мірі можуть впливати на зв'язування води, жиру, структуроутворення.

Гідроколоїди представляють собою лінійні або паралельно розгалужені ланцюги, тобто високомолекулярні речовини, з гідрофільними групами, які вступають у взаємодію з водою [96; 104; 107–109]. З робіт [85; 110–112] відомо, що полярні молекули води розташовуються при цьому навколо полярних груп гідроколоїду. Завдяки сольватації, яка часто супроводжується розгортанням молекули, рухомість молекул води обмежується, а в'язкість розчину зростає. Макромолекули, які при набряканні частково або повністю переходять в витягнутий стан, в найбільшому ступені збільшують в'язкість, так як гідродинамічний опір довгих витягнутих полімерних ланцюгів є найбільшим. В'язкість зростає експоненціально зі збільшенням довжини ланцюга.

Збільшення ступеня розгалуження молекули гідроколоїду приводить до зменшення в'язкості, коли розташування бічних ланцюгів заважає зв'язуванню молекул води. Якщо ж полярні та неполярні групи розташовані переважно на кінцях ланцюга, це сприяє зв'язуванню води та зростанню в'язкості. Для макромолекул з високим ступенем розгалуження досягнення високої в'язкості можливе тільки в концентрованих розчинах. Властивості загусників, особливо нейтральних полісахаридів, можливо змінювати шляхом хімічної модифікації, введенням в молекулу нейтральних або іонних замісників. Яскравим прикладом цього слугують крохмалі нативні та модифіковані [85; 113; 114].

Під час використання гідроколоїдів важливим є їх ступень полімеризації та ступень заміщення. Збільшення ступеня полімеризації обумовлює збільшення в'язкості гідроколоїду у розчині, а ступеня заміщення – швидку гідратацію гідроколоїдів за рахунок збільшення можливості приєднання до нього молекул води [115].

Відомо, що рівень в'язкості гідроколоїдів залежно від їх виду та концентрації досить істотно змінюється. В'язкість розчинів знаходиться в пропорціональній залежності від концентрації. Чим більша концентрація та вища молекулярна маса гідроколоїду, тим вища в'язкість його розчинів [104; 116; 117].

Ефективність дії гідроколоїдів визначається не тільки структурними особливостями їх молекул (довжина ланцюга, ступінь розгалуження, природа мономерних ланок та функціональних груп й їх розташування в молекулі,

наявність глікозидних зв'язків), але й складом харчового продукту, способом його одержання та умовами зберігання. На розчинення та диспергування гідроколоїдів впливає розмір та форма їх часток, питома поверхня, гранулометричний склад [85].

У роботі [116] доведено, що розчинність підвищується в присутності іонізованих груп – сульфатних ( $-\text{SO}_3$ ) та карбоксильних ( $-\text{COOH}$ ), які збільшують гідрофільність (карагінани, альгінати), а також при наявності в молекулах полісахаридів бічних ланцюгів, які розсовують головні ланцюги, що покращує гідратацію (ксантани). Розчиненню сприяє механічний вплив та нагрівання. Розчинність зменшується в присутності чинників, які сприяють утворенню зв'язків між полісахаридними ланцюгами, до яких відносяться наявність нерозгалужених зон та ділянок без іонізованих груп (камедь ріжкового дерева), а також наявність іонів кальцію або інших полівалентних катіонів, які викликають поперечне зшивання полісахаридних ланцюгів (пектини).

Гідратація гідроколоїдів має важливе значення. При введенні гідроколоїдів до води вони поглинають її та набрякають. Максимальне значення досягається, коли молекула починає розгортатись, починаючи з зовнішньої поверхні. З часом молекули розпливаються в результаті повної гідратації гідроколоїду.

Велике значення має спосіб приготування розчину (дисперсії) гідроколоїду: інтенсивність та час перемішування, температура, значення рН, присутність електролітів, мінеральних речовин та гідратуючих речовин, можливість утворення комплексів з іншими сполученнями, які є в системі, процеси розпаду, викликані ферментами або мікроорганізмами. Є гідроколоїди, які можуть утворювати асоціати з іншими високомолекулярними компонентами харчового продукту, що викликає помітне збільшення в'язкості [118–120].

При сумісному використанні двох або більше гідроколоїдів можливе виявлення синергічного ефекту: суміші загущують сильніше, ніж можливо було б очікувати від сумарної дії компонентів [85; 107; 121; 122]. Природа синергізму може бути пов'язана або не пов'язана з асоціацією різних молекул гідроколоїдів.

У технологіях м'ясних продуктів у різних співвідношеннях та концентраціях використовують карагінани, камедь ксантана, камедь гуара, камедь ріжкового дерева (КРД), камедь тари, камедь карайи, гуміарабик, карбоксиметилцелюлозу (КМЦ), метилцелюлозу (МЦ), альгінат натрію, конжаковий манан [98; 99; 117; 123–126]. Використання даних інгредієнтів забезпечує покращення функціонально-технологічних та органолептичних показників, сприяє підвищенню виходу м'ясних виробів. Однак, вивчення можливості їхнього застосування як ХКД для напівфабрикатів м'ясних заморожених практично не проводилося.

Відомо, що у технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених також використовують харчові волокна, які відносяться до натуральних розчинних та

нерозчинних гідроколоїдів. Вони представляють собою структурні залишки клітинних стінок рослин, що не піддаються гідролізу травними ферментами людини. Фізичні та волокнисті властивості таких гідроколоїдів дозволяють виконувати одночасно фізичну функцію та піддаватися ферментації кишковою мікрофлорою з утворенням коротколанцюгових жирних кислот, загалом оцтової, пропіонової та масляної [103; 127; 128].

За даними [127; 129–131] харчові волокна володіють високою жирозв'язуючою здатністю, стабілізуючими, структуроутримуючими властивостями, антиоксидантною дією, збільшуючи тим самим термін зберігання та покращуючи свіжість харчових продуктів, стійкі до заморожування-розморожування, покращують поживну цінність завдяки вмісту корисної для здоров'я людини дієтичної клітковини.

Основну частину харчових волокон складають полісахариди целюлозної природи: нейтральні й кислі. Гідрофільна частина волокна представлена геміцелюлозою та білками [130; 132].

У м'ясних продуктах харчові волокна використовуються як стабілізатори фаршевих емульсій та напівфабрикатів заморожених для запобігання відділення вологи при зберіганні виробів у вакуумній упаковці, збільшення виходу та покращення показників якості, збагачення м'ясних продуктів корисними для здоров'я харчовими волокнами [100; 131–136].

На основі аналітичного огляду наукової літератури [85; 99; 103; 107–118; 127–132] узагальнено дані з властивостей ХКД, які здатні невілювати негативну дію низьких температур на м'ясну систему (табл. 1.1).

Фахівцями [137–139] розроблено комплексні харчові добавки серії «Прам» для різних видів харчової продукції та режимів її зберігання, які містять в різних концентраціях: вологоутримуючі добавки (пропіленгліколь та гліцерин), що регулюють активність води у виробі та в упаковці, лимонну кислоту, з метою регулювання рН, та екстракти рослин, які проявляють антисептичні властивості. Добавка «Прам» має широкий спектр застосування під час виробництва м'ясних напівфабрикатів (вирізка, біфштекс, шніцель, гуляш, шашлик, печінка, котлети та ін.) та дозволяє знизити втрати маси до 70%, енерговитрати та температуру зберігання на 3...5°C із збереженням якості продукту, підвищити якість м'яса після заморожування-розморожування.

В роботі [140] наведено характеристику комплексної добавки кріостабілізуючої дії Камецель 4000, яку розроблено фахівцями ТОВ «Платинум Абсолют». Камецель 4000 – порошок, що містить хлорид калію, камеді ріжкового дерева, гуара й ксантана. Використовують у напівфабрикатах м'ясних посічених з метою поліпшення консистенції, нарізаємості, товарного виду готової продукції та зберігання текстури продуктів під час заморожування-розморожування. Рекомендована норма використання – 0,05...0,4% до маси сировини.

Таблиця 1.1 – Властивості ХКД з огляду на їх використання у напівфабрикатах м'ясних заморожених

| Найменування ХКД | Вплив низьких температур   | Інгредієнти, за присутності яких досягається синергетичний ефект                             | Умови розчинності      | Рекомендоване дозування | Інформаційні джерела           |
|------------------|--|--|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| КМЦ              | Перешкоджає росту кристалів льоду, знижує втрати маси під час заморожування та теплової обробки  | камедь гуару; гідроксипропіл-целюлоза; біополімери білкової природи (казеїн, соєвий протеїн) | холодна та гаряча вода | 0,5...10,0%             | [85; 103; 116; 118; 122]       |
| МЦ               | При заморожуванні-розморожуванні утворює в'язкий розчин  | -  | холодна вода           | 0,3...10,0%             | [85; 103; 115; 118]            |
| Альгінат натрію  | Розчини утворюють гелі, зв'язують іони Са та захищають м'ясні білки від денатурації за рахунок створення електростатичного бар'єру   | желатин; харчові волокна   | холодна та гаряча вода | 0,2...0,5%              | [103; 109; 111; 116]           |
| Камедь ксантана  | Володіє стабільними властивостями в широкому діапазоні температур (заморожування, розморожування, теплова обробка) та рН 2...12  | каппа-карагенан; камедь гуару; КРД; крохмалі; курдлан; камедь тари                           | холодна вода           | 0,05...0,4%             | [99; 103; 107; 111; 114; 116]  |
| Камедь гуара     | Стабільна до заморожування-розморожування, знижує активність води та втрати маси під час розморожування  | КМЦ; камедь ксантану; курдлан  | холодна вода           | 0,2...0,4%              | [99; 103; 107; 111; 114]       |
| Камедь тари      | Утворює структурований гель, підвищуючи в'язкість та міцність продукту, знижує рухливість води та запобігає утворенню великих кристалів льоду під час заморожування                          | карагенаном; камедь ксантану   | холодна та гаряча вода | 0,1...0,5%              | [96; 99; 103; 111; 114; 116]   |
| КРД              | Під час заморожування-розморожування самоасоціюється, утворюючи слабкий гель, та уповільнює утворення кристалів льоду, гелі не змінюють властивостей під час заморожування та розморожування | камедь гуару; курдлан  | холодна та гаряча вода | 0,1...1,0%              | [99; 103; 107; 111; 114; 116]  |
| Карагінан        | Йота-карагінани утворюють тиксотропні розчини або еластичні гелі, які володіють високою стійкістю до заморожування-розморожування  | крохмаль   | холодна та гаряча вода | 0,1...10,0%             | [103; 107; 108; 114; 116; 123] |
| Харчові волокна  | Стійкі в широкому діапазоні температур, знижують втрати маси під час розморожування та подальшої теплової обробки  | -  | холодна та гаряча вода | 0,1...10,0%             | [103; 127-132]                 |



ЗАТ «Компанія МІЛОРД» пропонує виробникам НМПЗ комплексні добавки – «ЕлайТ-ПФ» та «ЕлайТ-ПФС», призначені для регулювання реологічних та вологоутримуючих властивостей м'ясних фаршів. В основі структуроутворюючої дії лежить іонотропне гелеутворення альгінату в присутності іонів кальцію. «ЕлайТ-ПФ» містить пшеничну клітковину, а «ЕлайТ-ПФС» – соєву клітковину. Вони зберігають свої вологоутримуючі властивості на циклі заморожування-розморожування.

Добавку вносять на останній стадії приготування фаршу. Фарш перемішують до однорідного розподілу добавки та витримують в стані спокою не менше 1 години за температури 2...7°C. За цей час фарш набуває щільності та пластичності для формування напівфабрикатів. Використання добавок у кількості 4% до маси фаршу дозволяє вводити понад 30% води до м'ясної сировини без погіршення реологічних властивостей фаршів та органолептичних властивостей готових виробів [141].

Автором [142] досліджено можливість використання в технологіях виробництва НМПЗ колагенолітичної протеїнази гідробіонтів (ферментний препарат) з метою регулювання ФТВ м'ясних систем. Доведено доцільність її введення у кількості 0,03% до маси м'ясної сировини. Встановлено, що застосування цієї добавки призводить до підвищення ВЗЗ та перетравлюваності білків *in vitro*, поліпшенню консистенції, зниженню втрат маси при термічній обробці.

Ф.В. Холодовим [73] розроблено технології виробництва добавок «Кріопротект-1» та «Кріопротект-2» на основі цитрату натрія, сорбіту, трегалози, харчової солі та гліцерину для шприцювання крупнокускових напівфабрикатів заморожених з метою поліпшення та стабілізації ФТВ м'ясної сировини.

Фахівцями Московського держаного університету прикладної біотехнології розроблено технологію виробництва НМПЗ з додаванням соєвого та текстурованого соєвого борошна. Дана технологія забезпечує підвищення монолітності та щільності напівфабрикатів, стабільність білків міозинової фракції [143].

Автором [144] розроблено шприцювочні розсоли на основі загусників, які містять: 0,3% карагану «Genu plus 100», 0,5% хлориду натрію, 1% фосфатної добавки; 0,35% альгінату натрію; 0,13% камеді ксантана, 1% фосфатної добавки; 0,7% карагану «Genu plus 100», 0,5% хлориду натрію, 1% фосфатної добавки. Використання добавок забезпечує підвищення органолептичних показників та виходу м'ясних заморожених виробів.

Відомий спосіб одержання [145] добавок, що містять: казеїнат кальцію, плазму крові, КМЦ; казеїнат кальцію, концентрат сироваткових білків (КСБ), КМЦ; КСБ, колаген, КМЦ; КСБ, ізолят соєвого білку, КМЦ. Одержані добавки забезпечують покращення ФТВ напівфабрикатів заморожених.

Фахівцями Одеської національної академії харчових технологій [146] розроблено технологію виробництва напівфабрикатів м'ясних заморожених, до рецептурного складу яких входить структуростабілізуючі добавки.

Пропонується використання камеді гуара та КРД (1:1) у кількості 0,5% до маси м'ясної сировини, КРД у кількості 1% до маси м'ясної сировини, суміш шроту гарбуза та зародків пшениці у кількості 5% до маси м'ясної сировини, гречане та рисове борошно (1:1) у кількості 10% до маси м'ясної сировини. Встановлено, що застосування розроблених добавок призводить до зниження активності води, зменшення кількості вимороженої вологи, формування кристалів льоду меншого розміру, зменшення втрат маси при заморожуванні та термічній обробці.

Авторами [97] встановлено зниження кількості вимороженої води та розчинності білку за рахунок вмісту сумішей кріопротекторів – 1,5% ізоляту білку з плазми крові великої рогатої худоби АМР 600N та 0,2% карагенану чи 1,5% ізоляту білку з плазми крові великої рогатої худоби АМР 600N та 0,4% satalginate S550.

За даними [147] досліджено використання у напівфабрикатах м'ясних заморожених КРД, КМЦ та камеді ксантана, які підвищують їх ФТВ та забезпечують рівномірний перерозподіл жиру й утворення його крапельок меншого розміру.

З роботи [115; 148] відомо про можливість використання у технологіях виробництва напівфабрикатів м'ясних заморожених КМЦ, КРД, карагінану, альгінату натрію, курдлану, камеді ксантана, камеді гуара та підтверджено їх вплив на процес заморожування м'ясної сировини, обумовлений зменшенням кількості вимороженої вологи та формуванням кристалів льоду меншого розміру.

Відомий спосіб [149] використання аубазідану (мікробний полісахарид), при виробництві м'ясних продуктів. Доведено доцільність його введення у кількості 1% до маси м'ясної сировини. Встановлено, що застосування цього полісахариду сприяє утворенню дрібних кристалів льоду та їх рівномірному розподілу, в результаті зменшується ступень пошкодження тканин при заморожуванні; призводить взаємодії аубазідану з саркоплазматичними білками та утворенню комплексів, які при термічній обробці утворюють гелі, міцно утримуючи вологу.

Фахівці фірм-виробників [150–153] та автори роботи [154] рекомендують при виробництві напівфабрикатів заморожених з м'ясної січеної маси використовувати у кількості 0,1...3,0% до маси м'ясної сировини апельсинові харчові волокна «Citri-Fi», пшеничну клітковину Вітацель; у кількості 3...9% до маси м'ясної сировини пшеничні, ячмінні, ржані, гречані, вівсяні висівки. Їх використання забезпечить поліпшення процесу формування кристалів льоду; стійкість до високих та низьких температур; високу вологозв'язуючу, вологоутримуючу, жирозв'язуючу, стабілізуючу, структуроутворюючу здатності; запобігання втратам під час заморожування та термообробки; збагачення баластними речовинами.

За даними робіт [155; 156] досліджено антиоксидантну дію топінамбура у складі заморожених м'ясних фаршевих систем. Встановлено, що додавання топінамбура у кількості 25% до маси фаршів на основі сировини тваринного

походження сприяє покращенню ФТВ, підвищенню вмісту баластних речовин та подовженню термінів їх зберігання за рахунок антиоксидантних властивостей.

Автор [157] стверджує, що для виробництва напівфабрикатів м'ясних заморожених можливо використання КМЦ у кількості 1...5% до маси м'ясної сировини, поліфосфатів, екстракту розмарину та аскорбінової кислоти з метою зменшення втрат при тепловій обробці та в циклах заморожування-розморожування, поліпшення консистенції, уповільнення процесів окислення жирів та міоглобіну.

Відомий спосіб [158] одержання рассолів для м'ясних заморожених продуктів та напівфабрикатів, що містить і-карагінан, фосфати (Е 450, Е 451, Е 452), гексаметафосфат натрію, сіль поварену, воду питну. Спосіб забезпечує підвищення вологоутримуючої здатності м'ясної сировини та підтримання осмотичного тиску на рівні внутрішньоклітинного, збільшення соковитості та виходу готової продукції, стабілізування кольору після термічної обробки.

Автори [159] розробили спосіб одержання соєвої білкової композиції з волокнами цитрусових фруктів, що містить соєве білкове борошно та висушені волокна з везикул цитрусових фруктів. Композицію рекомендовано для виробництва напівфабрикатів м'ясних заморожених та пельменів, використання якої забезпечує збільшення вологозв'язуючої здатності та виходу готової продукції.

Відома композиція комплексної харчової добавки, яка включає камедь ксантана, КРД, глюкозу, пряно-ароматичні компоненти, глутамат натрія, сіль поварену, аскорбінову та лимонну кислоту. Використання даної композиції при виробництві НМПЗ у кількості 0,3...0,6% до маси м'ясної сировини забезпечує регулювання технологічних та структурно-механічних властивостей м'ясних й м'ясо-рослинних систем, а також консистенції готових продуктів, дозволяє вирішити проблеми, які пов'язані з частковою заміною м'яса рослинними білками та використання м'ясної сировини з ознаками DFD [160].

Авторами [161] розроблено композицію харчової добавки, що містить КРД, камедь гуара, камедь ксантана, дистильовані моно- та дигліцериди жирних кислот для виробництва м'ясних заморожених продуктів. Дану композицію харчової добавки рекомендується вводити у кількості 0,3...0,6% до маси м'ясної сировини. Це забезпечує регулювання технологічних та реологічних властивостей фаршевих м'ясних систем, а також розширення асортименту.

Відомі способи виробництва посічених напівфабрикатів, що передбачають внесення до їх рецептури карагінану [95]; або натрієвої солі карбоксиметилцелюлози чи карбоксиметилкрахмалу [162]; або комплексної харчової добавки, яка містить камеді, карагінани та інші полісахариди, а також смакоароматичні речовини [163]. Дані способи забезпечують раціональне використання м'ясної сировини, в тому числі другосортної, підвищення якісних характеристик та пролонгацію придбаних властивостей на циклах заморожування-розморожування та розширення їх асортименту.

В роботі [94] розроблено спосіб виробництва заморожених м'ясних фаршів, до рецептурного складу яких входить білкова добавка у вигляді білкових гелів чи білково-жирових емульсій у кількості 15...20% чи 30...40% від маси готового фаршу відповідно. Їх використання дозволить покращити функціонально-технологічні показники та текстуру м'ясних фаршів, збільшити вихід при термообробці та впливати на перебіг кристалоутворення під час заморожування.

Таким чином, вивченням питання використання ХКД та створення комплексних сумішей на їх основі займаються багато науковців та фахівців, однак системних досліджень з цього питання немає. Вирішення цього завдання лежить в площині подальшого розвитку технологій з урахуванням особливостей конкретних харчових систем.

## РОЗДІЛ 2

# НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА СУМІШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ ДЛЯ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ

### 2.1. Інноваційна стратегія розробки напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії та сумішей на їх основі

Враховуючи напрями технологічного прогресу в харчовій промисловості, що визначаються державною політикою в галузі здорового харчування, економічними, демографічними та соціальними змінами у суспільстві, новими технологічними можливостями, жорсткою конкуренцією на продовольчому ринку, виникає потреба не тільки в удосконаленні технологій традиційної харчової продукції, але й в створенні інноваційних продуктів нового покоління, які відповідають вимогам та реаліям сьогодення: високопоживними, збагаченими на життєво важливі нутрієнти, швидкого приготування, довготривалого зберігання.

Згідно даних [2; 20; 51] забезпечення люду харчовими ресурсами шляхом низькотемпературної холодильної обробки (яка немає гідної альтернативи) є складовим елементом сучасної світової економіки. Заморожування сьогодні є основним промисловим способом довготривалого зберігання нативних властивостей харчових продуктів, що швидко псуються.

Аналіз літературних джерел [1; 11] дозволяє визначити основні чинники, які впливають на споживання напівфабрикатів м'ясних заморожених: зміна раціону харчування споживачів, підвищення попиту на продукти швидкого приготування та вимог до їх якості, прискорення ритму життя українців та збільшення числа працюючих жінок, розширення географії збуту замороженої продукції.

До того ж, внаслідок постійного підвищення цін на м'ясу сировину вартість напівфабрикатів промислового виробництва може бути дешевша, що визиває додатковий інтерес в невеликих містах зі сторони менш заможних покупців.

Основними перевагами, що визначають затребуваність на ринку напівфабрикатів м'ясних заморожених, є максимальне зберігання їх первісних властивостей, зручне порціонування (компактність, універсальність) та легкість приготування, довготривалий термін зберігання.

Розширення торгівельної мережі та підприємств ресторанного господарства є одним з чинників формування попиту на напівфабрикати м'ясні заморожені 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. В сегменті HoReCa (як потреба у підвищенні ефективності функціонування) особливо існує затребуваність в заморожених

напівфабрикатах високого ступеня готовності, використання яких дозволить зменшити виробничі та збільшити торгові площі, здійснити виробництво продукції за скороченим технологічним циклом, забезпечити сталі показники якості та безпечності готової продукції.

Високий потенціал заморожування як одного з найбільш безпечних та ефективних способів консервування не повинен створювати ілюзію повної безпеки продукту та скасовувати необхідність прояву обачності в ланцозі постачань замороженої продукції. Хоча заморожування суттєво уповільнює псування харчових продуктів, багато фізичних та біохімічних процесів в заморожених продуктах продовжують протікати, хоча й з меншою інтенсивністю. При цьому важливим для одержання та збереження замороженої продукції є не сам процес заморожування. Кінцевою метою технології є забезпечення оборотності процесу.

Під час заморожування та холодильного зберігання м'яса відбуваються негативні процеси (табл. 2.1), які супроводжуються руйнуванням цілісності м'язових волокон, розпадом білків та окислюванням жирів, знебарвленням м'яса та втратами м'ясного соку, що впливає на якість готової продукції.

Процес заморожування тканин – це передусім замерзання тканинної рідини, тобто розчину невеликої концентрації. Оскільки в водному середовищі продукту розчинено мінеральні та органічні речовини, фазове перетворення починається під час відведення теплоти в момент порушення стану переохолодження. При цьому зниження температури супроводжується відповідними змінами концентрації рідкого розчину.

Для початку процесу заморожування необхідно зниження температури нижче криоскопічної, тобто досягнення стадії переохолодження, та поява центрів кристалізації зародків кристалів. Центри кристалізації виникають, перш за все, в міжклітинних просторах, оскільки там концентрація тканинного соку менша, ніж усередині волокна. Характер льодоутворення у тканинах м'яса при безперервному відводі теплоти визначається двома чинниками: швидкістю росту числа центрів кристалізації та швидкістю зростання самих кристалів (максимальна швидкість росту розмірів кристалів припадає на температурний інтервал (-1...-5)°C).

Міграція молекул води з внутрішньої частини тканин в ході заморожування позаклітинного простору обумовлює зневоднення та порушення взаємодії між білками та розчиненими речовинами. У білкових молекул значним змінам піддаються гідрофобні групи, що змінює конформацію білка (асоціати «білок-вода» заміщуються асоціатами «білок-білок»). Мінімізація вільної енергії досягається за рахунок взаємодії «білок-білок» в результаті гідрофобних та іонних взаємодій, що призводить до денатурації та агрегації білків.

Найбільш вагомі чинники, що зумовлюють пошкодження м'яса під час заморожування, пов'язано з фазовими та фазово-структурними перетвореннями в ньому. Ступінь пошкодження залежить від кінетики кристалоутворення та росту кристалів, їхньої форми та розміру, характеру розподілу рідини у

кристалічній матриці, інтенсивності рекристалізаційних процесів тощо. При цьому, внаслідок руху меж розподілу між твердою та рідкою фазами, структурні елементи м'яса піддаються механічним навантаженням та підвищеному тиску.

**Таблиця 2.1 – Негативні процеси, що відбуваються у м'ясній сировині за реалізації ланцюга «заморожування – низькотемпературне холодильне зберігання – розморожування»**

| <b>Етап технологічного процесу</b>       | <b>Характеристика негативного впливу</b>   | <b>Наслідок впливу</b>  |
|--|--|---|
| Заморожування                            | формування та розширення кристалів льоду в об'ємі, що призводить до стискання м'ясного матриксу  | механічне пошкодження структури м'язового волокна   |
|  | збільшення концентрації електролітів внаслідок зменшення кількості вільної води в рідкій фазі  | агрегація та денатурація м'язових білків (особливо білків міофібрил)                                |
|  | випаровування води з поверхні продукту   | усушка (втрата маси), зміна кольору   |
| Низькотемпературне холодильне зберігання | рекристалізація – зміна кількості, розміру, форми та орієнтації кристалів льоду за рахунок термодинамічної нестабільності та надлишку вільної поверхні енергії (особливо під час коливання температур) | зниження розчинності білків, зменшення їх здатності до утримання та зв'язування води, гелеутворення |
|  | ферментативна дія ліпази   | окислення ліпідів   |
|  | довготривале зберігання та додатковий механічний вплив на сировину перед заморожуванням  | зниження строків зберігання, зниження функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем       |
| Розморожування                           | нездатність структурних елементів тканини до повної повторної абсорбції води, що утворюється під час танення кристалів льоду, з відновленням попереднього вмісту води та структури м'ясного матрикса   | небажане виділення ексудату (втрата «м'ясного соку»)  |
|  |  | втрати маси під час теплової обробки  |
|  |  | низькі функціонально-технологічні властивості сировини  |

Масова частка води, що вимерзає у продукті, залежить від її загального вмісту, форми та міцності зв'язку зі структурними елементами, температури заморожування тощо. Вимерзання розчинної фази м'ясної сировини призводить до збільшення концентрації сухих речовин, що збільшує ймовірність різних небажаних реакцій. Зниження кількості вимороженої води відповідно буде знижувати інтенсивність необоротних реакцій.

Таким чином, виникаючі при заморожуванні зміни характеризуються появою нового структурного компонента – водних кристалів – та зміною

загального вигляду та товщини м'язових волокон. Кристали, що виникають при заморожуванні, наносять структурі м'язових волокон механічні пошкодження.

В подрібненій м'ясній системі, де значна кількість міофібрилярних та саркоплазматичних білків вже вивільнено із м'язового волокна, міжмолекулярні взаємодії відбуваються ще інтенсивніше.

Аналітично доведено, що не завжди найкращі якісні показники продукту забезпечуються низькою температурою та підвищеною швидкістю холодильної обробки. Режими заморожування залежать від багатьох чинників (властивостей сировинних компонентів, їх співвідношення та способів підготовки), а режими зберігання частіше характеризується нелінійними прямими «температура – тривалість». Тому виникає необхідність наукового обґрунтування технологічних параметрів заморожування, які в рамках технічної характеристики апаратів варіюють в достатньо широких межах.

Проблема розробки та вдосконалення технології напівфабрикатів м'ясних заморожених багатогранна, що вимагає використання певних технологічних інновацій. Аналітичний огляд наукової літератури (розділ 1) показав, що системні наукові дослідження з цього напрямку відсутні. За останні часи вітчизняними та зарубіжними вченими напрацьовано великий за обсягом досвід щодо розуміння ролі основних харчових речовин та інгредієнтів в технології харчової продукції, закономірностей зміни їх властивостей під впливом технологічних чинників. Разом з тим даний напрям наукових та технологічних досліджень потребує подальшого розвитку в межах конкретних технологій з урахуванням хіміко-технологічних властивостей харчових систем. Специфіка виробництва НМПЗ вимагає ретельного вибору харчових інгредієнтів, здатних стабілізувати структуру та властивості в широкому діапазоні температур.

З огляду на зазначене сформульовано робочу гіпотезу дослідження – розробка та використання СКД, інгредієнти яких за рахунок сольватації макромолекул здатні обмежувати рухливість молекул води, послаблювати ефект кристалізації, змінюючи її характер, уповільнювати агрегацію білкових макромолекул під час заморожування, дозволить забезпечити технологічну стабільність НМПЗ за умов низькотемпературного холодильного зберігання.

Згідно з проведеним аналізом перетворень, що мають місце у м'ясних системах під час заморожування, та відповідно інноваційної стратегії доведено, що найбільш повно технологічним вимогам відповідають ХІКД та суміші на їх основі, які характеризуються високою гідрофільністю, що, в свою чергу, пов'язано з їх будовою, молекулярною структурою, ступенем полімеризації та ін. Адже структурний стан води має безпосередній вплив на процеси льодоутворення, які визначають найбільш важливі якісні характеристики м'ясних заморожених продуктів.

Можна прогнозувати, що ХІКД за рахунок сольватації макромолекул будуть збільшувати в'язкість водної фази системи, обмежувати рухомість молекул води, перешкоджаючи їх організації у лід, сповільнювати зростання кристалів льоду та зменшувати їх розмірні характеристики, перешкоджати агрегації білків. Оскільки вода при заморожуванні виділяється з білків, ХІКД



будуть заміщувати зв'язану воду, утворюючи захисний шар навколо молекул білка, та цим самим попереджати їх зміну. Образно кажучи, ці інгредієнти як би попередньо «заморожують» клітку, попереджаючи втрату води, яка утримує структурну конфігурацію макромалекул.

Оцінка ефективності таких речовин на різних біологічних системах, а також практичне їх використання до цих пір є складним методичним завданням. Критерії вибору ХКД та сумішей на їх основі для виробництва НМПЗ наведено в табл. 2.2.

**Таблиця 2.2 – Критерії вибору ХКД та сумішей на їх основі для виробництва НМПЗ**

| <b>Критерій вибору</b>                                      | <b>Характеристика</b>  |
|---|--|
| Вплив на фізико-хімічні процеси під дією низьких температур | Збільшення в'язкості розчинів, що обмежує рухомість молекул води.<br>Утворення водневих зв'язків з молекулами води, що перешкоджає їх організації у лід з утворенням аморфної структури (формування так званого склоподібного льоду).<br>Послаблення ефекту кристалізації та зміна його характеру.<br>Запобігання або сповільнення зростання кристалів льоду.<br>Збільшення температурної зони виморожування води.<br>Зменшення концентрування солей та пов'язаних з цим осмотичних ефектів.<br>Перешкоджання агрегації та денатурації макромалекул білкових речовин |
| Розчинність (гідратація)                                    | Відповідний розмір та форма часток, питома поверхня, гранулометричний склад.<br>Утворення комплексів з іншими речовинами (білковими, мінеральними речовинами та ін.).<br>Параметри (температура – не більше 12°C; тривалість – не більше 30-60 с)  |
| Вміст   | Невеликі норми використання за рахунок реалізації ФТВ та синергетичного ефекту за комплексного використання (до 3%)  |
| Зручність у використанні                                    | Можливість рівномірного розподілення в системі за умови використання традиційного обладнання, введення у вигляді сухої суміші  |
| Органолептичні характеристики                               | Нейтральні запах, смак та колір  |
| Соціальний ефект  | Надання продукції нових споживних властивостей, розширення асортименту, задоволення потреб споживачів у напівфабрикатах  |
| Економічні показники  | Зниження собівартості продукту, скорочення технологічного циклу та зниження трудомісткості технологічного процесу  |
| Дозвіл на використання                                      | Відповідно вимогам чинного законодавства України   |

Розуміння механізмів впливу окремих інгредієнтів та чинників на процеси кристалоутворення є підґрунтям для обґрунтування рецептур та технологічних параметрів переробки та зберігання м'ясних систем.

Використання ХКД у технологіях виробництва м'ясної продукції дозволить зменшити витрати м'ясної сировини під час холодильної обробки та

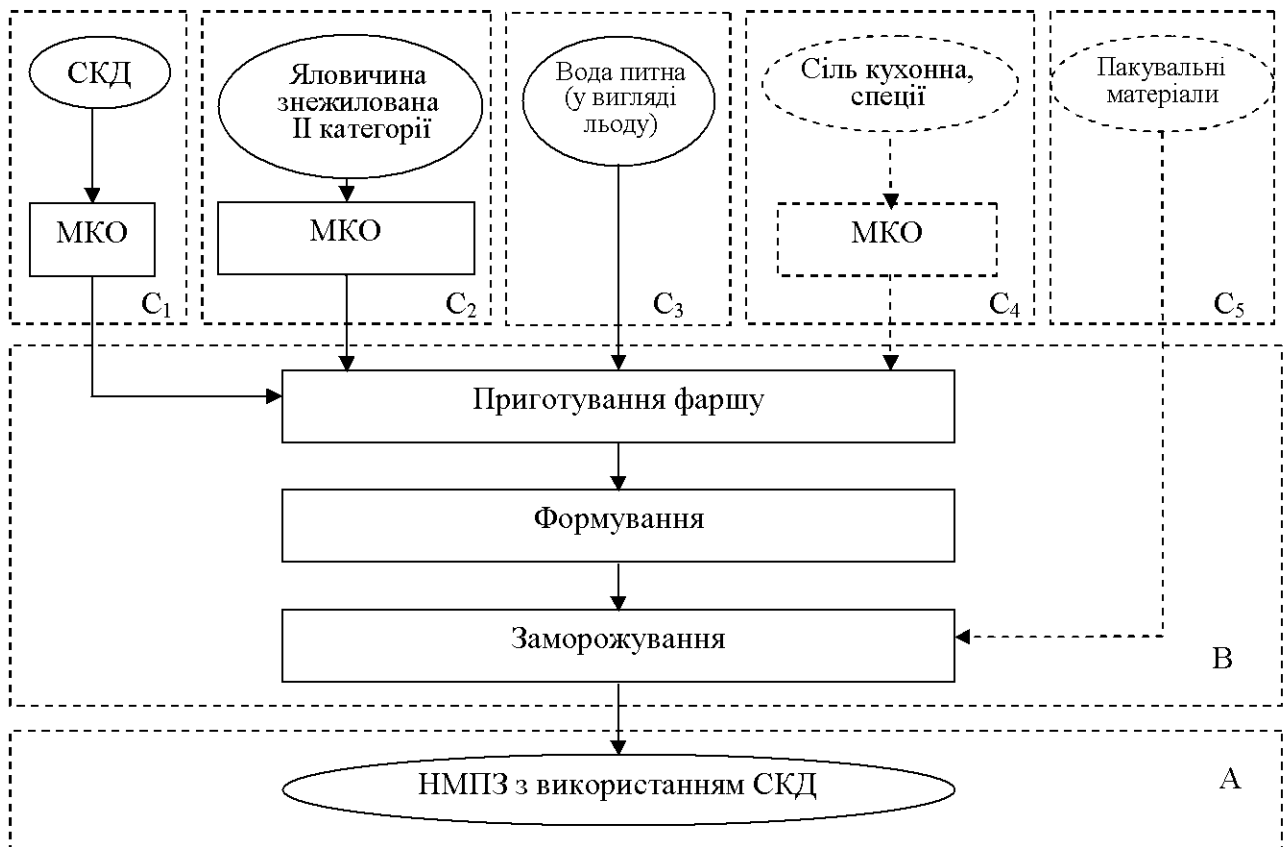
зберіганні, знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, одержати широкий асортимент продукції з високими органолептичними властивостями, збільшити терміни та знизити температуру зберігання.

Інноваційну стратегію створення НМПЗ з використанням СКД реалізовано на основі методів системного аналізу із застосуванням сучасних підходів та методів моделювання для вивчення статичних та динамічних систем м'ясних фаршів, готових виробів та їх властивостей [164]. Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності одержаних даних проводили математичну обробку результатів дослідження [165]. Оцінку похибки експериментальних даних і вимірюваних величин здійснювалася за методиками [166]. При зіставленні результатів експериментальних даних враховували стандартні помилки дослідів (коефіцієнти варіації). При цьому проводили не менш трьох паралельних дослідів, з яких знаходили середнє арифметичне і середнє квадратичне відхилення [167]. Обробку експериментальних даних, одержаних в межах двофакторного експерименту, здійснювали у програмному пакеті Matchad 2001 Professional [168]. Відхилення одержаних результатів від середнього визначали кількістю вимірювань, ступенів надійності та з урахуванням коефіцієнту Стьюдента.

Реалізація інноваційної стратегії розробки НМПЗ базується на дослідженні моделі «структура системи» (рис. 2.1), яка певною мірою дозволяє спрогнозувати, алгоритмізувати та розробити технологію виробництва нової продукції, її рецептурний склад.

Модель «структура системи» представлено як цілісну технологічну систему, яку згідно з асортиментом НМПЗ, що прогнозується, деталізовано до підсистем А, В, С<sub>1</sub>–С<sub>5</sub>. Вирішення науково-технологічних завдань у межах підсистем С<sub>1</sub>–С<sub>5</sub> та встановлення закономірностей функціонування підсистеми В дозволить одержати НМПЗ, які можуть бути реалізовані у закладах ресторанного господарства та через роздрібну та оптову торгівельну мережу.

На підставі здійснених аналітичних досліджень, скерованих інноваційною стратегією, встановлено, що ключовими операціями технології НМПЗ є одержання СКД, приготування м'ясного фаршу та заморожування, які зумовлюють необхідність забезпечення оптимального динамічного стану рецептурної суміші та технологічних параметрів заморожування (підсистема В). У межах дослідження оперування терміном «динамічний стан» передбачає вивчення таких властивостей та показників рецептурної суміші, які забезпечать утворення м'ясного фаршу з високими функціонально-технологічними та структурно-механічними характеристиками, виходу й органолептичними показниками готової продукції; відповідно заморожування – це властивості та параметри технологічного процесу, які впливають на характер кристалоутворення та мікроструктуру м'ясної системи під час заморожування та зберігання.



**Рисунок 2.1 – Модель «структура системи» НМПЗ з використанням СКД**

Вищезначені процеси у теорії фаршів [26; 104] пов'язано зі зміною стану їх вологи, характером кристалоутворення, дисперсністю жирової складової та її взаємодією з білками, що ініціюється різними технологічними чинниками: на етапі обґрунтування рецептурного складу – якістю сировини та співвідношенням основних компонентів; на етапі обґрунтування технологічних параметрів приготування фаршу – ступенем подрібнення м'ясної сировини, температурою фаршу, тривалістю перемішування, послідовністю внесення компонентів, умовами та тривалістю технологічного процесу; на етапі обґрунтування параметрів заморожування – температурою в камері та швидкістю заморожування.

До основних чинників, що визначатимуть технологічні критерії регулювання функціонально-технологічних властивостей м'ясних фаршів, слід віднести склад та вміст СКД, ступінь подрібнення м'ясної сировини.

У межах поставлених завдань незмінність хімічного складу дослідних зразків фаршів досягається та забезпечується як використанням у рамках кожного експерименту однакового виду м'ясної сировини, так й введенням СКД одного складу, які загалом не впливають на хімічний склад продукції. Це дещо звужує коло досліджень та концентрує на головному – розробка та визначення впливу СКД на процес кристалоутворення, що в межах її «динамічного стану» суттєво впливає на функціонально-технологічні властивості фаршу, вихід та органолептичні показники готової продукції.

## 2.2. Дослідження впливу технологічних чинників на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії

Для визначення фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей розчинів та дисперсій ХКД як проблемного елементу технологічної системи розроблено параметричну модель типу «чорний ящик», що відображає найбільш значущі параметри (рис. 2.2).

Ранжування розглянутих параметрів показує, що найбільш значущими вхідними параметрами можна вважати вид та вміст ХКД, відсутність їх впливу на органолептичні показники продукту, умови розчинення (X1, X2, X4, X5). Вони відповідають основним вимогам (сумісності, незалежності, керованості тощо), забезпечуючи тим самим можливість проведення подальших досліджень методом активного експерименту.

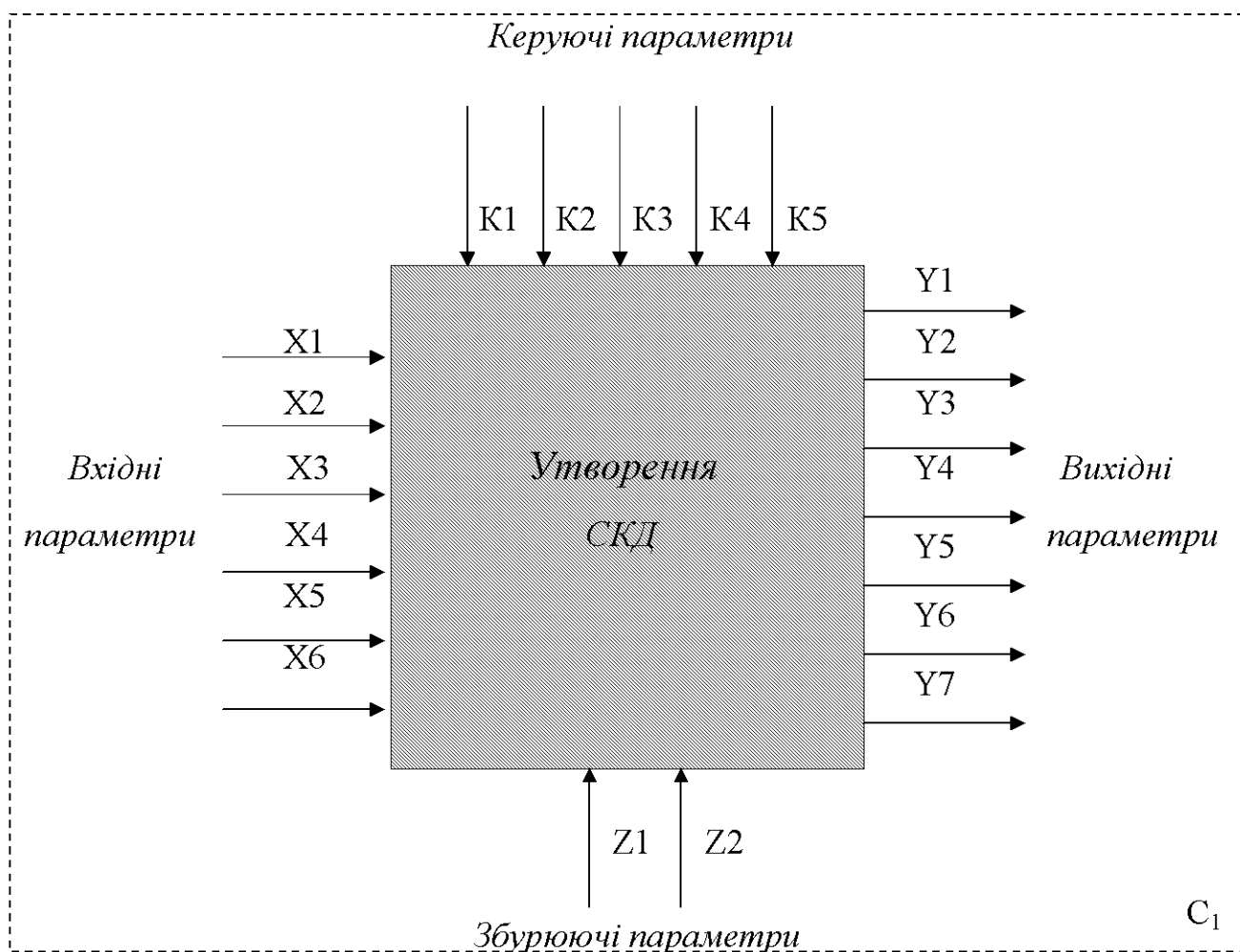


Рисунок 2.2 – Параметрична модель елемента технологічної системи (підсистема C<sub>1</sub>)

Вхідні параметри:

X1 – вид ХКД;  
X2 – вміст ХКД;  
X3 – гранулометричний склад ХКД;  
X4 – композиційне співвідношення ХКД у складі сумішей;  
X5 – відсутність впливу на органолептичні показники продукту;  
X6 – умови розчинення

Вихідні параметри:

Y1 – в'язкість системи до заморожування;  
Y2 – в'язкість системи після заморожування-розморожування;  
Y3 – оборотність в'язкості розчинів;  
Y4 – тривалість розчинення та/чи набрякання;  
Y5 – діапазон льодоутворення-плавлення;  
Y6 – кількість вимороженої вологи;  
Y7 – середній розмір кристалів льоду

Керуючі параметри:

K1 – якість та вид сировини;  
K2 – ступінь подрібнення м'ясної сировини та інші;  
K3 – температура заморожування;  
K4 – швидкість заморожування;  
K5 – технічні характеристики обладнання (спосіб заморожування)

Збурюючі параметри:

Z1 – рН системи;  
Z2 – вміст NaCl

З представлених на рис. 2.2 даних видно, що серед вихідних параметрів найбільш вагомими є оборотність в'язкості розчинів (Y3), тривалість розчинення та/чи набрякання (Y4), діапазон льодоутворення-плавлення (Y5), кількість вимороженої вологи (Y6) та середній розмір кристалів льоду (Y7); саме вони стали критерієм вибору ХКД з урахуванням встановлених межових значень.

З огляду на сформульовану робочу гіпотезу подальші дослідження спрямовано на встановлення абсолютних значень вхідних параметрів у взаємозв'язку з вихідними. Зокрема, важливим є дослідити закономірності змін в'язкості розчинів ХКД та їх кристалоутворення під час заморожування-розморожування, що певною мірою моделює їх поведінку у складі м'ясних посічених систем.

Аналіз інформаційних джерел показує, що властивості багатьох харчових інгредієнтів, в тому числі КМЦ, МЦ, альгінату натрію, камедей ксантана, гуара, тари та ріжкового дерева, к- та і-карагінанів, харчових волокон та їх розчинів ретельно досліджено вітчизняними [100; 102; 144] та закордонними [103; 113–115; 117] вченими. За існуванням загального масиву інформації стосовно їх властивостей розробка конкретної технології потребує визначення абсолютних значень таких показників, як в'язкість, температури льодоутворення та плавлення, кількість вимороженої вологи, швидкість

набрякання тощо. Саме ці показники будуть визначати такі технологічні параметри, як спосіб введення ХКД до м'ясної системи, тривалість витримування фаршу до заморожування, вміст та вид ХКД та інші.

Для дослідження обрано 10 зразків ХКД, показники якості та безпеки яких наведено в табл. 2.3. Критеріями вибору стали технічні характеристики ХКД – гранулометричний склад, умови розчинення, а також наявність дозволу на використання (висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи Міністерства охорони здоров'я України).

З метою розуміння поведінки ХКД у складі НМПЗ досліджено вплив заморожування-розморожування на зовнішній вигляд 0,5% розчинів та дисперсій ХКД та їх кристалоутворення.

Розчини та дисперсії ХКД готували відповідно до рекомендацій виробників.

Визначення середнього розміру кристалів льоду у заморожених системах ХКД проводили за допомогою мікроскопу з цифровою фотокамерою та персонального комп'ютеру з програмним засобом для обробки одержаних фотографій. Зразок, що досліджувався, фотографували за допомогою мікроскопу й цифрової фотокамери; фотографії обробляли за допомогою персонального комп'ютера та визначали площу часток (чи кристалів льоду), підраховували кількість часток (чи кристалів льоду) й досліджували їх діаметр ( $d$ , мкм) за формулою (2.1):

$$d = 2\sqrt{S/\pi}, \quad (2.1)$$

де  $S$  – площа часточки, мкм<sup>2</sup>.

Експериментально встановлено, що процес заморожування-розморожування по-різному впливає на розчини та дисперсії ХКД (табл. 2.4). Так, заморожені розчини та дисперсії візуально мали кристалічні решітки з відносно невеликими кристалами льоду (окрім к- та і-карагінанів); проте дослідження розмірних характеристик кристалів дозволило визначити їх коливання у достатньо великому інтервалі – від 103 до 243 мкм. Після заморожування-розморожування розчини КМЦ, МЦ, альгінату натрію, камедей ксантана, гуара та тари являли собою однорідні системи, для розчинів КРД спостерігалось незначне відокремлення водної фази, для к- та і-карагінанів – розшарування системи на дві фази та неоднорідність, для систем, що містить харчові волокна Citri-Fi 100 (надалі – харчові волокна), – також неоднорідність та розшарування. Харчові волокна всіх концентрацій не розчинилися у воді, але проявили високу набрякаючу здатність.

На даному етапі дослідження важливим з точки зору вибору ХКД є результати дослідження середнього розміру кристалів льоду (табл. 2.4). Так, не зважаючи на існуючі рекомендації [89; 93; 103; 108], к- та і-карагінани недоцільно використовувати як функціонально-технологічні інгредієнти в технології НМПЗ, оскільки їх розчини під час заморожування мають середні розміри кристалів льоду більші за 200 мкм – 223 та 243 мкм відповідно; стосовно інших ХКД, то вони були менші за 200 мкм.

Таблиця 2.3 – Показники якості та безпечності ХІКД (за сертифікатами відповідності)

| Показник                             | Характеристика згідно із сертифікатом відповідності          |                      |                 |                 |              |             |  |                 |  |  |  |
|--------------------------------------|--|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|--|-----------------|--|--|--|
|                                      | КМЦ  | МЦ                   | Альгінат натрію | Камедь ксантана | Камедь гуара | Камедь тари | КРД  | к-карагінан     | і-карагінан                                      | Харчові волокна                                      |  |
| Е-індекс                             | E465   | E461                 | E401            | E415            | E412         | E417        | E410   | E407            | E407   | -  |  |
| <i>Органолептичні показники</i>      |  |                      |                 |                 |              |             |  |                 |  |  |  |
| Зовнішній вигляд, колір, запах, смак | Порошок від білого до кремового кольору, без запаху та смаку |                      |                 |                 |              |             | Порошок від білого до жовтуватого кольору, без запаху та смаку |                 | Порошок жовтуватого кольору, без запаху та смаку | Порошок, світло-жовтого кольору, без запаху та смаку |  |
| <i>Фізико-хімічні показники</i>      |  |                      |                 |                 |              |             |  |                 |  |  |  |
| Розмір часток                        | 200 меш  | 300 меш              | <200 мк         | 200 меш         | 200 меш      | 180 меш     | 200 меш  | 120 меш         | 200 меш  | 30 мк  |  |
| pH (0,5% розчину)                    | 7,5  | 7,6                  | 7,3             | 6,0...8,0       | 5,9          | 4,5...7,0   | 6,0  | 8,9             | 10,4   | 4,0 ... 5,0  |  |
| Масова частка вологи, %              | 4,3  | 5,8                  | 14,0            | 13,0±0,5        | 6,9          | 15,0±0,6    | 9,5  | 10,3            | 7,3  | 8,13   |  |
| Масова частка золи, %                | 18,0   | 17,4                 | 23,0            | 13,0±0,5        | 1,2          | 1,5±0,1     | 0,7  | 17,9            | 24,6   | 23,6   |  |
| <i>Мікробіологічні показники</i>     |  |                      |                 |                 |              |             |  |                 |  |  |  |
| БГКП (колі-форми)                    | Відсутні у 5 г   |                      |                 | Відсутні у 1 г  |              |             | Відсутні у 5 г   | Відсутні у 10 г | Відсутні у 10 г                                  | <3 MPN/г   |  |
| Бактерії роду <i>Salmonella</i>      | Відсутні у 10 г  |                      |                 | Відсутні у 25 г |              |             | Відсутні у 10 г  | Відсутні у 5 г  | Відсутні у 5 г                                   | Відсутні у 25 г                                      |  |
| Дріжджі і грибки                     | <180 кол/г   | <200 кол/г           | <100 кол/г      | 180 кол/г       | <500 кол/г   | 20 кол/г    | 300 од/г   | 300 од/г        | 300 од/г   | <100 кол/г   |  |
| <i>Токсичні показники</i>            |  |                      |                 |                 |              |             |  |                 |  |  |  |
| Плюмбум (свинець)                    | ≤3,0 ppm   | 0,3 мг/кг, не більш  | ≤5,0 ppm        | ≤5,0 ppm        | ≤5,0 ppm     | ≤5,0 ppm    | ≤5,0 ppm   | ≤5,0 ppm        | ≤5,0 ppm   | 0,4 мг/кг, не більш                                  |  |
| Кадмій                               | ≤1,0 ppm   | 0,05 мг/кг, не більш | ≤1,0 ppm        | ≤1,0 ppm        | ≤1,0 ppm     | ≤1,0 ppm    | ≤2,0 ppm   | ≤2,0 ppm        | ≤2,0 ppm   | 0,03 мг/кг, не більш                                 |  |
| Арсен (миш'як)                       | ≤3,0 ppm   | 0,2 мг/кг, не більш  | ≤3,0 ppm        | ≤3,0 ppm        | ≤3,0 ppm     | ≤3,0 ppm    | ≤2,0 ppm   | ≤2,0 ppm        | ≤2,0 ppm   | 0,2 мг/кг, не більш                                  |  |
| Меркурій (ртуть)                     | ≤1,0 ppm   | 0,03 мг/кг, не більш | ≤1,0 ppm        | ≤1,0 ppm        | ≤1,0 ppm     | ≤1,0 ppm    | ≤1,0 ppm   | ≤1,0 ppm        | ≤1,0 ppm   | 0,02 мг/кг, не більш                                 |  |
| Купрум (мідь)                        | ≤5,0 ppm   | 5,0 мг/кг, не більш  | ≤10,0 ppm       | ≤10,0 ppm       | ≤10,0 ppm    | ≤10,0 ppm   | ≤5,0 ppm   | ≤5,0 ppm        | ≤5,0 ppm   | 5,0 мг/кг, не більш                                  |  |
| Цинкум                               | ≤10,0 ppm  | 10,0 мг/кг, не більш | ≤20,0 ppm       | ≤20,0 ppm       | ≤20,0 ppm    | ≤20,0 ppm   | ≤10,0 ppm  | ≤10,0 ppm       | ≤10,0 ppm  | 10,0 мг/кг, не більш                                 |  |

Таблиця 2.4 – Вплив заморожування-розморожування на зовнішній вигляд розчинів та дисперсій ХІКД ( $C_{\text{ХІКД}} = 0,5\%$ ) та їх кристалоутворення ( $n=20, P=0,95$ )

| ХІКД            | Зовнішній вигляд розчинів і дисперсій ХІКД                 |   |  | Середній розмір кристалів льоду, мкм |
|-----------------|--|---|--|--------------------------------------|
|                 | До заморожування   | Заморожені, $t = -20 \pm 2^\circ\text{C}$   | Після заморожування-розморожування                                       |                                      |
| КМЦ             | однорідні прозорі розчини різної в'язкості, осад відсутній | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та інею на стінках ємкості, в якій заморожували  | однорідні розчини  | 138                                  |
| МЦ              |  | відносно невеликі кристали льоду, кількість наледеніння та інею на стінках ємкості, в якій заморожували, незначна   |  | 162                                  |
| Альгінат натрію |  | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та повна відсутність інею на стінках ємкості, в якій заморожували                                  |  | 143                                  |
| Камедь ксантана |  | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та повна відсутність інею на стінках ємкості, в якій заморожували                                  |  | 148                                  |
| Камедь гуара    |  | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та повна відсутність інею на стінках ємкості, в якій заморожували                                  |  | 156                                  |
| Камедь тари     |  | візуально не видно утворених кристалів льоду, мінімальна кількість наледеніння та повна відсутність інею на стінках ємкості, в якій заморожували                    |  | 103                                  |
| КРД             |  | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та інею на стінках ємкості, в якій заморожували  | незначна кількість відокремленої водної фази                             | 157                                  |
| к-карагінан     | утворення гелю   | видимі великі кристали льоду, в деяких місцях заморожений розчин відходить від стінок, велика кількість наледеніння та інею на стінках ємкості, в якій заморожували | відокремлення вільної води, розшарування та наявність агрегованого осаду | 223                                  |
| і-карагінан     |  | неоднорідність та розділення системи на дві фази (утворення осаду)  | неоднорідність та розділення системи на дві фази                         | 243                                  |
| Харчові волокна |  | відносно невеликі кристали льоду, невелика кількість наледеніння та повна відсутність інею на стінках ємкості, в якій заморожували                                  | неоднорідність та розділення системи на дві фази                         | 173                                  |



З метою моделювання поведінки ХКД у складі НМПЗ досліджено ефективну в'язкість 0,1...1,0% розчинів ХКД до заморожування та після заморожування-розморозування (рис. 2.3–2.5) за допомогою ротаційного віскозиметра сталої напруги зсуву ВПН-0,2М [169; 170].

Водневі розчини ХКД готували відповідно до рекомендацій виробників. Після приготування розчини наливали по 100 мл у пластикові ємкості з кришками об'ємом 200 мл, заморожували за температури  $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Заморожені зразки витримували протягом  $(24 \dots 48) \cdot 60^2$  с, розморозували за температури  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ . Температура розчинів при дослідженні показників в'язкості становила  $14,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . За одержаними даними будували криві течії  $\eta = f(\dot{\gamma})$  за швидкості зсуву  $200 \text{ c}^{-1}$ .

Встановлено, що за концентрацій 0,1...0,15% (залежно від виду ХКД) розчини виявляють властивості ньютонівських рідин, в'язкість яких не залежить від швидкості зсуву. За концентрації  $> 0,15\%$  залежно від виду розчини ХКД виявляють властивості неньютоновських рідин, ефективна в'язкість яких залежить від швидкості зсуву.

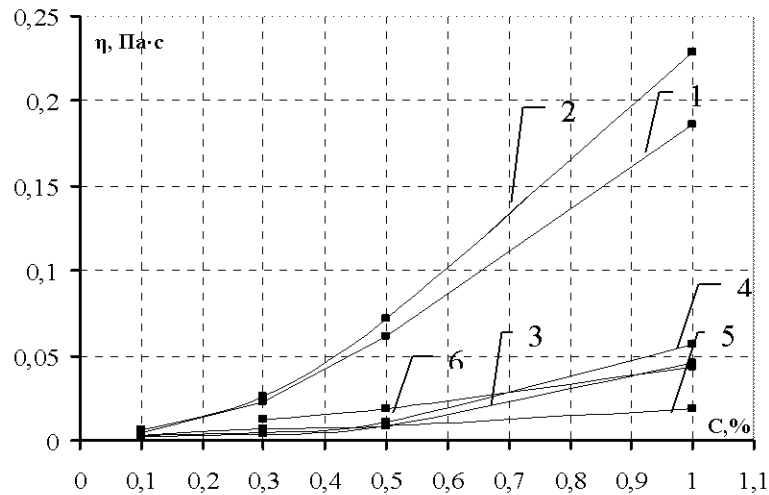
За результатами дослідження в'язкості розчинів КМЦ, МЦ, альгінату натрію, камедей ксантана, гуара, ріжкового дерева та тари визначено, що розчини мають різні абсолютні значення в'язкості, однак для всіх досліджуваних розчинів існує загальна тенденція – збільшення в'язкості з підвищенням концентрації ХКД. Так, за малих концентрацій ХКД (до 0,5%) збільшення значення показника в'язкості не значне, а за концентрацій 0,5... 1,0% спостерігається інтенсивне її збільшення.

Інтенсивне збільшення в'язкості пояснюється тим, що в'язкість розчинів високомолекулярних сполук (ВМС) суттєво збільшується при деякій критичній концентрації полімеру, за якої відбувається перехід від так званої «розбавленої області», де молекули полімеру здатні незалежно переміщуватися в розчині без взаємопроникнення, до «напіврозбавленої області», де концентрація молекул призводить до утворення полімерних клубків за рахунок взаємного проникнення полімерних молекул.

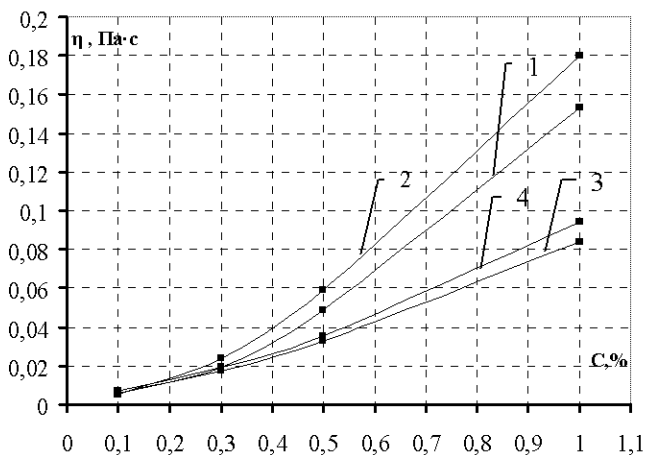
Ґрунтуючись на результатах аналітичних та експериментальних даних можна зазначити, що окрім концентрації в'язкість розчинів ХКД пов'язана з їх молекулярною масою, просторовою структурою та інше. Встановлено, що співвідношення в'язкості до швидкості зсуву збільшується з підвищенням молекулярної маси; швидкість зсуву, за якої руйнується структура (розрідження), зміщується в сторону більш низьких значень. Крім молекулярної маси, на в'язкість розчинів оказує вплив молекулярна структура. Молекули ХКД (КМЦ, МЦ, альгінат натрію, камедь гуара, камедь тари, карагінани), які мають лінійну структуру, наслідок чого є утворення в'язких розчинів; розгалужені молекули (камедь ксантана) – (з близькою молекулярною масою) характеризуються розчинами більш високої в'язкості.

Аналіз впливу заморожування-розморозування на ефективну в'язкість даних розчинів залежно від концентрації (рис. 2.3–2.5) показав, що процес заморожування-розморозування по різному впливає на показники в'язкості.

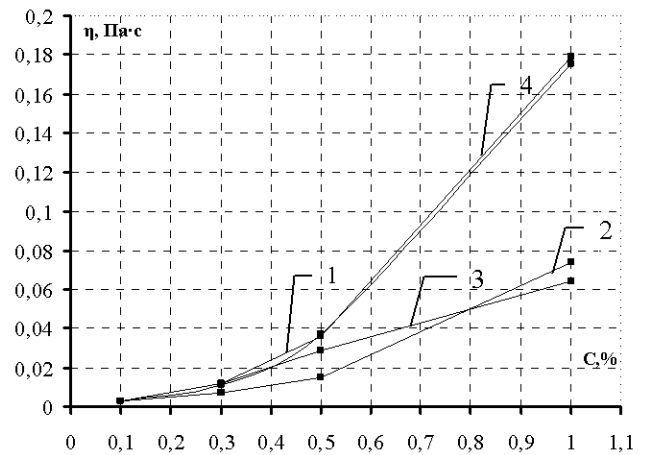
Після заморожування-розморозжування в'язкість 1,0% розчинів змінюється не суттєво (спостерігається збільшення в 1,1 рази – з 0,084 до 0,094 Па·с для камеді ксантана, в 1,2 рази – з 0,186 до 0,229 Па·с для КМЦ, з 0,046 до 0,057 Па·с для МЦ, з 0,153 до 0,180 Па·с для камеді гуара).



**Рисунок 2.3 – Вплив заморожування-розморозжування на ефективну в'язкість розчинів ХІКД залежно від концентрації: розчин КМЦ до заморожування (1) та після заморожування-розморозжування (2); розчин МЦ до заморожування (3) та після заморожування-розморозжування (4); розчин альгінату натрію до заморожування (5) та після заморожування-розморозжування (6) (за  $\gamma=200 \text{ c}^{-1}$ )**



**Рисунок 2.4 – Вплив заморожування-розморозжування на ефективну в'язкість розчинів ХІКД залежно від концентрації: розчин камеді гуара до заморожування (1) та після заморожування-розморозжування (2); розчин камеді ксантана до заморожування (3) та після заморожування-розморозжування (4) (за  $\gamma=200 \text{ c}^{-1}$ )**



**Рисунок 2.5 – Вплив заморожування-розморозжування на ефективну в'язкість розчинів ХІКД залежно від концентрації: розчин КРД до заморожування (1) та після заморожування-розморозжування (2); розчин камеді тари до заморожування (3) та після заморожування-розморозжування (4) (за  $\gamma=200 \text{ c}^{-1}$ )**

Значне підвищення в'язкості після заморожування-розморозжування характерне для альгінату натрію та камеді тари в 2,3 рази (з 0,019 до

0,043 Па·с) та в 2,8 рази (з 0,064 до 0,179 Па·с) відповідно для розчинів за концентрації 1,0%.

Для розчину КРД після заморожування-розморожування спостерігається зменшення в'язкості. Так, в'язкість після заморожування-розморожування 1,0% розчину КРД зменшується з 0,175 до 0,074 Па·с (в 2,4 рази).

Відомо, що молекули полісахаридів являють собою згорнуті в клубок ланцюги, які при попаданні у воду або в середовище, що містить вільну вологу, розкручуються, тим самим обмежуючи рухливість молекул води. Все це призводить до підвищення в'язкості розчину та саме вміст добавки впливає на рухливість молекул води, що формують структурно-механічні властивості розчину.

Таким чином, можна стверджувати, що одержані розчини КМЦ, МЦ, альгінату натрію, камеді гуара, камеді тари відповідають даному положенню. Крім того, їх полімерні молекули являються достатньо лінійно жорсткими, що обумовлює швидке утворення в їх розчинах міжмолекулярних переплетінь.

Аналізуючи результати дослідження в'язкості розчинів ХКД під впливом заморожування-розморожування можна стверджувати, що в розчинах камеді ксантана, камеді тари, камеді гуара, альгінату натрію, КМЦ, МЦ під впливом низьких температур, вірогідно, відбувається ускладнення переміщення та взаємної орієнтації часток, що призводить до збільшення в'язкості системи.

Визначені закономірності зміни в'язкості розчинів ХКД є важливими з точки зору прояву їх властивостей у складі НМПЗ: як підвищення, так й зниження в'язкості допустиме у визначеному діапазоні, так як перше після заморожування-розморожування призведе до одержання липкої, щільної консистенції, а друге – по-суті, приблизить властивості НМПЗ до контрольного зразка, який зазнає негативних змін за низькотемпературної холодильної обробки.

Під час вибору ХКД з метою використання їх у складі СКД важливим є визначення оборотності в'язкості ( $k$ ) розчинів ХКД (табл. 2.5) за формулою 2.2, що опосередково дозволяє охарактеризувати вплив низькотемпературної обробки на стабільність властивостей розчинів ХКД.

$$k = \frac{\eta_{\text{зам}}}{\eta_{\text{поч}}}, \quad (2.2)$$

де  $\eta_{\text{поч}}$  – в'язкість розчинів до заморожування, Па·с;

$\eta_{\text{зам}}$  – в'язкість розчинів після заморожування-розморожування, Па·с.

Проведені дослідження впливу заморожування-розморожування на ефективну в'язкість дозволяють зазначити, що оборотність розчинів після заморожування-розморожування коливається в діапазоні 0,4...1,5 (для 0,5% розчинів) та 0,4...2,8 (для 1,0% розчинів). Так, для всіх розчинів, окрім 0,5% та 1,0% розчину КРД, характерне значення  $k > 1$ , за яким вважали, що розчин поводить себе необоротно (в'язкість після заморожування-розморожування більша порівняно з первинною, поведінка розчинів може надавати додатковий

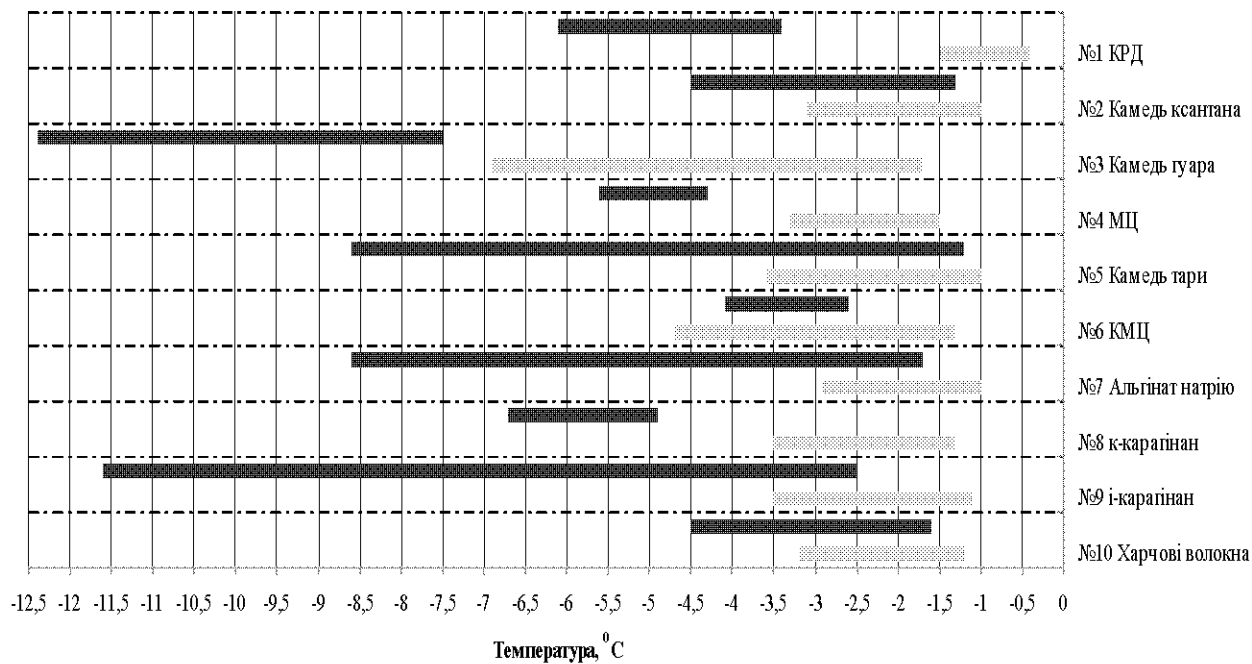
функціонально-технологічний ефект в межах харчової системи) та є стійкими до впливу низьких температур, що підтверджує можливість їх використання при виробництві заморожених м'ясних напівфабрикатів. При значенні  $k \approx 1$  – розчин вважали оборотним за даною властивістю. КРД має значення  $k < 1$  – в'язкість після заморожування-розморожування менша. За виявленням таких властивостей харчові інгредієнти використовувати недоцільно через погіршення гідрофільних властивостей.

**Таблиця 2.5 – Показники ефективної в'язкості та оборотності в'язкості розчинів ХІКД під впливом заморожування-розморожування (n=3, P=0,95)**

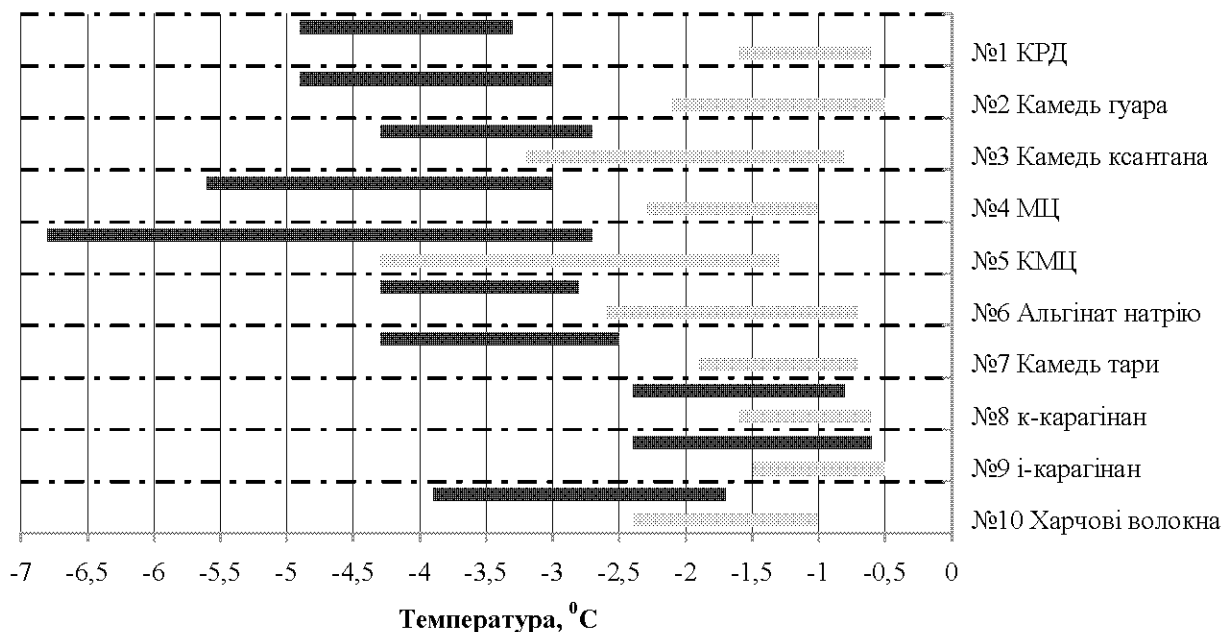
| ХІКД            | В'язкість, Па·с   |       |  |       | Оборотність в'язкості розчинів ( $k$ ) |      |
|-----------------|---|-------|--|-------|--|------|
|                 | до заморожування ( $\eta_{\text{поч}}$ )                                |       | після заморожування-розморожування ( $\eta_{\text{зам}}$ ) |       | 0,5%                                   | 1,0% |
|                 | 0,5%  | 1,0%  | 0,5%   | 1,0%  |  |      |
| КМЦ             | 0,048   | 0,186 | 0,072  | 0,229 | 1,5                                    | 1,2  |
| МЦ              | 0,009   | 0,046 | 0,011  | 0,057 | 1,2                                    | 1,2  |
| Альгінат натрію | 0,009   | 0,019 | 0,013  | 0,043 | 1,4                                    | 2,3  |
| Камедь ксантана | 0,033   | 0,084 | 0,035  | 0,094 | 1,1                                    | 1,1  |
| Камедь гуара    | 0,049   | 0,153 | 0,059  | 0,180 | 1,2                                    | 1,2  |
| Камедь тари     | 0,029   | 0,064 | 0,036  | 0,179 | 1,2                                    | 2,8  |
| КРД             | 0,037   | 0,175 | 0,015  | 0,074 | 0,4                                    | 0,4  |
| к-карагінан     | не досліджувались у зв'язку з утворенням гелю та неоднорідністю системи |       |  |       |  |      |
| і-карагінан     |   |       |  |       |  |      |
| Харчові волокна | не досліджувались у зв'язку з неоднорідністю системи                    |       |  |       |  |      |

Отже, результати дослідження свідчать, що використання к- та і-карагінану, КРД недоцільно. Враховуючи неможливість вивчення в'язкості розчинів харчових волокон визначення їх властивостей під дією низьких температур буде розглянуто далі.

З метою визначення впливу ХІКД на характер льодоутворення їх розчинів досліджено діапазони температур льодоутворення-плавлення та масову частку вимороженої вологи розчинів ХІКД концентрацій 0,5 та 1,0% за методикою заснованою на вимірюванні кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації вільної вологи в харчовій сировині [171]. Визначено, що криві заморожування та розморожування дещо відрізняються за тривалістю: процес розморожування триваліший за заморожування. Візуальна інформативність термограм представлена на рис. 2.6, 2.7.



**Рисунок 2.6 – Діапазони температур льодотворення та плавлення розчинів ХІКД 0,5% концентрації: ■ – діапазон льодотворення; ▨ – діапазон плавлення**



**Рисунок 2.7 – Діапазони температур льодотворення та плавлення розчинів ХІКД 1,0% концентрації: ■ – діапазон льодотворення; ▨ – діапазон плавлення**

Як контроль оборотності властивостей розчинів по відношенню до заморожування-розморожування обрано в'язкість розчинів до та після заморожування, яка вивчалась у попередніх дослідженнях.

Обробка експериментальних даних (для розчинів ХІКД 0,5% концентрації) свідчить про те, що найбільшу швидкість заморожування має

розчин камеді тари –  $0,72^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ . Для інших розчинів швидкість заморожування зменшується в такій послідовності: альгінат натрію  $>$  к- та і-карагінани ( $0,66^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  камедь ксантана ( $0,60^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  харчові волокна ( $0,58^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  камедь гуара та КМЦ ( $0,54^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ); найменшу швидкість заморожування мають МЦ та КРД ( $0,42^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ).

Для процесу плавлення спостерігається інша закономірність. Найбільшу швидкість плавлення має розчин і-карагінану –  $0,48^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ . Для інших розчинів швидкість плавлення змінюється в такій послідовності: камедь тари ( $0,36^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  к-карагінан ( $0,24^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  камедь гуара ( $0,14^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  КМЦ ( $0,13^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  альгінат натрію ( $0,12^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  МЦ та КРД ( $0,09^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ); найменшу швидкість плавлення мають розчини камеді ксантана та харчових волокон ( $0,08^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ). Тобто певні розчини мають незворотні зміни у теплофізичних властивостях. Необхідно зауважити, що швидкість заморожування для усіх  $0,5\%$  розчинів більша швидкості плавлення.

Відносно  $1,0\%$  розчинів ХКД слід зазначити, що найбільшу швидкість заморожування мають камедь тари, альгінат натрію, і-карагінан. Для інших розчинів швидкість заморожування зменшується в наступній послідовності: камедь гуара ( $0,42^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  харчові волокна, МЦ та КМЦ ( $0,36^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  к-карагінан ( $0,24^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ); найменшу швидкість заморожування має камедь ксантана ( $0,12^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ), що у 5 рази менше камеді тари.

Для процесу плавлення спостерігається інша послідовність. Найбільшу швидкість плавлення мають розчини камеді ксантана та харчові волокна ( $1,8^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ). Для інших розчинів швидкість зменшується в такій послідовності: альгінат натрію ( $1,02^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  КРД ( $0,84^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  камедь тари ( $0,72^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  камедь гуара та КМЦ ( $0,54^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ )  $>$  МЦ та і-карагінан ( $0,30^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ); найменшу швидкість плавлення має к-карагінан ( $0,03^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ), що у 60 рази менше порівняно з камеддю ксантана.

З цих даних видно, що швидкості плавлення для усіх  $1,0\%$  розчинів більші швидкості заморожування; швидкість плавлення  $1,0\%$  розчинів набагато більша швидкості плавлення  $0,5\%$  розчинів.

Досліджено зміни масової частки вимороженої вологи для розчинів ХКД  $0,5$  та  $1,0\%$  концентрації (табл. 2.6). Встановлено, найбільшу масову частку вимороженої вологи за концентрації розчину  $0,5\%$  має КМЦ –  $96,0\%$ ; далі її частка зменшується у такій послідовності: МЦ ( $95,1\%$ )  $>$  камедь ксантана ( $90,6\%$ )  $>$  КРД ( $89,7\%$ )  $>$  альгінат натрію ( $87,3\%$ )  $>$  к-карагінан ( $87,0\%$ )  $>$  харчові волокна ( $86,2\%$ )  $>$  камедь гуара ( $85,7\%$ )  $>$  камедь тари ( $84,7\%$ )  $>$  і-карагінан ( $82,5\%$ ). Найменша масова частка вимороженої вологи притаманна розчинам і-карагінану.

Закономірності зміни масової частки вимороженої вологи для розчинів ХКД  $1,0\%$  концентрації мають декілька інший характер. Визначено, що найбільшу масову частку вимороженої вологи за концентрації розчину  $1,0\%$  має камедь ксантана –  $87,7\%$ ; далі її частка зменшується у такій послідовності: КМЦ ( $86,8\%$ )  $>$  МЦ ( $86,6\%$ )  $>$  харчові волокна ( $83,8\%$ )  $>$  камедь тари ( $82,1\%$ )  $>$  альгінат натрію ( $82,0\%$ )  $>$  КРД ( $81,3\%$ )  $>$  камедь гуара ( $81,0\%$ )  $>$  і-карагінан

(62,7%) > к-карагінан (54,4%). Найменша масова частка вимороженої вологи притаманна розчину к-каррагінану.

Узагальнення одержаних експериментальних даних стосовно масової частки вимороженої вологи розчинів ХКД за концентрації 0,5 та 1,0%, дозволяє зробити висновки, що зі збільшенням концентрації ХКД кількість вимороженої води зменшується. Так, масова частка вимороженої води для розчинів за концентрації 0,5% становить 82,5...96,0%, 1,0% – 54,4...87,7%. Ці дані є підґрунтям щодо вибору виду та концентрації ХКД у складі харчової продукції, що підлягає заморожуванню-розморожуванню, з огляду на здатність їх розчинів утримувати вологу у рідкому стані та під впливом низькотемпературної обробки.

**Таблиця 2.6 – Кріоскопічні характеристики водних розчинів ХКД (n=5, P=0,95)**

| ХКД             | Оборотність в'язкості розчинів (k) |     | Масова частка вимороженої вологи (%) розчинів за концентрації ХКД, % |      | Діапазон температур льодоутворення вологи (°C) розчинів за концентрації ХКД, % |     | Діапазон температур плавлення вологи (°C) розчинів за концентрації ХКД, % |     |
|-----------------|------------------------------------|-----|--|------|--|-----|---|-----|
|                 | 0,5                                | 1,0 | 0,5  | 1,0  | 0,5  | 1,0 | 0,5   | 1,0 |
| КМЦ             | 1,5                                | 1,2 | 96,0   | 86,8 | 1,5  | 4,1 | 3,4   | 3,0 |
| МЦ              | 1,2                                | 1,2 | 95,1   | 86,6 | 1,3  | 2,6 | 1,8   | 1,3 |
| Альгінат натрію | 1,4                                | 2,3 | 87,3   | 82,0 | 6,9  | 1,5 | 1,9   | 1,9 |
| Камедь ксантана | 1,1                                | 1,1 | 90,6   | 87,7 | 3,2  | 1,6 | 2,1   | 2,4 |
| Камедь гуара    | 1,2                                | 0,9 | 85,7   | 81,0 | 4,9  | 1,9 | 5,2   | 1,6 |
| Камедь тари     | 1,2                                | 2,8 | 84,7   | 82,1 | 7,4  | 1,8 | 2,6   | 1,2 |
| КРД             | 0,4                                | 0,4 | 89,7   | 81,3 | 2,7  | 1,6 | 1,1   | 1,0 |
| к-карагінан     | -                                  | -   | 87,0   | 54,4 | 1,8  | 1,6 | 2,2   | 1,0 |
| і-карагінан     | -                                  | -   | 82,5   | 62,7 | 9,1  | 1,8 | 2,4   | 1,0 |
| Харчові волокна | -                                  | -   | 86,2   | 83,8 | 2,9  | 2,2 | 2,0   | 2,4 |

Виходячи з аналізу одержаних експериментальних даних діапазонів температур льодоутворення та плавлення 0,5 та 1,0% розчинів (табл. 2.6), можна зробити висновок, що найбільший діапазон температур льодоутворення спостерігається для розчину і-карагінану – 9,1°C. Далі даний показник зменшується у такій послідовності: камеді тари (7,4°C) > альгінат натрію (6,9°C) > камедь гуара (4,9°C) > камедь ксантана (3,2°C) > харчові волокна (2,9°C) > КРД (2,7°C) > к-карагінан (1,8°C) > КМЦ (1,5°C) > МЦ (1,3°C). Найбільший діапазон температур плавлення спостерігається для розчину камеді гуара (5,2°C); далі діапазон температур плавлення зменшується у такій послідовності: КМЦ (3,4°C) > камедь тари (2,6°C) > і-карагінан (2,4°C) > к-карагінан (2,2°C) > камедь ксантана (2,1°C) > харчові волокна (2,0°C) > альгінат натрію (1,9°C) >

МЦ (1,8°C) > КРД (1,1°C). Видно, що діапазони температур льодоутворення більші, ніж діапазони плавлення – 9,1...1,3°C та 5,2...1,1°C відповідно.

Очевидно, це пов'язано з тим, що при заморожуванні змінюються теплофізичні властивості розчинів за рахунок того, що збільшується неоднорідність розчину: утворення льоду на поверхні спричиняє рух рідини з розчином відповідних ХКД у середину зразка. За цих умов концентрація розчину у середині зразка збільшується. Такий процес й призводить до розширення діапазону температур льодоутворення.

На етапі плавлення широкий діапазон температур плавлення означає, що спостерігається перекристалізація або навіть плавлення льоду вже за низьких температур – (-9)°C та нижче. Тому плавлення може спостерігатися навіть у середині зразка, але найбільш інтенсивне даний процес йде на поверхні зразка, тому частина вологи може рухатися до центру зразка й, в свою чергу, знову перетворюватися на лід. Такий механізм й призводить до розширення діапазону температур плавлення. Це необхідно враховувати при використанні розчинів ХКД та прогнозуванні функціонально-технологічних властивостей м'ясних систем, що піддаються зберіганню за низьких температур та подальшій тепловій обробці.

Діапазон температур льодоутворення визначається теплофізичними властивостями зразка та зовнішнім теплообміном. Вважаючи, що умови для зовнішнього теплообміну сталі, то чим більше цей діапазон, тим більший тепловий опір зразка, тобто теплопровідність менша. Це означає, що розчини ХКД мають пластифікуючу дію на процес льодоутворення.

Узагальнюючи результати дослідження, можна сказати, що найбільш суттєве розширення діапазонів температур льодоутворення та плавлення спостерігаються для розчинів КМЦ, альгілату натрію, харчових волокон, камедей ксантану, ріжкового дерева та тари.

Можна зауважити, що діапазони температур льодоутворення відносно діапазонів температур плавлення за обох концентрацій дещо зміщено ліворуч, але перекриваються. Однак не для всіх розчинів спостерігається перекривання діапазонів температур; для 0,5% розчинів камеді гуара, КРД, МЦ та к-карагінану та 1% розчинів камеді гуара та тари, КРД, МЦ, альгілату натрію вищезначений ефект не спостерігається. Перекривання діапазонів температур льодоутворення та плавлення за обох концентрацій спостерігається у КМЦ, камеді ксантану, і-карагінану, харчових волокон. Вірогідно, це пояснюється зворотністю (незворотністю) властивостей розчинів.

Таким чином, експериментально встановлено температури початку та кінця процесу льодоутворення-плавлення вимороженої вологи розчинів ХКД та її кількість. Доведено, що всі ХКД, що досліджувались, впливають на характер льодоутворення їх розчинів, мають пластифікуючу та стабілізуючу дію. Розчини досліджуваних речовин неоднозначно впливають на температури льодоутворення та плавлення, ширину діапазонів льодоутворення та плавлення залежно від їх оборотності (необоротності) стосовно в'язкості. В'язкість характеризує стійкість розчину до заморожування-розморожування. Практично



всі розчини мають температуру плавлення більше температури заморожування. З досліджуваних розчинів ХКД (з точки зору досягнення технологічного ефекту) можна рекомендувати до використання альгінат натрію, камеді ксантана та тари, харчові волокна. Фізико-хімічний потенціал даних інгредієнтів під дією низьких температур дає змогу спрогнозувати їх використання у технологіях м'ясних заморожених виробів, що дозволить мінімізувати ступінь пошкодження тканин м'ясної сировини за умов низькотемпературної холодильної обробки.

Відповідно інноваційній стратегії розробки НМПЗ доведено доцільність використання ХКД у вигляді сухої суміші, що визначає доцільність встановлення закономірностей їх розчинення та набрякання за впливу технологічних чинників.

Відомо [135], що при взаємодії ВМС, а більшість ХКД є ВМС, з розчинником (водою чи м'ясним соком) відбувається збільшення об'єму та маси у часі – набрякання, яке залежно від виду ХКД може бути обмеженим (для харчових волокон) та необмеженим.

Перебіг процесу набрякання є багатofакторним й залежить від будови, гранулометричного складу, питомої поверхні часток, температури, механічного впливу та інші.

Під час визначення гранулометричного складу ХКД застосовано фотомікроскопічний метод та здійснено розрахунок за формулою 2.1. Встановлено (табл. 2.7), що для ХКД характерно як різне середнє значення діаметру часток, яке коливається в межах від 186 до 336 мкм, так й різне співвідношення окремих фракцій. Видно, що КМЦ та камедь гуару містять переважно фракції з розміром понад 250 мкм, а середнє значення діаметру часток становить 336 та 335 мкм, відповідно; інші ХКД містять часточки з розміром переважно менше 250 мкм, середнє значення діаметру часток є меншим за 300 мкм.

Таблиця 2.7 – Гранулометричний склад ХКД (n=3, P=0,95)

| Діаметр (d)<br>часток<br>ХКД, мкм              | Вміст часток, % |                   |                    |                    |                 |                |     |                  |                  |                    |
|--|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----|------------------|------------------|--------------------|
|  | КМЦ             | МЦ                | Альгінат<br>натрію | Камедь<br>ксантана | Камедь<br>гуару | Камедь<br>тари | КРД | к-кара-<br>гінан | і-кара-<br>гінан | Харчові<br>волокна |
| 50<d≤100                                       | -               | Не досліджувалось | 8                  | 12                 | -               | 6              | 10  | 4                | 2                | -                  |
| 100<d≤150                                      | -               |                   | 15                 | 10                 | -               | 10             | 10  | 9                | 7                | 6                  |
| 150<d≤200                                      | -               |                   | 75                 | 69                 | 4               | 58             | 50  | 25               | 30               | 35                 |
| 200<d≤250                                      | -               |                   | 2                  | 2                  | 35              | 20             | 28  | 27               | 32               | 20                 |
| 250<d≤300                                      | 68              |                   | -                  | 7                  | 15              | 6              | 2   | 30               | 21               | 24                 |
| 300<d≤350                                      | 19              |                   | -                  | -                  | 24              | -              | -   | 5                | 8                | 15                 |
| 350<d≤500                                      | 13              |                   | -                  | -                  | 22              | -              | -   | -                | -                | -                  |
| Всього   | 100             | -                 | 100                | 100                | 100             | 100            | 100 | 100              | 100              | 100                |
| Середнє<br>значення<br>діаметру<br>часток, мкм | 336             | -                 | 186                | 191                | 335             | 205            | 201 | 243              | 244              | 254                |

З метою обґрунтування виду ХКД та технологічних параметрів виробництва НМПЗ досліджено поведінку ХКД у водних розчинах (для харчового волокна – шляхом визначення швидкості та максимального ступеня набрякання, для інших ХКД – зміни в'язкості системи у часі). Зразки масою 50 мг поміщали в градуйовані пробірки ємністю 10 мл, які заповнювали до мітки водними розчинами або водою (за температури  $14,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) та витримували протягом  $1 \cdot 60^2$  с. Розчини в пробірки наливали обережно по стінках, щоб не допустити спливання окремих часточок зразка на поверхню розчину. Через певні проміжки часу вимірювали об'єм набряклого зразка в пробірках.

Ступінь набрякання ( $\alpha$ , %) визначали об'ємним методом:

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0} \times 100, \quad (2.3)$$

де  $V_0$  – вихідний об'єм зразка ХКД, розраховується виходячи з насипної щільності волокна;

$V$  – об'єм зразка ХКД після набрякання.

Для розрахунків швидкості набрякання ХКД використовувався графічний метод. Для цього будували залежність ступеня набрякання від часу  $\alpha-f(\tau)$  – кінетичну криву набрякання. У точці, де визначали швидкість набрякання, проводили дотичну до отриманої кривої " $\alpha-\tau$ " і визначали тангенс кута її нахилу, який чисельно дорівнював  $\frac{d\alpha}{d\tau}$ .

Швидкість набрякання ( $\omega$ , кг/с) розраховували за рівнянням:

$$\omega = \frac{V_0}{100} \cdot \frac{d\alpha}{d\tau}. \quad (2.4)$$

Константу швидкості набрякання ( $k$ ,  $\text{с}^{-1}$ ) – величину, що за сталої температури залежить тільки від природи полісахариду, розраховували з урахуванням кінетики набрякання полімерів, яка описується рівнянням необоротної реакції I порядку [172]:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\alpha_\infty}{\alpha_\infty - \alpha_\tau}, \quad (2.5)$$

де  $\alpha_\tau$  – ступінь набрякання полімеру в момент часу  $\tau$ ;

$\alpha_\infty$  – максимальний ступінь набрякання полімеру.

На рис. 2.8 представлено результати дослідження кінетичних кривих розчинення ХКД – КМЦ, МЦ, альгінату натрію, камедей гуара, ксантана, тари та ріжкового дерева, к- та і-карагінану (на прикладі системи з вмістом ХКД 0,5%); перебіг процесу досліджували шляхом визначення в'язкості розчину, що утворився, з подальшим визначенням вмісту ХКД за кривою залежності в'язкості від концентрації (по-суті, на калібрувальному графіку).

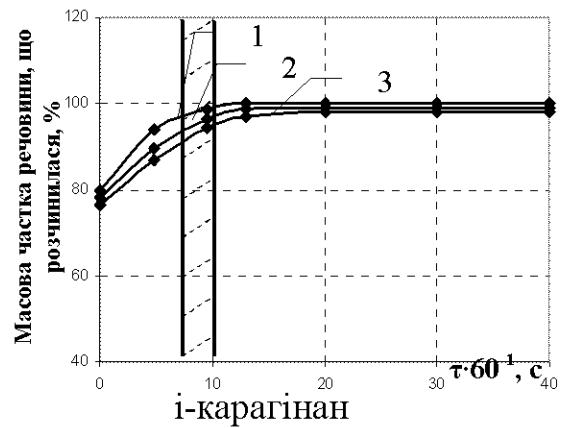
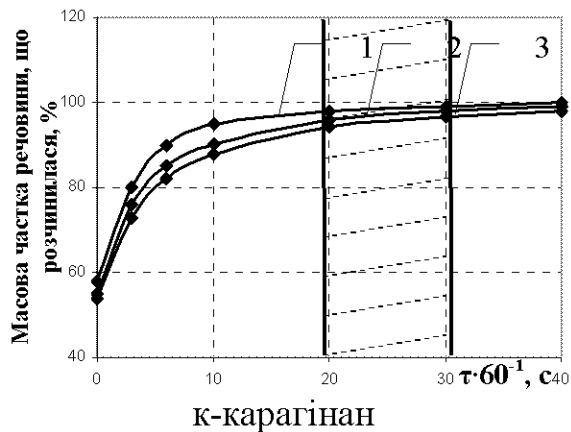
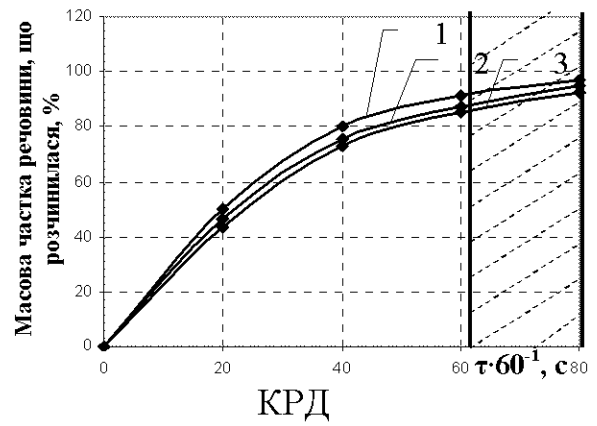
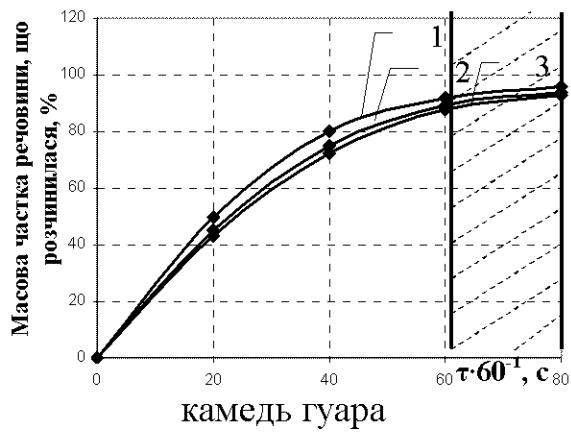
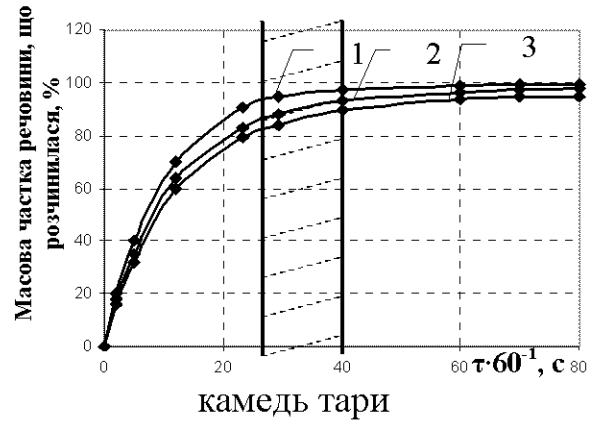
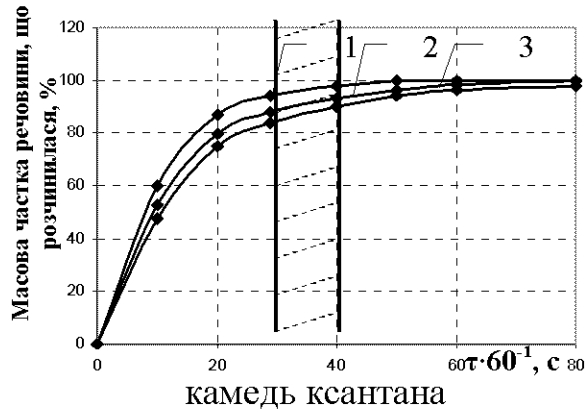
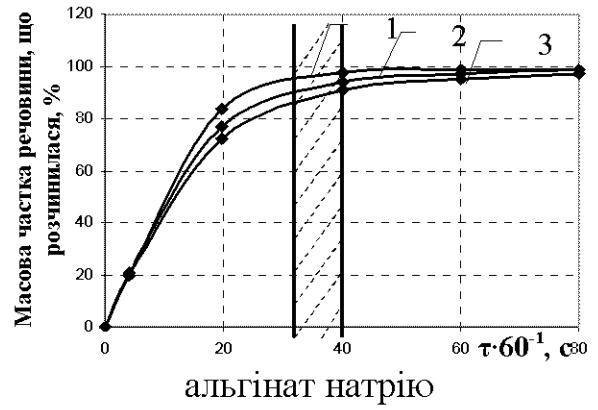
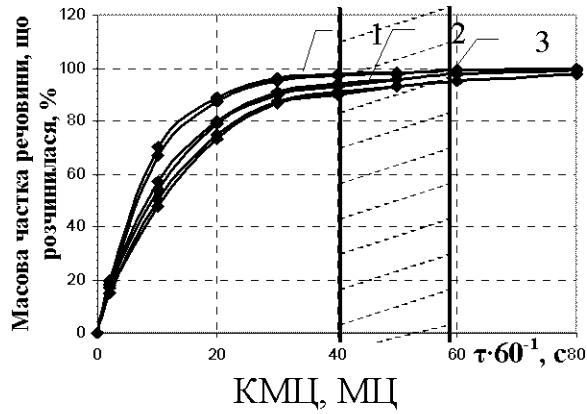


Рисунок 2.8 – Кінетичні криві розчинення ХКД ( $t_{розч}=14,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ):  
1 – у воді; 2 – в 1% розчині NaCl; 3 – в 2% розчині NaCl

Узагальнені кінетичні характеристики розчинення ХКД – швидкість розчинення ХКД на початкових стадіях процесу ( $\omega$ , кг/с), константа швидкості розчинення ( $k$ , с<sup>-1</sup>), час досягнення повного розчинення ( $\tau_{max}$ , с) наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Характеристики процесу розчинення ХКД (n=3, P=0,95)

| Розчинник         | Кінетичні характеристики   |                       |                             |
|-------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|                   | $\omega \cdot 10^3$ , кг/с | $k$ , с <sup>-1</sup> | $\tau_{max} \cdot 60^1$ , с |
| КМЦ               |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,13                       | 6,54                  | 60                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,12                       | 5,04                  | 65                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,11                       | 3,18                  | 70                          |
| МЦ                |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,13                       | 6,52                  | 60                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,12                       | 5,00                  | 65                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,11                       | 3,15                  | 70                          |
| Альгінат натрію   |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,08                       | 4,14                  | 40                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,08                       | 3,90                  | 50                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,07                       | 3,48                  | 50                          |
| Камедь ксантана   |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,10                       | 5,88                  | 40                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,08                       | 5,10                  | 50                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,08                       | 3,96                  | 50                          |
| Камедь гуара      |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,04                       | 1,92                  | 80                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,04                       | 1,68                  | 85                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,04                       | 1,62                  | 85                          |
| Камедь тари       |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,15                       | 5,76                  | 40                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,13                       | 4,80                  | 50                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,12                       | 4,32                  | 50                          |
| КРД               |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,04                       | 1,92                  | 80                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,04                       | 1,68                  | 86                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,03                       | 1,56                  | 86                          |
| к-карагінан       |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,45                       | 20,82                 | 30                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,42                       | 16,92                 | 35                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,40                       | 15,30                 | 40                          |
| і-карагінан       |                            |                       |                             |
| Вода дистильована | 0,32                       | 34,68                 | 10                          |
| 1% розчин NaCl    | 0,30                       | 27,90                 | 13                          |
| 2% розчин NaCl    | 0,28                       | 24,90                 | 15                          |

Встановлено, що розчинення ХКД у часі супроводжується наростанням в'язкості, що є характерним для процесів гідратації ВМС. Крім того,

встановлено, що характер процесу розчинення та абсолютні значення частки речовин, що розчинилися, для КМЦ та МЦ близькі.

На першому етапі ((10...60)·60 с) спостерігається швидке підвищення в'язкості, що є результатом набрякання та розчинення інгредієнтів, надалі – досягнення відносно постійних значень, що свідчить про завершення процесу набрякання та розчинення ВМС.

У воді взаємне відштовхування однойменно заряджених макромолекул збільшує відстань між сегментами полімерних ланцюгів полісахаридів. При цьому утворюються відносно великі за розмірами шари, через які молекули води можуть проникати в об'єм зразка. Об'єм зразка збільшується, й це збільшення характеризується відповідним прискоренням розчинення.

З даних табл. 2.8 та рис 2.8 видно, що для різних ХКД характерне необмежене набрякання з утворенням розчину високомолекулярних сполук, розчинення досягалося від 8·60 с (і-карагінан) до 80·60 с (для камеді гуара та ріжкового дерева). Слід зазначити, що повної кореляції між гранулометричним складом (табл. 2.7) та швидкістю розчинення не спостерігалось, що, імовірно, пов'язано з особливостями просторової будови макромолекул ХКД.

З урахуванням обмежень з виробництва НМПЗ (розчинення ХКД повинно забезпечуватись в межах технологічних операцій перемішування та витримування до дозування та фасування протягом не більше 30·60 с) до використання рекомендовані такі ХКД: альгінат натрію ( $\tau_p(30...40) \cdot 60$ с), камеді ксантана ( $\tau_p(30...40) \cdot 60$  с), камеді тари ( $\tau_p(25...40) \cdot 60$  с), к-карагінан ( $\tau_p(20...30) \cdot 60$ с) та і-карагінан ( $\tau_p(8...10) \cdot 60$  с).

Під час дослідження впливу солі кухонної на процес розчинення ХКД встановлено уповільнення процесу розчинення на (5...15)·60 с. Відомо, що досліджувані ХКД мають полісахаридну природу, а отже, містять значне число карбоксильних груп, які у водному середовищі дисоціюють, внаслідок чого макромолекули полісахаридів набувають негативного заряду [92; 111].

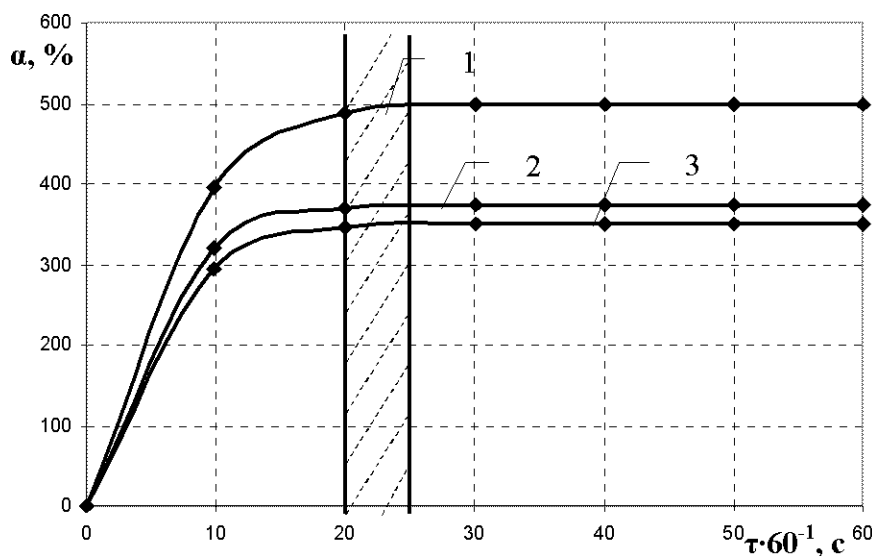
Щодо харчових волокон, то процес набрякання потребує розуміння їх хімічного складу. Харчові волокна містять до 80,7% вуглеводів, з них 33,3% – розчинні, 34,9% – нерозчинні, протеїни – 8,2%, жири – 1,1%, мінеральні речовини – 2,7%, вологу – 7,3%. Основну частину вуглеводів складають полісахариди целюлозної природи – нейтральні та кислі, властивості яких впливають на перебіг процесу набрякання.

Кінетичні криві набрякання харчових волокон наведено на рис. 2.9, максимальний ступінь набрякання волокон – граничне набрякання ( $\alpha_{\infty}$ , %) та інші кінетичні характеристики процесу (табл. 2.9).

Експериментально встановлено, що процес набрякання харчових волокон в перші (10...15)·60 с йде інтенсивно, досягаючи максимального ступеня набрякання 450% (у воді дистильованій).

У розчинах солі кухонної як швидкість, так й максимальний ступінь набрякання волокон виявилися значно меншими, ніж їх значення у воді. Швидкість набрякання зразків у водних розчинах солі кухонної в 1,2...1,4 рази менша, ніж у воді, а ступінь набрякання знижується до 375% в 1% розчині NaCl

та до 350% у 2% розчині. Загальновідомо, що додання у воду електролітів, які містять гідратовані іони, зменшує розчинність та набрякання у воді полярних ВМС, до складу яких входять іоногенні функціональні групи.



**Рисунок 2.9 – Кінетичні криві набрякання харчових волокон ( $t_{\text{набр}}=14,0\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ): 1 – у воді; 2 – в 1% розчині NaCl; 3 – в 2% розчині NaCl**

**Таблиця 2.9 – Характеристики процесу набрякання харчових волокон ( $n=3, P=0,95$ )**

| Розчинник         | Кінетичні характеристики         |                    |   |                  |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|---|------------------|
|                   | $\omega \cdot 10^5, \text{кг/с}$ | $k, \text{с}^{-1}$ | $\tau_{\text{max}} \cdot 60^{-1}, \text{с}$ | $a_{\infty}, \%$ |
| Вода дистильована | 0,15                             | 6,84               | 25  | 500              |
| 1% розчин NaCl    | 0,13                             | 6,54               | 20  | 375              |
| 2% розчин NaCl    | 0,11                             | 8,22               | 20  | 350              |

У розчинах електролітів має місце електростатична взаємодія іонів з іоногенними функціональними групами поліелектролітів. Так, при набряканні харчових волокон у водних розчинах солі кухонної катіони натрію взаємодіють із негативно зарядженими карбоксильними групами, що входять до складу полігалактуронових кислот. У результаті такої взаємодії загальний заряд макромолекул полісахаридів, що входять до складу волокон, зменшується. Як відомо, макромолекули поліелектролітів в ізоелектричному стані мають більш щільне пакування, яке не сприяє їхньому набряканню.

Набрякання волокон у водних розчинах електролітів пов'язане зі зміною фізичного стану його гідрофільних компонентів, зокрема білків та полісахаридів, під час їх взаємодії з гідратованими іонами.

Узагальнюючи одержані результати, можна стверджувати, що незалежно від складу розчинника (вода, розчин NaCl) максимальний ступінь набрякання харчових волокон досягається протягом (20...25)·60 с, що є основою для визначення технологічних параметрів виробництва НМПЗ, а саме витримки

фаршу до дозування. Отже, одержані експериментальні результати дослідження є підґрунтям як для обґрунтування вибору ХКД, так й визначення технологічних параметрів окремих операцій виробництва НМПЗ.

### **2.3. Обґрунтування складу та технологічних параметрів одержання сумішей кріостабілізуючої дії для напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених**

Узагальнені результати аналітичних та експериментальних досліджень (за п.п. 2.1–2.2) щодо впливу заморожування-розморожування на властивості розчинів та дисперсій ХКД для цілеспрямованого використання у технологіях виробництва НМПЗ представлено у табл. 2.10, в якій відображено дослідження структурно-механічних та кріоскопічних показників розчинів та дисперсій, масової частки вимороженої вологи. Аналіз даних дозволяє зазначити, що вибір ХКД необхідно здійснювати з урахуванням обмежень, які, з одного боку, визначено впливом ХКД на функціонально-технологічні властивості м'ясних систем, а, з іншого – товарною формою напівфабрикату – сухою сумішшю, що висуває додаткові вимоги щодо швидкості та повноти розчинення.

Аналіз одержаних даних із урахуванням визначених критеріїв вибору ХКД дозволив обрати для використання у складі СКД такі інгредієнти:

– альгінат натрію, який розчиняється протягом (30...40)·60 с, оборотність в'язкості розчинів якого складає 1,4, масова частка вимороженої вологи – 87,3%, середній розмір кристалів льоду – 143 мкм;

– камедь ксантана, що розчиняється протягом (30...40)·60 с, оборотність в'язкості розчинів якого складає 1,1, масова частка вимороженої вологи – 90,6%, середній розмір кристалів льоду – 148 мкм;

– камедь тари, що розчиняється протягом (25...40)·60 с, оборотність в'язкості розчинів якого складає 1,2, масова частка вимороженої вологи – 84,7%, середній розмір кристалів льоду – 103 мкм;

– харчові волокна, які розчиняються протягом (20...25)·60 с, масова частка вимороженої вологи – 86,2%, середній розмір кристалів льоду – 173 мкм.

Вищезначені ХКД прийнято до подальшого дослідження для створення СКД.

При розробці СКД для виробництва НМПЗ досліджено вплив заморожування-розморожування на в'язкість сумішей ХКД. Ефективну в'язкість водних розчинів та дисперсій сумішей ХКД визначали за методикою описаною у п.п. 2.2. Склад сумішей та вміст ХКД обирали на основі даних інформаційних джерел та власних досліджень з урахуванням можливого синергетичного ефекту. Результати дослідження впливу заморожування-розморожування на в'язкість сумішей ХКД наведено в табл. 2.11.

Таблиця 2.10 – Узагальнені результати дослідження впливу заморожування-розморожування на властивості розчинів та дисперсій ХКД

| ХКД                    | Тривалість набрякання, $\tau \cdot 60^{-1}$ , с | В'язкість, Па·с   |   | Оборотність в'язкості розчинів ( $k$ ), (за концентрації розчину 0,5%) | Масова частка вимороженої вологи, % | Діапазон льодоутворення ( $\Delta_d$ ), °С | Діапазон плавлення ( $\Delta_n$ ), °С | Середній розмір кристалів льоду, мкм | Рекомендації до використання |
|------------------------|---|---|---|--|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
|                        |   | до заморожування ( $\eta_{поч}$ )                                       | після заморожування-розморожування ( $\eta_{зам}$ ) |  |                                     |  |                                       |                                      |                              |
| КМЦ                    | 40...60   | 0,048   | 0,072   | 1,5  | 96,0                                | 1,5  | 3,4                                   | 138                                  | ±                            |
| МЦ                     | 40...60   | 0,009   | 0,011   | 1,2  | 95,1                                | 1,3  | 1,8                                   | 162                                  | –                            |
| Альгінат натрію        | 30...40   | 0,009   | 0,013   | 1,4  | 87,3                                | 6,9  | 1,9                                   | 143                                  | +                            |
| Камедь ксантана        | 30...40   | 0,033   | 0,035   | 1,1  | 90,6                                | 3,2  | 2,1                                   | 148                                  | +                            |
| Камедь гуара           | 60...80   | 0,049   | 0,059   | 1,2  | 85,7                                | 4,9  | 5,2                                   | 156                                  | –                            |
| Камедь тари            | 25...40   | 0,029   | 0,036   | 1,2  | 84,7                                | 7,4  | 2,6                                   | 103                                  | +                            |
| КРД                    | 60...80   | 0,037   | 0,015   | 0,4  | 89,7                                | 2,7  | 1,1                                   | 157                                  | –                            |
| к-карагінан            | 20...30   | не досліджувалось у зв'язку з утворенням гелю чи неоднорідності системи |   |  | 87,0                                | 1,8  | 2,2                                   | 223                                  | –                            |
| і-карагінан            | 8...10  |   |   |  | 82,5                                | 9,1  | 2,4                                   | 243                                  | –                            |
| Харчові волокна        | 20...25   |   |   |  | 86,2                                | 2,9  | 2,0                                   | 173                                  | +                            |
| <b>Критерій вибору</b> | <b>≤ 40</b>                                     |   |   | <b><math>1,0 \leq k \leq 1,5</math></b>                                | <b>≤ 90</b>                         |  |                                       | <b>≤ 200</b>                         |                              |

Примітка: «+» рекомендовано; «±» можливо; «–» не рекомендовано



Таблиця 2.11 – Показники в'язкості водневих розчинів сумішей ХКД під впливом заморожування-розморожування за різного вмісту при  $\gamma=200\text{с}^{-1}$  ( $n=3, P=0,95$ )

| Назва та вміст (%) ХКД |                 | В'язкість, Па·с  |                                    | Оборотність в'язкості розчинів ( $k$ ) |
|------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------|--|
|                        |                 | до заморожування | після заморожування-розморожування |  |
| КМЦ                    | Камедь ксантана |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,084            | 0,094                              | 1,1                                    |
| 0,1                    | 0,9             | 0,114            | 0,110                              | 0,9                                    |
| 0,25                   | 0,25            | 0,034            | 0,036                              | 1,1                                    |
| 0,5                    | 0,5             | 0,107            | 0,105                              | 0,9                                    |
| 0,9                    | 0,1             | 0,139            | 0,149                              | 1,1                                    |
| 1                      | 0               | 0,186            | 0,229                              | 1,2                                    |
| КМЦ                    | Альгінат натрію |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,019            | 0,043                              | 2,3                                    |
| 0,1                    | 0,9             | 0,021            | 0,040                              | 1,9                                    |
| 0,25                   | 0,25            | 0,026            | 0,037                              | 1,4                                    |
| 0,5                    | 0,5             | 0,059            | 0,082                              | 1,5                                    |
| 0,9                    | 0,1             | 0,141            | 0,148                              | 1,0                                    |
| 1                      | 0               | 0,186            | 0,229                              | 1,2                                    |
| КМЦ                    | Камедь тари     |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,064            | 0,179                              | 2,8                                    |
| 0,1                    | 0,9             | 0,173            | 0,183                              | 1,1                                    |
| 0,25                   | 0,25            | 0,043            | 0,048                              | 1,1                                    |
| 0,5                    | 0,5             | 0,182            | 0,191                              | 1,0                                    |
| 0,9                    | 0,1             | 0,164            | 0,185                              | 1,1                                    |
| 1                      | 0               | 0,186            | 0,229                              | 1,2                                    |
| Альгінат натрію        | Камедь тари     |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,064            | 0,179                              | 2,8                                    |
| 0,1                    | 0,9             | 0,163            | 0,173                              | 1,1                                    |
| 0,25                   | 0,25            | 0,022            | 0,032                              | 1,5                                    |
| 0,5                    | 0,5             | 0,066            | 0,096                              | 1,5                                    |
| 0,9                    | 0,1             | 0,021            | 0,030                              | 1,4                                    |
| 1                      | 0               | 0,019            | 0,043                              | 2,3                                    |
| Камедь ксантана        | Альгінат натрію |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,019            | 0,043                              | 2,3                                    |
| 0,1                    | 0,9             | 0,025            | 0,045                              | 1,8                                    |
| 0,25                   | 0,25            | 0,038            | 0,043                              | 1,1                                    |
| 0,5                    | 0,5             | -                | -                                  | -                                      |
| 0,9                    | 0,1             | -                | -                                  | -                                      |
| 1                      | 0               | 0,084            | 0,094                              | 1,1                                    |
| Камедь ксантана        | Камедь тари     |                  |                                    |  |
| 0                      | 1               | 0,064            | 0,179                              | 2,8                                    |
| 0,1                    | 0,9             | -                | -                                  | -                                      |
| 0,25                   | 0,25            | 0,060            | 0,073                              | 1,2                                    |
| 0,5                    | 0,5             | -                | -                                  | -                                      |
| 0,9                    | 0,1             | -                | -                                  | -                                      |
| 1                      | 0               | 0,084            | 0,094                              | 1,1                                    |

Примітка: «-» визначення в'язкості не є можливим в наслідок гелеутворення

Встановлено, що зовнішній вигляд усіх розчинів у розмороженому стані не змінився – характеризуються однорідністю розчину. Розчинам на основі камеді ксантану та альгінату натрію чи камеді тари 1,0% вмісту за рахунок утворення гелеподібної структури виміряти в'язкість не було можливим.

За результатами можна спостерігати зменшення в'язкості після заморожування-розморожування наступних розчинів: КМЦ та камедь ксантана 1,0% (1:1) та (1:9).

Для усіх інших розчинів характерне збільшення в'язкості після заморожування-розморожування. Найбільш стрімке збільшення в'язкості після заморожування-розморожування у 1,5...1,9 рази спостерігається для розчинів КМЦ та альгінату натрію 1,0% вмісту (1:9) та (1:1); альгінату натрію та тари 0,5% вмісту (1:1) та 1,0% вмісту (1:1); камеді ксантана та альгінату натрію 1,0% вмісту (1:9).

Для інших розчинів характерне збільшення в'язкості у 1,1...1,4 рази: КМЦ та альгінату натрію, КМЦ та камеді тари, камеді ксантана та альгінату натрію, камедей ксантана та тари 0,5% вмісту (1:1); КМЦ та камеді тари, альгінату натрію та камеді тари 1,0% вмісту (1:9); КМЦ та альгінату натрію, КМЦ та камеді тари, альгінату натрію та камеді тари 1,0% вмісту (9:1).

Доведено, що після заморожування-розморожування підвищення в'язкості розчинів не є наслідком виморожування вологи та збільшення частки сухих речовин, а, вірогідно, заморожування призводить до зміщення активних груп даних ХКД з утворенням нових комплексів, які утримують більше вологи.

Проведені дослідження впливу заморожування-розморожування на ефективну в'язкість розчинів сумішей ХКД дозволяють стверджувати, що заморожування-розморожування впливає на всі розчини ХКД. Тому, з урахуванням економічних міркувань раціонально обрати для рецептурного складу СКД на основі ХКД суміш камеді ксантана та тари 0,5% вмісту (1:1), оскільки такий вміст ХКД дозволить отримати систему високої в'язкості при малій кількості їх використання.

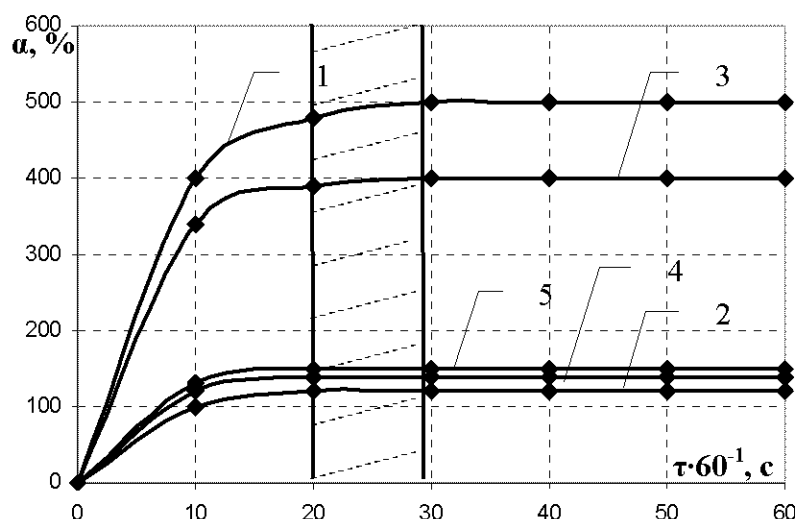
Аналізуючи в'язкість розчинів сумішей ХКД, що містять в своєму складі альгінат натрію, встановлено збільшення в'язкості після заморожування-розморожування, що дозволяє рекомендувати його у складі СКД. Також доведено, що самотійне використання альгінату натрію дозволяє збільшити в'язкість розчину у 2,3 рази, а в складі сумішей – 1,9 рази. Отже, при розробці СКД раціонально використовувати альгінат натрію самотійно.

Враховуючи те, що до складу СКД входять декілька ХКД, вважаємо доцільним дослідити кінетику процесів набрякання сумішей деяких ХКД, а саме: харчових волокон, камеді тари, камеді ксантана, альгінату натрію. Дослідження процесів набрякання сумішей ХКД під впливом технологічних чинників проводили згідно методики [172]. Вибір ХКД робили на основі узагальнених даних за п.п. 2.2 та з урахуванням синергетичного ефекту. Як відомо, камедь тари при використанні в комбінації з іншими полісахаридами, зокрема, із камеддю ксантана, виявляє синергетичний ефект під час утворення

еластичних драглив, які не формуються у випадку окремого застосування цих загусників.

На рис. 2.10 наведено кінетичні криві набрякання сумішей ХКД, що містять харчові волокна з добавками камедей ксантана та тари, альгінату натрію. На графіках видно, що в досліджуваному інтервалі часу для даних сумішей характерним було обмежене набрякання. Криві набухання досліджуваних ХКД мають загальні закономірності, однак абсолютні значення кінетичних характеристик процесів набрякання різняться.

Так, швидкість набрякання харчових волокон на початковій стадії процесу (протягом перших 5-60 с) становить  $0,15 \cdot 10^{-5}$  кг/с, після чого вона поступово зменшується та через 30-60 с досягається граничне набрякання. У процесі встановлюється стан динамічної рівноваги. Ступінь набрякання волокон при цьому досягає 480...500%. Аналогічний вид мали кінетичні криві набрякання за використання альгінату натрію, камеді ксантана та тари.



**Рисунок 2.10 – Кінетичні криві набрякання у воді харчових волокон ( $t_{\text{набр}}=14,0 \pm 0,5^\circ \text{C}$ ):**  
1 – без добавок; 2 – 12% камеді ксантана; 3 – 8% камеді тари; 4 – 15% альгінату натрію;  
5 – 12% камеді ксантана та 8% камеді тари

Розраховані значення константи швидкості набрякання сумішей мали приблизно однакові значення –  $6,48 \dots 7,62 \text{ с}^{-1}$ , що свідчило про ідентичність природи ХКД, що набрякають.

В сумішах ХКД рівноважний стан досягалося вдвічі швидше, ніж для харчових волокон, а значення граничного набрякання були набагато нижчі. Особливо це стосувалося сумішей, що містять камедь ксантана та альгінат натрію: їх ступінь набрякання не перевищував 150 та 140% відповідно, а швидкість набрякання –  $(0,04 \dots 0,05) \cdot 10^{-5}$  кг/с, тобто були в 3 рази менші, ніж у харчових волокон. З рис 2.10 видно, що обраним сумішам ХКД для їх повного набухання достатньо 30-60 с.

Пояснити такі відмінності в кінетиці набрякання досліджуваних ХКД лише їх природою неможливо, оскільки всі вони являють собою полісахариди целюлозної або близької до неї природи. Основним чинником, що впливає на

швидкість та ступінь їх набрякання, є структура мікропорошку. У цьому випадку термін «структура» використовується для характеристики мікроструктури порошкоподібних ХКД, яка визначається розмірами, формою й просторовим розташуванням окремих часток. Досліджувані харчові волокна завдяки своїй тривимірній капілярній структурі здатні поглинати й зв'язувати воду набагато краще, ніж баластні речовини з поверхневим розподілом часточок.

З досліджуваних ХКД камедь ксантана характеризується найменшою питомою поверхнею –  $9,07 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup> й найбільшою насипною густиною – 0,83 г/см<sup>3</sup>. Вона має щільно упаковану дрібнодисперсну структуру, що складається з гранул витягнутої форми з середнім значенням діаметру часток 191 мкм. Частина елементів камеді ксантана утворює вкрай щільні конгломерати. В її структурі зустрічаються мікропорожнини неправильної форми, але їх загальний об'єм не перевищує 6,5% [173].

Встановлено, що за стаціонарних умов процес розчинення камеді ксантана відрізнявся низькою швидкістю. Це пов'язане з тим, що камедь ксантана являє собою високодисперсний порошок. Відразу ж після додання до нього води навколо порошинок камеді ксантану утворюються оболонки набряклого полімеру. Оскільки процес набрякання камеді ксантана відбувається швидше, чим процес його розчинення, то часточки, злипаючись між собою, утворюють суцільний прозорий набряклий шар, який ускладнює подальше проникнення молекул води до об'єму волокна.

Схожий ефект спостерігається й при доданні камеді ксантана до харчових волокон. При змішуванні порошків ХКД камедь ксантана, що має більш високу дисперсність, заповнює порожнечі між харчовими волокнами, які у свою чергу відрізняються вкрай пухкою структурою (їх насипна густина становить 0,2 г/см<sup>3</sup>). Структура сумішей при цьому ущільнюється, після додання води харчові волокна вкриваються шаром набряклої камеді ксантана, що сповільнює дифузію молекул води в об'ємі волокна.

Для прискорення процесів набрякання сумішей, що містять камедь ксантана, до них не слід додавати відразу всю необхідну для цього воду. Спочатку необхідно долити таку кількість води, щоб вона тільки покрила поверхню суміші. Після утворення шару набряклої камеді ксантану систему інтенсивно перемішують, руйнуючи ці шари, та додають воду, що залишилася. Після перемішування гальмуючий ефект дії камеді ксантана зникає, й швидкість набрякання харчових волокон суттєво зростає.

Як видно з табл. 2.12, кінетичні характеристики процесу набрякання композиції, що містять камедь тари, мають більш високі значення, ніж показники набрякання інших сумішей. В свою чергу, це пов'язане з більш високою розчинністю камеді тари порівняно з іншими ХКД.

**Таблиця 2.12 – Характеристики процесу набрякання сумішей ХІКД  
(n=3, P=0,95)**

| Склад сумішей ХІКД, мас. %                                | Кінетичні характеристики      |                       |                                |                  |
|---|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
|   | $\omega \cdot 10^{-5}$ , кг/с | $k$ , с <sup>-1</sup> | $\tau_{max} \cdot 60^{-1}$ , с | $a_{\infty}$ , % |
| Харчові волокна : камедь ксантана – 88:12                 | 0,04                          | 6,84                  | 20                             | 125              |
| Харчові волокна : камедь тари – 92:8                      | 0,12                          | 6,48                  | 25                             | 400              |
| Харчові волокна : альгінат натрію – 85:15                 | 0,04                          | 7,08                  | 30                             | 140              |
| Харчові волокна : камедь ксантана : камедь тари – 80:12:8 | 0,05                          | 7,62                  | 20                             | 150              |

Додання до харчових волокон камеді ксантана/камеді тари/альгінату натрію знижує швидкість та зменшує їх ступінь набрякання. Особливо сильно гальмуючий ефект виявляє камедь ксантану, за присутності якого ступінь граничного набрякання волокон не перевищував 125%.

Отримані дані дозволяють зробити висновки, що у водному середовищі відбувається обмежене набрякання сумішей харчових волокон з камеддю ксантана, камеддю тари, альгінатом натрію. Найбільш високі значення швидкості та ступеня набрякання характерні для харчових волокон:  $0,15 \cdot 10^{-5}$  кг/с та 500% відповідно. Проведені дослідження процесів набрякання ХІКД та їх сумішей дозволили визначити раціональні параметри їх розчинення та довести доцільність їх використання при розробці складу СКД для виробництва НМПЗ.

#### **2.4. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні властивості харчових інгредієнтів кріостабілізуючої дії у складі м'ясних модельних систем**

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень дозволило обрати наступні ХІКД як складові СКД для виробництва НМПЗ: харчові волокна, альгінат натрію, камеді ксантана та тари. Передбачається, що їх використання при виробництві НМПЗ дозволить впливати на процес кристалоутворення та масову частку вимороженої вологи, надасть пластифікуючу та стабілізуючу дію.

Для обґрунтування складу СКД проведено дослідження, спрямовані на визначення їх кількісного вмісту. Критеріями вибору стали дослідження втрат маси під час заморожування та теплової обробки, а також органолептична оцінка ММС з ХІКД. ММС з ХІКД одержували шляхом подрібнення м'яса яловичини охолодженої знежилваної II категорії [174] на м'ясорубці з діаметром отворів решітки  $(2 \dots 5) \cdot 10^{-3}$  м, внесенням харчових інгредієнтів на етапі перемішування ММС, що містили до 35% питної води до маси м'ясної сировини, та витримкою систем протягом 30-60 с.

Визначення втрат маси під час заморожування, заморожування-розморожування та теплової обробки проводили ваговим методом [175]. Органолептичну оцінку якості готової продукції здійснювали аналітичними

методами – якісним [176; 177] та методом профільного аналізу [178; 179]. Сутність профільного методу полягає в тому, що складне поняття одного з органолептичних показників (консистенція, смак, запах тощо) представлено у вигляді сукупності складових (дескрипторів), які оцінювали експертами за показниками якості, інтенсивності та порядку проявлення. Для оцінки використовували шкали окремих органолептичних показників у вигляді профільної діаграми. Шкалу органолептичної оцінки ММС до та після теплової обробки ідеальної якості, що відповідає п'яти балам, наведено в табл. 2.13, 2.14.

**Таблиця 2.13 – Шкала органолептичної оцінки ММС до теплової обробки ідеальної якості**

| Показник                        | № дескриптору | Коефіцієнт вагомості дескриптору | Характеристика  | Оцінка в балах |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|
| Зовнішній вигляд                | 1             | 0,1                              | Відповідність форми, розмірам. Форма овальна, овально-приплюснута, товщина 10...17 мм | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Цілісність структури, відсутність розірваних ламаних країв                            | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність злипів, форма не злипла, не zdeформована                                  | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Стан поверхні: чиста, суха  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,3                              | Відсутність крапель жиру та вологи на поверхні  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,5            |
| Консистенція                    | 1             | 0,3                              | Відсутність липкості, розшарування, слизистості                                       | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Щільність   | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Соковитість   | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Відсутність крихкості   | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Однорідність, властива даному виду продукції  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,5            |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1             | 0,4                              | Однорідність структури – рівномірно перемішаний                                       | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Колір – від темно-червоного до світло-рожевого  | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність сірих плям  | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,1                              | Відсутність пустот  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Наявність дрібної пористості  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Запах                           | 1             | 0,3                              | Властивий даному виду продукції   | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Чистий, без сторонніх   | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Збалансований   | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Швидкість вивільнення   | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Загальна                        |               |                                  |   | 5,0            |

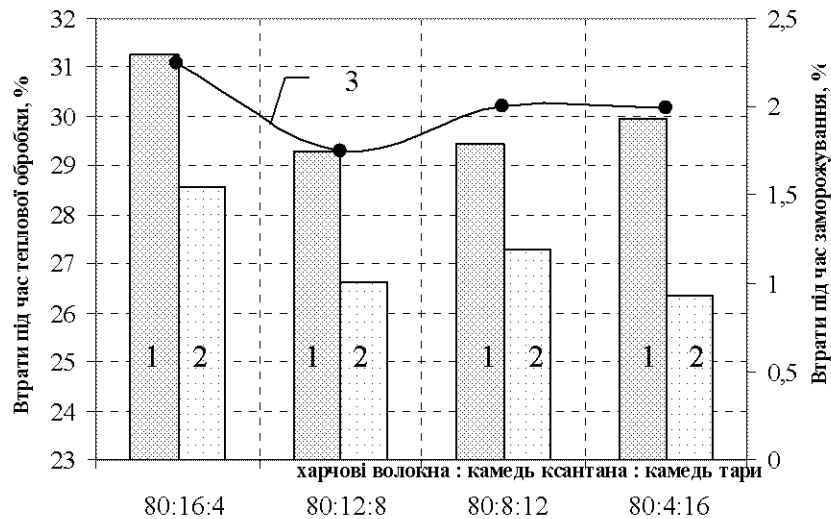
Таблиця 2.14 – Шкала органолептичної оцінки ММС після теплової обробки ідеальної якості

| Показник                        | № дескриптору | Коефіцієнт вагомості дескриптору | Характеристика  | Оцінка в балах |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|
| Зовнішній вигляд                | 1             | 0,1                              | Відповідність форми, розмірам. Форма овальна, овально-приплюснута, товщина 10...17 мм | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Цілісність структури, відсутність розірваних ламаних країв                            | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність злипів, форма не злипла, не здеформована                                  | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Стан поверхні: чиста, суха, рівномірно обсмажена                                      | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,3                              | Відсутність крапель жиру та вологи на поверхні  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Консистенція                    | 1             | 0,3                              | Відсутність розшарування, слизистості   | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Соковитість, ніжність   | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Щільність   | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Відсутність крихкості   | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Однорідність, властива даному виду продукції  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1             | 0,4                              | Однорідність структури – рівномірно перемішаний                                       | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Колір – від темно-червоного до світло-рожевого  | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність сірих плям  | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,1                              | Відсутність пустот  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Наявність дрібної пористості  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Запах                           | 1             | 0,3                              | Властивий даному виду продукції   | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Чистий, без сторонніх   | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Збалансований   | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | Швидкість вивільнення   | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Смак                            | 1             | 0,3                              | Властивий даному виду продукції   | 5,0            |
|                                 | 2             | 0,2                              | Чистий, без стороннього   | 5,0            |
|                                 | 3             | 0,2                              | Збалансований   | 5,0            |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 5,0            |
|                                 | 5             | 0,1                              | В міру солоний  | 5,0            |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 5,0            |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,0            |
| Загальна                        |               |                                  |   | 5,0            |

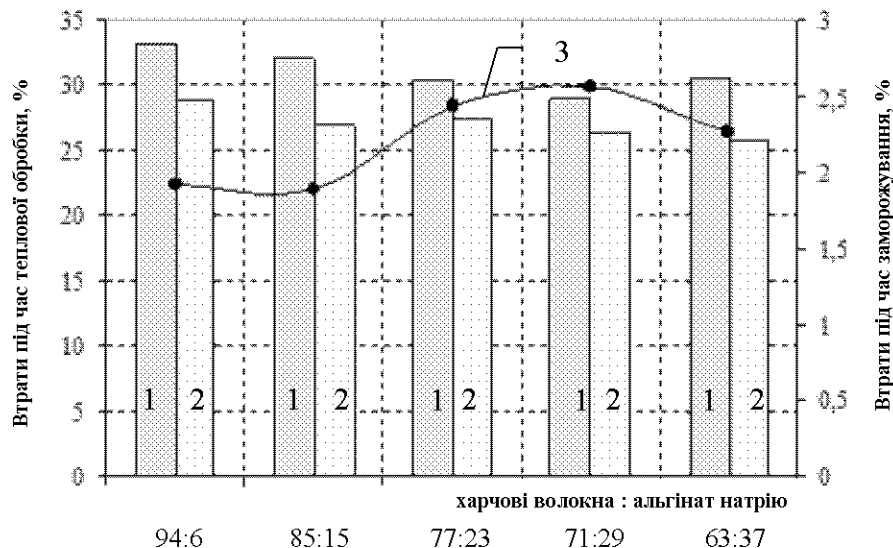
На основі попередніх досліджень обрано два вида сумішей: СКД1, до складу яких входять харчові волокна, камеді ксантана та тари; СКД2 – харчові волокна та альгінат натрію. Враховуючи рекомендовані норми використання та результати дослідження набрякаючої здатності харчових волокон, їх вводили

до складу СКД у кількості не більше 2,0% до маси м'ясної сировини. Ряд проведених додаткових досліджень з визначення оптимальної кількості харчових волокон для СКД2 показав високі результати при їх використанні у кількості не більше 1,7% до маси м'ясної сировини.

Результати втрат маси під час заморожування та теплової обробки ММС з СКД1 та СКД2 представлено на рис. 2.11, 2.12.



**Рисунок 2.11 – Втрати маси ММС з СКД1 під час заморожування та теплової обробки за різного співвідношення харчових волокон, камеді ксантана та камеді тари: 1 – втрати під час теплової обробки (до заморожування); 2 – втрати під час теплової обробки (після заморожування-розморожування); 3 – втрати під час заморожування**



**Рисунок 2.12 – Втрати маси ММС залежно від вмісту СКД2 під час заморожування та теплової обробки за різного співвідношення харчових волокон та альгінату натрію: 1 – втрати під час теплової обробки (до заморожування); 2 – втрати під час теплової обробки (після заморожування-розморожування); 3 – втрати під час заморожування**



Так, за результатами втрат маси під час заморожування (рис. 2.11, 2.12) встановлено, що найменші втрати мають ММС за співвідношенням харчових волокон : камеді ксантана : камеді тари 80:12:8 (СКД1) та харчових волокон : альгілату натрію – 85:15 (СКД2). Їх втрати у 1,1... 1,4 рази менші порівняно з іншими ММС.

Втрати маси під час теплової обробки дозволяють стверджувати про зменшення втрат як до заморожування, так й після заморожування-розморожування усіх ММС при збільшенні вмісту камеді ксантана/камеді тари/альгілату натрію по відношенню до інших компонентів системи.

Крім того, не менш важливими є результати органолептичної оцінки, що стали основоположним критерієм вибору. За їх даними встановлено, що найкращими показниками характеризуються ММС за співвідношенням харчових волокон : камеді ксантана : камеді тари 80:12:8 (СКД1) та харчових волокон : альгілату натрію – 85:15 (СКД2). Вони володіють м'якою, соковитою та однорідною консистенцією; мають цілісний зовнішній вигляд; добре тримають форму; колір, запах та смак притаманні даному виду продукції. Усі інші ММС за більшістю своїх показників не відповідають вимогам, які передбачені ДСТУ 4437-2005 [180]. Вони характеризуються неоднорідною, монолітною, тягучою, занадто м'якою чи щільною консистенцією, не тримають форми, не відповідають за смаком.

## **2.5. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва сумішей кріостабілізуючої дії**

Аналітичні та експериментальні дослідження (розділ 1, підрозділи 2.1–2.4), спрямовані на обґрунтування технологічних параметрів одержання СКД, визначені закономірності впливу заморожування-розморожування на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості ХКД та їх зміни під впливом технологічних чинників дозволили визначити раціональні умови функціонування підсистеми  $C_1$ , які закріплено як рецептурний склад (табл. 2.15) та параметри технологічного процесу виробництва СКД (рис. 2.13).

*Таблиця 2.15 – Рецептурний склад СКД*

| Сировина        | Витрати сировини на 100 кг продукту, кг |       |
|-----------------|---|-------|
|                 | СКД1                                    | СКД2  |
| Камедь ксантана | 12,2                                    | –     |
| Камедь тари     | 8,2                                     | –     |
| Альгілат натрію | –                                       | 15,3  |
| Харчові волокна | 81,6                                    | 86,7  |
| Разом           | 102,0                                   | 102,0 |
| Вихід           | 100,0                                   | 100,0 |

В межах підсистеми  $C_1$  ( $T_1...T_3$  – таксони підсистеми) (як складової системи, функціонування якої спрямовано на одержання НМПЗ, – рис. 2.1)

здійснюються технологічні операції з приймання сировини за якістю та кількістю. Експериментально визначено параметри перемішування інгредієнтів, за яких досягається рівномірне розподілення – тривалість перемішування (15,0...20,0)·60 с, температура перемішування 18±2°С, вологість приміщення не більше 75,0%. На етапі досліджень як контроль забезпечення однорідності суміші обрано в'язкість відновлених систем (за їх вмісту 2,0%).

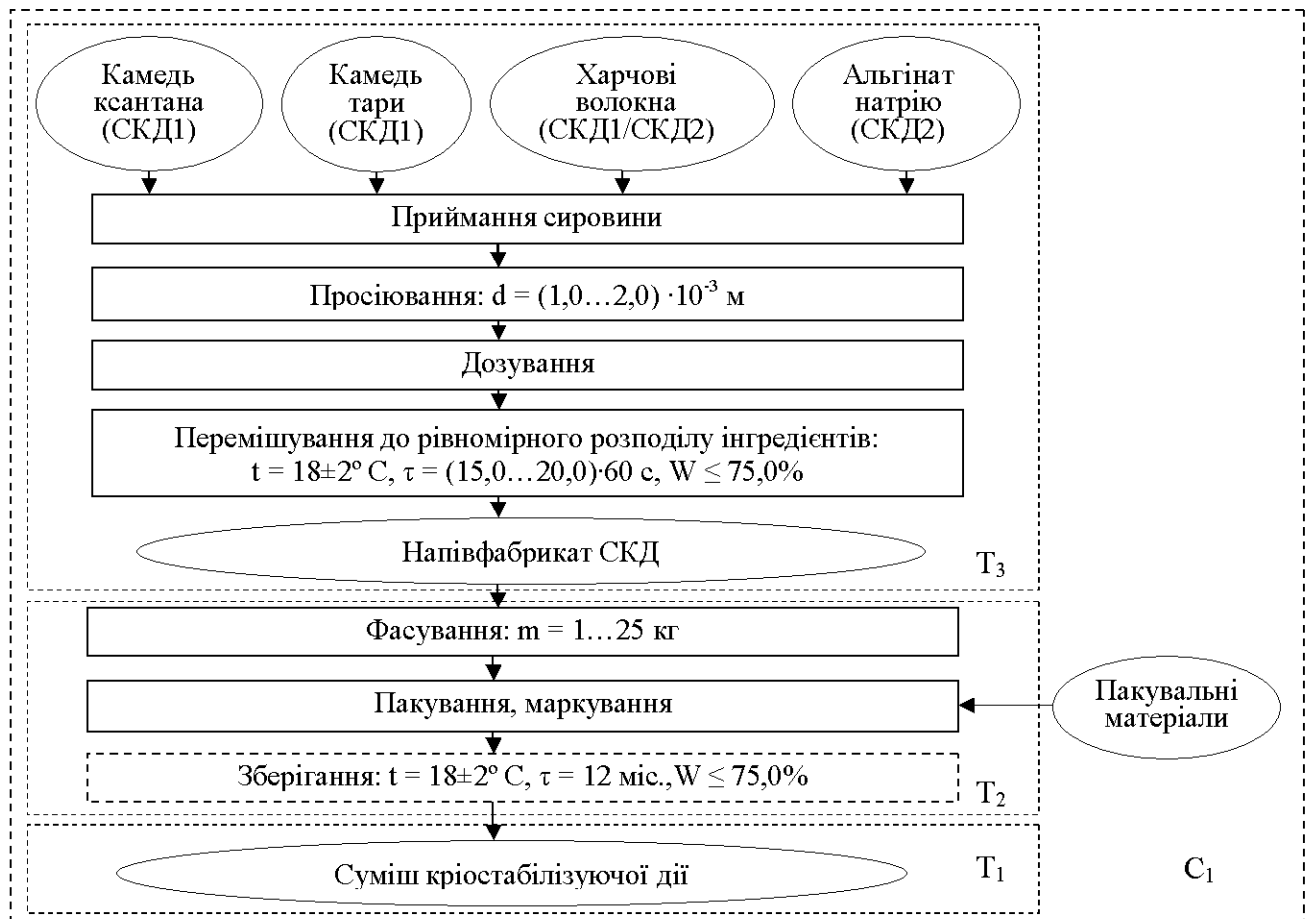


Рисунок 2.13 – Технологічна схема виробництва СКД1

Відповідно до технологічної схеми надалі напівфабрикат СКД підлягає фасуванню масою від 1 до 25 кг залежно від потреб споживачів продукції, пакуванню у тару (4–5-шарові мішки з крафтбумаги, картонні ящики з поліетиленовими мішками-вкладишами, поліетиленові пакети), маркуванню та зберіганню (строки та умови якого обґрунтовано на підставі дослідження змін органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників продукції).

Слід зазначити, що за визначених технологічних параметрів одержання СКД відповідно до обґрунтованого рецептурного складу можна виробляти широкий асортимент СКД, в тому числі «адресного» використання, до складу яких входить сіль кухонна, а також спеції, прянощі – перець чорний мелений, перець чорний духмянний, перець білий мелений, мускатний горіх та інші.

Узагальнено результати дослідження впливу заморожування-розморожування на властивості СКД (табл. 2.16).

Таблиця 2.16 – Узагальнені результати дослідження впливу заморожування-розморожування на властивості сумішей кріостабілізуючої дії

| СКД   | Тривалість набрякання, $\tau \cdot 60^{-1}$ , с | В'язкість, Па·с                   |   | Оборотність в'язкості розчинів ( $k$ )  | Масова частка вимороженої вологи, % | Діапазон льодоутворення ( $\Delta_d$ ), °С | Діапазон плавлення ( $\Delta_n$ ), °С | Середній розмір кристалів льоду, мкм | Рекомендації до використання |
|---|---|-----------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
|   |   | до заморожування ( $\eta_{поч}$ ) | після заморожування-розморожування ( $\eta_{зам}$ ) |   |                                     |  |                                       |                                      |                              |
| СКД1: камедь ксантана, камедь тари, харчові волокна | 15...20   | 0,047                             | 0,058   | 1,2                                     | 86,7                                | 1,8  | 1,3                                   | 175                                  | +                            |
| СКД2: альгінат натрію, харчові волокна              | 20...30   | 0,010                             | 0,012   | 1,2                                     | 88,4                                | 2,6  | 1,5                                   | 190                                  | +                            |
| <b>Критерії вибору</b>                              | <b><math>\leq 40</math></b>                     |                                   |   | <b><math>1,0 \leq k \leq 1,5</math></b> | <b><math>\leq 90</math></b>         |  |                                       | <b><math>\leq 200</math></b>         |                              |
| Примітка: «+» рекомендовано                         |   |                                   |   |   |                                     |  |                                       |                                      |                              |

Доведено, що СКД після заморожування-розморожування характеризуються наступними функціонально-технологічними властивостями:

– для СКД1 характерна тривалість набрякання протягом (15...20)·60 с, оборотність в'язкості розчинів складає 1,2, масова частка вимороженої вологи – 86,7%, середній розмір кристалів льоду – 175 мкм;

– для СКД2 характерна тривалість набрякання протягом (20...30)·60 с, оборотність в'язкості розчинів складає 1,2, масова частка вимороженої вологи – 88,4%, середній розмір кристалів льоду – 190 мкм.

Одержані дані відповідають вимогам до використання СКД у складі НМПЗ.

Досліджено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та токсикологічні показниками СКД (на прикладі СКД1 – табл. 2.17–2.21) та їх зміни під час зберігання. Встановлено, що за органолептичними показниками СКД1 характеризується стабільними показниками протягом 12 місяців зберігання та відповідає вимогам, які зазначено в табл. 2.17.

*Таблиця 2.17 – Органолептичні показники СКД1*

| Показник                        | Характеристика   |
|---------------------------------|--|
| Зовнішній вигляд і консистенція | Дрібний або дрібно зернистий сухий порошок. Допускається наявність комочків, що легко розсипаються |
| Колір                           | Від світло-жовтого до темно-кремового, однорідний за всім об'ємом                                  |
| Запах і смак                    | Нейтральний, чистий, без сторонніх   |

Аналізуючи дані табл. 2.18, слід зазначити, що у складі СКД1 міститься до 10,0% вологи та 30,0% мінеральних речовин. З огляду на одержані дані проведено дослідження мінерального складу СКД1. Визначено, що зольний залишок представлений як макро-, так і мікроелементами. Слід відзначити, що розроблена СКД1 є джерелом макроелементів – кальцію (61,72%), калію (15,55%) та мікроелементів — хрому (7,47%), заліза (1,49%).

Крім того, за рахунок вмісту харчових волокон у складі СКД вони відіграють фізіологічну роль у харчуванні людини: впливають на обмінні процеси в організмі, функціонування систем та внутрішніх органів, надають стимулюючу дію на перистальтику кишечника, живлячи його корисну мікрофлору.

*Таблиця 2.18 – Фізико-хімічні показники СКД1 (n=3, P=0,95)*

| Показник                            | Вміст, % |
|-------------------------------------|----------|
| Масова частка вологи                | 10,0     |
| Масова частка золи на суху речовину | 30,0     |

Досліджено мікробіологічні показники свіжевикотовленої СКД1, а також зі строком зберігання 3, 6, 12 місяців (табл. 2.19). За результатами дослідження мікробіологічних показників протягом визначеного строку зберігання встановлено, що патогенні мікроорганізми та бактерії групи кишкової палички не ідентифіковано в 25 та 1 г СКД1 відповідно, а кількість МАФАНМ та плісневих грибів склали  $3,6 \times 10^2$  та  $(2,0 \dots 3,0) \times 10$  в 1 г, що не перевищує встановлених норм.

Таблиця 2.19 – Мікробіологічні показники СКД1 (n=3, P=0,95)

| Показник  | Норма             | Фактичні значення     |                     |                      |                       |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
|   |                   | Свіжевикотовлена СКД1 | 3 місяця зберігання | 6 місяців зберігання | 12 місяців зберігання |
| Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), не допускаються, г                                 | 0,1               | не виявлено           |                     |                      |                       |
| Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г не більше | $5,0 \times 10^4$ | $3,6 \times 10^2$     | $3,6 \times 10^2$   | $3,6 \times 10^2$    | $3,6 \times 10^2$     |
| Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г                               | не допускаються   | не виявлено           |                     |                      |                       |
| Кількість плісневих грибів, КУО в 1 г, не більше  | $1,0 \times 10^2$ | $2 \times 10$         | $2 \times 10$       | $3 \times 10$        | $3 \times 10$         |

Аналізуючи одержані дані, можна зробити висновок, що мікробіологічні показники СКД1 відповідають вимогам чинного законодавства України.

Результати токсикологічних досліджень СКД1 наведено в таблиці 2.20. Порівняльний аналіз допустимого вмісту солей важких металів з фактичним дозволяє стверджувати, СКД1 відповідає вимогам чинного в Україні законодавства щодо регламентування важких металів та мікотоксинів. Вміст пестицидів не перевищує норм, зазначених в ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000.

Таблиця 2.20 – Вміст токсичних елементів у СКД1 (n=3, P=0,95)

| Найменування | Допустимі рівні, мг/кг, не більш | Фактичні значення, мг/кг |
|--------------|----------------------------------|--------------------------|
| Свинець      | 10,0                             | 2,0                      |
| Кадмій       | 2,0                              | 1,0                      |
| Миш'як       | 2,0                              | 0,5                      |
| Ртуть        | 0,2                              | не виявлено              |
| Мідь         | 30,0                             | 12,0                     |
| Цинк         | 200,0                            | 110,0                    |

Вміст радіонуклідів у СКД1 не перевищує допустимі рівні, встановлені ГН 6.6.1.1-130 (табл. 2.21) [181].

*Таблиця 2.21 – Вміст радіонуклідів у СКД1 (n=3, P=0,95)*

| <b>Показник</b>   | <b>Допустимі рівні, Бк/кг,<br/>не більш</b> | <b>Фактичні значення,<br/>Бк/кг</b> |
|-------------------|---|-------------------------------------|
| <sup>137</sup> Cs | 150,0                                       | 100,0                               |
| <sup>90</sup> Sr  | 50,0  | 10,0                                |

Аналізуючі дані табл. 2.17–2.21, слід зазначити, що СКД відповідають вимогам інноваційного задуму нового продукту, являються сумішами тривалого зберігання, простого використання. Одержані дані дозволяють стверджувати, що за мікробіологічними та токсикологічними показниками СКД повністю відповідають вимогам ГН 6.6.1.1-130 [181].

Таким чином, показники якості та безпечності СКД підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів. Результати дослідження покладено в основу технічних умов 10.8-01566330-294:2014 «Суміші кріопротекторні «KrioMeat» («КріоМит»»).

## РОЗДІЛ 3

# НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПВФАБРИКАТИВ М'ЯСНИХ ПОСЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУМІШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ

### 3.1. Дослідження впливу заморожування-розморожування на функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії

Оскільки структура фаршевих систем формується в результаті руйнування нативної структури м'яса з утворенням нової вторинної структури, важливим є встановити вплив СКД на ключові функціонально-технологічні властивості (ФТВ) ММС до заморожування та після заморожування-розморожування: вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ), втрати маси під час заморожування та теплової обробки.

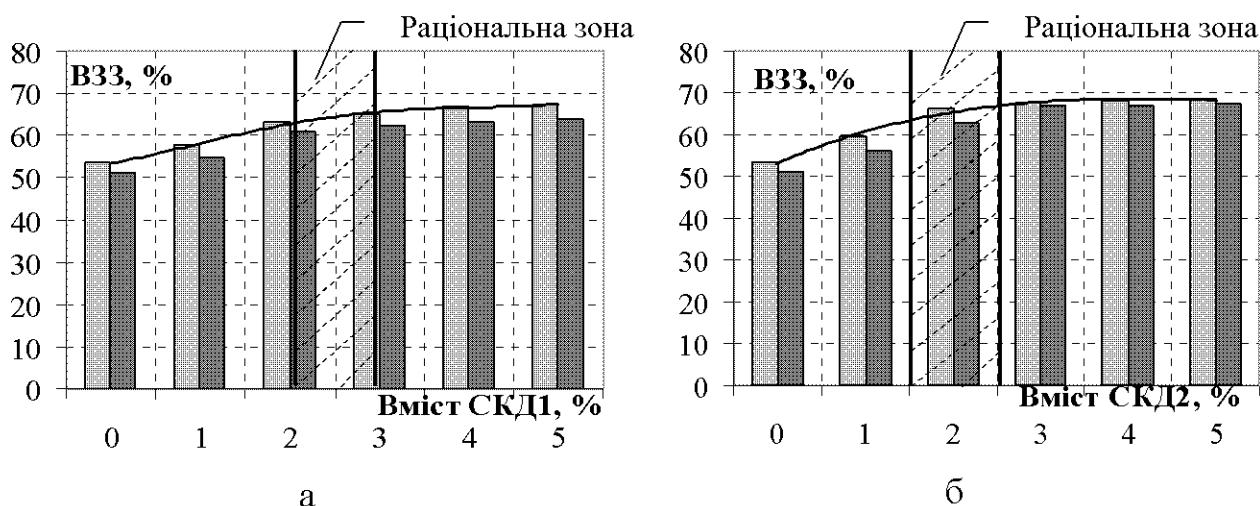
Як досліджувані зразки обрано ММС з вмістом СКД1 чи СКД2 1...5% до маси м'ясної сировини; контрольний зразок – ММС без використання СКД. ММС одержували шляхом подрібнення м'яса яловичини на м'ясорубці з діаметром отворів решітки  $(2...5) \cdot 10^{-3}$  м; ММС з СКД одержували шляхом додавання води питної та СКД в попередньо подрібнене м'ясо, перемішуванням до однорідної маси та витримкою системи протягом 30-60 с.

ВЗЗ ММС за різного вмісту та виду СКД до заморожування та після заморожування-розморожування визначали методом пресування [182], втрати маси під час заморожування та теплової обробки – ваговим методом [175].

За результатами дослідження ВЗЗ ММС за різного вмісту та виду СКД до заморожування та після заморожування-розморожування (рис. 3.1) встановлено загальну тенденцію збільшення ВЗЗ із підвищенням масової частки СКД, однак їх абсолютні значення різні. ММС з СКД до заморожування характеризуються збільшенням ВЗЗ у 1,1...1,3 рази порівняно з контрольним зразком.

Визначено, що ВЗЗ м'ясних модельних систем після заморожування-розморожування зменшується (для СКД1 – на 2,5...3,0%, для СКД2 – на 2,3...3,5%), але порівняно з контрольним зразком їх ВЗЗ є більшою у 1,2...1,3 рази.

Одержані експериментальні дані дозволяють визначити раціональний вміст СКД1 2,0...3,0% та СКД2 1,5...2,5% у складі ММС, за якого встановлено достатньо високе значення показника ВЗЗ – 60,8...65,1% для СКД1 та 62,6...66,3% для СКД2. Подальше збільшення вмісту СКД в системі характеризується менш стрімким його збільшенням; система набуває липкості, погано формується.



**Рисунок 3.1 – Вологозв’язуюча здатність ММС за різного вмісту СКД1 (а) та СКД2 (б):** □ – до заморожування; ■ – після заморожування-розморозжування

Втрати маси ММС під час заморожування зменшуються при збільшенні вмісту СКД. Так, втрати маси ММС, що містить СКД1 та СКД2 у кількості 2% (входить в раціональний інтервал концентрацій), становлять 1,7 та 1,8% відповідно, а втрати контрольного зразка – 2,7% (табл. 3.1). В цілому, для ММС з додаванням СКД характерне зменшення втрат маси в 1,3...2,4 рази (для СКД1) та 1,3...2,2 рази (для СКД2) порівняно з контрольним зразком.

Відомо, що В33 визначає такі органолептичні показники продуктів, як соковитість та ніжність, а також впливає на втрати маси під час теплової обробки. Можна припустити, що ММС з використанням СКД1 чи СКД2 будуть відрізнятися більш соковитою консистенцією та меншими втратами під час теплової обробки порівняно з контрольним зразком.

**Таблиця 3.1 – Втрати маси ММС за різного вмісту СКД (n=3, P=0,95)**

| Показник  | Вміст СКД, %        |                     |                     |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | 0                   | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   |
| Втрати маси під час заморожування, %                                      | <u>2,7</u><br>2,7   | <u>2,0</u><br>2,1   | <u>1,7</u><br>1,8   | <u>1,5</u><br>1,6   | <u>1,2</u><br>1,5   | <u>1,1</u><br>1,3   |
| Втрати маси під час теплової обробки, %                                   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| - до заморожування  | <u>32,6</u><br>32,6 | <u>28,3</u><br>29,1 | <u>27,0</u><br>27,6 | <u>24,1</u><br>25,1 | <u>21,7</u><br>22,3 | <u>18,6</u><br>20,9 |
| - після заморожування-розморозжування                                     | <u>33,4</u><br>33,4 | <u>29,9</u><br>30,6 | <u>28,1</u><br>29,4 | <u>25,0</u><br>26,6 | <u>22,3</u><br>23,7 | <u>19,0</u><br>22,0 |
| Примітка: над рискою наведено втрати маси ММС з СКД1; під рискою – з СКД2 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |

Підтвердженням даного припущення стали результати визначення втрат маси під час теплової обробки ММС (табл. 3.1). Встановлено, що до заморожування втрати маси під час теплової обробки контрольного зразка



становлять 32,6%, тоді як для ММС з вмістом СКД 2% – 27,0% (СКД1) та 27,6% (СКД2), що менше, ніж контрольний зразок, на 5,6 та 5,0% відповідно. Втрати маси під час теплової обробки до заморожування зі збільшенням вмісту СКД зменшуються порівняно з контрольним зразком в 1,1...1,7 рази для ММС з СКД1 та в 1,1...1,5 рази для ММС з СКД2.

Після заморожування-розморожування встановлено зменшення втрат при збільшенні вмісту СКД у складі ММС. Втрати маси ММС з додаванням СКД1 та СКД2 під час теплової обробки після заморожування менші у 1,1...1,2 рази, ніж у контрольного зразка, що підтверджує позитивний вплив СКД.

Таким чином, отримані експериментальні дані дозволяють стверджувати, що додавання СКД1 та СКД2 до складу ММС позитивно впливає на ВЗЗ, зменшує втрати маси під час заморожування та теплової обробки до заморожування та після заморожування-розморожування.

Вплив СКД на структурно-механічні властивості визначали шляхом вивчення показників ГНЗ (рис. 3.2) на пенетрометрі «Labor» за методикою [170; 183]. Вимірювання глибини проникнення конусу приладу у товщу зразка проводили за тривалості проникнення 5 с. Показник граничної напруги зсуву незруйнованої структури ( $Q_o$ , Па) розраховували за формулою Ребіндера:

$$Q_o = k \frac{m \cdot g}{h^2}, \quad (3.1)$$

де  $k$  – константа індентора, що залежить від кута  $\alpha$  при вершині ( $\alpha=45^\circ$ ,  $k=0,286$ );

$m$  – маса індентора та стержня приладу, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – глибина занурювання індентора, м.

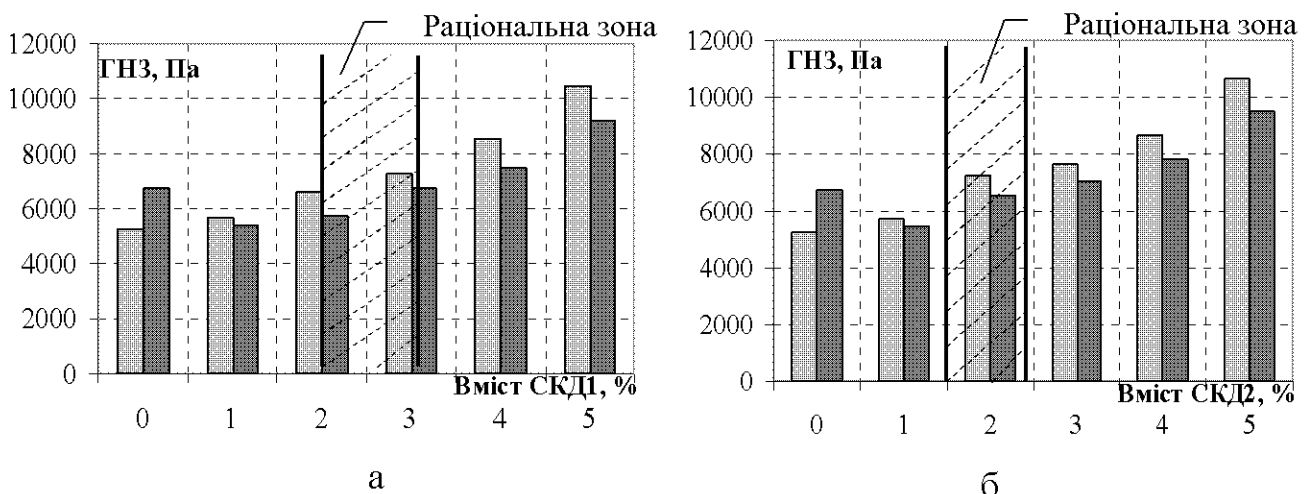


Рисунок 3.2 – Показники ГНЗ ММС за різного вмісту СКД1 (а) та СКД2 (б):

■ – до заморожування; ■ – після заморожування-розморожування

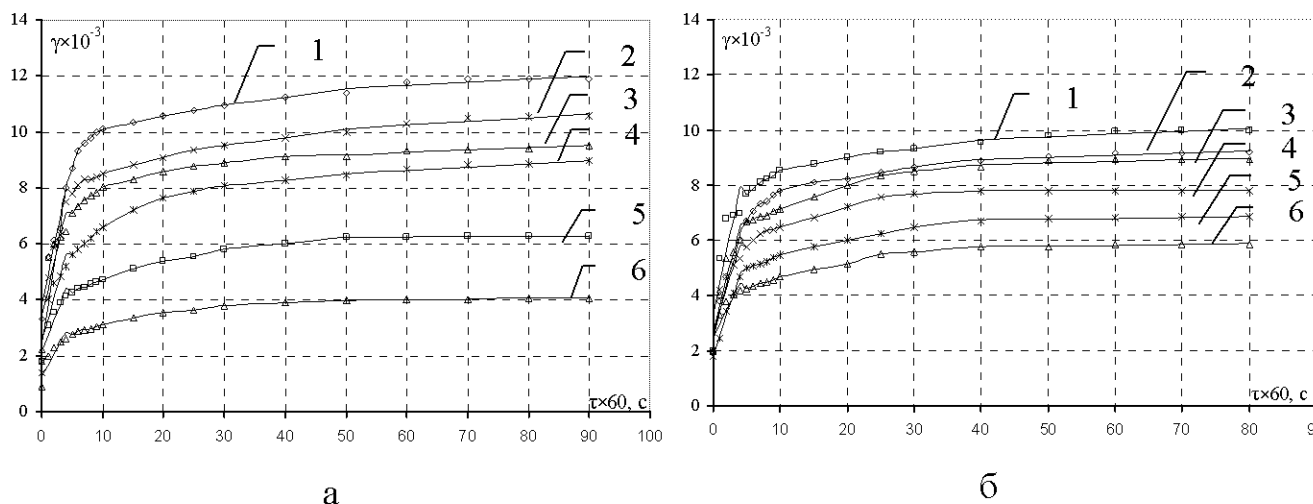
Результати дослідження свідчать, що після заморожування-розморожування відбувається зниження значення ГНЗ у всіх досліджувальних зразках, окрім контрольного. Напевно, це пояснюється тим, що у контрольному зразку при

заморожуванні та наступному розморожуванні втрачається більша кількість вологи, змінюється конформація білків, внаслідок чого система стає більш жорсткою. ММС, що містять СКД, внаслідок кращого зв'язування вологи мають більший її вміст й тим самим, ймовірно, характеризуються більш ніжною консистенцією.

Аналіз даних рис. 3.2 дозволяє стверджувати, що для всіх ММС, які містять СКД, характерні загальні тенденції: до заморожування та після заморожування-розморожування збільшення ГНЗ при збільшенні вмісту СКД та зменшення ГНЗ після заморожування-розморожування, але їх абсолютні значення різні. Так, для ММС з СКД1 спостерігається збільшення ГНЗ у 1,2...2,0 рази (до заморожування) та 1,1...1,4 рази (після заморожування); для ММС з СКД2 – у 1,3...2,0 рази (до заморожування) та 1,2...1,4 рази (після заморожування).

На підставі дослідження ГНЗ ММС до заморожування та після замороження-розморожування доведено, що СКД забезпечує більш соковиту консистенцію, а за вмісту СКД1 2...3% та СКД2 1,5...2,5% встановлено значення ГНЗ, за яких досліджувальні ММС характеризуються високими органолептичними показниками.

Для комплексної оцінки структурно-механічних характеристик ММС досліджено їх деформаційну поведінку під впливом зсувних зусиль на плоско-паралельному еластопластометрі Толстого [170]. За експериментальними даними побудовано залежності відносної деформації ММС з різним вмістом СКД від часу дії напруги  $\gamma=f(t)$  (рис. 3.3–3.4). Найважливіші зсувні характеристики ММС з СКД наведено в табл. 3.2–3.3.



**Рисунок 3.3 – Динаміка розвитку деформації ММС до заморожування (а) та після заморожування-розморожування (б) за різного вмісту СКД1, %:**  
**1 – 0 (контрольний зразок); 2 – 1; 3 – 2; 4 – 3; 5 – 4; 6 – 5**

Аналіз динаміки розвитку деформації ММС за різного вмісту СКД1 (рис. 3.3) показав, що з підвищенням вмісту СКД1 величина загальної, зворотної та незворотної деформацій зменшується. Так, зі збільшенням масової частки СКД від 1 до 5% (табл. 3.2, 3.3) загальна, зворотна та незворотна

деформації зменшуються для СКД1 – у 1,1...2,6; 1,1...2,4 та 1,2...10,9 рази відповідно, для СКД2 – у 1,2...2,6; 1,2...2,7 та 1,4...2,3 рази відповідно.

При визначенні впливу заморожування-розморожування на ці показники спостерігається при вмісті СКД1 до 3% зменшення у 1,1 рази (загальна та зворотна деформації) та у 1,7...2,4 рази (незворотна деформація); за вмісту від 4% СКД1 величина загальної, зворотної та незворотної деформацій збільшується у 1,1...1,5 та 1,2...2,7 рази відповідно.

У ММС з вмістом СКД1 до 3% після заморожування-розморожування спостерігається підвищення відношення зворотної деформації до загальної від 0,91 до 0,96, що свідчить про деяке зниження показника пластичності ММС.

**Таблиця 3.2 – Зведені дані структурно-механічних показників ММС до заморожування та після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД1 (n=3, P=0,95)**

| Позн.             | Показник   | Вміст СКД1, %                          |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|
|                   |  | 0                                      | 1                                      | 2                                      | 3                                      | 4                                      | 5                                      |
| $\gamma_{зв.}$    | Зворотна деформація, $10^{-3}$                                     | <u>11,97</u>                           | <u>9,45</u>                            | <u>8,74</u>                            | <u>7,92</u>                            | <u>6,19</u>                            | <u>3,87</u>                            |
|                   |  | 9,20                                   | 8,65                                   | 8,49                                   | 7,40                                   | 6,58                                   | 5,52                                   |
| $\gamma_{нез.}$   | Незворотна деформація, $10^{-3}$                                   | <u>1,02</u>                            | <u>0,98</u>                            | <u>0,85</u>                            | <u>0,78</u>                            | <u>0,20</u>                            | <u>0,09</u>                            |
|                   |  | 0,86                                   | 0,59                                   | 0,50                                   | 0,32                                   | 0,30                                   | 0,24                                   |
| $\gamma_{заг.}$   | Загальна деформація, $10^{-3}$                                     | <u>11,99</u>                           | <u>10,43</u>                           | <u>9,59</u>                            | <u>8,70</u>                            | <u>6,39</u>                            | <u>3,96</u>                            |
|                   |  | 10,06                                  | 9,24                                   | 8,99                                   | 7,72                                   | 6,88                                   | 5,76                                   |
| $\tau$            | Напруження зсуву, Па   | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 |
| $I$               | Податливість, $\text{Па}^{-1}$                                     | <u><math>3,84 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>3,16 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>2,91 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>2,75 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>1,92 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>1,24 \cdot 10^{-3}</math></u> |
|                   |  | $3,63 \cdot 10^{-3}$                   | $2,83 \cdot 10^{-3}$                   | $2,75 \cdot 10^{-3}$                   | $2,39 \cdot 10^{-3}$                   | $2,10 \cdot 10^{-3}$                   | $1,80 \cdot 10^{-3}$                   |
| $G_{пр.}$         | Умовно миттєвий модуль пружності, Па                               | <u>943,27</u>                          | <u>992,91</u>                          | <u>1273,36</u>                         | <u>1340,16</u>                         | <u>1501,53</u>                         | <u>2563,59</u>                         |
|                   |  | 1226,25                                | 1247,03                                | 1330,47                                | 1357,73                                | 1377,81                                | 1816,67                                |
| $G_{ел.}$         | Високоеластичний модуль (Па)                                       | <u>458,84</u>                          | <u>466,81</u>                          | <u>610,76</u>                          | <u>619,58</u>                          | <u>814,11</u>                          | <u>1262,01</u>                         |
|                   |  | 426,85                                 | 553,40                                 | 622,64                                 | 631,98                                 | 984,42                                 | 1319,75                                |
| $\eta^*_{\sigma}$ | Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$                    | <u><math>1,48 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>1,66 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>1,73 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>2,26 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>8,83 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>19,6 \cdot 10^7</math></u>    |
|                   |  | $1,82 \cdot 10^7$                      | $2,68 \cdot 10^7$                      | $3,15 \cdot 10^7$                      | $4,91 \cdot 10^7$                      | $5,19 \cdot 10^8$                      | $17,7 \cdot 10^8$                      |
| $K$               | Відношення деформації зворотної до загальної                       | <u>0,91</u>                            | <u>0,91</u>                            | <u>0,91</u>                            | <u>0,91</u>                            | <u>0,97</u>                            | <u>0,98</u>                            |
|                   |  | 0,91                                   | 0,94                                   | 0,94                                   | 0,96                                   | 0,97                                   | 0,96                                   |
| $\eta_{пр}$       | В'язкість пружної післядії, $10^{-4}$ , $\text{Па} \cdot \text{с}$ | <u>17,04</u>                           | <u>20,48</u>                           | <u>21,53</u>                           | <u>25,75</u>                           | <u>35,46</u>                           | <u>50,02</u>                           |
|                   |  | 14,32                                  | 18,99                                  | 20,77                                  | 24,53                                  | 26,36                                  | 39,42                                  |

Примітка: над ризикою наведено дані ММС до заморожування; під ризикою – ММС після заморожування-розморожування.

Визначено, що під час прикладання деформуючого навантаження відбувається миттєва деформація ММС, у той час як еластична та пластична деформації розвиваються повільно. За даними табл. 3.2. показники податливості ММС залежно від масової частки СКД1 за впливом заморожування-розморожування зменшуються для ММС до 3% СКД1 (подальше збільшення вмісту СКД1 призводить до збільшення податливості ММС у 1,1...1,5 рази). Найбільш суттєве зменшення податливості в результаті впливу заморожування-розморожування – від  $2,75 \cdot 10^{-3}$  до  $2,39 \cdot 10^{-3}$   $\text{Па}^{-1}$

(у 1,2 рази) спостерігається для ММС при вмісті СКД1 3%. Це пов'язано зі зміною зсувних та об'ємних властивостей продукту, підвищенням міцності, збільшенням внутрішньої взаємодії часточек м'ясної системи у присутності СКД1.

Показники умовно миттєвого модуля пружності ММС при підвищенні вмісту СКД1 зростають. Їх значення за концентрації 5% СКД1 становлять 2563,59 Па (контрольний зразок – 943,27 Па) для ММС до заморожування та 1816,67 Па (контрольний зразок – 1226,25 Па) для ММС після заморожування-розморожування. Дане збільшення є свідченням утворення структури, яка характеризується міцністю та не так швидко, як контрольний зразок, змінюється під впливом деформуючої сили. При порівняльному аналізі ММС до заморожування та після заморожування-розморожування спостерігається збільшення даного показника при вмісті СКД до 3% (у 1,1...1,3 разів) та зменшення з подальшим збільшенням вмісту СКД1.

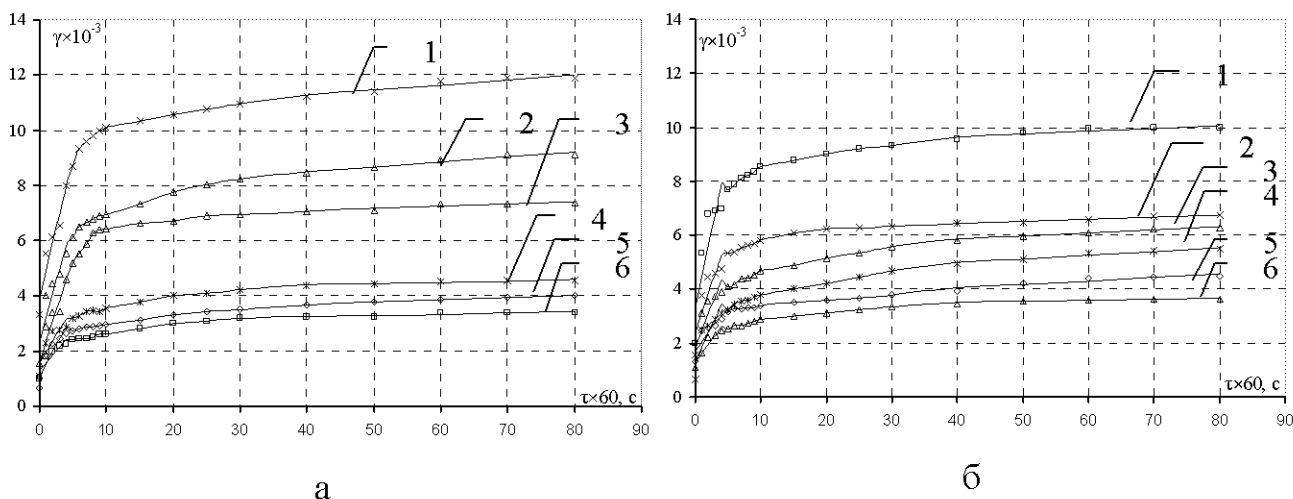
При використанні СКД1 у складі ММС до 3% значення в'язкості пружної післядії до заморожування зростає з підвищенням вмісту суміші, заморожування-розморожування призводить до її зменшення у 1,1...1,3 рази (для контрольного зразка – у 1,2 рази).

Миттєва та високоеластична деформації є зворотними. Високоеластична деформація характеризує пружну деформацію, яка зникає впродовж деякого часу після зняття напруги. З підвищенням вмісту СКД1 ММС стає більш еластичною – значення показників високоеластичного модуля після заморожування-розморожування зростає – від  $553,40 \cdot 10^3$  до  $1319,75 \cdot 10^3$  Па. Відповідно при високих концентраціях СКД1 система є занадто еластичною, що негативно впливатиме на органолептичні показники (зменшення ніжності). Виходячи з даного ствердження, оптимальне значення показника високоеластичного модуля становить  $631,98 \cdot 10^3$  Па (ММС з вмістом СКД1 до 3%).

Після заморожування-розморожування з підвищенням масової частки СКД1 у ММС до 3% спостерігається збільшення пластичної в'язкості системи у 1,6...2,7 рази, що свідчить про підвищення релаксаційної в'язкості ММС.

Дослідження впливу заморожування-розморожування на показники деформацій ММС з СКД2 (рис. 3.4, табл. 3.3) показали, за вмісту суміші до 2%, зменшення загальної деформації у 1,2...1,5 рази, зворотної – у 1,2...1,3 рази та незворотної – у 1,1...1,2 рази. З подальшим підвищенням вмісту СКД2 у ММС встановлено збільшення даних показників у 1,1 рази (загальна та зворотна деформації) та 1,1...1,2 рази (незворотна деформація).

Заморожування-розморожування призводить до зменшення відношення зворотної деформації до загальної. Так, для ММС з вмістом СКД2 до 5% значення цього показника становлять від 0,88 до 0,91 (до заморожування) та від 0,87 до 0,88 (після заморожування-розморожування), що свідчить про деяке підвищення показника пластичності ММС.



**Рисунок 3.4 – Динаміка розвитку деформації ММС до заморожування (а) та після заморожування-розморожування (б) за різного вмісту СКД2, %: 1 – 0 (контрольний зразок); 2 – 1; 3 – 2; 4 – 3; 5 – 4; 6 – 5**

**Таблиця 3.3 – Зведені дані структурно-механічних показників ММС до заморожування та після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД2 (n=3, P=0,95)**

| Позн.            | Показник   | Вміст СКД2, %                          |  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|
|                  |  | 0                                      | 1                                      | 2                                      | 3                                      | 4                                      | 5                                      |
| $\gamma_{зв.}$   | Зворотна деформація, $10^{-3}$                                   | <u>10,97</u>                           | <u>8,13</u>                            | <u>6,74</u>                            | <u>4,21</u>                            | <u>3,36</u>                            | <u>3,02</u>                            |
|                  |  | 9,20                                   | 6,12                                   | 5,48                                   | 4,33                                   | 3,58                                   | 3,32                                   |
| $\gamma_{нез.}$  | Незворотна деформація, $10^{-3}$                                 | <u>1,02</u>                            | <u>0,98</u>                            | <u>0,68</u>                            | <u>0,52</u>                            | <u>0,46</u>                            | <u>0,42</u>                            |
|                  |  | 0,86                                   | 0,82                                   | 0,65                                   | 0,62                                   | 0,54                                   | 0,47                                   |
| $\gamma_{заг.}$  | Загальна деформація, $10^{-3}$                                   | <u>11,99</u>                           | <u>9,11</u>                            | <u>7,42</u>                            | <u>4,73</u>                            | <u>3,82</u>                            | <u>3,44</u>                            |
|                  |  | 10,06                                  | 6,94                                   | 6,13                                   | 4,95                                   | 4,12                                   | 3,79                                   |
| $\tau$           | Напруження зсуву, Па   | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 | 130,80                                 |
| $I$              | Податливість, $\text{Па}^{-1}$                                   | <u><math>3,84 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>2,82 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>2,27 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>1,40 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>1,23 \cdot 10^{-3}</math></u> | <u><math>1,05 \cdot 10^{-3}</math></u> |
|                  |  | $3,63 \cdot 10^{-3}$                   | $2,07 \cdot 10^{-3}$                   | $1,93 \cdot 10^{-3}$                   | $1,69 \cdot 10^{-3}$                   | $1,39 \cdot 10^{-3}$                   | $1,12 \cdot 10^{-3}$                   |
| $G_{пр.}$        | Умовно миттєвий модуль пружності, Па                             | <u>943,27</u>                          | <u>1414,90</u>                         | <u>2072,54</u>                         | <u>2108,17</u>                         | <u>2578,86</u>                         | <u>3065,63</u>                         |
|                  |  | 1226,25                                | 1372,67                                | 1772,89                                | 1911,04                                | 2485,64                                | 2572,55                                |
| $G_{ел.}$        | Вискоеластичний модуль (Па)                                      | <u>458,84</u>                          | <u>597,20</u>                          | <u>633,72</u>                          | <u>1230,35</u>                         | <u>1428,64</u>                         | <u>1866,44</u>                         |
|                  |  | 426,85                                 | 875,89                                 | 932,51                                 | 1358,63                                | 1599,46                                | 1886,54                                |
| $\eta^*_{\circ}$ | Пластична в'язкість, $\text{Па} \times \text{с}$                 | <u><math>1,48 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>1,75 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>2,32 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>2,39 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>3,77 \cdot 10^7</math></u>    | <u><math>4,20 \cdot 10^7</math></u>    |
|                  |  | $1,62 \cdot 10^7$                      | $1,71 \cdot 10^7$                      | $1,96 \cdot 10^7$                      | $2,45 \cdot 10^7$                      | $3,84 \cdot 10^7$                      | $4,41 \cdot 10^7$                      |
| $K$              | Відношення деформації зворотної до загальної                     | <u>0,91</u>                            | <u>0,89</u>                            | <u>0,91</u>                            | <u>0,89</u>                            | <u>0,88</u>                            | <u>0,88</u>                            |
|                  |  | 0,91                                   | 0,88                                   | 0,87                                   | 0,87                                   | 0,87                                   | 0,88                                   |
| $\eta_{пр}$      | В'язкість пружної післядії, $10^{-4}, \text{Па} \times \text{с}$ | <u>17,04</u>                           | <u>22,35</u>                           | <u>26,12</u>                           | <u>42,86</u>                           | <u>48,78</u>                           | <u>57,19</u>                           |
|                  |  | 14,32                                  | 21,21                                  | 24,65                                  | 37,25                                  | 58,47                                  | 58,86                                  |

Примітка: над рискою наведено дані ММС до заморожування; під рискою – ММС після заморожування-розморожування.

Встановлено, що показники податливості ММС після заморожування-розморожування за масової частки СКД2 до 2% зменшуються у 1,2...1,4 рази; за вмісту суміші від 3% – збільшуються у 1,1...1,2 рази (табл. 3.3).

З підвищенням вмісту СКД2 у ММС значення умовно миттєвого модуля пружності зростають. При масовій частки СКД2 5% його значення становлять 3065,63 Па (контрольний зразок – 943,27 Па) до заморожування та 2572,55 Па (контрольний зразок – 1226,25 Па) після заморожування-розморожування.

При використанні СКД2 в ММС значення в'язкості пружної післядії зростає для всіх систем з підвищенням вмісту суміші, однак заморожування-розморожування призводить до зменшення в'язкості пружної післядії за вмісту СКД2 до 3% у 1,1...1,2 рази.

З підвищенням концентрації СКД2 значення показників високоеластичного модуля після заморожування-розморожування зростають від  $875,89 \cdot 10^3$  до  $1886,54 \cdot 10^3$  Па, що є у 1,1...1,5 рази більше порівняно з ММС до заморожування, та свідчить про збільшення еластичності ММС. Таке високе збільшення еластичності ММС може призвести до зменшення ніжності виробів, тому оптимальне значення показника високоеластичного модуля є  $932,51 \cdot 10^3$  Па за вмісту СКД2 до 2%.

Для ММС з вмістом СКД2 до 2% після заморожування-розморожування, спостерігається зменшення пластичної в'язкості (у 1,1...1,2 рази).

Отже, в цілому заморожування-розморожування призводить до зміни реологічних показників ММС, а використання в їх складі СКД дає можливість регулювати в широких межах їх реологічні, й, відповідно, органолептичні властивості. Використання СКД знижує пластичність, підвищує міцність та еластичність м'ясних систем. Комплексна оцінка структурно-механічних показників дозволила визначити граничний вміст використання СКД у складі ММС – 2,0...3,0% (СКД1) та 1,5...2,5% (СКД2).

У розробці нової рецептури та технології суттєвим показником, що характеризує їх технологічну та економічну ефективність, є споживні властивості та органолептичні показники продукції, дослідження яких проводили згідно з [176–179].

Результати органолептичної оцінки ММС після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД1 та СКД2 наведено у табл. 3.4, 3.5 та у вигляді профілів – рис. 3.5. При проведенні органолептичної оцінки ММС з СКД найбільші оцінки одержали системи з вмістом СКД1 2,0...3,0%, СКД2 – 2,0%. Контрольний зразок, ММС з СКД1 1,0% та з СКД2 1,0%, 3,0% не відповідали за показниками зовнішнього вигляду, консистенції та вигляду на розрізі – мали відокремлену вологу, неоднорідність, щільність тощо; ММС з вмістом 4,0 та 5,0% обох СКД – щільну несоковиту консистенцію високої липкості, неоднорідність вигляді на розрізі, низький рівень вивільнення запаху.

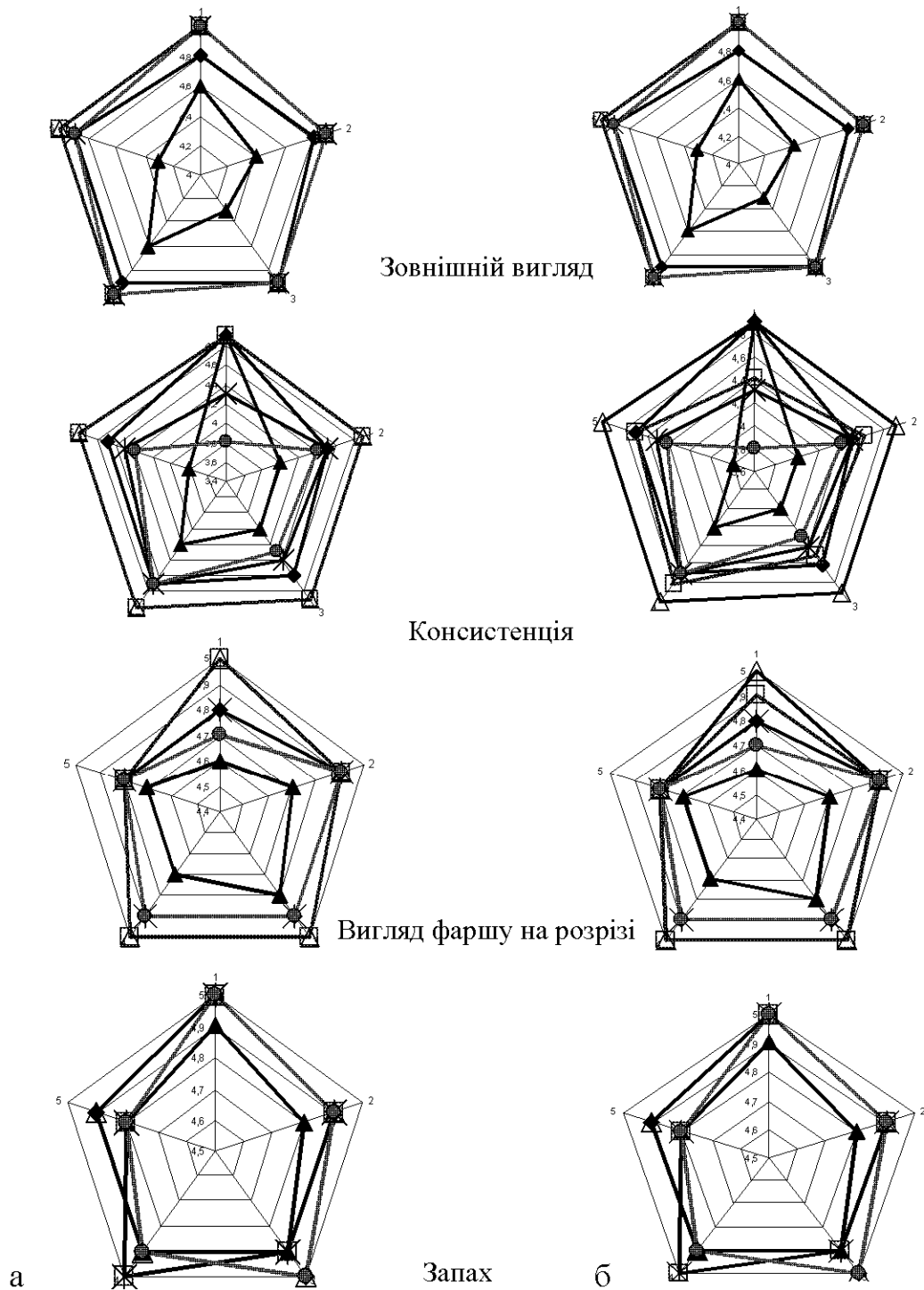
**Таблиця 3.4 – Результати органолептичної оцінки ММС після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД1**

| Показник                        | № дескриптору | Коефіцієнт вагомості дескриптору | Характеристика  | Оцінка в балах |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|                                 |               |                                  |   | Вміст СКД1, %  |      |      |      |      |      |
|                                 |               |                                  |   | 0              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Зовнішній вигляд                | 1             | 0,1                              | Відповідність форми, розмірам. Форма овальна, овально-приплюснута, товщина 10...17 мм | 4,6            | 4,8  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Цілісність структури, відсутність розірваних ламаних країв                            | 4,4            | 4,8  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність злипів, форма не злипла, не zdeформована                                  | 4,3            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Стан поверхні: чиста, суха  | 4,6            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5             | 0,3                              | Відсутність крапель жиру та вологи на поверхні  | 4,3            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,44           | 4,86 | 4,96 | 4,96 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,33           | 1,46 | 1,49 | 1,49 | 1,48 | 1,48 |
| Консистенція                    | 1             | 0,3                              | Відсутність липкості, розшарування, слизистості                                       | 4,9            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,3  | 3,8  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Щільність   | 4,0            | 4,5  | 4,9  | 4,9  | 4,5  | 4,4  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Соковитість   | 4,0            | 4,6  | 4,9  | 4,9  | 4,4  | 4,3  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Відсутність крихкості   | 4,2            | 4,7  | 5,0  | 5,0  | 4,7  | 4,7  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Однорідність, властива даному виду продукції  | 3,8            | 4,7  | 5,0  | 5,0  | 4,5  | 4,4  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,18           | 4,68 | 4,94 | 4,94 | 4,48 | 4,32 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,25           | 1,40 | 1,48 | 1,48 | 1,34 | 1,30 |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1             | 0,4                              | Однорідність структури – рівномірно перемішаний                                       | 4,6            | 4,8  | 5,0  | 5,0  | 4,8  | 4,7  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Колір – від темно-червоного до світло-рожевого  | 4,7            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність сірих плям  | 4,8            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 4             | 0,1                              | Відсутність пустот  | 4,7            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Наявність дрібної пористості  | 4,7            | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,68           | 4,86 | 4,94 | 4,94 | 4,86 | 4,84 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 0,94           | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,97 |
| Запах                           | 1             | 0,3                              | Властивий даному виду продукції   | 4,9            | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Чистий, без сторонніх   | 4,8            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Збалансований   | 4,9            | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  | 5,0  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 4,9            | 4,9  | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Швидкість вивільнення   | 4,8            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,8  | 4,8  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,86           | 4,94 | 4,94 | 4,94 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 0,97           | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| Загальна                        |               |                                  |   | 4,49           | 4,81 | 4,94 | 4,94 | 4,77 | 4,73 |

**Таблиця 3.5 – Результати органолептичної оцінки ММС після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД2**

| Показник                        | № дескриптору | Коефіцієнт вагомості дескриптору | Характеристика  | Оцінка в балах |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|                                 |               |                                  |   | Вміст СКД2, %  |      |      |      |      |      |
|                                 |               |                                  |   | 0              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Зовнішній вигляд                | 1             | 0,1                              | Відповідність форми, розмірам. Форма овальна, овально-приплюснута, товщина 10...17 мм | 4,6            | 4,8  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Цілісність структури, відсутність розірваних ламаних країв                            | 4,4            | 4,8  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність злипів, форма не злипла, не zdeформована                                  | 4,3            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Стан поверхні: чиста, суха  | 4,6            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5             | 0,3                              | Відсутність крапель жиру та вологи на поверхні  | 4,3            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,44           | 4,86 | 4,96 | 4,96 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,33           | 1,46 | 1,49 | 1,49 | 1,48 | 1,48 |
| Консистенція                    | 1             | 0,3                              | Відсутність липкості, розшарування, слизистості                                       | 4,9            | 4,9  | 4,9  | 4,4  | 4,3  | 3,8  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Щільність   | 4,0            | 4,5  | 4,9  | 4,6  | 4,5  | 4,4  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Соковитість   | 4,0            | 4,6  | 4,9  | 4,5  | 4,4  | 4,3  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Відсутність крихкості   | 4,2            | 4,7  | 5,0  | 4,8  | 4,7  | 4,7  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Однорідність, властива даному виду продукції  | 3,8            | 4,7  | 5,0  | 4,7  | 4,5  | 4,4  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,18           | 4,68 | 4,94 | 4,60 | 4,48 | 4,32 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,25           | 1,40 | 1,48 | 1,38 | 1,34 | 1,30 |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1             | 0,4                              | Однорідність структури – рівномірно перемішаний                                       | 4,6            | 4,8  | 5,0  | 4,9  | 4,8  | 4,7  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Колір – від темно-червоного до світло-рожевого  | 4,7            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Відсутність сірих плям  | 4,8            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 4             | 0,1                              | Відсутність пустот  | 4,7            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Наявність дрібної пористості  | 4,7            | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,68           | 4,86 | 4,94 | 4,92 | 4,86 | 4,84 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 0,94           | 0,97 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,97 |
| Запах                           | 1             | 0,3                              | Властивий даному виду продукції   | 4,9            | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Чистий, без сторонніх   | 4,8            | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Збалансований   | 4,9            | 5,0  | 5,0  | 4,9  | 4,9  | 5,0  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 4,9            | 4,9  | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Швидкість вивільнення   | 4,8            | 4,9  | 4,9  | 4,8  | 4,8  | 4,8  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,86           | 4,94 | 4,94 | 4,94 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,2            | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 0,97           | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| Загальна                        |               |                                  |   | 4,49           | 4,81 | 4,94 | 4,83 | 4,77 | 4,73 |





**Рисунок 3.5 – Профілі органолептичної оцінки ММС після заморожування-розморожування за різного вмісту СКД1 (а) та СКД2 (б), %: « $\square$ » – 0 (контрольний зразок); « $\diamond$ » – 1; « $\triangle$ » – 2; « $\square$ » – 3; « $\ast$ » – 4; « $\bullet$ » – 5**

Таким чином, на підставі комплексного вивчення функціонально-технологічних, органолептичних та структурно-механічних характеристик ММС раціональний вміст СКД1 у складі НМПЗ складає 2,0...3,0%, а СКД2 – 1,5...2,5%, що призведе до поліпшення їх якісних показників під впливом заморожування-розморожування.

### 3.2. Визначення стану вологи м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії

З урахуванням отриманих експериментальних даних та встановленого оптимального вмісту СКД у складі ММС (за п. 3.1) для подальших досліджень обрано вміст СКД1 – 2,5% та СКД2 – 2,0%, який лежить в раціональній зоні.

З метою підтвердження впливу СКД на характер льодоутворення ММС є доцільним визначення їх стану вологи. Термін «стан та структура вологи» потрібно розуміти, виходячи з двох фундаментальних поглядів: молекулярно-кінетичної теорії (молекулярна фізика) та термодинамічних (феноменологічних) правил і законів, як системи в цілому. Однак феноменологічні величини (в'язкість, волого- та жирутримуюча здатність, температури плавлення та льодоутворення) не завжди встановлюють механізми, що відбуваються всередині системи. Для перевірки механізму дії СКД в ММС досліджено стан і форми зв'язків вологи методом ЯМР-радіоспектроскопії (ЯМР), який ґрунтується на основних положеннях молекулярно-кінетичної теорії. Дослідження здійснювали на імпульсному спектрометрі з робочою частотою 16 МГц з урахуванням явища резонансного поглинання енергії радіочастотного поля з наступним визволенням цієї енергії після припинення дії поля [23].

При аналізі даних ЯМР виходили з розуміння, що, по-перше, часи релаксації протонів води корелюють з так званою рухливістю молекул води (самодифузиею), а саме, чим більше величина спін-спінової релаксації  $T_2$ , тим ближче рухливість молекул води в системах до чистої дистильованої води. Утворення фізико-хімічних або хімічних зв'язків води з іншими компонентами системи відображається на різкій зміні часу  $T_2$ . По-друге, виміряні часи  $T_2$  характерні для деякої усередненої молекулярної фракції водного середовища та відображають загальну (для більшості молекул) тенденцію зміни рухливості.

Результати дослідження впливу заморожування-розморожування на час спін-спінової релаксації ММС із використанням СКД представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Тривалість спін-спінової релаксації ММС (n=8, P=0,95)

| Зразок                   | Рухливість молекул води ( $T_2 \cdot 10^3$ ), сек. |                                    |
|--------------------------|--|------------------------------------|
|                          | до заморожування                                   | після заморожування-розморожування |
| ММС (контрольний зразок) | 47   | 42                                 |
| ММС з СКД1               | 46   | 36                                 |
| ММС з СКД2               | 44   | 40                                 |

Як показують дослідження, більша частина вологи (інтегральна, що дає основний внесок у ЯМР-дослідження) фактично слабчутлива по відношенню до СКД: час спін-спінової релаксації (рухливість молекул вологи)  $T_2$  ММС із

використанням СКД за величиною знаходиться фактично в одному діапазоні порівняно з ММС, які не піддавали заморожуванню.

Однак ефект зв'язування вологи добре видно в ММС після заморожування-розморожування. Так, у ММС з вмістом СКД1 2,5% рухливість молекул води зменшується в 1,3 рази, а у ММС з СКД2 2,0% – в 1,1 рази. Ваговим методом встановлено, що при цьому кількість відокремленої вологи після заморожування-розморожування (втрати під час заморожування – табл. 3.1) для цих ММС мінімальна. Отже, зниження рухливості молекул води ММС за використання СКД після заморожування-розморожування є наслідком активізації гідратаційних процесів та утворення нових фізико-хімічних зв'язків води з компонентами системи.

Слід вважати, що додавання СКД не тільки впливає на характер льодоутворення ММС, що виявляється у пластифікуючій та стабілізуючій дії, на теплофізичні та функціонально-технологічні показники, але й зв'язує частину вологи, зменшуючи її рухливість.

### **3.3. Дослідження впливу заморожування-розморожування на мікроструктурні показники м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії**

Для підтвердження кріостабілізуючих властивостей СКД вивчено їх вплив на зміни мікроструктурних показників ММС. Мікроскопічному дослідженню піддавали 3 види ММС: до заморожування, заморожені та після замороження-розмороження.

Приготування мікропрепаратів для мікроструктурних досліджень ММС здійснювали шляхом спеціальної процедури ущільнення тканини. Заморожені зразки поміщали в кріостат за  $t = -14^{\circ}\text{C}$  та робили мікрорізи товщиною 10...12 мкм. Зразки охолодженого фаршу та фарш після розморожування фіксували в 10% формаліні, обробляли спиртами зростаючої міцності, заливали в парафін за  $t = 56^{\circ}\text{C}$  та робили зрізи товщиною 5...6 мкм. Мікропрепарати фарбували шляхом постановки ШИК-реакції+гематоксилін.

Мікроструктурні показники ММС здійснювали на мікроскопі Аxiostar-plus (Zeiss, ФРГ), фотографування – фотокамерою ProgRes C10 plus (Zeiss, ФРГ), збільшення 100. На комп'ютерних зображеннях мікропрепаратів за допомогою програмного забезпечення «Відеотест» (РФ, СПб.) здійснювали мікроморфометрію – визначення діаметру м'язових волокон та розміру проміжку між ними, результати якої наведено в таблиці 3.7 [184–186]. На рис. 3.6–3.8 наведено зображення мікроструктури ММС до заморожування, заморожені та після заморожування-розморожування відповідно.

Таблиця 3.7 – Результати мікроморфометрії ММС (n=3, P=0,95)

| Показник  | ММС<br>(контрольний зразок) | ММС з СКД1 | ММС з СКД2 |
|---|-----------------------------|------------|------------|
| ММС до заморожування                            |                             |            |            |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 27,1                        | 24,9       | 25,6       |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 34,3                        | 20,1       | 24,0       |
| ММС заморожені                                  |                             |            |            |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 125,7                       | 115,0      | 45,5       |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 265,4                       | 109,0      | 43,6       |
| ММС після заморожування-розморожування          |                             |            |            |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 61,7                        | 33,5       | 31,7       |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 61,4                        | 30,9       | 28,2       |

При мікроскопії та морфометрії представлених ММС виявлено, що до заморожування в контрольному зразку м'язові волокна не пошкоджено та розподілено рівномірно, відстань між м'язовими волокнами дещо варіює. Середня відстань між м'язовими волокнами більша (34,3 мкм), ніж середнє діаметр м'язових волокон (27,1 мкм).

У ММС з СКД1 та СКД2 до заморожування м'язові волокна не пошкоджено, відстань між м'язовими волокнами менша (у 1,1...1,2 рази), ніж діаметр м'язових волокон.

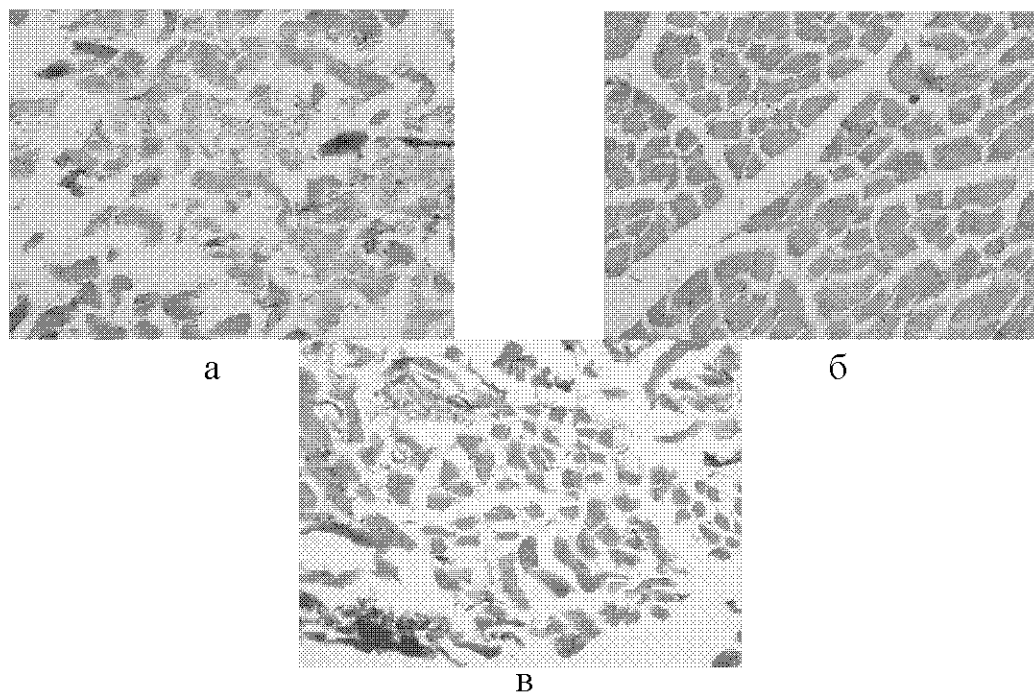
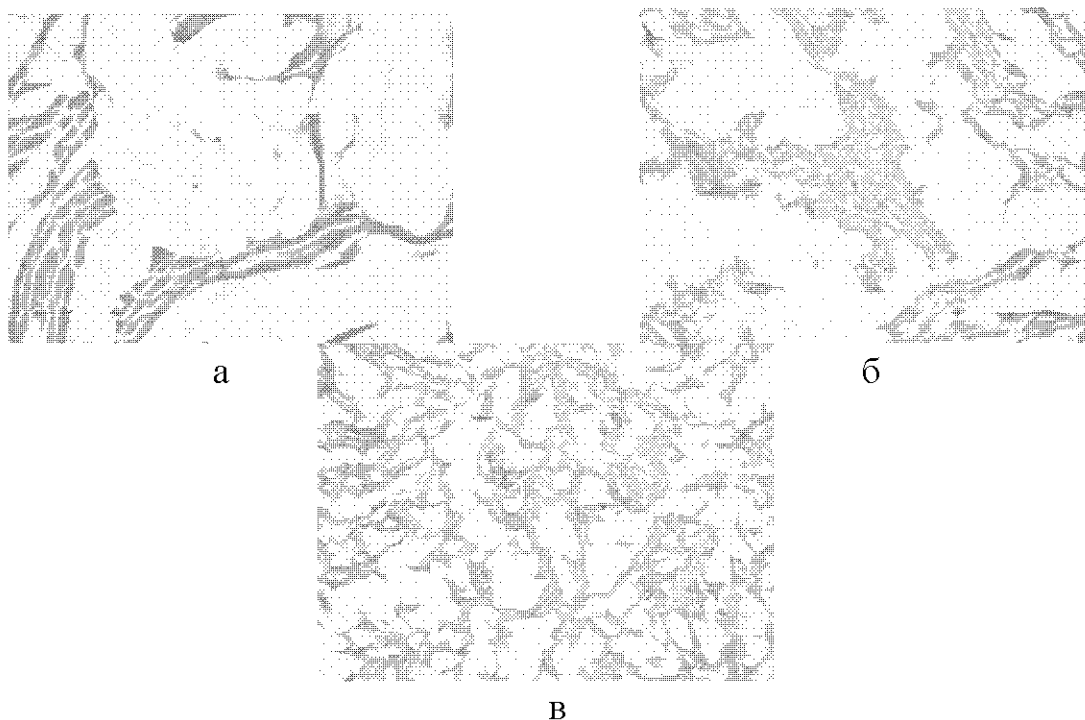


Рисунок 3.6 – Зображення мікроструктури ММС до заморожування:  
**а** – ММС (контрольний зразок); **б** – ММС з СКД1 2,5%; **в** – ММС з СКД2 2,0%  
 (заб. ШИК + гематоксилін. Зб.×100 разів)

При аналізі заморожених ММС встановлено, що у контрольного зразка м'язові волокна віддалені один від одного дуже великими проміжками (265,4 мкм), що відображає утворення крупних кристалів льоду. В середньому величина пустот значно більша, ніж величина м'язових волокон (~ в 2,1 рази), також відмічається нерівномірний їх розподіл.

Використання СКД1 у ММС обумовлює дещо більш рівномірний розподіл вологи та меншу величину проміжків між волокнами (порівняно з контрольним зразком – у 2,4 рази), що, вірогідно, свідчить про утворення менших кристалів льоду.

Рівномірний розподіл вологи та високий ступінь збереження м'язових волокон виявився й при використанні СКД2. Результати розмірів проміжків між волокнами дозволяють свідчувати про мінімальні розміри кристали льоду.



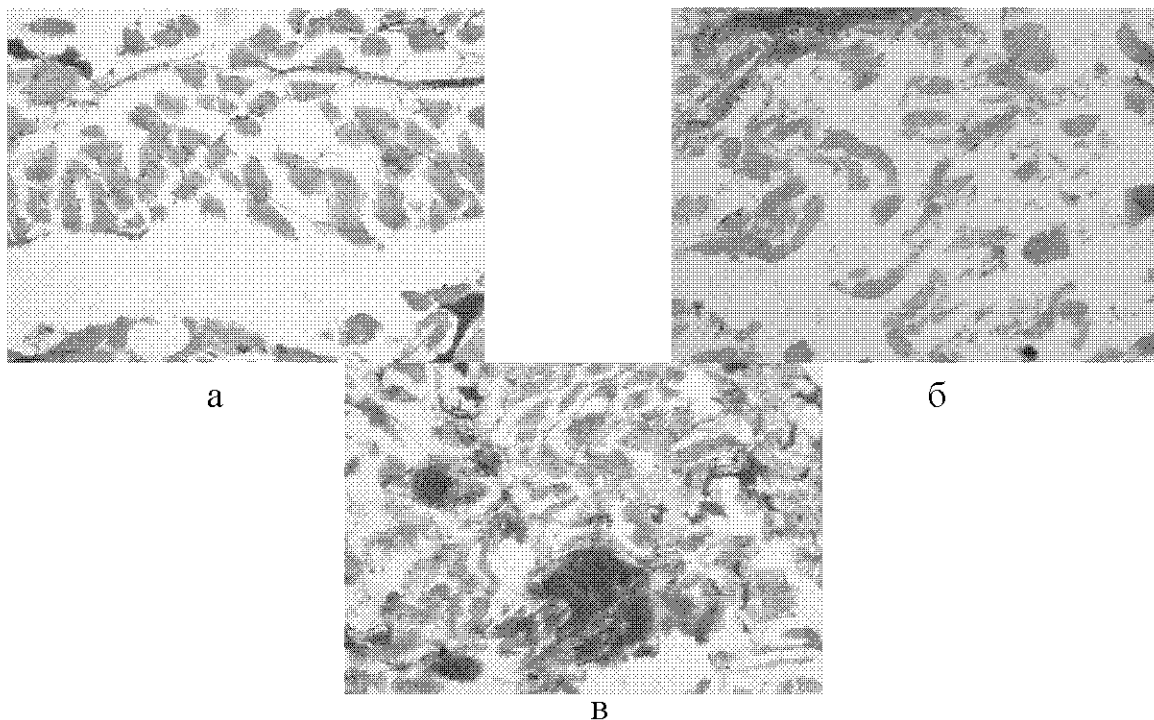
**Рисунок 3.7 – Зображення мікроструктури ММС заморожених:**  
**а – ММС (контрольний зразок); б – ММС з СКД1 2,5%; в – ММС з СКД2 2,0%**  
**(заб. ШИК + гематоксилін. Зб.×100 разів)**

Після заморожування-розморожування контрольний зразок представлений стиснутими м'язовими волокнами, розділеними крупними пустотами, які утворились в результаті дії кристалів льоду. Середній розмір проміжків та діаметр м'язових волокон приблизно однаковий. В результаті пошкодження міофібрил спостерігається дрібна та ослаблена поперекова та поздовжня смугастість. Відмічено зниження інтенсивності забарвлення контрольного зразка, що напевно пов'язано з більшими втратами під час розморожуваннями м'ясного соку, а разом з ним 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.

При використанні СКД1 у ММС після заморожування-розморожування спостерігалась добра збереженість м'язових волокон. Розміри проміжків між волокнами та їх діаметром значно менші, ніж у контрольного зразка – у 2,0 та 1,8 рази відповідно.

При використанні СКД2 розподіл м'язових волокон та пустот більш рівномірний. Сарколема добре збережена. Середній розмір пустот менший (28,2 мкм), ніж діаметр м'язових волокон (31,7 мкм), а порівняно з контрольним зразком їх значення менші у 2,2 та 1,9 рази відповідно.



**Рисунок 3.8 – Зображення мікроструктури ММС після заморожування-розморожування:  
а – ММС (контрольний зразок); б – ММС з СКД1 2,5%; в – ММС з СКД2 2,0%  
(заб. ШИК + гематоксилін. 36.×100 разів)**

Таким чином, проведені дослідження доводять, що використання СКД позитивно впливає на процес кристалоутворення, забезпечує збереження цілісності структури сарколеми м'язових волокон, сприяє кращому розподілу вологи, утворенню більш дрібних та більш рівномірно розподілених кристалів льоду (під час заморожування ММС), що забезпечує більшу збереженість м'язових волокон порівняно з контрольним зразком.

### 3.4. Дослідження впливу заморожування-розморожування на білки м'ясних модельних систем із використанням сумішей кріостабілізуючої дії

Під час заморожування відбувається денатурація та агрегація білків, в результаті яких спостерігаються необернені зміни просторової структури білкових молекул м'яса, погіршується здатність м'яса утримувати вологу при розморожуванні. Міофібрилярні білки складають основну частину м'язових білків та в більшій мірі піддаються дії низькотемпературної обробки. Погіршення їх властивостей при такій обробці відносять за рахунок перетворення актоміозинового комплексу.

Відомо, що заморожування супроводжується зниженням розчинності білків, що призводить до погіршення ФТВ м'ясних систем. Денатураційні зміни макромолекул білка, змінюючи поверхневий шар молекули, ведуть до порушення співвідношення гідروفільних та гідрофобних угруповань у бік підвищення останніх, що призводить до зменшення розчинності [187].

Вивчено вплив СКД на масову частку розчинних білків ММС (табл. 3.8), оскільки розчинність білків – це один з показників, що характеризують їх агрегаційні та денатураційні зміни під час дії низьких температур. Крім того, стан білків ММС до заморожування та після заморожування-розморожування доцільно характеризувати за фракційним складом.

Вміст загального білка визначали за стандартною методикою [188], фракційний склад білків ММС на основі їх розчинності – фотометричним методом з використанням фотоелектроколориметру [182]. Для визначення розчинності білкових речовин м'ясних систем наважку масою 10 г заливали 40 см<sup>3</sup> розчину NaOH (рН=10...11), перемішували протягом 10-60 с до утворення суспензії, титрували розчином HCl до досягнення рН 6 та центрифугували при частоті обертів 83 с<sup>-1</sup> протягом 5-60 с.

Для проведення кольорової реакції до 1 см<sup>3</sup> досліджуваних розчинів білків додавали 4 см<sup>3</sup> біуретового реактиву, витримували за температури 14,0±0,5 С протягом 30-60 с. Оптичну густину розчину вимірювали на фотоелектроколориметрі з зеленим світлофільтром при довжині хвилі 540...590 нм. Масову частку білка (X, %) визначали за формулою 3.2.

$$X=100(c \cdot V)/m, \quad (3.2)$$

де  $c$  – концентрація білка, що визначена за калібрувальним графіком, мг/см<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм проби після екстрагування відповідної білкової фракції, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса наважки м'язової тканини, мг.

Експериментальні дані щодо загального вмісту та фракційного складу білків ММС наведено у табл. 3.8. Встановлено, що після заморожування-розморожування вміст загального білку незначно збільшується: контрольний зразок на 0,5%, ММС з СКД – на 0,2%, що вірогідно є наслідком збільшення частки сухих речовин в системі.

**Таблиця 3.8 – Вплив заморожування-розморожування на загальний та фракційний склад білків ММС з використанням СКД (n=3, P=0,95)**

| Показник   | ММС до заморожування     |                    |                    | ММС після заморожування-розморожування |                    |                    |
|--|--------------------------|--------------------|--------------------|--|--------------------|--------------------|
|  | ММС (контрольний зразок) | ММС з СКД1         | ММС з СКД2         | ММС (контрольний зразок)               | ММС з СКД1         | ММС з СКД2         |
| Масова частка загального білка, %                | <u>17,9</u><br>100       | <u>14,6</u><br>100 | <u>14,5</u><br>100 | <u>18,4</u><br>100                     | <u>14,8</u><br>100 | <u>14,7</u><br>100 |
| Масова частка розчинних білків, %, у тому числі: | <u>16,1</u><br>90        | <u>13,1</u><br>90  | <u>13,1</u><br>90  | <u>15,5</u><br>84                      | <u>13,0</u><br>88  | <u>13,0</u><br>88  |
| масова частка водорозчинної фракції, %           | <u>4,9</u><br>27,4       | <u>4,0</u><br>27,4 | <u>4,0</u><br>27,4 | <u>4,9</u><br>27,3                     | <u>4,0</u><br>27,3 | <u>4,0</u><br>27,3 |
| масова частка солерозчинної фракції, %           | <u>9,0</u><br>50,5       | <u>7,4</u><br>50,5 | <u>7,4</u><br>50,5 | <u>8,2</u><br>43,9                     | <u>7,2</u><br>48,4 | <u>7,2</u><br>48,4 |
| масова частка лужнорозчинної фракції, %          | <u>2,2</u><br>12,1       | <u>1,7</u><br>12,1 | <u>1,7</u><br>12,1 | <u>2,4</u><br>12,8                     | <u>1,8</u><br>12,3 | <u>1,8</u><br>12,3 |

Примітка: над рискою наведено вміст білка у складі м'ясних модельних систем, під рискою – відсоток до загальної кількості білка

За даними табл. 3.8 видно, що заморожування призводить до зниження масової частки розчинних білків м'ясних систем. Так, розчинність білків контрольного зразка зменшилась на 6%, а ММС з СКД – на 2%. Напевно, СКД нівелюють процеси дегідратації молекул білків в результаті заморожування, що є наслідком міграції води з гідратної оболонки молекули білка та утворення кристалів льоду, сповільнюють руйнування системи водневих зв'язків та звільнення поверхневих частин молекул.

За результатами дослідження виявлено наявність основних фракцій (водорозчинна, солерозчинна та лужнорозчинна) білків м'ясних систем. Так, максимальні зміни після заморожування-розморожування відбуваються з солерозчинною фракцією білків, масова частка якої зменшується на 6,6% (контрольний зразок) та 2,1% (СКД). Масова частка лужнорозчинної фракції всіх ММС збільшується на 0,7% (контрольний зразок) та 0,2% (СКД), а водорозчинної фракції – практично незмінна (зменшується на 0,1%).

Встановлено, що додавання СКД до ММС змінює кількісне співвідношення між фракціями, а саме, зменшується відсоток масової частки лужнорозчинної фракції та збільшується відсоток масової частки солерозчинної фракції (у 1,1 рази) порівняно з контрольним зразком після заморожування-розморожування.

Отже, внесення СКД1 та СКД2 має позитивний ефект, оскільки дозволяє зберегти кількість міофібрилярних білків, що є важливим для формування функціонально-технологічних та органолептичних показників м'ясних систем.



### 3.5. Обґрунтування технологічної схеми виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей кріостабілізуючої дії

Проведені дослідження доводять доцільність використання сумішей кріостабілізуючої дії у технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених та є підґрунтям для обґрунтування технологічних параметрів та рецептурного складу НМПЗ з СКД.

Виходячи з аналізу отриманих експериментальних даних (розділ 3, п. 3.1–3.4) можна стверджувати, що СКД впливає на збереження ФТВ та мінімізує ступінь пошкодження тканин м'ясної сировини за умов низькотемпературного холодильного зберігання. Їх використання дозволить вирішити проблеми стабілізації структури, збереження функціонально-технологічних та споживних властивостей, розширення асортименту напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених. На основі проведених досліджень розроблено нові рецептури та технологічну схему НМПЗ з використанням СКД – фарші заморожені яловичі (табл. 3.9 та рис. 3.9).

Розробку рецептури та технології НМПЗ з використанням СКД здійснювали відповідно до методичних рекомендацій з розробки рецептур на нові та фірмові страви (вироби) у закладах ресторанного господарства [189; 190], а також керуючись ДСТУ 3946 [191].

*Таблиця 3.9 – Рецептура фаршу замороженого яловичого з використанням СКД*

| Сировина                           | Витрати сировини на 100 кг продукту, кг |                      |
|------------------------------------|---|----------------------|
|                                    | Фарш яловичий з СКД1                    | Фарш яловичий з СКД2 |
| Яловичина знежирована II категорії | 74,9                                    | 75,2                 |
| Суміш СКД1                         | 1,9                                     | –                    |
| Суміш СКД2                         | –                                       | 1,5                  |
| Вода питна (у вигляді льоду)       | 26,2                                    | 26,3                 |
| Разом                              | 103,0                                   | 103,0                |
| Вихід                              | 100,0                                   | 100,0                |

Технологічну схему виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених з використанням СКД розроблено на основі узагальнення результатів аналітичних та експериментальних досліджень відповідно до моделі «структура системи» (рис. 2.1) в межах підсистеми А, функціонування підсистем В, С<sub>1</sub>–С<sub>5</sub> та виявлення закономірностей зміни ФТВ м'ясних систем залежно від технологічних чинників.

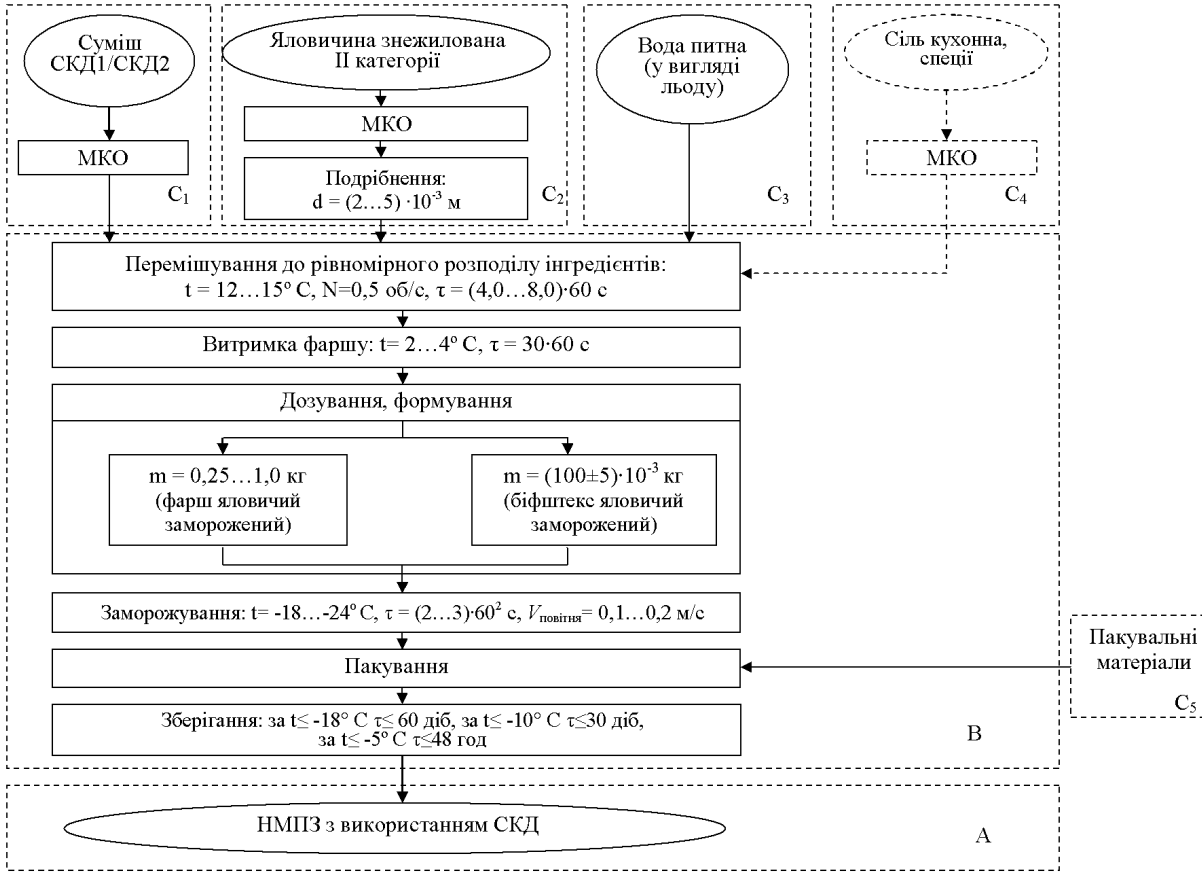


Рисунок 3.9 – Технологічна схема виробництва НМПЗ з використанням СКД

Мету функціонування окремих підсистем у межах технологічної схеми виробництва НМПЗ з СКД наведено в табл. 3.10. Технологічний процес виробництва НМПЗ у межах визначених підсистем відповідно сформульованої мети їх функціонування та згідно з експериментально визначеними раціональними параметрами можна охарактеризувати наступним чином. Підготовка основних компонентів НМПЗ здійснюється у межах підсистем С<sub>1</sub> – «Підготовка СКД», С<sub>2</sub> – «Підготовка м'ясної сировини». Поряд з функціонуванням даних підсистем існують підсистеми С<sub>3</sub> – «Вода питна (у вигляді льоду)», С<sub>4</sub> – «Сіль кухонна, спеції» та С<sub>5</sub> – «Пакувальні матеріали».

Підсистема В передбачає перемішування підготовлених напівфабрикатів (підсистеми С<sub>1</sub>; С<sub>2</sub>; С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub>) та витримка фаршу впродовж часу для набрякання інгредієнтів СКД. Перемішування забезпечує введення усіх необхідних рецептурних компонентів, їх перерозподіл по всій масі та одержання фаршу однорідної консистенції. Визначено параметри перемішування інгредієнтів, за яких досягається рівномірне розподілення – тривалість перемішування (4,0... 8,0)·60 с при частоті обертання робочих органів 0,5 об/с, температура фаршу 12... 15°C.

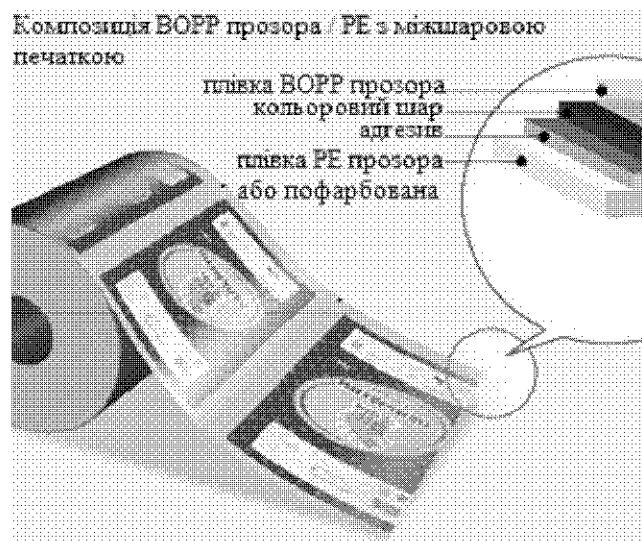
При витримці фаршу необхідно контролювати температуру навколишнього середовища та тривалість витримки. Встановлено оптимальні параметри витримки фаршу – тривалість витримки 30·60 с, температура витримки 2... 4°C, обумовлені, з точки зору, кращого набрякання інгредієнтів, що входять до складу СКД.

**Таблиця 3.10 – Структура принципової технологічної схеми і мета функціонування її складових**

| <b>Підсистема</b> | <b>Підсистема</b>   | <b>Мета функціонування підсистеми</b>   |
|-------------------|---|---|
| А                 | Одержання НМПЗ з використанням СКД  | Одержання продукції із заданими властивостями, готової до реалізації  |
| В                 | Приготування фаршу, витримка фаршу, дозування, формування, замороження, пакування | Одержання фаршевої м'ясної системи шляхом здійснення окремих технологічних операцій в обґрунтованій послідовності, що забезпечують перебіг фізичних і фізико-хімічних процесів за сумісної участі з СКД, наслідком яких є формування м'ясної фаршевої структури. Зниження температури м'ясного фаршу нижче криоскопічної точки з дотримання параметрів технологічного процесу заморожування та одержання заморожених заповнених напівфабрикатів |
| С <sub>1</sub>    | Підготовка СКД  | Розпакування, дозування   |
| С <sub>2</sub>    | Підготовка м'ясної сировини   | Розпакування, дозування, подрібнення  |
| С <sub>3</sub>    | Вода питна (у вигляді льоду)  | Дозування, одержання лускатого льоду  |
| С <sub>4</sub>    | Підготовка солі кухонної, спецій  | Розпакування, дозування   |
| С <sub>5</sub>    | Пакувальні матеріали  | Підготовка пакувальних матеріалів   |

Одержаний фарш підлягає дозуванню та формуванню масою від 0,25 до 1,0 кг, дрібноштучні напівфабрикати (біфштекс) масою  $(100 \pm 5) \cdot 10^{-3}$  кг, після чого напівфабрикати піддаються заморожуванню. Процес заморожування здійснюється з метою одержання напівфабрикатів заморожених м'ясних посічених з СКД. Відповідно технологічному процесу виробництва НМПЗ з використанням СКД передбачається закінчення процесу заморожування за температури в товщі продукту не вище  $-10^{\circ}\text{C}$ , що досягається за наступних технологічних параметрів: температура заморожування  $-18 \dots -24^{\circ}\text{C}$ , тривалість заморожування  $(2 \dots 3) \cdot 60^2$  с, швидкість повітря 0,1...0,2 м/с.

Доведено доцільність використання як пакувальних матеріалів біоксальної орієнтованої поліпропіленової плівки виробник «НТЛ Упаковка» (рис. 3.10), що складається з чотирьох шарів плівки.



**Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд біоксальної орієнтованої поліпропіленової плівки виробника «НТЛ Упаковка»**

Біоксальна орієнтована поліпропіленова плівка відповідає основним вимогам до пакувальних матеріалів для замороженої продукції: висока стійкість до механічних пошкоджень (проколу), що запобігає виникненню тріщин, мікроотворів у наслідок перегину; високі бар'єрні властивості щодо міграції вологи та запаху, захист продукту від впливу зовнішнього середовища; висока міцність зварених шарів, що запобігає розшаруванню плівки; висока міцність на відрив у гарячому стані («Hot – Task»); захист друкованої інформації від стирання при транспортуванні шляхом розміщення барвистого шару між двома матеріалами.

Функціонування підсистеми В пов'язано з наданням продукції необхідних властивостей для зберігання та реалізації.

Представлений технологічний процес виробництва НМПЗ з СКД не потребує суттєвих змін в організації роботи м'ясних цехів та може бути реалізованим на підприємствах будь-якої потужності.

## РОЗДІЛ 4

# ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУМІШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ ТА ЇХ ЗМІНА ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

### 4.1. Дослідження показників якості напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей кріостабілізуючої дії

НМПЗ з використанням СКД, одержані згідно технологічної схеми (рис. 3.9), є новими продуктами в існуючому асортименті м'ясної продукції, тому доцільно комплексно дослідити їх показники якості та безпечності. Комплекс можливих змін, які відбуватимуться з НМПЗ під час зберігання, включає функціонально-технологічні, органолептичні, фізико-хімічні зміни, зміни харчової та біологічної цінності. Відбір та підготовку проб для дослідження даних змін здійснювали за ГОСТ 4288-76 [192], ГОСТ 26929 [193], ГОСТ 26668 [194], ГОСТ 26669 [195], ГОСТ 26670 [196].

Під час дослідження використано напівфабрикати м'ясні посічені заморожені, виготовлені за традиційною технологією (контрольний зразок) [197] та НМПЗ з СКД за розробленою технологією. Сировину, що використовували під час проведення дослідження, за показниками якості та безпечності відповідала вимогам нормативної документації та сертифікатам відповідності фірм-виробників та дозволена до використання в Україні органом виконавчої влади в сфері охорони здоров'я у харчових продуктах: яловичина охолоджена знежилowana II категорії за ДСТУ 6030:2008 [174], сіль кухонна за ДСТУ 3583 [198], вода питна за ДСанПіН 2.2.4-171 [199], перець чорний мелений за ДСТУ ISO 959-1:2008 [200] та ін.

З метою більш детального вивчення показників якості та безпечності нової продукції обрано два види напівфабрикатів (у вигляді фаршу та формованого напівфабрикату біфштексу), рецептурний склад яких наведено в табл. 4.1. Дослідження проводили для напівфабрикатів до заморожування, одразу після заморожування-розморожування (1 доба) та зберігання впродовж 1 та 2 місяців за температури  $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$  з подальшим розморожуванням.

Визначення органолептичних показників НМПЗ з СКД проводили згідно з ДСТУ ISO 6658 [176], ДСТУ ISO 5492 [177], ДСТУ ISO 11035 [178], ДСТУ ISO 11036 [179]. Отримані результати представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Рецептурний склад НМПЗ

| Сировина                           | Напівфабрикат                           |       |                      |       |                               |       |                             |       |
|------------------------------------|---|-------|----------------------|-------|-------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                                    | Фарш яловичий (контрольний зразок)      |       | Фарш яловичий з СКД1 |       | Біфштекс (контрольний зразок) |       | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |       |
|                                    | Витрати сировини на 100 кг продукту, кг |       |                      |       |                               |       |                             |       |
|                                    | брутто                                  | нетто | брутто               | нетто | брутто                        | нетто | брутто                      | нетто |
| Яловичина знежилowana II категорії | 125,0                                   | 92,0  | 101,9                | 74,9  | 124,2                         | 91,2  | 101,1                       | 74,3  |
| Суміш СКД1                         | –                                       | –     | 1,9                  | 1,9   | –                             | –     | –                           | –     |
| Суміш СКД2                         | –                                       | –     | –                    | –     | –                             | –     | 1,5                         | 1,5   |
| Сіль кухонна                       | –                                       | –     | –                    | –     | 0,9                           | 0,9   | 1,1                         | 1,1   |
| Перець чорний мелений              | –                                       | –     | –                    | –     | 0,1                           | 0,1   | 0,1                         | 0,1   |
| Вода питна                         | 11,0                                    | 11,0  | 26,2                 | 26,2  | 10,8                          | 10,8  | 26,0                        | 26,0  |
| Всього                             | –                                       | 103,0 | –                    | 103,0 | –                             | 103,0 | –                           | 103,0 |
| Вихід                              | –                                       | 100,0 | –                    | 100,0 | –                             | 100,0 | –                           | 100,0 |

Таблиця 4.2 – Органолептичні показники НМПЗ з СКД

| Показник                 | Характеристика   |   |
|--------------------------|--|---|
|                          | Фарш яловичий з СКД1   | Біфштекс «Пікантний» з СКД2   |
| Зовнішній вигляд         | Однорідна маса без кісток, хрящів, жилок, грубої сполучної тканини, кров'яних згустків   | Не зліплений, не zdeформований. Форма однієї штуки – округло-приплюснута. Поверхня рівна, без розірваних та ломаних країв, без наледеніння та інею  |
| Вигляд на розрізі, колір | Фарш рівномірно перемішаний, темно-червоного кольору   |   |
| Запах та смак            | Властиві відповідній доброякісній м'ясній сировині, з вираженим смаком та ароматом яловичини, без стороннього присмаку та запаху | Властиві відповідній доброякісній м'ясній сировині, з вираженим смаком та ароматом яловичини, з присмаком відповідних спецій. Після термічної обробки – властивий даному виду продукту, з ароматом прянощів, без стороннього присмаку та запаху |
| Консистенція             | Щільна, тверда, некрихка. В розмороженому вигляді мазка  | Щільна, тверда, некрихка. В розмороженому вигляді мазка, без відшарування води. Після термічної обробки – соковита, некрихка  |

З метою визначення харчової цінності НМПЗ досліджено їх загальний хімічний склад впродовж зберігання (табл. 4.3), який визначали за наступними методиками: масову частку сухих речовин – за ГОСТ 9793 [201], вміст загального білка – методом К'ельдаля [188], масову частку жиру – методом

Сокулета [202], масову частку загальних мінеральних речовин – спаленням наважки з подальшою мінералізацією за температури 450°C [203].

*Таблиця 4.3 – Загальний хімічний склад НМПЗ впродовж зберігання (n=3, P=0,95)*

| НМПЗ                               | Масова частка, % |       |      |             |                     |
|------------------------------------|------------------|-------|------|-------------|---------------------|
|                                    | вологи           | білка | жиру | вугле-водів | мінеральних речовин |
| до заморожування                   |                  |       |      |             |                     |
| 0 діб                              |                  |       |      |             |                     |
| Фарш яловичий (контрольний зразок) | 72,5             | 17,9  | 8,7  | –           | 0,9                 |
| Фарш яловичий з СКД1               | 76,4             | 14,6  | 7,1  | 1,2         | 0,7                 |
| Біфштекс (контрольний зразок)      | 71,8             | 17,7  | 8,7  | –           | 1,8                 |
| Біфштекс «Пікантний» з СКД2        | 75,7             | 14,5  | 7,1  | 0,9         | 1,8                 |
| після зберігання                   |                  |       |      |             |                     |
| 1 доба                             |                  |       |      |             |                     |
| Фарш яловичий (контрольний зразок) | 71,8             | 18,4  | 8,9  | –           | 0,9                 |
| Фарш яловичий з СКД1               | 76,1             | 14,8  | 7,2  | 1,2         | 0,7                 |
| Біфштекс (контрольний зразок)      | 71,0             | 18,2  | 8,9  | –           | 1,9                 |
| Біфштекс «Пікантний» з СКД2        | 75,3             | 14,7  | 7,3  | 0,9         | 1,8                 |
| 30 діб                             |                  |       |      |             |                     |
| Фарш яловичий (контрольний зразок) | 71,6             | 18,5  | 9,0  | –           | 0,9                 |
| Фарш яловичий з СКД1               | 76,0             | 14,9  | 7,2  | 1,2         | 0,7                 |
| Біфштекс (контрольний зразок)      | 70,8             | 18,3  | 9,0  | –           | 1,9                 |
| Біфштекс «Пікантний» з СКД2        | 75,2             | 14,8  | 7,3  | 0,9         | 1,8                 |
| 60 діб                             |                  |       |      |             |                     |
| Фарш яловичий (контрольний зразок) | 71,5             | 18,6  | 9,0  | –           | 0,9                 |
| Фарш яловичий з СКД1               | 75,9             | 14,9  | 7,2  | 1,3         | 0,7                 |
| Біфштекс (контрольний зразок)      | 70,7             | 18,4  | 9,0  | –           | 1,9                 |
| Біфштекс «Пікантний» з СКД2        | 75,2             | 14,8  | 7,3  | 0,9         | 1,8                 |

Аналізуючи дані табл. 4.3, слід зазначити, що після зберігання спостерігається зміна загального хімічного складу у всіх НМПЗ. Так, в контрольних НМПЗ впродовж 60 діб зберігання кількість вологи зменшилась на 0,7... 1,1% та збільшилась частка білку на 0,5... 0,9%, жиру – 0,2... 0,3%, золи – 0,1%. У НМПЗ з СКД впродовж 60 діб зберігання масова частка вологи зменшилась на 0,3... 0,5%, а інші показники збільшились на: білок – 0,2... 0,3%, жир – 0,1... 0,2%. За рахунок використання СКД збільшився вміст вуглеводів на 0,9... 1,3%, що обумовлено вмістом клітковини у складі СКД.

Під час заморожування та зберігання м'яса відбувається процес агрегування білків у складні комплекси, зі зниженням масової частки

розчинних білків, визначення яких проводили згідно з [182]. Дані щодо зміни масової частки розчинних білків НМПЗ наведено в таблиці 4.4.

**Таблиця 4.4 – Масова частка розчинних білків НМПЗ впродовж зберігання (n=3, P=0,95)**

| Термін зберігання  | Масова частка розчинних білків, %  |                      |                               |                             |
|--|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|  | Фарш яловичий (контрольний зразок) | Фарш яловичий з СКД1 | Біфштекс (контрольний зразок) | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |
| до заморожування   |                                    |                      |                               |                             |
| 0 діб  | <u>16,1</u><br>90                  | <u>13,1</u><br>90    | <u>15,9</u><br>90             | <u>13,1</u><br>90           |
| після зберігання   |                                    |                      |                               |                             |
| 1 доба   | <u>15,5</u><br>84                  | <u>13,0</u><br>88    | <u>15,3</u><br>84             | <u>13,0</u><br>88           |
| 30 діб   | <u>14,8</u><br>80                  | <u>12,8</u><br>86    | <u>14,6</u><br>80             | <u>12,7</u><br>86           |
| 60 діб   | <u>14,5</u><br>78                  | <u>12,7</u><br>85    | <u>14,4</u><br>78             | <u>12,6</u><br>85           |
| Примітка: над рискою наведено масову частку розчинних білків НМПЗ, під рискою – відсоток до загальної кількості білка. |                                    |                      |                               |                             |

Зниження масової частки розчинних білків після зберігання відбувається внаслідок руйнування сольватних оболонок білково-водних систем. Це створює сприйнятливі умови для безпосередньої взаємодії реакційних груп білкових макромолекул з утворенням міцних зв'язків між ними. При цьому виникають просторові структурні утворення, в яких зв'язок між структурними елементами частково здійснюється без сольватних оболонок. Підтвердженням цього є зниження частки розчинних білків контрольних зразків НМПЗ після 60 діб зберігання на 6,0...12,0%. Для НМПЗ з СКД також спостерігається зменшення частки розчинних білків, однак в меншій мірі (на 2,0...5,0%), що свідчить про збереження білкової складової м'ясої системи.

Вказані зміни знаходяться у прямій залежності з гідрофільністю м'язової тканини, яка визначає ВЗЗ м'яса. Підтвердженням цього є результати дослідження ВЗЗ та втрат під час теплової обробки НМПЗ впродовж зберігання (табл. 4.5), що визначено згідно з [175, 182].

За результатами табл. 4.5 встановлено, що ВЗЗ напівфабрикатів з СКД до заморожування вища порівняно з контрольними зразками у 1,2 рази, а втрати маси під час теплової обробки відповідно менші у 1,2...1,3 рази. Після зберігання протягом 60 діб для всіх НМПЗ відмічено зниження ВЗЗ та збільшення втрат під час заморожування та теплової обробки. Однак, для НМПЗ з СКД порівняно з контрольними зразками ВЗЗ збільшується у 1,1...1,3 рази (з СКД1) та у 1,1...1,2 рази (з СКД2); втрати під час заморожування та теплової обробки зменшуються у 1,8 та 1,3 рази відповідно (з СКД1), у 1,7...1,8 та 1,2 рази відповідно (з СКД2).



Таблиця 4.5 – Характеристика функціонально-технологічних показників НМПЗ впродовж зберігання (n=3, P=0,95)

| Термін зберігання | Фарш яловичий (контрольний зразок) |                                      |   | Фарш яловичий з СКД1 |                                      |   | Біфштекс (контрольний зразок) |                                      |   | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |                                      |   |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|---|
|                   | ВЗЗ, %                             | Втрати маси під час заморожування, % | Втрати маси під час теплової обробки, % | ВЗЗ, %               | Втрати маси під час заморожування, % | Втрати маси під час теплової обробки, % | ВЗЗ, %                        | Втрати маси під час заморожування, % | Втрати маси під час теплової обробки, % | ВЗЗ, %                      | Втрати маси під час заморожування, % | Втрати маси під час теплової обробки, % |
| до заморожування  |                                    |                                      |   |                      |                                      |   |                               |                                      |   |                             |                                      |   |
| 0 діб             | 53,7                               | –                                    | 32,4                                    | 64,3                 | –                                    | 25,2                                    | 53,0                          | –                                    | 32,3                                    | 65,1                        | –                                    | 27,5                                    |
| після зберігання  |                                    |                                      |   |                      |                                      |   |                               |                                      |   |                             |                                      |   |
| 1 доба            | 52,1                               | 2,7                                  | 33,5                                    | 61,7                 | 1,5                                  | 26,1                                    | 51,7                          | 2,8                                  | 33,4                                    | 60,9                        | 1,6                                  | 28,5                                    |
| 30 діб            | 51,0                               | 3,2                                  | 34,5                                    | 60,4                 | 1,8                                  | 27,0                                    | 50,5                          | 3,3                                  | 34,4                                    | 58,5                        | 1,9                                  | 29,3                                    |
| 60 діб            | 50,2                               | 3,4                                  | 35,4                                    | 58,7                 | 1,9                                  | 27,7                                    | 49,4                          | 3,6                                  | 35,3                                    | 56,8                        | 2,1                                  | 30,0                                    |

Враховуючи, що вітаміни є незамінними речовинами в харчуванні та відносяться до біологічно активних елементів, а м'ясні продукти є основним джерелом вітамінів групи В, які можуть руйнуватися в ході технологічної обробки та зберігання, досліджено вміст вітамінів у складі напівфабрикатів до заморожування та після зберігання за методикою [204]. Аналіз одержаних даних дозволяє відмітити, що заморожування практично не впливає на вміст вітамінів у НМПЗ з СКД та знаходиться в межах похибки. Так, розроблені НМПЗ є джерелом вітамінів ніацину В<sub>5</sub> (3,37...3,64 мг), фолацину В<sub>9</sub> (5,99...6,47 мкг), біотину Н (2,18...2,36 мкг), кобаламіну В<sub>12</sub> (1,89...2,04 мкг). Крім цього, ідентифіковано також наявність вітамінів В<sub>6</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>1</sub>.

Важливим показником біологічної цінності м'ясної продукції є вміст незамінних та замінних амінокислот. Тому, наступним етапом роботи було визначення амінокислотного складу білків НМПЗ (на прикладі фаршу яловичого з СКД1) до заморожування та після їх зберігання впродовж 60 діб (табл. 4.6). Амінокислотний склад білків НМПЗ проводили після кислотного гідролізу [205] методом висхідної тонкошарової хроматографії на селікагелевих пластинках [206].

Під час дослідження ідентифіковано та кількісно визначено 19 амінокислот, з яких 38,32...38,60% (контрольні зразки) та 37,12...37,23% (НМПЗ з СКД) припадає на незамінні, а решта – 61,40...61,68% (контрольні зразки) та 62,77...62,88% (НМПЗ з СКД) на замінні амінокислоти. Аналіз одержаних даних дозволив дійти висновку, що вміст амінокислот у НМПЗ майже не змінився протягом зберігання. Співвідношення незамінних та замінних амінокислот у контрольних зразках складає 1:1,6, у НМПЗ з СКД – 1:1,7, що є свідченням високої біологічної цінності представлених НМПЗ. Визначено, що домінуючими серед незамінних амінокислот є лізин (8,07...8,39%), лейцин (7,99...8,31%) та валін (5,31...5,52%), а серед замінних – глутамінова (16,60...17,29%) та аспарагінова (9,18...9,55%) кислоти.

Важливу роль у визначенні харчової цінності відіграє не тільки кількісне співвідношення білків, жирів, вуглеводів та інших речовин, але й показник біологічної цінності, який характеризує ступінь збалансованості амінокислотного складу та рівень переварювання і асиміляції білку в організмі. Про збалансованість амінокислотного складу досліджуваних НМПЗ свідчать результати амінокислотного скору (на прикладі фаршу яловичого з СКД1), що наведено в табл. 4.7. Амінокислотний скор білків та ступінь збалансованості амінокислот визначали методом, запропонованим ФАО/ВООЗ [207].

Аналізуючи якісний та кількісний склад незамінних амінокислот, слід відзначити, що в цілому вміст амінокислот у складі НМПЗ з СКД є нижчим, ніж у контрольних зразках, однак при цьому перевищує рівень ФАО/ВООЗ. Найбільш виражено це підтверджують такі амінокислоти, як лізин, фенілаланін+тирозин та лейцин. Кількість триптофану, ізолейцину, треоніну в білках НМПЗ з СКД наближається до рівня їх вмісту в ідеальному білку. Лімітуючі амінокислоти відсутні. Таким чином, розроблений продукт можна вважати біологічно повноцінним.

Таблиця 4.6 – Амінокислотний склад білків НМПЗ (n=3, P=0,95)

| Амінокислота (АК)            | Вміст амінокислот у НМПЗ           |               |                         |               |                      |               |                         |               |
|------------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|---------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|                              | Фарш яловичий (контрольний зразок) |               |                         |               | Фарш яловичий з СКД1 |               |                         |               |
|                              | до заморожування                   |               | після 60 діб зберігання |               | до заморожування     |               | після 60 діб зберігання |               |
|                              | г/100 г продукту                   | г/100 г білка | г/100 г продукту        | г/100 г білка | г/100 г продукту     | г/100 г білка | г/100 г продукту        | г/100 г білка |
| <b>Незамінні, у т.ч.:</b>    |                                    |               |                         |               |                      |               |                         |               |
| Валін                        | 0,987                              | 5,48          | 1,027                   | 5,52          | 0,806                | 5,31          | 0,823                   | 5,32          |
| Ізолейцин                    | 0,773                              | 4,29          | 0,805                   | 4,32          | 0,631                | 4,15          | 0,645                   | 4,17          |
| Лейцин                       | 1,486                              | 8,25          | 1,547                   | 8,31          | 1,213                | 7,99          | 1,239                   | 8,01          |
| Лізин                        | 1,500                              | 8,33          | 1,561                   | 8,39          | 1,224                | 8,07          | 1,250                   | 8,09          |
| Метіонін                     | 0,462                              | 2,56          | 0,481                   | 2,58          | 0,377                | 2,48          | 0,385                   | 2,49          |
| Треонін                      | 0,770                              | 4,28          | 0,802                   | 4,31          | 0,629                | 4,14          | 0,642                   | 4,16          |
| Триптофан                    | 0,204                              | 1,13          | 0,213                   | 1,14          | 0,167                | 1,10          | 0,171                   | 1,10          |
| Фенілаланін                  | 0,720                              | 4,00          | 0,750                   | 4,03          | 0,588                | 3,88          | 0,601                   | 3,89          |
| <b>Сума незамінних АК</b>    | <b>6,90</b>                        | <b>38,32</b>  | <b>7,19</b>             | <b>38,60</b>  | <b>5,64</b>          | <b>37,12</b>  | <b>5,76</b>             | <b>37,23</b>  |
| <b>Замінні, у т.ч.:</b>      |                                    |               |                         |               |                      |               |                         |               |
| Аланін                       | 1,034                              | 5,84          | 1,076                   | 5,78          | 0,844                | 6,06          | 0,862                   | 6,03          |
| Аргінін                      | 0,971                              | 5,49          | 1,011                   | 5,43          | 0,793                | 5,69          | 0,810                   | 5,67          |
| Аспарагінова кислота         | 1,708                              | 9,48          | 1,777                   | 9,55          | 1,394                | 9,18          | 1,424                   | 9,21          |
| Гістидін                     | 0,644                              | 3,63          | 0,670                   | 3,60          | 0,526                | 3,75          | 0,537                   | 3,74          |
| Гліцин                       | 0,884                              | 4,99          | 0,920                   | 4,95          | 0,722                | 5,18          | 0,737                   | 5,16          |
| Глутамінова кислота          | 2,969                              | 16,72         | 3,090                   | 16,60         | 2,424                | 17,29         | 2,476                   | 17,24         |
| Оксипролін                   | 0,314                              | 1,77          | 0,327                   | 1,76          | 0,256                | 1,83          | 0,262                   | 1,83          |
| Пролін                       | 0,770                              | 4,35          | 0,802                   | 4,32          | 0,629                | 4,51          | 0,642                   | 4,49          |
| Серин                        | 0,791                              | 4,45          | 0,823                   | 4,42          | 0,646                | 4,61          | 0,660                   | 4,59          |
| Тирозин                      | 0,627                              | 3,49          | 0,653                   | 3,51          | 0,512                | 3,36          | 0,523                   | 3,38          |
| Цистин                       | 0,265                              | 1,47          | 0,276                   | 1,48          | 0,217                | 1,42          | 0,221                   | 1,43          |
| <b>Сума замінних АК</b>      | <b>10,98</b>                       | <b>61,68</b>  | <b>11,43</b>            | <b>61,40</b>  | <b>8,96</b>          | <b>62,88</b>  | <b>9,15</b>             | <b>62,77</b>  |
| <b>Загальна кількість АК</b> | <b>17,88</b>                       | <b>100</b>    | <b>14,60</b>            | <b>100</b>    | <b>18,62</b>         | <b>100</b>    | <b>14,91</b>            | <b>100</b>    |

Таблиця 4.7 – Амінокислотний скор НМПЗ (n=3, P=0,95)

| Незамінні амінокислоти | Амінокислотний склад, %                        |                                    |         |                         |         |                      |         |                         |         |
|------------------------|--|------------------------------------|---------|-------------------------|---------|----------------------|---------|-------------------------|---------|
|                        | Рекомендований вміст ФАО/ВООЗ, мг АК/1 г білка | Фарш яловичий (контрольний зразок) |         |                         |         | Фарш яловичий з СКД1 |         |                         |         |
|                        |  | до заморожування                   |         | після 60 діб зберігання |         | до заморожування     |         | після 60 діб зберігання |         |
|                        |  | мг/г білка                         | скор, % | мг/г білка              | скор, % | мг/г білка           | скор, % | мг/г білка              | скор, % |
| Валін                  | 50,0   | 54,8                               | 109,6   | 55,2                    | 110,4   | 53,1                 | 106,2   | 53,2                    | 106,4   |
| Ізолейцин              | 40,0   | 42,9                               | 107,3   | 43,2                    | 108,0   | 41,5                 | 103,8   | 41,7                    | 104,3   |
| Лейцин                 | 70,0   | 82,5                               | 118,7   | 83,1                    | 118,7   | 79,9                 | 114,1   | 80,1                    | 114,4   |
| Лізин                  | 55,0   | 83,3                               | 152,5   | 83,9                    | 152,5   | 80,7                 | 146,7   | 80,9                    | 147,1   |
| Метіонін+ цистин       | 35,0   | 40,3                               | 115,1   | 40,6                    | 116,0   | 39,0                 | 111,4   | 39,2                    | 112,0   |
| Треонін                | 40,0   | 42,8                               | 107,7   | 43,1                    | 107,8   | 41,4                 | 103,5   | 41,6                    | 104,0   |
| Триптофан              | 10,0   | 11,3                               | 114,0   | 11,4                    | 114,0   | 11,0                 | 110,0   | 11,0                    | 110,0   |
| Фенілаланін+ тирозин   | 60,0   | 74,9                               | 125,6   | 75,4                    | 125,7   | 72,4                 | 120,7   | 72,7                    | 121,2   |

Це свідчить про те, що використання СКД у складі НМПЗ призвело до стабільності показника збалансованості амінокислотного складу білків по відношенню до статистично обґрунтованого 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/ВОЗ, однак можливість їх утилізації визначена мінімальним скором однієї з амінокислот. Різниця між мінімальним та максимальним скором розроблених НМПЗ становить 43,6%, тоді як у контрольних зразків цей показник дорівнює 45,2%.

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

Досліджування перетравлюваності «in vitro» проводили згідно методу А.А. Покровського, Е.Д. Єртанова [208] для НМПЗ до заморожування та після зберігання впродовж 60 діб з подальшою тепловою обробкою. Про ступінь перетравлення білків НМПЗ судили 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 білку).

На основі отриманих результатів визначено динаміку накопичення розчинного білку НМПЗ та побудовано діаграму ферментативного гідролізу білка протеолітичними ферментами (рис. 4.1, 4.2).

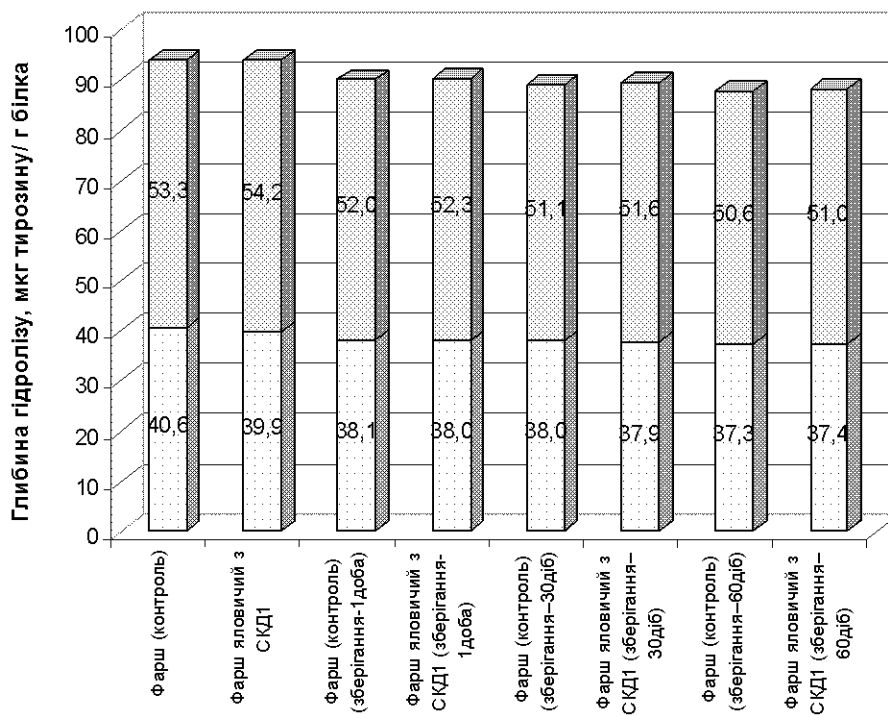


Рисунок 4.1 – Діаграма ферментативного гідролізу білка НМПЗ (фарши):

▨ – пепсиноліз; ▩ – трипсиноліз

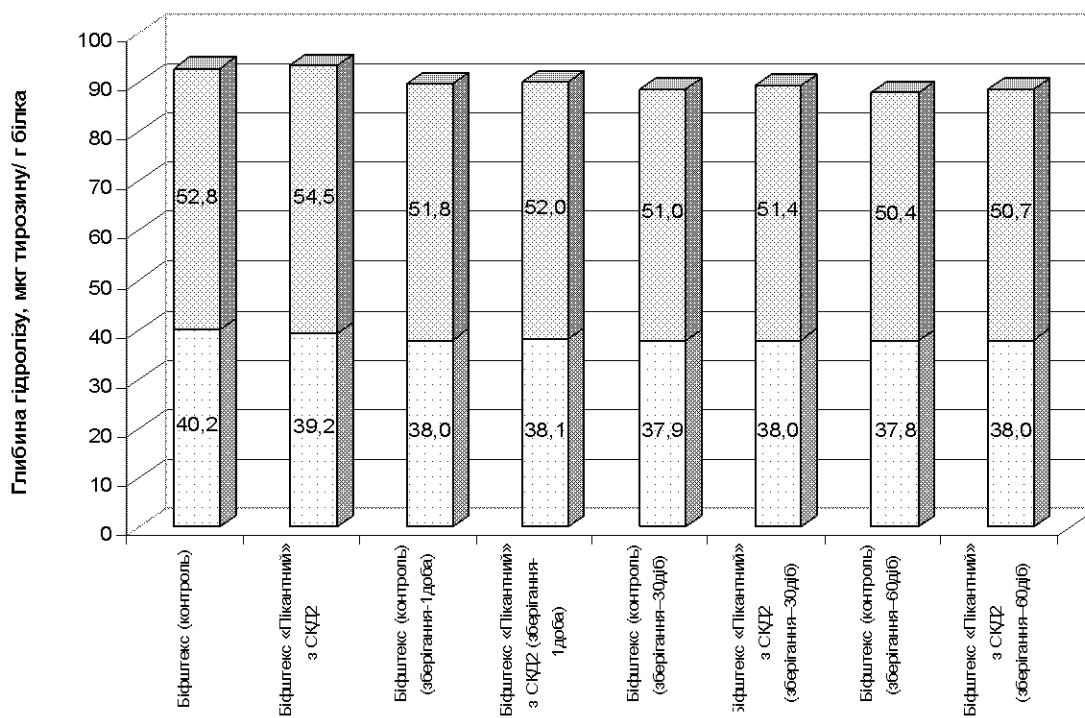


Рисунок 4.2 – Діаграма ферментативного гідролізу білка НМПЗ (біфштекси):

▨ – пепсиноліз; ▩ – трипсиноліз

Глибина та характер ферментативного гідролізу білків НМПЗ контрольних та з СКД має різницю. Аналіз ферментативного гідролізу білків пепсином НМПЗ на всіх етапах дослідження характеризується близькими значеннями, що становлять 37,3...40,6 мкг тирозину/г білка. На етапі трипсинолізу спостерігається поліпшення процесу перетравлення НМПЗ з СКД, де глибина гідролізу коливається від 50,4 мкг тирозину/г білка до 53,3 мкг тирозину/г білка (для контрольних зразків) та від 50,7 мкг тирозину/г білка до 54,5 мкг тирозину/г білка (для НМПЗ з СКД).

В цілому процес заморожування призводить до зменшення швидкості ферментативного гідролізу білків протеолітичними ферментами, як на стадії пепсинолізу, так й на стадії трипсинолізу. У загальному підсумку для всіх НМПЗ ці показники зменшились у 1,1 рази порівняно з НМПЗ до заморожування. Для НМПЗ з СКД після зберігання впродовж 60 діб характерна стабільність ферментативного гідролізу білків порівняно з контрольними НМПЗ, що свідчить про збереження перетравлюваності білків НМПЗ при використанні СКД.

Визначено мінеральний склад НМПЗ до заморожування та після 60 діб зберігання згідно з [204]. Встановлено, що мінеральний склад розроблених НМПЗ зменшується в межах похибки. Зольний залишок НМПЗ представлено макро- та мікроелементами. Результати показали, що розроблені НМПЗ є джерелом макроелементів – калію (239,1 та 241,6 мг/%), фосфору (126,6 та 128,6 мг/%) натрію (49,5 та 49,6 мг/%) та мікроелементів — цинку (2,181 та 2,204 мг/%), заліза (1,952 та 1,972 мг/%), міді (0,123 та 0,127 мг/%) відповідно. Крім цього, ідентифіковано також кальцій, магній, кобальт, марганець та інші мінеральні речовини.

#### **4.2. Дослідження показників безпечності напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених із використанням сумішей кріостабілізуючої дії**

Відбір та підготовку проб для визначення показників безпечності проводили за ГОСТ 4288-76 [192], ГОСТ 26929 [193], ГОСТ 26668 [194], ГОСТ 26669 [195], ГОСТ 26670 [196].

Визначення токсичних елементів та солей важких металів визначали: свинцю – згідно ГОСТ 26932 [209]; кадмію – згідно ГОСТ 26933 [210]; ртуті – згідно ГОСТ 26927 [211], МУ 5178 [212]; миш'яку – згідно ГОСТ 26930 [213]; міді – згідно ГОСТ 26931 [214]; цинку – згідно ГОСТ 26934 [215], а також згідно ГОСТ 30178 [216] (крім ртуті та миш'яку).

Результати токсикологічних випробувань НМПЗ наведено у табл. 4.8. На підставі одержаних даних встановлено, що вміст токсичних елементів, мікотоксинів, нітрозамінів у НМПЗ з СКД не перевищує допустимих рівнів, встановлених ДСТУ 4437:2005 [180].

**Таблиця 4.8 – Вміст токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків та гормональних препаратів у НМПЗ з СКД (n=3, P=0,95)**

| Показник  | Допустимі рівні, мг/кг, не більш | Фактичне значення, мг/кг                                 |
|---|----------------------------------|--|
| Плюмбум (свинець)   | 0,50                             | 0,03   |
| Кадмій  | 0,05                             | 0,02   |
| Арсен (миш'як)  | 0,10                             | 0,03   |
| Меркурій (ртуть)  | 0,03                             | 0,01   |
| Купрум (мідь)   | 5,00                             | 0,40   |
| Цинкум  | 70,00                            | 3,70   |
| Мікотоксини, мг/кг не більше:<br>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:<br>діетилстильбестрол<br>естрадіол-17в                   | не дозволено<br>0,0005           | не виявлено<br>не виявлено                               |
| Антибіотики, од/г, не більше:<br>тетрациклінової групи<br>грисин<br>цинкбацитрацин<br>левоміцетин | 0,01<br>0,5<br>0,02<br>0,01      | не виявлено<br>не виявлено<br>не виявлено<br>не виявлено |

Мікробіологічні показники НМПЗ визначали згідно з ГОСТ 10444.15 [217], ДСТУ ISO 11290-1 [218], ДСТУ ISO 11290-2 [219], ДСТУ ISO 6579 [220], ГОСТ 30518 [221].

Мікробіологічні показники НМПЗ з СКД (до заморожування та після зберігання) відповідають вимогам, встановленим ДСТУ 4437:2005 для м'ясних посічених напівфабрикатів [180]. За результатами проведених досліджень (табл. 4.9) встановлено, що бактерії групи кишкової палички в 0,001 г та патогенні мікроорганізми в 25 г НМПЗ не виявлені; кількість МАФАНМ в 1 г НМПЗ до заморожування склала  $2,9 \cdot 10^4$ , що не перевищує встановлених норм. Упродовж зберігання 30 та 60 діб кількість МАФАНМ в 1 г НМПЗ дещо підвищується – до  $3,5 \cdot 10^4$  відповідно, однак залишилась в допустимих межах.

Вміст радіонуклідів у НМПЗ з СКД не перевищує допустимих рівнів, встановлених ГН 6.6.1.1.-130-2006 (табл. 4.10) [181].

Одержані результати дослідження загального хімічного складу, показників якості та безпечності НМПЗ з СКД підтверджують відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів та покладені в основу розробки технічних умов ТУ У 10.1 – 01566330-295:2014 «Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені».

Таблиця 4.9 – Мікробіологічні показники НМПЗ з СКД (n=3, P=0,95)

| Показник   | Допустимий рівень | Фактичне значення |                  |                  |
|--|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
|  |                   | До заморожування  | Після зберігання |                  |
|  |                   |                   | 30 діб           | 60 діб           |
| Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, в 1 г не більш ніж | $1 \cdot 10^7$    | $2,9 \cdot 10^4$  | $3,5 \cdot 10^4$ | $3,5 \cdot 10^4$ |
| Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , у 25 г                           | не дозволено      | не виявлено       | не виявлено      | не виявлено      |
| бактерії роду <i>Listeria monocytogenes</i> у 25 г   | не дозволено      | не виявлено       | не виявлено      | не виявлено      |
| Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), у 0,001 г   | не дозволено      | не виявлено       | не виявлено      | не виявлено      |

Таблиця 4.10 – Результати радіаційних досліджень НМПЗ з СКД (n=3, P=0,95)

| Показник          | Допустимі рівні, мг/кг | Фактичне значення, мг/кг |
|-------------------|------------------------|--------------------------|
| $^{137}\text{Cs}$ | 200,0                  | 150                      |
| $^{90}\text{Sr}$  | 20,0                   | 10                       |

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

На основі одержаного експериментального матеріалу розроблено рекомендації з використання НМПЗ з СКД у технології кулінарної продукції. Асортиментний ряд кулінарної продукції розроблено на базі м'ясних фаршів з яловичини, які піддавали заморожуванню-розморожуванню. Рецептурний склад фаршів з СКД відповідав табл. 3.9, як контрольний зразок обрано фарш яловичий, що містив 12% води до маси м'ясної сировини. Технологічний процес виготовлення здійснювався відповідно з технологічними інструкціями до ТУ У 10.1–01566330-295:2014 «Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені».

При розробці рекомендацій з використання НМПЗ у технології кулінарної продукції існує необхідність дослідження органолептичних показників та втрат маси під час теплової обробки. Дослідження проводили за методиками [175–179].

Під час дослідження використовували наступні способи теплової обробки – смаження основним способом, запікання, варіння на парі. Теплову обробку смаженням здійснювали основним способом за температури поверхні смаження 150...160°C; запікання – в параконвектоматі «Unoxs» за температури 150...160°C;



варіння на парі – за температури 98...100°C. Результати втрат маси НМПЗ під час теплової обробки надані в табл. 4.11.

**Таблиця 4.11 – Втрати маси НМПЗ під час теплової обробки (n=3, P=0,95)**

| Вид теплової обробки       | Втрати маси під час теплової обробки, % |                      |                      |
|----------------------------|---|----------------------|----------------------|
|                            | Фарш яловичий (контрольний зразок)      | Фарш яловичий з СКД1 | Фарш яловичий з СКД2 |
| Смаження основним способом | 36,1                                    | 28,4                 | 30,2                 |
| Запікання                  | 32,1                                    | 25,5                 | 26,1                 |
| Варіння на парі            | 33,3                                    | 26,6                 | 28,7                 |

Аналіз даних табл. 4.11 свідчить, що за всіх зазначених способів теплової обробки втрати маси НМПЗ з СКД менші порівняно з контрольним зразком. При смаженні основним способом втрати маси НМПЗ з фаршу яловичого з СКД1 менші порівняно з контрольним зразком у 1,2 рази, у 1,3 рази при запіканні та варінні на парі, а втрати НМПЗ з фаршу яловичого з СКД2 – у 1,1 рази, у 1,2 та у 1,3 рази відповідно.

Не менш важливе значення для споживачів при виборі продукції мають її органолептичні показники, які досліджено згідно з [176–179].

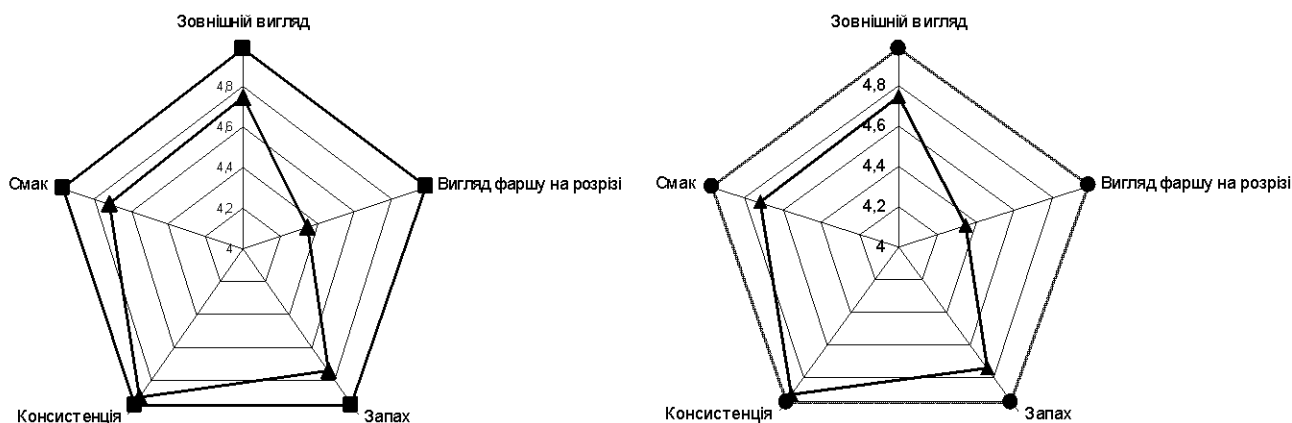
При визначенні органолептичних показників готової продукції встановлено, що м'ясні вироби за зазначених способів теплової обробки характеризуються високими смаковими показниками, ніжною консистенцією та соковитістю, добре збереженою формою та мають кращі органолептичні показники, ніж контрольний зразок. Визначино, що загальна оцінка НМПЗ з СКД складає 4,97 балів проти 4,69 балів у контрольного зразка (табл. 4.12). Профілі органолептичної оцінки НМПЗ з фаршу яловичого представлені на рис. 4.3.

**Таблиця 4.12 – Результати органолептичної оцінки НМПЗ із фаршу яловичого з СКД1 та СКД2 після теплової обробки**

| Показник         | № дескриптору | Коефіцієнт вагомості дескриптору | Характеристика  | Оцінка в балах                              |                               |                               |
|------------------|---------------|----------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|
|                  |               |                                  |   | НМПЗ з фаршу яловичого (контрольний зразок) | НМПЗ з фаршу яловичого з СКД1 | НМПЗ з фаршу яловичого з СКД2 |
| 1                | 2             | 3                                | 4   | 5   | 6                             | 7                             |
| Зовнішній вигляд | 1             | 0,1                              | Відповідність форми, розмірам. Форма овальна, овально-приплюснута, товщина 10...17 мм | 4,8   | 5,0                           | 5,0                           |
|                  | 2             | 0,2                              | Цілісність структури, відсутність розірваних ламаних країв                            | 4,7   | 5,0                           | 5,0                           |

Продовження табл. 4.12

| 1                               | 2 | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    |
|---------------------------------|---|-----|---|------|------|------|
| Зовнішній вигляд                | 3 | 0,2 | Відсутність злипів, форма не злипла, не деформована | 4,8  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 4 | 0,2 | Стан поверхні: чиста, суха, рівномірно обсмажена    | 4,7  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5 | 0,3 | Відсутність крапель жиру та вологи на поверхні      | 4,7  | 4,9  | 5,0  |
| Сумарна оцінка                  |   |     |   | 4,74 | 4,98 | 4,98 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |   |     |   | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |   |     |   | 0,95 | 1,00 | 1,00 |
| Консистенція                    | 1 | 0,3 | Відсутність розшарування, слизистості               | 4,7  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2 | 0,2 | Соковитість, ніжність                               | 3,8  | 4,9  | 5,0  |
|                                 | 3 | 0,2 | Щільність   | 4,0  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 4 | 0,2 | Відсутність крихкості                               | 4,5  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5 | 0,1 | Однорідність, властива даному виду продукції        | 4,7  | 5,0  | 5,0  |
| Сумарна оцінка                  |   |     |   | 4,34 | 4,98 | 4,98 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |   |     |   | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |   |     |   | 0,87 | 1,00 | 1,00 |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1 | 0,4 | Однорідність структури – рівномірно перемішаний     | 4,6  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 2 | 0,2 | Колір – від світло-сірого до темно-сірого           | 4,8  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3 | 0,2 | Відсутність червоних плям                           | 4,9  | 4,9  | 5,0  |
|                                 | 4 | 0,1 | Відсутність пустот                                  | 4,7  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5 | 0,1 | Наявність дрібної пористості                        | 4,7  | 4,9  | 4,9  |
| Сумарна оцінка                  |   |     |   | 4,74 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |   |     |   | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |   |     |   | 0,95 | 0,99 | 0,99 |
| Запах                           | 1 | 0,3 | Властивий даному виду продукції                     | 4,9  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 2 | 0,2 | Чистий, без сторонніх                               | 5,0  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3 | 0,2 | Збалансований                                       | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 4 | 0,2 | Приємний  | 4,8  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 5 | 0,1 | Швидкість вивільнення                               | 4,8  | 4,9  | 4,9  |
| Сумарна оцінка                  |   |     |   | 4,90 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |   |     |   | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |   |     |   | 0,98 | 0,99 | 0,99 |
| Смак                            | 1 | 0,3 | Властивий даному виду продукції                     | 4,7  | 4,9  | 5,0  |
|                                 | 2 | 0,2 | Чистий, без стороннього                             | 4,7  | 5,0  | 4,9  |
|                                 | 3 | 0,2 | Збалансований                                       | 4,7  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 4 | 0,2 | Приємний  | 4,8  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5 | 0,1 | В міру солоний                                      | 4,7  | 4,9  | 4,9  |
| Сумарна оцінка                  |   |     |   | 4,72 | 4,96 | 4,96 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |   |     |   | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Підсумкова оцінка за показником |   |     |   | 0,94 | 0,99 | 0,99 |
| Загальна                        |   |     |   | 4,69 | 4,97 | 4,97 |



**Рисунок 4.3 – Профілі органолептичної оцінки НМПЗ з фаршу яловичого:**  
 «▲» – НМПЗ з фаршу яловичого (контрольний зразок); «■» – НМПЗ з фаршу яловичого з СКД1; «●» – НМПЗ з фаршу яловичого з СКД2

Проведені комплексні дослідження функціонально-технологічних, органолептичних характеристик та якісних показників НМПЗ стали експериментальним підґрунтям для розробки рекомендацій з їх використання у технології кулінарної продукції.

Під час технологічних відпрацювань розроблено декілька видів кулінарної продукції з м'ясних фаршів (9 найменувань), рецептурний склад яких наведено в табл. 4.13.

**Таблиця 4.13 – Рецептурний склад кулінарної продукції на основі НМПЗ**

| Сировина                  | Витрати сировини на 100 кг продукту, кг |                      |                    |                    |                       |                    |                   |                      |                        |
|---------------------------|---|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|------------------------|
|                           | Гамбургер «Фірмовий»                    | Біфштекс «Пікантний» | Ромштекс «Східний» | Шніцель «Домашній» | Котлети «Богадирські» | Котлети «Пікантні» | Котлети «Домашні» | Биточки «Московські» | Фрикадельки «Особливі» |
| 1                         | 2                                       | 3                    | 4                  | 5                  | 6                     | 7                  | 8                 | 9                    | 10                     |
| Фарш яловичий з СКД       | 101,8                                   | 99,4                 | 98,7               | 85,3               | 46,2                  | 41,6               | 84,2              | 101,8                | 78,3                   |
| Крупа рисова варена       | –                                       | –                    | –                  | –                  | 25,8                  | –                  | –                 | –                    | –                      |
| Картопля варена           | –                                       | –                    | –                  | –                  | 18,5                  | –                  | –                 | –                    | –                      |
| Капуста свіжа білокачанна | –                                       | –                    | –                  | –                  | –                     | 37,6               | –                 | –                    | –                      |
| Меланж яєчний             | –                                       | –                    | –                  | 4,7                | 1,0                   | 2,5                | 2,1               | –                    | –                      |
| Хліб з пшеничного борошна | –                                       | –                    | –                  | –                  | –                     | –                  | 13,4              | –                    | 11,1                   |

Продовження табл. 4.13

| 1                     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Борошно пшеничне      | –     | –     | –     | –     | –     | 11,1  | –     | –     | –     |
| Цибуля свіжа ріпчаста | –     | –     | –     | –     | 6,2   | 5,6   | 2,1   | –     | 5,2   |
| Часник свіжий         | –     | –     | 1,0   | –     | –     | –     | –     | –     | –     |
| Крупа манна           | –     | –     | –     | –     | –     | –     | –     | –     | 7,2   |
| Сіль кухонна          | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   | 1,1   |
| Перець чорний мелений | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| Сухарі панірувальні   | –     | 2,4   | 2,1   | 11,8  | 4,1   | 3,4   | –     | –     | –     |
| Разом                 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 | 103,0 |
| Вихід                 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Асортимент кулінарної продукції з використанням НМПЗ, її рецептурний склад, технологію виробництва, умови та строки зберігання та реалізації відображено у технологічній інструкції з виготовлення страв та кулінарних виробів на основі напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених до ТУ У 10.1-01566330-295:2014 «Напівфабрикати м'ясні посічені заморожені».

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

Соціально-економічний ефект від упровадження технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених з використанням сумішей кріостабілізуючої дії наведено у додатку.

На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень з реалізації інноваційної стратегії розробки нової продукції проведено випробування на підприємствах м'ясопереробної промисловості та у закладах ресторанного господарства технології сумішей кріостабілізуючої дії та НМПЗ з їх використанням.

Нова продукція отримала позитивну оцінку науковців та фахівців галузі: зразки продукції, що демонструвалися на міжнародних, обласних, регіональних та міжвузівських конференціях, виставках, семінарах, рекомендовано до впровадження на переробних підприємствах харчової промисловості та у закладах ресторанного господарства.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес студентів Навчально-наукового інституту харчових технологій та бізнесу ХДУХТ

## ВИСНОВКИ

На основі аналітичних досліджень встановлено відсутність системних науково-практичних даних стосовно використання ХКД та сумішей на їх основі в технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених. З урахуванням інноваційної стратегії розробки НМПЗ з використанням СКД сформульовано робочу гіпотезу, згідно з якою розробка та використання СКД дозволить забезпечити технологічну стабільність НМПЗ за умови низькотемпературного холодильного зберігання.

Комплексно досліджено вплив заморожування-розморожування на структурно-механічні та кріоскопічні показники розчинів та дисперсій ХКД й сумішей на їх основі. На підставі визначених закономірностей зміни в'язкості ХКД після заморожування-розморожування встановлено, що її характер визначається оборотністю та коливається в діапазоні 0,4...1,5 (для 0,5% розчинів). Встановлено пластифікуючу та стабілізуючу дію ХКД на характер кристалоутворення та зменшення масової частки вимороженої вологи в разі збільшення їх концентрації.

За результатами дослідження кінетики процесу набрякання ХКД у водних розчинах та розчинах NaCl встановлено, що для ХКД характерне необмежене набрякання з утворенням розчину високомолекулярних сполук, розчинення яких досягається протягом  $(8...80) \cdot 60$  с, для харчових волокон – обмежене набрякання, показник граничного набрякання яких досягається через  $(20...25) \cdot 60$  с.

Узагальнені результати дослідження впливу заморожування-розморожування на властивості розчинів та дисперсій ХКД, що відображають дослідження кріоскопічних та структурно-механічних показників розчинів та дисперсій, масової частки вимороженої вологи та ін., з урахуванням визначених критеріїв вибору ХКД дозволили обрати для використання у складі СКД (товарна форма – суха суміш) такі інгредієнти: альгінат натрію, камедь ксантана, камедь тари, харчові волокна.

На підставі комплексних досліджень науково обґрунтовано склад СКД. Доведено доцільність сумісного використання харчових волокон : камеді ксантана : камеді тари за співвідношення 80:12:8 (СКД1) та харчових волокон : альгінату натрію – 85:15 (СКД2). Розроблено рецептурний склад та технологічну схему виробництва СКД. Визначено їх органолептичні та фізико-хімічні показники, а також показники безпечності впродовж зберігання; встановлено, що вони відповідають вимогам чинного законодавства України.

Встановлено загальну тенденцію збільшення ВЗЗ із підвищенням масової частки СКД; після заморожування-розморожування ВЗЗ збільшується під час використання СКД в складі ММС у 1,2...1,3 рази порівняно з контрольним зразком. Доведено що використання СКД у складі ММС дозволяє зменшити втрати маси під час заморожування (в 1,3...2,4 рази) та теплової обробки (в 1,1...1,2 рази), забезпечити високі показники якості готової продукції.

На підставі дослідження впливу заморожування-розморожування на структурно-механічні характеристики ММС встановлено, що збільшення вмісту СКД від 1 до 5% призводить до збільшення показника ГНЗ після заморожування-розморожування в 1,1...1,4 рази (СКД1) та в 1,2...1,4 рази (СКД2), зменшення податливості та в'язкості пружної післядії (в 1,2...1,4 рази та в 1,1...1,3 рази відповідно), збільшення умовно миттєвого модуля пружності (в 1,1...1,3 рази) за вмісту СКД до 3%.

Комплексне дослідження закономірностей змін функціонально-технологічних, структурно-механічних та органолептичних показників ММС із СКД під впливом заморожування-розморожування дозволили встановити їх раціональний вміст у складі НМПЗ: 2,0...3,0% (СКД1) та 1,5...2,5% (СКД2) до маси м'ясної сировини.

Доведено вплив СКД на характер льодоутворення ММС та зменшення молекулярної рухливості води, що підтверджує їх пластифікуючу та стабілізуючу дію. Мікроструктурними дослідженнями доведено збереження цілісності структури сарколеми м'язових волокон, утворення більш дрібних та рівномірно розподілених кристалів льоду.

Встановлено, що внесення СКД до ММС дозволяє зберегти масову частку розчинних білків (на 4% порівняно з контрольним зразком), в тому числі міофібрилярних, що є важливим для формування фізико-хімічних та органолептичних показників ММС та підтверджує кріостабілізуючі властивості розроблених сумішей.

Науково обґрунтовано раціональні технологічні параметри, розроблено рецептури та технологічні схеми виробництва НМПЗ з використанням СКД. Комплексно досліджено основні показники якості та безпечності нової продукції та їх зміни впродовж зберігання, обґрунтовано умови та терміни зберігання НМПЗ з використанням СКД.

Розроблено рекомендації з використання НМПЗ з СКД у технології кулінарної продукції. Розраховано собівартість НМПЗ з використанням СКД, визначено їх відпускну ціну. Проведено комплекс організаційно-технологічних заходів із упровадження результатів дослідження у виробництво та навчальний процес.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Замораживания мяса в полутушах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://uash.com.ua/meat/10-freezing.html>.
2. Заморозка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://v-eda.info/index.php/shcool/minus/killfood/ice>
3. Быстрозамороженные продукты питания // Мясные технологии. – 2006. – № 9. – С. 32–33.
4. Куликовская Л. В. Замороженные продукты для сети быстрого питания / Л. В. Куликовская, Э. М. Шаройко // Мороженые и быстрозамороженные продукты. – 2004. – № 3, 4. – С. 26–27.
5. Тонков А. Л. Тенденции рынка замороженной продукции / А. Л. Тонков // Мясные технологии. – 2006. – № 3. – С. 46–47.
6. Рынок замороженных полуфабрикатов в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rb.com.ua/rus/marketing/tendency/8676>.
7. Смирнов М. Н. Быстрозамороженные продукты питания / М. Н. Смирнов, М. Х. Исаков // Мясные технологии. – 2006. – № 9. – С. 32–34.
8. Смирнов М. Н. Состояние и перспективы развития производства мясных полуфабрикатов / М. Н. Смирнов, М. Х. Исаков // Мясные технологии. – 2006. – № 5. – С. 4–9.
9. Обзор рынка полуфабрикатов. Замороженные полуфабрикаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://meatbusiness.ua>.
10. Соколов А. Рынок полуфабрикатов Украины / А. Соколов // Мясной бизнес. – 2011. – № 10. – С. 68–72.
11. Огляд ринку напівфабрикатів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.souz-inform.com.ua>.
12. Тенденции на рынке. Потребление замороженных полуфабрикатов в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://koloro.ua/blog/issledovaniya/obzor-rynka-zamorozhennyh-gotovyh-polufabrikatov-tendencii-na-rynkeosnovnye-proizvoditeli.html>.
13. Рынок мяса и мясных продуктов Украины // Мясное дело. – 2011. – № 10. – С. 16–25.
14. Замороженные полуфабрикаты: пельмени [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.consumer.com.ua>.
15. Замороженные полуфабрикаты: устойчивый рост [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.meatbranch.com/publ/view/351.html>.
16. Про соціально-економічне становище України за 2013 рік [Електронний ресурс]. / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
17. Про соціально-економічне становище України за 2014 рік [Електронний ресурс]. / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

18. Про соціально-економічний становище розвиток України за січень-травень 2015 року [Електронний ресурс]. / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
19. Про затвердження Державної комплексної програми «Здоров'я нації» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/14-2002-п>.
20. Масліков М. М. Сучасні способи холодильного оброблення м'ясопродуктів / М. М. Масліков // Мясное дело. – 2005. – № 4. – С. 32–33.
21. Большаков С. А. Холодильная техника и технология продуктов питания : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / С. А. Большаков – М. : Академия, 2003. – 304 с.
22. 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.
23. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов / [Н. И. Погожих и др.]. – Х. : ХГУПТ, 2013. – 177 с.
24. Поляк Е. Заморожування та охолодження харчових продуктів / Е. Поляк // Холод. – 2007. – № 4. – С. 38–40.
25. Влияние скорости замораживания на кристаллообразование и качество пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.coolreferat.com>.
26. Hansen E. Chemical and Physical Changes in Pork during Freezing and Frozen Storage: PhD thesis / Department of Dairy and Food Science, The Royal Veterinary and Agricultural University. — Frederiksberg, Denmark, 2004 – 182 с.
27. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов / Н. А. Головкин. – М. : Легкая пищевая пром-сть, 1984. – 240 с.
28. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов : [пер. с венг.] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
29. Freezing Meats [Electronic resource]. – Available at : <http://www.meatsandsausages.com/sausage-making/freezing-meat>.
30. Эванс Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация : [пер. с англ.] / Дж. Эванс. – СПб. : Профессия, 2010. – 440 с.
31. Мищанчук Н. Морозить быстро – хранить долго / Н. Мищанчук, Н. Лев // Мир продуктов. – 2005. – № 6 (23). – С. 52–54.
32. Miiller G. Crystal Growth from Fundamentals to Technology / G. Miiller, J. Metois, P. Rudolph. – Amsterdam : Elsevier, 2004. – 368 p.
33. Заяс Ю. Ф. Качество мяса и мясопродуктов / Ю. Ф. Заяс. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 480 с.
34. Рогов И. А. Технология мяса и мясных продуктов. Книга 1. Общая технология мяса / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колосс, 2009. – 565 с.
35. Sielaff H. Influence of temperature cooling and freezing of meat / H. Sielaff, H. Schleusener // Food Technology. – 2005. – № 1–2. – P. 34–39.



36. Бараненко А. В. Холодильная технология пищевых продуктов : учеб. для вузов. В 3 ч. Ч. 1. Теплофизические основы / А. В. Бараненко, В. Е. Куцакова, Е. И. Борзенко, С. В. Фролов – СПб. : ГИОРД, 2007. – 224 с.
37. Water in food [Electronic resource]. – Available at : <http://www.azaquar.com/en/doc/water-in-food>.
38. Silva L. Freezing / L. Silva, J. Stojanovic [Electronic resource]. – Available at : <http://silvalab.fsnhp.msstate.edu/FREEZING%20.pdf>.
39. Филиппов В. И. Холодильная технология пищевых продуктов : учеб. для вузов. В 3 ч. Ч. II. Технологические основы / В. И. Филиппов, М. И. Кременевская, В. Е. Куцакова — СПб. : ГИОРД, 2008. – 576 с.
40. Баль-Прилипко Л. В. Властивості, структура та роль води у забезпеченні якості м'ясних продуктів / Л. В. Баль-Прилипко // М'ясні технології світу. – 2010. – № 8–9. – С. 48–52.
41. Охлаждение мяса и мясных продуктов // Мясное дело. – 2003. – № 12. – С. 5–7.
42. Янчева М. О. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса і м'ясопродуктів / М. О. Янчева, Л. В. Пешук, О. Б. Дроменко – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 309 с.
43. Глушков О. А. Исследование состояния воды в замороженных мясных системах с полисахаридными добавками / О. А. Глушков, Е. Д. Янковая, Л. Г. Винникова // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 2 (7). – С. 16–17.
44. Шарпе А. А. Влияние замораживания на функционально-технологические свойства мясных систем / А. А. Шарпе, Н. Г. Азарова, Е. Д. Янковая, А. А. Близнюк // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 2 (7). – С. 12–14.
45. К теории тепло- и массоотдачи при холодильной обработке мясопродуктов в бреде влажного воздуха / В. А. Загоруйко, А. А. Голиков, Ф. П. Бедин // Сучасні проблеми холодильної техніки та технології та : зб. наук. пр. / Одеська держ. акад. холоду. – Одеса, 2001. – С. 83–84.
46. Krokida M. K. Heat transfer coefficient in food processing : Compilation of literature data / M. K. Krokida, N. P. Zogzas, Z. V. Maroulis // Intern. J. of Food Properties. – 2002. – № 5 (2). – P. 435–450.
47. Жаринов А. И. Активность воды в водних гелях пищевых гидроколлоидов / А. И. Жаринов, Л. Ф. Митасёва, К. Г. Спасский, С. Г. Юзов // Мясная индустрия. – 2009. – № 12. – С. 27–29.
48. Is there «Bound Water» in Foods? [Electronic resource]. – Available at : <http://www.aqualab.com/education/is-there-bound-water-in-foods>.
49. Пак А. О. Вплив композиції кріопротекторної дії на кількість вимороженої вологи у м'ясних січених напівфабрикатів / А. О. Пак, М. О. Янчева, Ю. В. Яковлева // Тематичний збірник наукових праць Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2011. – Вип. 27. – С. 281–286.
50. Пушкарь Н. С. Введение в криобиологию / Н. С. Пушкарь, А. М. Белоус. – К. : Наукова думка, 1975. – 343 с.

51. Замораживание мяса и субпродуктов является одним из наиболее совершенных методов консервирования, обеспечивающих длительное хранение продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rudocs.exdat.com/docs/index-63605.html?page=3>.
52. Dumont F. Influence of cooling rate on *Saccharomyces cerevisiae* destruction during freezing: unexpected viability at ultra-rapid cooling rates / F. Dumont, P. A. Mraechal, P. Gervais // *Cryobiology*. – 2003. – № 46 (1). – P. 33–42.
53. Масліков М. М. Способи швидкого заморожування харчових продуктів / М. М. Масліков // *Мясное дело*. – 2006. – № 1. – С. 16–25.
54. Белозеров Г. А. Концепция развития холодильной промышленности / Г. А. Белозеров // *Холодильная техника*. – 2005. – № 9. – С. 43–45.
55. Стрингер М. Охлажденные и замороженные продукты : [пер. с англ.] / М. Стрингер, К. Денис. – СПб. : Профессия, 2004. – 496 с.
56. Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание : [пер. с англ.] / Р. Стеле. – СПб. : Профессия, 2006. – 460 с.
57. Базарнова Ю. Г. Ускоренное тестирование срока хранения замороженных мясных продуктов / Ю. Г. Базарнова, К. Ю. Поляков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2008. – № 2. – С. 14–19.
58. Охлаждение и замораживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://holod-delo.ru/art\\_ic\\_7\\_2002.htm](http://holod-delo.ru/art_ic_7_2002.htm).
59. Грубы Я. Производство замороженных продуктов : [пер. с чешск.] / Я. Грубы. – М. : Агропромиздат, 1990. – 336 с.
60. Замораживание и хранение замороженного мяса и мясопродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tehnoinfo.ru/tehnolog/pish-otr/245-zamozozka-mysa.html>.
61. Рогожин В. В. Биохимия животных / В. В. Рогожин. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 552 с.
62. Некоторые аспекты хранения быстрозамороженных готовых блюд и полуфабрикатов в полимерных пленочных материалах / А. М. Сивачева, Н. Т. Донцова, Л. А. Ульянова, Т. П. Ниценко, Ю. И. Матюхина // *Мороженое и быстрозамороженные продукты*. – 2001. – № 1. – С. 63–66.
63. 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.
64. 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.
65. Baranenko D. A. Changes of beef protein fraction in "freezing-storage-heat treatment" cycle / D. A. Baranenko, M. Salami // *Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii Kholoda*. – 2014. – № 4. – P. 15–18.
66. Рогов И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колос, 2000. – 367 с.

67. Постольски Я. Замораживание пищевых продуктов / Я. Постольски, З. Груда. – М. : Пищевая промышленность. 1978. – 606 с.
68. Кушнир Ю. Гидроколлоиды / Ю. Кушнир // Продукты и ингредиенты. – 2008. – № 5 (47). – С. 15–17.
69. Анализ технологий предотвращения фактической естественной убыли мяса и мясопродуктов при холодильной обработке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bestreferat.ru/referat-208414.html>.
70. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов : учеб. для вузов. В 3 ч. Ч. 3. Теплофизические основы / А. В. Бараненко, В. Е. Куцакова, Е. И. Борзенко, С. В. Фролов – М. : КолосС, 2004. – 249 с.
71. Актуальные проблемы длительного хранения мяса в замороженном виде [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://limited.rosreserv.ru/Konsultativnij\\_sovet/Obmen\\_opitom/Aktualnie\\_problemi\\_dlitelnogo\\_hranenija](http://limited.rosreserv.ru/Konsultativnij_sovet/Obmen_opitom/Aktualnie_problemi_dlitelnogo_hranenija).
72. Frozen meat: loss of Water and Freezer Burn [Electronic resource]. – Available at : [http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT\\_TECHNOLOGY\\_UPDATE\\_00-6.pdf](http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT_TECHNOLOGY_UPDATE_00-6.pdf).
73. 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.
74. Effect of chilling, freezing and thawing on meat quality: a review / [E. Aidani, B. Aghamohammadi, M. Akbarian et al.] // International Journal of Biosciences. – 2014. – Vol. 5, № 4. – P. 159–169.
75. 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.
76. Hanenian R. Effect of freezing and thawing on meat quality / R. Hanenian, G. S. Mittal // Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2004. – № 2 (3&4). – P. 74–80.
77. Akhtar S. Effect of Thawing on Frozen Meat Quality : A comprehensive Review / S. Akhtar, M. I. Khan, F. Faiz // Journal of Food Sciences. – 2013. – № 23 (4). – P. 198–211.
78. Фильчакова Н. Н. Проблемы безопасности пищевых продуктов / Н. Н. Фильчакова, С. А. Фильчакова, Ю. А. Тамбовцев // Экологические системы и приборы. – 2003. – № 8. – С. 10–12.
79. Хлебников В. И. Экспертиза мяса и мясных продуктов : учеб. пособие / В. И. Хлебников, И. А. Жебелева, В. И. Криштафович. – М. : Дашков и К, 2004. – 112 с.
80. Данилова Н. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Н. С. Данилова. – М. : КолоС, 2008. – 280 с.
81. Кудряшов Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Л. С. Кудряшов. – М. : ДеЛи принт, 2008. – 160 с.

82. McClure P. J. Microbiological hazard identification in the meat industry : HACCP in the Meat Industry / P. J. McClure, M. Brown. – Cambridge, England : Woodhead Publishing Ltd, 2002. – 48 p.
83. Алимарданова М. Биохимия мяса и мясных продуктов: учебное пособие / М. Алимарданова. – Астана : Фолиант, 2009. – 184 с.
84. Масліков М. М. Розморожування м'яса / М. М. Масліков // Мясное дело. – 2006. – № 8, 9. – С. 40–41.
85. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия / Л. А. Сарафанова. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 808 с.
86. Биохимия мембран: замораживание и криопротекция : кн. 3 / [А. А. Болдырева и др.]. – М. : Высш. шк., 1984. – 80 с.
87. Криопротектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%8E%D0%EF%D0%EE%F2%E5%EA%F2%E5%EA%F2>.
88. Mullen S. F. The Science of Cryobiology / S. F. Mullen, J. K. Critser [Electronic resource]. – Available at : <http://www.springerlink.com>.
89. Kovačević D. Cryoprotective Effect of Trehalose and Maltose on Washed and Frozen Stored Beef Meat / D. Kovačević, K. Mastanjević // Czech J. Food Sci. – 2011. – Vol. 29, № 1. – P. 15–23.
90. Prabhu G. Use of Cryoprotectants for Mechanically Deboned Pork / G. Prabhu, J. G. Sebranek // Animal Science, Food Science and Human Nutrition. – 2010. – Vol. 14, № 2. – P. 47–53.
91. 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.
92. Herrera J. R. Cryoprotection of frozen-stored actomyosin of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by some sugars and polyols / J. R. Herrera, I. M. Mackie // Food Chemistry. – 2004. – № 84 (1). – P. 91–97.
93. Семенова А. А. Криопротекторы или новые свойства «старых» пищевых добавок / А. А. Семенова, Е. К. Туниева, Ф. В. Холодов // Мясная индустрия. – 2010. – № 9. – С. 14–16.
94. Пат. 2345605 Российская Федерация, МПК А23L1/317. Способ производства мясных фаршей / Базарнова Ю. Г., Эсаулов С. В., Зиненко Н. С. ; заявитель и патентообладатель Санкт-Петерб. госуд. ун-т низкотемпер. и пищ. технологий. – № 2007109250/13 ; заявл. 13.03.2007 ; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 4. – 9 с.
95. Пат. 2377931 Российская Федерация, МПК А23L1/317, А23L1/312. Способ производства рубленых полуфабрикатов / Лузан В. Н., Гарифулина Е. С., Сячинова Н. В., Костырева А. Д., Хамнаева Н. И. ; заявитель и патентообладатель Восточно-Сибирский госуд. технолог. ун-т. – № 2008116384/13 ; заявл. 24.04.2008 ; опубл. 10.01.2010, Бюл. № 1. – 10 с.
96. Dickinson E. Hydrocolloids as interfaces and the influence on the properties of dispersed systems / E. Dickinson // Food hydrocolloids. – 2003. – Vol. 17, № 1. – P. 25–39.

97. Krala L. The effect of hydrocolloid mixtures on frozen pork properties / L. Krala, M. Dziomdziora // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2003. – Vol. 12/53, № 4. – P. 55–58.
98. Milani J. Hydrocolloids in Food Industry / J. Milani, G. Maleki // Food Industrial Processes – Methods and Equipment. – 2012. – № 2. – P. 2–38.
99. Lian P. Z. Physicochemical properties of frozen red hake meat as affected by cryoprotective ingredients / P. Z. Lian, C. M. Lee, L. Hufnagel // J. Food Sci. – 2000. – Vol. 65, № 7. – P. 11–17.
100. Винникова Л. Г. Оценка качества быстрозамороженных мясных полуфабрикатов с криопротекторными добавками / Л. Г. Винникова, О. А. Глушков, Е. Д. Янковая // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 2 (11). – С. 47–48.
101. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев – М. : Колос, 2001. – 256 с.
102. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості / Ю. О. Ластухін – Львів : Центр Європи, 2009. – 836 с.
103. Филлипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам : [пер. с англ.] / Г. Филлипс, П. Вильямс. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
104. Рогов И. А. Биотехнология мяса и мясопродуктов : курс лекций / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, Л. А. Текутьева. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 296 с.
105. Вплив гідроколоїдів на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних систем / Л. Г. Вінникова, О. А. Глушков, Н. М. Поварова, К. Д. Якнова // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2008. – Вип. 19. – С. 123–127.
106. Буханцов Ю. А. О применении гидроколлоидов в производстве мясопродуктов / Ю. А. Буханцов // Мясные технологии. – 2013. – № 11. – С. 12–14.
107. Хвьяля С. И. Использование полисахаридов в мясных продуктах и их выявление гистологическими методами / С. И. Хвьяля, Р. В. Паршенкова // Мясные технологии. – 2006. – № 11. – С. 42–55.
108. Burey P. Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application / P. Burey, B. R. Bhandari, T. Howes, M. J. Gidley // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2008. – Vol. 48, № 5. – P. 361–377.
109. Al-Assaf S. Controlling the molecular structure of food hydrocolloids / S. Al-Assaf // Food Hydrocolloids. – 2006. – Vol. 20. – P. 369–377.
110. Пасичный В. Н. Использование гидроколлоидов в производстве мясных консервов / В. Н. Пасичный // Продукты & ингредиенты. – 2004. – № 7(8). – С. 12–13.
111. Hollingworth C. S. Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures / C. S. Hollingworth. – New York : Nova Science Publishers, 2010. – 291 p.
112. Imeson A. Food stabilisers, thickeners and gelling agents / A. Imeson. – England, Oxford : Blackwell Publishing Ltd, 2010. – 352 p.

113. Fonkwe L. G. Characterization of gelation time and texture of gelatin and gelatin-polysaccharide mixed gels / L. G. Fonkwe, G. Narsimhan, A. S. Cha // *Food Hydrocolloid*. – 2003. – Vol. 17. – P. 871–883.
114. Nishinari K. Structure and Properties of Food Hydrocolloids – Gels, Emulsions and Foams / K. Nishinari // *Foods Food Ingredients J. Jpn.* – 2008. – Vol. 213, № 5 – P. 138–141.
115. Sadar L. N. Rheological and textural characteristics of copolymerized hydrocolloidal solutions containing curdlan gum / L. N. Sadar. – Department of Nutrition and Food Science. – 2004. – 111 p.
116. Кирьянова А. А. Использование гидроколлоидов в пищевом производстве / А. А. Кирьянова, И. Л. Корецкая // *Мясное дело*. – 2006. – № 2. – С. 58–59.
117. Ефимова И. Е. Стабилизирующие системы в мясоперерабатывающей промышленности / И. Е. Ефимова, А. С. Белодедова // *Мясные технологии*. – 2003. – № 7. – С. 9.
118. Al-Assaf S. Hydrocolloids: Structure-Function Relationships / S. Al-Assaf, G. O. Phillips // *Food Hydrocolloids*. – 2010. – Vol. 23, № 3. – P. 17–20.
119. Thomas R. L. Hydrocolloids : Fifteen Practical Tips / R. L. Thomas // *Guaranteed Gums*. – 2007. – № 8. – P. 2–17.
120. Потипаева Н. Н. Пищевые добавки и белковые препараты для мясной промышленности : учебное пособие / Н. Н. Потипаева, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, М. В. Патшина. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. – 168 с.
121. Буханцов Ю. А. Новое о гидроколлоидах / Ю. А. Буханцов, Ю. Г. Дегтярев, М. В. Разумовский // *Мясные технологии*. – 2005. – № 5. – С. 28–29.
122. Лапина Т. П. Пищевые и биологически активные добавки : учебное пособие / Т. П. Лапина. – Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2005. – 96 с.
123. Каррагинаны // *Мясное дело*. – 2005. – № 1. – С. 20–23.
124. Бокова Т. И. Эффективность использования природных полисахаридов в мясоперерабатывающей промышленности / Т. И. Бокова, А. Т. Инербаева // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2003. – № 8. – С. 18–23.
125. Динзбург Л. И. Основные тенденции рынка пищевых ингредиентов / Л. И. Динзбург // *Мясные технологии*. – 2007. – № 11. – С. 4–8.
126. Mohamed K. E. Youssef. Assessment of the Nutritional Status of Beef and Low-Fat Beef Burger / Mohamed K. E. Youssef, Badway. M. D. Mostafa, Magda A. A. Seliem, Alyaa M. A. Hashem // *Frontiers in Science*. – 2012. – № 2 (5). – P. 101–118.
127. Пищевые волокна в составе продуктов питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.twirpx.com>.
128. Ипатова Л. Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, О. Г. Шубина,

Т. А. Духу, М. А. Левачева // Пищевая промышленность. – 2004. – № 1. – С. 42–55.

129. Качество быстрозамороженных мясных рубленых блюд и полуфабрикатов с использованием некоторых пищевых волокон / А. М. Сивачева, В. П. Латышев, Н. Т. Донцова, М. А. Швецова // Сучасні проблеми холодильної техніки та технології та : зб. наук. пр. / Одеська держ. акад. холоду. – Одеса, 2001. – С. 99–101.

130. Коновалов К. Л. Растительные ингредиенты в производстве мясных продуктов / К. Л. Коновалов // Пищевая промышленность. – 2006. – № 4. – С. 68–69.

131. Кватирка О. Клітковина: особливості використання харчових волокон у м'ясній промисловості / О. Кватирка // М'ясні технології світу. – 2010. – № 11. – С. 28–32.

132. Димитрієвич Л. Р. Харчові волокна в технології м'ясних продуктів / Л. Р. Димитрієвич, Т. М. Степанова, Т. І. Маренкова // Мясное дело. – 2011. – № 4. – С. 10–11.

133. Biswas A. K. Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health / A. K. Biswas, V. Kumar, S. Bhosle, J. Sahoo, M. K. Chatli // International Journal of Livestock Production. – 2011. – № 2 (4). – P. 45–54.

134. Javůrková Z. Microscopic determination of Bamboo Fiber in Meat Products / Z. Javůrková, M. Pospiech, M. Zelenková, J. Kameník, M. Petrášová, B. Tremlová // Potravinárstvo Scientific Journal for Food Industry. – 2015. – Vol. 9, № 1. – P. 190–194.

135. Брунилина Л. Л. Химия пищевых добавок : учеб. пособие / Л. Л. Брунилина, А. И. Рахимов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2013. – 44 с.

136. Штонда О. А. Підвищення якості січених напівфабрикатів за рахунок використання харчових волокон / О. А. Штонда // М'ясні технології світу. – 2010. – № 12. – С. 48–50.

137. Галкин М. Л. «ПРАМ»: сохранение свежести и увеличение срока хранения пищевых продуктов / М. Л. Галкин // Пищевая индустрия. – 2012. – № 3. – С. 59–60.

138. Добавка ПРАМ – ингредиент для продления сроков хранения пищевой продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pram5.ru>.

139. Продление сроков хранения охлажденного и замороженного мяса и мясных полуфабрикатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.splast.ru/food\\_additives/extension\\_of\\_shelf\\_life\\_of\\_chilled\\_and\\_frozen\\_meat\\_and\\_meat\\_products/](http://www.splast.ru/food_additives/extension_of_shelf_life_of_chilled_and_frozen_meat_and_meat_products/).

140. Подвойская И. А. Перспективные разработки композиций гидроколлоидов Торгового Дома «ПТИ» / И. А. Подвойская, Д. И. Кучерук // Мясная индустрия. – 2004. – № 5. – С. 23–24.

141. Сучков В. В. «ЭлайТ-мит» и «ЭлайТ-ПФ» – новые структурирующие комплексы для рубленых полуфабрикатов / В. В. Сучков, И. А. Попелло // Мясной бизнес. – 2008. – № 7 (69). – С. 50–51.

142. 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.
143. Сунчалева О. А. Применение соевых муки и текстурата в технологии мясных быстрозамороженных рубленых полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Сунчалева Олег Абдулханович. – М., 2001. – 103 с.
144. Алиев М. С. Разработка интенсивной технологии мясных замороженных кусковых полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Алиев Микаэль Сергеевич. – М., 2009. – 196 с.
145. Эсаулов С. В. Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов с кальцийсодержащими композициями животных белков : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Эсаулов Сергей Владимирович. – Санкт-Петербург, 2009. – 200 с.
146. Глушков О. А. Усовершенствование технологии производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Глушков Олег Анатольевич. – Одесса, 2010. – 142 с.
147. Effects of Hydrocolloid on Rheological Properties and Microstructure of Pressurised Ostrich “Meat Yor” [Electronic resource]. – Access mode : [www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com).
148. Hollingworth C. S. Hydrocolloids – How to choose? / C. S. Hollingworth // Brenntag Food & Nutrition Europe. – 2011. – № 1. – P. 2–9.
149. Винникова Л. Г. Применение микробного полисахарида аубазидана в производстве мясных продуктов / Л. Г. Винникова, О. Н. Семикоз // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 10. – С. 13–15.
150. Беркита О. Харчові апельсинові волокна у м'ясопереробній галузі / О. Беркита // М'ясні технології світу. – 2011. – № 3. – С. 34–35.
151. Натуральные улучшенные пищевые волокна «Citri-Fi» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.firmageorgia.ru>.
152. Куценко С. Пшеничная клетчатка Витацель – гарантия качества продукции / С. Куценко // Мясной бизнес. – 2007. – № 11. – С. 36.
153. Полушкина И. В. Пищевое волокно Витацель – уникальный продукт, применяемый в пищевой промышленности / И. В. Полушкина // Мясное дело. – 2006. – № 3. – С. 40–42.
154. Технологія виробництва індустріальних напівфабрикатів з м'ясної січеної маси / М. Б. Колеснікова, С. К. Ільдірова, С. В. Журавльов // Вісник ДонНУЕТ. – 2012. – № 1(53). – С. 81–87.
155. Коршунова Г. Ф. Дослідження антиоксидантних властивостей топінамбура у складі фаршевих систем / Г. Ф. Коршунова, В. А. Гліщевич, А. В. Слащева, О. М. Тапол // Наук. вісник Полтавського ун-ту споживчої кооперації України. – 2005. – № 3 (16). – С. 60–62.
156. Вебер Г. Современные добавки / Г. Вебер // Мясное дело. – 2006. – № 6. – С. 18–20.



157. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Л. А. Сарафанова. – СПб. : Профессия, 2007. – 256 с.

158. Пат. 2344614 Российская Федерация, МПК А23В4/023. Композиция рассола для производства мясных продуктов / Федорова Н. Ю., Ванин А. Н. ; заявитель и патентообладатель Федорова Н. Ю., Ванин А. Н. – № 2007110368/13 ; заявл. 21.03.2007 ; опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3. – 6 с.

159. Пат. 2390273 Российская Федерация, МПК А23L1/314, А23L1/308, А23L1/317. Соевая белковая композиция с волокнами цитрусовых фруктов и её использование в мясопродуктах / Ванхемелрийк Й. Р., Ван де Сипе Дж. ; заявитель и патентообладатель Карджилл Инкорпорейтед. – № 2007146969/13 ; заявл. 27.06.2009 ; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15. – 12 с.

160. Пат. 2182447 Российская Федерация, МПК А23L1/314, А23В4/20, А23В4/18. Композиция комплексной пищевой добавки для производства мясных или мясорастительных консервов / Андреенков В. А., Алехина Л. В., Мансветова Е. В., Луканов М. ; заявитель и патентообладатель ООО «Аромарос-М». – № 2001118250/13 ; заявл. 04.07.2001 ; опубл. 20.05.2002. – 6 с.

161. Пат. 2160547 Российская Федерация, МПК А23L. Композиция пищевой добавки для производства мясных продуктов / Андреенков В. А., Алехина Л. В., Габриелян Г. А., Чернухина А. И., Мансветова Е. В. ; заявитель и патентообладатель ООО «Аромарос-М». – № u2000114468/13 ; заявл. 08.06.2000 ; опубл. 20.12.2000, Бюл. № 25. – 3 с.

162. Пат. 2134514 Российская Федерация, МПК А23В А23L. Способ производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов / Розанцев Э. Г., Журавская Н. К., Пепехонова А. Л., Данилова М. М., Артамонова М. П., Климакова Т. В., Бухтеева Ю. М. ; заявитель и патентообладатель Моск. госуд. ун-т прикладной биотехнологии. – № 98109851/13 ; заявл. 21.05.1998 ; опубл. 20.08.1999. – 5 с.

163. Пат. 2481039 Российская Федерация, МПК А23L1/318, А23L1/22, А23L1/317. Способ внесения в фарш комплексной пищевой добавки для производства колбас, изделий и полуфабрикатов из рубленого мяса / Красуля О. Н., Фадеева Н. В., Ситкин Б. В., Хаперскова О. Л. ; заявитель и патентообладатель Красуля О. Н. – № 2010149760/13 ; заявл. 03.12.2010 ; опубл. 10.05.2013, Бюл. № 13. – 8 с.

164. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н. Сафонова и др.]. – Х. : ХГАТОП, 2000. – 200 с.

165. 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.

166. Румшинская Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л. З. Румшинская. – М. : Наука, 1971. – 192 с.

167. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 263 с.

168. C/C++. Программирование на языке высшего уровня. – СПб. : Питер, 2006. – 461 с.
169. Вискозиметр постоянного напряжения сдвига ВПМ-0,2М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации – (АЛЮ 2.842.003.ТО). – М., 1987. – 50 с.
170. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / [А. Б. Горальчук та ін]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.
171. Пат. 13953 Україна, МПК А 23 L 1/00. Пристрій для визначення кількості вільної та зв'язаної вологи при температурах, близьких до температури рідкого азоту / Одарченко А. М., Одарченко Д. М., Погожих М. І. ; заявитель и патентообладатель ХДУХТ. – № 200511091 ; заявл. 23.11.05 ; опубл. 17.04.06, Бюл. № 4. – 4 с.
172. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М. : Химия, 1988. – 464 с.
173. Сравнительное исследование микроструктуры и состава стабилизаторов растительного происхождения / [А. Н. Архипов и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 4. – С. 51–57.
174. 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.
175. Услуги общественного питания. Метод расчета отходов и потерь сырья и пищевых продуктов при производстве продукции общественного питания : ГОСТ 31988-2012. – [Введ. 2015-01-01]. – М. : Стандартинформ, 2014. – 10 с.
176. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови (ISO 6658:1985, IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005. – [Чинний від 2006-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с. (Національний стандарт України).
177. Дослідження сенсорне. Словник термінів (ISO 5492:1992, IDT) : ДСТУ ISO 5492:2006. – [Чинний від 2007-01-10]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с. (Національний стандарт України).
178. Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для створення сенсорного спектру за багатобічного підходу (ISO 11035:1994, IDT) : ДСТУ ISO 11035:2005. – [Чинний від 2007-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 34 с. (Національний стандарт України).
179. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры [Электронный ресурс] : ISO 11036:1994. – Режим доступа : [http://www.ars\\_russia.com](http://www.ars_russia.com).
180. Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені. Технічні умови : ДСТУ 4437:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с.
181. ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах харчування та питній воді, затверджені Міністерством охорони здоров'я України 03.05.06 № 256.

182. 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.
183. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 383 с.
184. Меркулов Г. А. Курс паталогистологической техники / Г. А. Меркулов. – Л. : МЕДГИЗ, 1969. – С. 275–279.
185. Тиняков Г. Г. Гистология мясопромышленных животных / Г. Г. Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 416 с.
186. 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.
187. Характеристика способів та видів теплової обробки страв з м'яса [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://vunivere.ru/work16205/page2>.
188. 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.
189. 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.
190. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. – М. : ВНИИОП, 1991. – 19 с.
191. 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.
192. 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.
193. 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.
194. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 4 с.
195. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26669-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 9 с.
196. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : ГОСТ 26670-91. – М. : Стандартиформ, 2005. – 7 с.
197. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд / [И. А. Рогов и др.]. – М. : КОЛОС, 1997. – 335 с.
198. Сіль кухонна. Загальні технічні умови : ДСТУ 3583-97. – [Чинний від 1998-01-07]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – 16 с.

199. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171. – [Чинні від 2010-06-01]. – К., 2010. – 25 с.
200. Перець (*Piper nigrum* L.) горошком чи змелений. Технічні умови. Частина 1. Чорний перець (ISO 959-1:1998, IDT) : ДСТУ ISO 959-1:2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 16 с. (Національний стандарт України).
201. Продукты мясные. Метод определения содержания влаги : ГОСТ 9793-74. – [Взамен ГОСТ 9793-61 ; введ. 1975-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 4 с.
202. 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.
203. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки золи (ISO 936:1998, IDT) : ДСТУ ISO 936:2008. – [Чинний від 2008-01-09]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 10 с.
204. Методы биохимического исследования растений / [А. И. Ермаков, В. Е. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова и др.]. – Л. : Колос, 1972. – 456 с.
205. Аналитические методы белковой химии / [под ред. В. Н. Ореховича]. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – С. 648–649.
206. 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.
207. Барковский В. Ф. Основы физико-химических методов анализа : учебник / В. Ф. Барковский, Т. Б. Городенцева, Н. Б. Топорова. – М. : Высш. школа, 1993. – 247 с.
208. Покровский А. А. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами *in vitro* / А. А. Покровский, Н. Д. Ертанов // Вопросы питания. – 1965. – № 3. – С. 38–44.
209. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца : ГОСТ 26932-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 19 с.
210. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 17 с.
211. Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути : ГОСТ 26927-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 21 с.
212. Методические указания по определению ртути в пищевых продуктах : МУ 5178-90 [Утв. 21.06.1990].
213. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка : ГОСТ 26930-86. – [Введ. 1987-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 10 с.
214. Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди : ГОСТ 26931-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 22 с.
215. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка : ГОСТ 26934-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 15 с.

216. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов : ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1998-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 24 с.

217. 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.

218. 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.

219. 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.

220. 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.

221. 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.

222. Економіка підприємства : навч. пос. / за ред. А. В. Шегди. – К. : Знання, 2005. – 431 с.

## ДОДАТОК А

### **Соціально-економічний ефект від упровадження технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених з використанням сумішей кріостабілізуючої дії**

Оцінку соціально-економічного ефекту від впровадження нової продукції визначали за діючими методиками розрахунків [222] та з урахуванням таких тез.

Розроблені під час дослідження технологічні принципи одержання сумішей кріостабілізуючої дії забезпечують збереження якості та споживних властивостей напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених за умов низькотемпературної холодильної обробки. Запропонована технологія дозволяє розширити асортимент м'ясної замороженої продукції. Створення та впровадження такої технології є актуальним в умовах сучасної ринкової економіки держави та є пріоритетним напрямом її розвитку.

Загальним принципом оцінки ефективності досліджень є співставлення їх результату та відповідних йому витрат. Різноманітність результатів та способів оцінки витрат визначають певний спектр підходів до оцінки ефективності. Зокрема, інноваційна спрямованість даного дослідження на розробку технології НМПЗ з використанням СКД дозволяє виділити такі види ефекту та ефективності, як економічна, соціальна, технологічна.

Економічна ефективність полягає у перевищенні доходів від виробництва й реалізації продукції над відповідними витратами у вартісному виразі.

Соціальними результатами досліджень можна вважати: розширення асортименту харчових продуктів, які мають поліпшені якісні характеристики та є прийнятними за цінами; високу споживчу вартість; економія часу на приготування; позитивний вплив на стан здоров'я населення тощо.

Зміст технологічного ефекту та ефективності розкривають такі характеристики, як простота, прикладний характер технологій, можливість виробництва без модернізації лінії виробництва, широкі можливості впливу на якісні характеристики продуктів, що досліджуються та ін.

Оцінка економічної ефективності передбачає як співставлення доходів, що можуть бути отримані від реалізації нової продукції, з поточними витратами на її виробництво, так і порівняння визначених результатів з результатами від виробництва та реалізації інших аналогічних продуктів. Критеріями є показники прибутку та рентабельності. Величина прибутку визначається відпускнуою ціною та собівартістю.

Ціна є найважливішим чинником, що визначає виручку від реалізації та формується на основі собівартості. У зв'язку з цим на першому етапі розраховано собівартість та відпускну ціну НМПЗ, що пропонуються, порівняно з продуктами-аналогами, які за складом та призначенням задовольняють потреби того ж сегменту споживчого ринку.

Склад собівартості визначається Положенням (стандартом) бухгалтерського обліку 16 «Витрати», що затверджено наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999 р. № 318, а також методичними рекомендаціями з формування собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості, які затверджено наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373. Розрахунки здійснено шляхом калькулювання за певною номенклатурою статей витрат.

Основою будь-якої продукції є сировина та матеріали, тому початковим етапом визначення собівартості є розрахунки вартості такої сировини.

Технологія, на розробку якої спрямоване дане дослідження, передбачає використання СКД для виробництва НМПЗ. Тому спочатку необхідно визначити вартість цих сумішей.

Розрахунки вартості виконано на основі рецептури сумішей та витрат на їх виготовлення (табл. А.1). В розрахунках використано ціни станом на 1 червня 2015 р. Вартість електроенергії визначено з урахуванням потужності обладнання, обсягу завантаження сировини на 1 цикл, кількості циклів на 100 кг, часу на перемішування та тарифу 1 квт/години. Інші витрати ураховують трудомісткість виробництва.

СКД передбачається використовувати як рецептурні компоненти НМПЗ, тому в розрахунках собівартості продуктів використаємо їх трансфертні ціни, які містять лише змінні витрати з виготовлення цих складових. Постійні витрати відшкодовуються за рахунок собівартості основного продукту.

*Таблиця А.1 – Розрахунки вартості СКД*

| Найменування рецептурних компонентів та витрат | Ціна 1 кг, грн | Кількість сировини на 100 кг готового продукту, кг |      | Вартість, грн |         |
|--|----------------|--|------|---------------|---------|
|  |                | СКД1   | СКД2 | СКД1          | СКД2    |
| Камедь ксантана                                | 90,0           | 12,2   | –    | 1098,0        | –       |
| Камедь тари                                    | 131,0          | 8,2  | –    | 1078,0        | –       |
| Альгінат натрію                                | 126,0          | –  | 15,3 | –             | 1932,5  |
| Харчові волокна                                | 225,0          | 81,6   | 86,7 | 18360,0       | 19507,5 |
| Усього вартість сировини                       |                |  |      | 20536,0       | 21440,0 |
| Вартість електроенергії                        |                |  |      | 20,6          | 20,6    |
| Інші витрати виробництва                       |                |  |      | 10,4          | 10,4    |
| Загальна вартість 100 кг                       |                |  |      | 20567,0       | 21471,0 |
| Вартість 1 кг                                  |                |  |      | 205,7         | 214,7   |

Розрахунки вартості сировини для виробництва напівфабрикатів надано в табл. А.2. З аналізу даних встановлено, що вартість сировини для виготовлення запропонованих напівфабрикатів є нижчою, ніж для продуктів-аналогів.

Таблиця А.2 – Розрахунки вартості сировини для виробництва НМПЗ

| Сировина                                 | Ціна<br>1 кг,<br>грн | Найменування напівфабрикату                           |                        |   |                        |   |                        |   |                        |
|--|----------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|
|  |                      | Фарш<br>яловичий<br>(аналог)                          |                        | Фарш<br>яловичий з<br>СКД1                            |                        | Біфштек<br>(аналог)                                   |                        | Біфштек<br>«Пікантний»<br>з СКД2                      |                        |
|  |                      | кількість сировини на<br>100 кг готового продукту, кг | вартість сировини, грн | кількість сировини на<br>100 кг готового продукту, кг | вартість сировини, грн | кількість сировини на<br>100 кг готового продукту, кг | вартість сировини, грн | кількість сировини на<br>100 кг готового продукту, кг | вартість сировини, грн |
| Яловичина<br>знежилована<br>II категорії | 32,0                 | 125,0   | 4000,0                 | 101,9   | 3260,8                 | 124,2   | 3974,4                 | 101,1   | 3235,2                 |
| Вода питна                               | 0,009                | 11,0  | 0,1                    | 26,2  | 0,24                   | 10,8  | 0,1                    | 26,0  | 0,23                   |
| Суміш СКД1                               | 205,7                | –   | –                      | 1,9   | 390,8                  | –   | –                      | –   | –                      |
| Суміш СКД2                               | 214,7                | –   | –                      | –   | –                      | –   | –                      | 1,5   | 322,1                  |
| Перець чорний<br>мелений                 | 126,0                | –   | –                      | –   | –                      | 0,1   | 12,6                   | 0,1   | 12,6                   |
| Сіль кухонна                             | 1,1                  | –   | –                      | –   | –                      | 0,9   | 1,0                    | 1,1   | 1,2                    |
| Усього:                                  |                      |   | 4000,1                 |   | 3651,8                 |   | 3988,1                 |   | 3571,3                 |

Вартість сировини є найбільш вагомою складовою собівартості продукції, на яку припадає 62,0...78,0% її загальної величини залежно від виду напівфабрикатів. Через відсутність чіткої інформації про такі елементи витрат, як: оплата праці; вартість палива та електроенергії на виробничі потреби; амортизаційні відрахування; витрати на утримання та експлуатацію основних засобів та оренду приміщень; загальновиробничі та загальногосподарські витрати; невиробничі витрати – розрахунки виконано за укрупненими нормативами на основі даних про виробництво продуктів-аналогів з розподілом їх на змінні та постійні.

Оскільки виготовлення НМПЗ з використанням СКД не передбачає змін в технології виробництва, то необхідно врахувати релевантність витрат, тобто їх залежність від прийнятого рішення.

У даному випадку релевантними є витрати на придбання сировини та змінні витрати з виготовлення продукції, оскільки залежать від обсягу сировини, що переробляється. Інші виробничі та комерційні витрати є нерелевантними. Тому їх розмір на виробництво запропонованих НМПЗ залишається таким же, як й для виготовлення аналогічних. Інші витрати



розрізняються за питомою вагою у складі загальної величини собівартості за виробами та розміром змінних витрат, які визначені за рівнем до вартості основної сировини. Частка інших витрат з виробництва продуктів-аналогів дорівнює: фаршу – 26,0%, біфштексів – 35,0%. З урахуванням зазначеного розраховано собівартість та оптову ціну напівфабрикатів (табл. А.3). Величина прибутку приймалась на рівні 16,0% до собівартості, що склався в аналогічних виробництвах.

Розрахунки показали, що ціни НМПЗ з СКД є більш низькими ніж ціни аналогічної продукції.

**Таблиця А.3 – Розрахунки собівартості та оптової ціни НМПЗ**

| Показник                         | Найменування напівфабрикату |                      |                   |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
|                                  | Фарш яловичий (аналог)      | Фарш яловичий з СКД1 | Біфштекс (аналог) | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |
| Вартість сировини                | 4000,1                      | 3651,8               | 3988,1            | 3571,3                      |
| Зворотні відходи                 | 1056,0                      | 864,0                | 1056,0            | 857,6                       |
| Інші витрати, у т.ч.             | 929,7                       | 904,6                | 1578,0            | 1524,6                      |
| - змінні                         | 278,9                       | 253,8                | 505,2             | 451,0                       |
| - постійні                       | 650,8                       | 650,8                | 1073,6            | 1073,6                      |
| Повна собівартість               | 3873,8                      | 3681,5               | 4510,9            | 4226,4                      |
| Прибуток                         | 619,8                       | 589,0                | 721,6             | 676,2                       |
| Оптова ціна                      | 4493,6                      | 4270,5               | 5232,5            | 4902,6                      |
| Оптова ціна 1 кг                 | 44,93                       | 42,71                | 52,32             | 49,03                       |
| Податок на додану вартість (ПДВ) | 8,98                        | 8,54                 | 10,46             | 9,81                        |
| Відпускна ціна, грн              | 53,91                       | 51,25                | 62,78             | 58,84                       |

Більш низькі ціни на деякі напівфабрикати, за умов еластичного попиту, обумовлюють його зростання, що пов'язано з чутливістю споживачів до цін. Попит на м'ясні продукти є еластичним за ціною, як по відношенню до товарів-субститутів, так й на товари внутрішньогрупової структури. Відповідний коефіцієнт еластичності дорівнює 1,7. Підвищення попиту на НМПЗ спричиняє відповідне зростання обсягу реалізації та прибутку. Таким чином, зниження цін є одним з джерел економічного ефекту.

Можливий додатковий приріст обсягу реалізації за рахунок більш низьких цін ( $\Delta V_{P_{Ці}}$ , %) можна визначити наступним чином:

$$\Delta V_{P_{Ці}} = \Delta C_i * Ke_{P_{Ці}}, \quad (1)$$

де  $\Delta C_i$  – зниження ціни на  $i$ -й продукт, %;

$Ke_{P_{Ці}}$  – коефіцієнт еластичності попиту від ціни.

Ще одним джерелом економічного ефекту від впровадження технології виготовлення НМПЗ з СКД є підвищення їх якості. Загальновідомо, що попит є еластичним за якістю, тобто його обсяг зростає за умов поліпшення якісних

характеристик, що зумовлено сприйняттям споживачами підвищення якості як відповідного зниження ціни. Коефіцієнт еластичності попиту від якості оцінюється в розмірі 1,12.

Можливий додатковий приріст обсягу реалізації продукції за рахунок підвищення якості ( $\Delta V_{ряк_i}$ , %) можна визначити наступним чином:

$$\Delta V_{ряк_i} = \Delta K_{як_i} * K_{ел_{як}} , \quad (2)$$

де  $\Delta K_{як_i}$  – підвищення коефіцієнту якості  $i$ -го продукту, %;

$K_{ел_{як}}$  – коефіцієнт еластичності попиту від якості.

Оскільки в межах дослідження не проводилась комплексна оцінка якості запропонованих напівфабрикатів, то визначимо узагальнений показник якості ( $I_{як}$ ) за основними органолептичними та функціонально-технологічними (вологозв'язуюча здатність, втрати маси під час заморожування та теплової обробки) властивостями фаршів та біфштексів на основі мультиплікативної моделі:

$$I_{як} = \sqrt[n]{I_1 * I_2 * \dots * I_n} , \quad (3)$$

де  $I_1, I_2, I_n$  – індекси зміни окремих характеристик якості, коефіцієнти;

$n$  – кількість локальних показників.

За даними дослідження коефіцієнти для фаршу та біфштексу відповідно дорівнюють:

- органолептичної оцінки – 1,047;
- вологозв'язуючої здатності – 1,184; 1,158;
- виходу готових виробів – 1,131; 1,095.

Тоді, узагальнений коефіцієнт якості становить для:

- фаршу – 1,119;
- біфштексу – 1,099.

Збільшення реалізованої продукції за умов незмінної рентабельності зумовлює зростання маси прибутку.

Зростання обсягів реалізації обумовлює зниження рівня умовно-постійних витрат, що є чинником підвищення рентабельності. Розрахунки приросту рентабельності ( $\Delta Pp_i$ , %) здійснимо за формулою:

$$\Delta Pp_i = Чпв_i - (Чпв_i - Ipn_i), \quad (4)$$

де  $Чпв_i$  – частка умовно-постійних витрат в ціні  $i$ -го продукту, %;

$Ipn_i$  – індекс росту обсягу реалізованої продукції  $i$ -го продукту.

Розрахунки економічного ефекту виконаємо в оптових цінах без ПДВ. Результати розрахунків економічного ефекту на 100 кг готового продукту наведено в табл. А.4.

**Таблиця А.4 – Економічний ефект від впровадження технології НМПЗ з використанням СКД (на 100 кг готового продукту)**

| Види економічного ефекту                  | Фарш яловичий з СКД1 | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |
|---|----------------------|-----------------------------|
| Збільшення обсягу реалізації, грн, усього | 924,7                | 1068,4                      |
| у т.ч. від:                               |                      |                             |
| - зниження цін                            | 355,8                | 525,1                       |
| - підвищення якості                       | 568,9                | 543,3                       |
| Зростання маси прибутку, грн              | 127,5                | 147,3                       |
| Підвищення рентабельності, %              | 2,58                 | 3,67                        |

Впровадження технології НМПЗ з СКД буде мати ефект не тільки у сфері виробництва, а й у сфері споживання. Джерелами соціально-економічного ефекту є: нижчі ціни, поліпшення якісних характеристик, а також зменшення втрат маси під час заморожування та теплової обробки з відповідним збільшенням виходу готової продукції.

Зниження цін запропонованих напівфабрикатів обумовлює економію коштів на їх придбання порівняно з аналогічною продукцією.

Абсолютна економія грошових коштів на придбання продукції (вивільнення коштів споживачів) ( $ЕС_{ц}$ , грн) визначається наступним чином:

$$ЕС_{ц} = (C_i - C_{ан}) * K, \quad (5)$$

де  $C_i$ ,  $C_{ан}$  – ціни  $i$ -го продукту та аналогу, грн;

$K$  – кількість продукції, що приймається в розрахунках (1, 100, 1000 кг тощо).

Сприйняття споживачами поліпшення якісних характеристик як відповідного зниження ціни обумовлює відносний вигравш покупців. За умови реалізації за розрахованими цінами, відносний вигравш від придбання продукції підвищеної якості ( $ЕС_{ЯК}$ , %) можна визначити наступним чином:

$$ЕС_{ЯК} = 100 - [C_H / (C_{АН} * K_{ЯК} * 100)], \quad (6)$$

де  $C_H$  – ціна нового продукту, грн;

$C_{АН}$  – ціна продукту-аналогу, грн;

$K_{ЯК}$  – коефіцієнт якості.

Зменшення втрат маси під час заморожування та теплової обробки сприяє підвищенню виходу готової продукції, тобто з 1 кг напівфабрикатів за розробленою технологією споживач (заклад ресторанного господарства або фізична особа) отримує більше готових виробів, ніж з напівфабрикатів-аналогів. За даними дисертаційного дослідження вихід готової продукції з СКД становить для: фаршу – 71,7%; біфштексів – 69,4%, а з традиційних, відповідно – 63,4%.

Соціально-економічний ефект від підвищення виходу готової продукції (абсолютний виграш) ( $EC_{ГП}$ , грн) розраховано за формулою:

$$EC_{ГП} = (Ц_{Н} / K_{ГПН}) - (Ц_{АН} / K_{ГПАН}), \quad (7)$$

де  $K_{ГПН}$ ,  $K_{ГПАН}$  – коефіцієнти виходу готової продукції (нового продукту та продукту-аналогу).

Розрахунки соціально-економічного ефекту у сфері споживання виконано за відпускними цінами та надано в табл. А.5.

*Таблиця А.5 – Соціально-економічний ефект у сфері споживання*

| Показник   | Фарш яловичий з СКД1 | Біфштекс «Пікантний» з СКД2 |
|--|----------------------|-----------------------------|
| Абсолютний ефект за рахунок зниження цін (на 1 кг), грн                        | 2,66                 | 3,94                        |
| Відносний ефект за рахунок підвищення якості, %                                | 15,1                 | 14,7                        |
| Абсолютний ефект за рахунок збільшення виходу готової продукції (на 1 кг), грн | 13,5                 | 14,2                        |

Таким чином, розрахунки підтверджують ефективність розроблених НМПЗ. Більш низькі ціни та підвищена якість продукції порівняно з аналогами підвищують її цінність для споживачів та дають змогу отримати економічний ефект у сфері виробництва від збільшення обсягу реалізації, прибутку та підвищення рентабельності. Економічний ефект при виробництві фаршу яловичого з СКД1 складає 2660 грн на одну тону продукту, біфштекса «Пікантний» з СКД 2 – 3940 грн відповідно.

Соціально-економічний ефект у сфері споживання полягає у можливості придбання за більш низькими цінами продукцію підвищеної якості та отримати більше готової продукції.

Наукове видання

ЖЕЛЄВА Тетяна Сергіївна  
ЯНЧЕВА Марина Олександрівна  
ГРИНЧЕНКО Ольга Олексіївна  
ПОГОЖИХ Микола Іванович

**НАУКОВІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ  
СУХИХ СУМШЕЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ  
НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ**

Монографія

Відповідальна за випуск зав. кафедри технології м'яса д-р техн. наук,  
проф. М. О. Янчева

Техн. редактор Н. А. Кобилко

План 2016 р, поз. 21

---

Підп. до друку 21.12.2016 р. Формат 60x84 1/16 Папір офсет.  
Друк офсет. Ум. друк. арк. 8,3. Тираж 300 прим.

---

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.