

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ  
М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ  
КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ**

Монографія

Харків  
ХДУХТ  
2018

УДК 637.521:637.5.037

ББК 36.924

Т 38

Автори:

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

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. Перцевий

Рекомендовано до друку вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі, протокол № 14 від 6 липня 2018 р.

**Технологічні** основи виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених Т 38 заморожених з використанням композицій кріостабілізуючої дії : монографія / М. О. Янчева, О. О. Гринченко, М. І. Погожих, О. Б. Дроменко, Т. С. Желева. – Х. : ХДУХТ, 2018. – Ч. 2 – 94 с.

ISBN 978-966-405-482-6

У монографії узагальнено результати багаторічних досліджень щодо наукового обґрунтування використання композицій кріостабілізуючої дії в технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених, що дозволить одержати продукцію зі стабільними показниками якості та безпечності за умови реалізації циклу «замороження – зберігання – розмороження».

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

УДК 637.521:637.5.037

ББК 36.924

© Янчева М. О., Гринченко О. О.,  
Погожих М. І., Дроменко О. Б.,  
Желева Т. С., 2018

© Харківський державний університет  
харчування та торгівлі, 2018

ISBN 978-966-405-482-6

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....   | 4  |
| ВСТУП.....  | 5  |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ПРОДУКТІВ, ОСНОВНІ ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЗА РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИКЛУ «ЗАМОРОЖУВАННЯ – ЗБЕРІГАННЯ – РОЗМОРОЖУВАННЯ».....   | 7  |
| 1.1. Соціально-економічні та науково-технічні передумови розвитку технологій заморожених м'ясних продуктів.....   | 7  |
| 1.2. Аналіз складу та властивостей м'ясної сировини як об'єкту переробки, перспективи використання у їх складі емульсійних систем.....  | 11 |
| 1.3. Досвід застосування речовин кріостабілізуючої дії в харчових технологіях.....  | 20 |
| 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ЕМУЛЬГАТОРІВ...  | 26 |
| 2.1. Дослідження впливу заморожування – розморожування на теплофізичні показники м'ясних модельних систем з використанням емульсійних систем на основі білка тваринного.....  | 26 |
| 2.2. Дослідження впливу заморожування – розморожування на фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні, мікроструктурні показники м'ясних модельних систем з використанням емульсійних систем на основі білка тваринного..... | 34 |
| 2.3. Обґрунтування технологічних параметрів одержання м'ясних модельних систем з використанням емульгаторів ацилгліцеринної природи.  | 47 |
| 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СУХИХ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ХАРЧОВИХ ГІДРОКОЛОЇДІВ ПОЛІСАХАРИДНОЇ ПРИРОДИ.....   | 53 |
| 3.1. Дослідження впливу заморожування – розморожування на теплофізичні показники м'ясних модельних систем з використанням сухих композицій кріостабілізуючої дії.....   | 53 |
| 3.2. Дослідження впливу заморожування – розморожування на фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні, мікроструктурні показники м'ясних модельних систем з використанням сухих композицій кріостабілізуючої дії.....        | 55 |
| 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА СТАН ТА ФОРМИ ЗВ'ЯЗКУ ВОДИ, МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВИЙ РОЗПОДІЛ БІЛКІВ М'ЯСНИХ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ЗАМОРОЖУВАННЯ – РОЗМОРОЖУВАННЯ.....  | 71 |
| ВИСНОВКИ.....   | 79 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 81 |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

|             |  |
|-------------|--|
| БЖЕ         | – білково-жирові емульсії                            |
| БТ          | – білок тваринний                                    |
| ВЗЗ         | – вологозв'язуюча здатність                          |
| ВУЗ         | – вологоутримуюча здатність                          |
| ГНЗ         | – граничне напруження зсуву                          |
| ДСК         | – диференційна скануюча калориметрія                 |
| ЕАГП        | – емульгатори ацилгліцеринної природи                |
| ЕС          | – емульсійна система                                 |
| ЖУЗ         | – жирутримуюча здатність                             |
| ККД         | – композиції кріостабілізуючої дії                   |
| ККД(Е1, Е2) | – композиції кріостабілізуючої дії емульсійного типу |
| ММР         | – молекулярно-масовий розподіл                       |
| ММС         | – м'ясні модельні системи                            |
| НМПЗ        | – напівфабрикати м'ясні посічені заморожені          |
| СЕ          | – стійкість емульсії                                 |
| СККД        | – сухі композиції кріостабілізуючої дії              |
| ФТВ         | – функціонально-технологічні властивості             |

## ВСТУП

М'ясна промисловість, як найважливіша галузь економіки України, забезпечує населення країни харчовою продукцією, що є одним з основних джерел білка. За багатовекторністю її розвитку одним із напрямів є виробництво замороженої продукції, зокрема напівфабрикатів м'ясних посічених. Використання холоду у виробництві м'яса та м'ясопродуктів – найбільш ефективний метод консервування, що забезпечує високий ступінь збереження поживних властивостей харчової продукції, в тому числі з м'ясної сировини. Однак заморожування призводить до кріопшкодження м'язових волокон, що значно погіршує якість м'ясних виробів.

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 кріостабілізуючими властивостями. Науковцями доведено позитивний вплив деяких з них на перебіг фізичних, фізико-хімічних та інших процесів у м'ясній сировині, але існуючі дослідження не мають системного характеру й не охоплюють усього кола питань щодо наукового обґрунтування їх використання. Відсутні системні дослідження, що мають за мету визначення технологічних параметрів виробництва НМПЗ із використанням композицій кріостабілізуючої дії (ККД).

Враховуючи вищезазначене обґрунтування технологічних основ виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених з використанням композицій кріостабілізуючої дії є актуальним завданням, вирішення якого дозволить науково обґрунтувати технологічні принципи забезпечення стабільності м'ясних систем у циклі «заморожування – зберігання – розморожування».

У монографії висвітлено характеристику та аналіз технології м'ясних заморожених продуктів, основні шляхи забезпечення їх технологічної стабільності за реалізації циклу «заморожування – зберігання – розморожування», наведено результати дослідження впливу заморожування – розморожування на теплофізичні та фізико-хімічні показники м'ясних модельних систем з використанням емульсійних систем на основі білка тваринного, емульгаторів ацилгліцеринної природи, сухих композицій кріостабілізуючої дії. Визначено закономірності зміни їх органолептичних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікроструктурних показників, доведено кріостабілізуючі властивості ККД. Обґрунтовано раціональний вміст ККД у складі НМПЗ та технологічні параметри їх одержання. Також надано результати дослідження впливу композицій кріостабілізуючої дії на стан та форми зв'язку води, молекулярно-масовий розподіл білків м'ясних модельних систем під час заморожування – розморожування.

Дослідження, які надано в цій монографії, є продовженням досліджень, викладених в монографії «Теоретичне та експериментальне обґрунтування

використання композицій кріостабілізуючої дії в технології напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених», в основу яких покладено матеріали докторської дисертаційної роботи М.О. Янчевої, виконаної на базі науково-дослідних лабораторій кафедр технології м'яса; технології харчування; товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки; енергетики та фізики; хімії, мікробіології та гігієни харчування Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом наукового консультанта доктора технічних наук, професора О.О. Гринченко.

Дослідження морфологічної картини емульсійних і м'ясних систем здійснювалося в лабораторії матеріалознавства і технології тонкоплівкових процесів на кафедрі матеріалознавства Національної металургійної академії України. Вміст загального білка досліджувалося у лабораторії ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації». Дослідження молекулярно-масового розподілу та середньовагових мас білків м'ясних систем проводилося в інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Визначення змін температур фазових переходів у м'ясних модельних системах визначалося за допомогою диференціальної скануючої калориметрії у Харківському національному університеті будівництва та архітектури.

# **1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ ПРОДУКТІВ, ОСНОВНІ ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЗА РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИКЛУ «ЗАМОРОЖУВАННЯ – ЗБЕРІГАННЯ – РОЗМОРОЖУВАННЯ»**

## **1.1. Соціально-економічні та науково-технічні передумови розвитку технологій заморожених м'ясних продуктів**

З урахуванням стратегічних національних пріоритетів України щодо підвищення якості життя населення основним завданням інноваційної діяльності в сфері виробництва харчової продукції є підвищення рівня доступності та споживання харчових продуктів, забезпечення їх якості та безпечності, розробка та запровадження конкурентоспроможних ресурсозберігаючих технологій.

Теорія і практика вітчизняного виробництва м'ясної продукції масового споживання є недостатньо розвиненою як для м'ясопереробної галузі, так і для ресторанної індустрії. В умовах існуючої кооперації закладів ресторанного господарства з м'ясопереробними підприємствами набувають значення питання щодо законодавчого, матеріально-технічного, ресурсного, технологічного забезпечення підприємств галузі [1-4]. Виконанню цих завдань сприяє розвиток теоретичних уявлень щодо формування якісних характеристик м'ясної сировини та вивчення процесів, які відбуваються у ній впродовж зберігання та технологічної обробки [3, 5, 6].

Сьогодні, в зв'язку з прискореним ритмом життя населення на українському продовольчому ринку, все більше підвищується попит на заморожені харчові продукти та затребуваність, на які зростають як з боку закладів ресторанного господарства, так і споживачів через торговельні мережі. Зростання їх популярності обумовлено подовженням терміну її реалізації, поліпшенням мікробіологічного стану виробництва, зниженням трудомісткості технологічного процесу, мінімальними витратами часу та зусиль на їх приготування, що робить їх затребуваними серед працюючої частини населення молодого та середнього віку, появою нових ніш на ринку та розширенням асортименту.

Заморожування як спосіб консервування забезпечує значні переваги для реалізації та розподілу продовольства, без яких ніколи б не було вирішено завдання продовольчого забезпечення населення, пов'язаних з сезонними та географічними особливостями, а також безпечності харчових продуктів за їх тривалого зберігання та транспортування.

XXI століття диктує світовій індустрії заморожених м'ясних продуктів нові напрями, зокрема:

- розвиток інноваційних технологій заморожування, які хоч і привертають увагу вчених, але ще не знайшли широкого застосування в промисловості;

- удосконалення інгредієнтного складу замороженої продукції з огляду на збереження функціонально-технологічних властивостей та якості сировини;
- удосконалення традиційних та створення нових методів заморожування, які мають значний потенціал для подальшої оптимізації з урахуванням сучасних методів моделювання та експериментального усвідомлення, а також більш глибоке теоретичне осмислення явищ, що лежать в основі заморожування (теплообмін, гідродинаміка, біохімічні процеси тощо);
- просування індустрії виробництва заморожених продуктів і пов'язаних з ним наукових досліджень нарівні з високотехнологічними галузями (інформаційні технології, електроніка, зв'язок, біотехнології);
- підвищення конкурентоспроможності продукції країн, що розвиваються, на світовому ринку, для чого їм необхідні висока холодильна потужність та недороге обладнання.

Сучасні технології заморожування та холодильного зберігання заморожених м'ясних продуктів мають у своєму розпорядженні широкий арсенал технічних засобів і великі можливості реалізації різних технологічних режимів [7]. Науковці визначають, що перевага заморожування щодо енерговитрат та економічної ефективності порівняно з іншими методами консервування зумовила інтенсивний розвиток виробництва заморожених напівфабрикатів та готових страв в багатьох країнах [8, 9]. Так, за даними [10-13] 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 висококомеханізованих підприємствах і за своїми масштабами та технічним оснащенням є спеціалізованою галуззю харчової промисловості.

Багаторічна ізоляція України наклала свій відбиток на всі сфери життєдіяльності українців. Один з найбільш яскравих прикладів тому – національні стереотипи в культурі харчування. Більшість жителів країни, незважаючи на величезну різноманітність харчової продукції з усього світу, як і раніше вживають місцеві овочі та фрукти, готують страви зі свіжих продуктів, практично не використовуючи в своєму раціоні заморожені напівфабрикати. Саме тому структура продовольчого ринку України сильно відрізняється від більшості європейських країн, де сегмент заморожених продуктів у загальній структурі харчового ринку перевищує 70 %.

Згідно з даними [13-17] заморожені продукти та напівфабрикати користуються популярністю в усьому світі. Їх споживання в країнах Європи, США, Японії складає від 40 кг до 100 кг на рік на людину, тоді як в Росії цей показник значно нижчий – (8...9) кг, в Україні він складає лише – (7...8) кг. Причому щорічно виробництво напівфабрикатів у світі збільшується на (5...7) %. У світовій практиці асортимент продуктів, що консервується заморожуванням, надзвичайно широкий. До того ж кожна країна виробляє, насамперед, продукти специфічні для свого району, клімату, традицій.



Сучасні тенденції в харчуванні населення в Україні все більш орієнтовано на розвиток ринку швидких і легких у приготуванні продуктів, які одночасно були б високопоживними та економічно прийнятними. На нашу думку, в Україні найближчими роками розвиток технологій замороженої продукції буде визначатися наступними чинниками:

- сучасний рівень та тенденції розвитку науки, інтенсивна інтеграція України у світове співтовариство;
- успіхи теоретичної та прикладної фізики, процесів і апаратів, біотехнології, що привело б до більш глибокого теоретичного осмислення явищ, які лежать в основі заморожування;
- інтенсивний розвиток холодильної техніки та удосконалення технології заморожування;
- висока мобільність населення, урбанізація міст, підвищення інтенсивності виробництва та соціальної діяльності;
- необхідність розробки напівфабрикатів високого ступеня готовності та готових до споживання харчових продуктів;
- зростаючий попит на харчову продукцію без консервантів, тривалого терміну зберігання, збагаченої на функціональні-фізіологічні інгредієнти.

Аналіз літературних даних [18, 19] 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.

Сьогодні близько 80-85 % заморожених напівфабрикатів (у натуральному виявленні) реалізується через роздрібну мережу; 15-20 % припадає на сегмент HoReCa. Враховуючи темпи зростання останнього, найближчим часом саме на сегмент HoReCa буде націлено основні зусилля виробників заморожених напівфабрикатів.

У технологічному відношенні заморожування зазвичай проводять з метою підготовки продукту до тривалого зберігання за понижених температур. Дві ознаки істотно відрізняють заморожування від охолодження і пояснюють більшу стійкість заморожених продуктів під час зберігання порівняно з охолодженими. Перетворення води в лід під час заморожування перешкоджає розвитку мікроорганізмів, створюючи несприятливі осмотичні умови та різко скорочуючи швидкість біохімічних реакцій в продукті [20]. Заморожений продукт відрізняється від охолодженого низкою зовнішніх ознак та фізичних властивостей. До них відносяться такі: твердість, яку викликано перетворенням води в лід; яскравість забарвлення – результат оптичних ефектів, внаслідок кристалоутворення; зменшення питомої ваги – результат розширення під час заморожування води; зміна теплових характеристик тощо. Під час заморожування виявляється переміщення вологи в продукті, суттєве порушення гістологічної структури тканин, іноді часткова денатурація білків та низка інших процесів, що не спостерігаються під час охолодження продуктів.

Піддаючи продукт заморожуванню, необхідно прагнути передусім зберегти його поживні та смакові властивості. Для цього необхідно досягти максимальної оборотності явищ, що відбуваються під час заморожування. Вирішення цього завдання, що є одним з надважливих в холодильній технології, потребує знання тих процесів та змін, що відбуваються під час заморожування. Крім того, необхідно навчитися регулювати хід цих змін в необхідному напрямку та встановити такі умови перебігу процесу заморожування в цілому, що дозволили б зробити його найбільш оборотним [21].

На думку вчених та виробників використання холоду у виробництві м'яса та м'ясопродуктів є одним з найбільш ефективних методів консервування порівняно з консервуванням будь-якими іншими способами, дозволяє максимально зберегти якість, харчову та біологічну цінність продуктів протягом тривалого часу [7, 22-25]. Заморожування дозволяє відтермінувати реалізацію сільськогосподарської продукції у часі та перенести місце реалізації в просторі; розширює сферу збуту продукції не тільки регіоном, де її вирощують, і сезоном збирання, але й іншими регіонами та сезонами. Наприклад, для господарств – це дає можливість частину своєї продукції заморозити та реалізувати її безпосередньо споживачеві за вищою ціною, ніж свіжу, в будь-якому місці й в будь-який час [26].

За даними [16, 24-34] найбільшу популярність одержали напівфабрикати м'ясні заморожені. За ствердженнями фахівців сьогодні 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 (крупношматкові, дрібношматкові, порційні) та посічені (в т.ч. напівфабрикати у тістовій оболонці). Аналіз численних публікацій та статистичних даних свідчить про стійке зростання їх частки у загальному обсязі м'ясних продуктів, які виробляються.

Високий потенціал заморожування як одного з найбільш безпечних та ефективних способів консервування не має створювати ілюзію повної безпеки продукту та скасовувати необхідність прояву обачності в ланцюзі постачань замороженої продукції. Хоча заморожування суттєво уповільнює псування харчових продуктів, багато фізичних та біохімічних реакцій в заморожених продуктах продовжують протікати, хоча і з меншою інтенсивністю.

Не дивлячись на суттєві техніко-технологічні можливості холодильної обробки, під час заморожування незворотно відбувається низка небажаних змін, викликаних кристалоутворенням. Виникнення в міжклітинному просторі кристалів льоду в результаті заморожування призводить до розриву м'язових волокон, що негативно впливає на технологічні властивості розмороженого м'яса і, в першу чергу, виражається в значних втратах м'ясного соку та зниженні споживних властивостей готових продуктів – зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, соковитості та інших характеристик [35].

Для вдосконалення процесів заморожування необхідно знати їх динаміку. Труднощі аналітичного дослідження цих процесів полягають у тому, що предметом обробки є біологічна сировина тваринного походження, яка є

гетерогенною за хімічним, фізичним та колоїдним станом, функціонально-технологічними властивостями, які можуть змінюватися залежно від умов обробки, особливостей вирощування тварини тощо. Проблема ще більше ускладнюється під час заморожування багатокомпонентних м'ясних систем.

За останні роки потреба в енергозбереженні привела до росту зацікавлення щодо використання більш ефективних температур заморожування та зберігання. Аналітично доведено, що не завжди найкращі якісні показники продукту забезпечуються низькою температурою та підвищеною швидкістю холодильної обробки. В роботі [7] показано недоцільність збереження замороженого м'яса за температур нижче мінус 20 °С, тому що існують дослідження, згідно з якими на термін зберігання м'ясних продуктів температура впливає менше, ніж це вважалось раніше. Режими заморожування залежать від багатьох чинників (властивості сировинних компонентів, їх співвідношення та способи підготовки), а режими зберігання частіше характеризуються нелінійними прямими «температура – тривалість». Тому виникає необхідність наукового обґрунтування конкретних умов заморожування для кожного окремого продукту, які в рамках технічної характеристики апаратів можуть змінюватися в достатньо широких межах.

М'ясо та м'ясні продукти заморожують у повітрі, розчинах солей або деяких органічних сполук, киплячих холодоагентах, в контактi з охолоджуваними металевими плитами. Під час вибору способу заморожування основними критеріями є збереження високої якості продукту за мінімальних витрат. Відповідно до способу, що використовуються, та від виду продукту, його властивостей, складу, форми та розміру використовують той чи інший спосіб заморожування [36, 37].

Сучасні технології заморожування м'ясної продукції спрямовано на створення таких умов низькотемпературного обробки та зберігання, за яких споживні властивості цих продуктів будуть максимально наближеними до нативних і не змінюватимуться протягом тривалого холодильного зберігання.

Тож, найближчими роками акцент в розвитку технологій заморожування буде зроблено на сучасні високотехнологічні м'ясні продукти, що потребує подальших досліджень у напрямку обґрунтування та оптимізації їх технології та отримання харчового продукту з заданими властивостями і стабільними показниками якості та безпечності.

## 1.2. Аналіз складу та властивостей м'ясної сировини як об'єкту переробки, перспективи використання у їх складі емульсійних систем

Одним зі складних біотехнологічних об'єктів є м'язова тканина забійних тварин, яка під час заморожування, зберігання та наступного розморожування зазнає низку змін. При цьому характер цих змін обумовлюється фізичними та фізико-хімічними явищами виморожування води, кристалоутворення та структурними змінами у тканинах.

Одним із чинників, які викликають пошкодження клітини є зміна концентрації водневих іонів та перерозподіл їх за об'ємом під час заморожування. Причому, залежно від складу розчину рН може переміщатися у кислий чи у лужний бік. Ці процеси сприяють посиленню денатураційного ефекту розчинених речовин, а самі водневі іони можуть активно руйнувати клітинні мембрани.

Наступна група чинників, які здатні пошкодити клітину, обумовлена підвищенням концентрації розчинених речовин у процесі кристалізації рідкої фази. Особливість заморожування біологічних об'єктів, основним компонентом яких є вода, є в тому, що спочатку кристалізується чиста вода, і в порожнинах між кристалами концентруються розчинені речовини. У останніх знижується температура заморожування, процес триває зі зниженням температури середовища до повного насичення розчину, після чого вся суміш переходить у твердий стан.

У процесі заморожування клітинних рідин частина клітин виштовхується льодом у незамерзлий простір у концентрованих розчинах. З них під дією осмотичних сил виштовхується вода. У подальшому відбувається денатурація ліпопротеїнових комплексів у присутності гіперконцентрованих сольових розчинів у білки, ізоелектрична точка яких знаходиться у кислому середовищі, стає більш кислою, і як наслідок це призводить до денатурації [38].

Отже, під час заморожування в м'ясній сировині відбувається складний комплекс перетворень, що впливає на якість м'яса та м'ясопродуктів, зокрема часткова денатурація білків, яка призводить до втрати їх розчинності, зміни фракційного складу та ін. Зміни білкових речовин можуть посилюватися перебігом окислювальних процесів, що призводять також до істотної зміни технологічних та органолептичних властивостей. Поступове утворення та зростання кристалів льоду в продукті під час заморожування викликає зміну концентрацій всіх розчинених речовин і, як наслідок, іонної сили, осмотичних процесів, рН, перенасичення розчинів [39, 40].

Зниження якості м'яса в циклі «заморожування – зберігання – розморожування» відбувається за рахунок таких чинників:

- втрат поживних речовин (білків, вітамінів та ін.) внаслідок витікання м'ясного соку під час розморожування;
- погіршення органолептичних показників якості (колір, смак, запах) внаслідок окислення пігментів, ліпідів м'яса;
- зниження перетравлюваності білків ферментами травного тракту внаслідок агрегування білків, утворення білково-ліпідних комплексів;
- утворення токсичних сполук під час глибокого окислення ліпідів м'яса [41].

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

Аналізуючи літературні дані відносно впливу умов заморожування та наступного зберігання за низьких температур на зміни якісних показників напівфабрикатів м'ясних посічених та узагальнюючи результати вже існуючих напрацювань в галузі м'ясних заморожених напівфабрикатів, можна констатувати, що ці питання вивчено ще недостатньо.

Узагальнення даних, наведених в роботах [42-52], дозволяє стверджувати, що важливим аспектом управління технологією заморожених м'ясних продуктів є науково-обґрунтований підхід до визначення якісного та кількісного складу рецептурних компонентів, які формують харчову цінність продукту, його функціонально-технологічні властивості з урахуванням специфіки процесів, які мають місце в системах за низькотемпературної обробки, зберігання та теплової обробки.

З огляду на те, що у загальному обсязі м'ясних заморожених продуктів частка м'ясних посічених напівфабрикатів є найбільш вагомою, вважаємо за доцільне більш детально зупинитися на аналізі складу та технології виробництва цих виробів.

М'ясні посічені заморожені напівфабрикати – це вироби, виготовлені з м'ясного фаршу [53]. Згідно з ДСТУ 4437:2005 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені» традиційний асортимент м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів включає фарші, біфштекси, гамбургери, котлети, ромштекси, фрикадельки, шніцелі, пельмені. Відповідно до вмісту м'ясної сировини напівфабрикати поділяють на м'ясні – з масовою часткою м'ясної сировини відповідно до рецептури не менше (50...100) % та м'ясо-рослинні – з масовою часткою м'ясної сировини відповідно до рецептури не менше (35...40) %.

Під час виробництва м'ясних посічених напівфабрикатів основною сировиною є м'ясо всіх видів тварин та птиці, субпродукти, білкові препарати тваринного і рослинного походження (кров, молоко та продукти їх переробки, соєві ізоляти, концентрати, тощо), борошно, крупи, тваринні й рослинні жири, яйця і яйцепродукти, крохмаль, овочі, стабілізатори, харчові добавки, тощо. Загалом серед м'ясної сировини найбільше використовують яловичину, свинину та м'ясо птиці, що обумовлено їх невисокою вартістю. Яловичина – м'ясо з підвищеною в'язкістю та є основою фаршу, а свинина – характеризується більшою жирністю і містить легкоплавкий жир, та покращує смак готового м'ясного посіченого напівфабрикату [54].

М'ясні посічені заморожені напівфабрикати також містять жировмісну сировину, якою є свинячий шпик [55, 56], рецептурні компоненти якого багаті на насичені жирні кислоти, а у складі ліпідів міститься відносно високий рівень холестерину. Тож, одним із напрямів підвищення біологічної цінності м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів є використання жирів не тільки тваринного, а й рослинного походження [57–59]. Під час виробництва м'ясних напівфабрикатів жир є одним із головних структуруючих компонентів, оскільки в результаті його взаємодії з водою утворюються стабільні емульсії.

Емульгуюча здатність жирів залежить від низки чинників: природа, ступінь подрібнення та температура плавлення жиру, наявність емульгатора, тощо [60].

Відомо, що виробництво м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів, за існуючими технологіями, не завжди дозволяють отримувати вироби з високими показниками якості внаслідок використання сировини з нестабільними показниками якості, великим вмістом сполучної тканини [61, 62]. Традиційна технологія виробництва м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів складається з підготовки сировини, приготування фаршу, формування напівфабрикатів, заморожування, пакування, маркування та зберігання [63]. Важливою операцією виробництва напівфабрикатів є саме приготування фаршу, коли відбувається подрібнення м'язових та сполучнотканинних волокон, екстракція м'ясних білків, а також емульгування жиру. При цьому дисперсною фазою є емульгований жир, а дисперсійним середовищем – колоїдний розчин саркоплазматичних та міофібрилярних білків, в якому рівномірно розподілено гідратовані часточки подрібнених м'язових і сполучнотканинних волокон різного розміру, фрагменти міофібрил, оболонки жирових клітин, агрегати актоміозинового комплексу, часточки прянощів, водорозчинні мінеральні речовини, вітаміни [5]. Вже тривалий час проблема подрібнення м'ясної сировини та приготування фаршу цікава вченим в усьому світі. Вирішення цієї проблеми залежить від низки чинників, що мають першорядне значення для формування якості як фаршу, так і готової м'ясної продукції. До них відносяться такі: характеристика вихідної сировини, способи подрібнення, компоненти що входять у рецептуру, температурні режими виробництва фаршу і його зберігання [62, 64–66].

Так, в результаті приготування фаршу утворюється полідисперсна гетерофазна система, до якої можна застосувати термін «м'ясна емульсія» [67-72]. Сирий фарш є емульсією жиру у воді, тобто прямою емульсією (I роду) за типом масло – вода. Водо- та солерозчинні білки є стабілізаторами такої емульсії.

Таким чином, дисперсійне середовище такої емульсії є складною колоїдною системою, яку прийнято називати «матриksom». Матрикс не термооброблених фаршів являє собою тиксотропний гель коагуляційної структури, який утворюється внаслідок взаємодії білків, а також диспергованих часточок м'язових та сполучнотканинних волокон. Основна роль у процесі формування сітки і гелю належить міозину, але актин й інші білки також можуть утворювати гель як індивідуально, так і у присутності інших білків. Роль саркоплазматичних білків у процесі утворення гелю міозину неістотна, навпаки, ферменти (протеази і фосфатази), що містяться у цій фракції та інактивовані за температур вищих за 60°C, сприяють деградації структуроутворюючих білків і зниженню міцності гелю [2, 5]. Після термообробки в результаті денатурації та агрегації білків м'яса коагуляційна структура матрикса перетворюється в конденсаційно-кристалізаційну, яка утримує часточки дисперсної фази (жирові кульки), воду та інші елементи, які входять до складу дисперсійного середовища.

Загалом м'ясні емульсії за природою, складом вхідних компонентів, структурою, що утворюється в результаті колоїдно-хімічних процесів,

відносяться до так званих полідисперсоїдів. Їх структура може налічувати щонайменше чотири рівноважні фазові системи: водний розчин солей; колоїдний розчин водо- і солерозчинних білків; білково-жирову емульсію; розчин як непереривчасту фазу трьох різних диспергованих систем одночасно – суспензії, емульсії і, ймовірно, піни. М'ясна емульсійна система структурована декількома способами. Достатньо висока концентрація білка в ній забезпечує фізико-хімічну стабілізацію жиру та зумовлює формування гелевих структур міжфазних шарів. Тож, фарш м'ясних січених виробів – це комбінація дисперсних систем, структуру яких визначають м'ясні білки [2, 5, 72–75].

Одним з головних завдань практичної технології є одержання стабільних (термодинамічно стійких) емульсій. З точки зору технологічної практики, стабільність м'ясних систем в першу чергу залежить від [5]:

- виду, структури, властивостей та концентрації білків, які виконують функцію поверхнево-активних речовин і забезпечують зв'язування води, емульгування жиру, формування структурного матриксу та отримання необхідних реологічних характеристик м'ясної системи;

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

- співвідношення білок – жир – вода в системі;

- фізико-хімічних чинників (рН та іонний склад середовища, температура);

- ступеня подрібнення сировини;

- послідовності внесення інгредієнтів під час приготування фаршу.

Найважливіші функції в утворенні та стабілізації м'ясної емульсії виконує основна складова м'ясної сировини – м'язова тканина – сполучення клітин (м'язових волокон) із неклітинною структурою (міжклітинною речовиною). Відомо, що м'язові волокна та сполучнотканинні прошарки утворюють каркас тканини, міцність якого визначає структурно-механічні властивості м'яса [76].

Однією з найважливіших структурно-механічних властивостей м'ясної сировини для технологічного використання є її консистенція, а саме, ніжність і соковитість, яка залежить від кількості сполучної тканини, вмісту внутрішньом'язового жиру, розміру м'язових пучків і діаметра м'язових волокон, стану м'язових білків – ступеня їх гідратації, взаємодії міозину й актину, рівня деструкції. Крім того, ніжність м'ясної сировини обумовлена не тільки загальним вмістом сполучної тканини, але і співвідношення в ній колагену й еластину, ступенем полімеризації основної речовини – мукополісахаридів [77, 78].

Сукупність та ступінь вираженості таких властивостей як харчова і біологічна цінність, органолептичні, структурно-механічні, функціонально-технологічні, санітарно-гігієнічні та інші ознаки продукту визначають поняття функціонально-технологічні товарознавчі властивості м'ясної сировини. Ученими доведено, що найбільше технологічне значення мають м'язова, жирова та сполучна тканини, їх кількісне співвідношення, якісний склад та

умови обробки. Кількісне співвідношення тканин у м'ясі приблизно таке: м'язова тканина – 50...70%, жирова тканина – 3...20%, кісткова тканина – 15...22%, сполучна тканина – 9...14% [79].

Технологічна функціональність м'яса є важливим чинником у його переробці, оскільки впливає на структуру, зв'язувальну здатність, хімічний склад і колір готового м'ясного виробу. Аналітичні дослідження свідчать, що сьогодні м'ясна сировина характеризується підвищеною вологістю, але зниженою соковитістю готової продукції. Так, у багатьох випадках вона має недостатньо високі значення вологоутримуючої здатності, тому емульгування, як технологічна операція, здатне покращити органолептичні показники кінцевої продукції [66, 79].

Основними компонентами м'ясопродуктів, які забезпечують їх структуру та стабільність, є білки м'яса. Вони другі, після води, за вмістом у м'ясній сировині. Головною ознакою повноцінних білків є те, що до складу їх молекул разом з іншими амінокислотами входять так звані незамінні амінокислоти – валін, лейцин, ізолейцин, триптофан, метіонін, лізин, фенілаланін, треонін. Харчову цінність м'яса оцінюють за якісним білковим показником – значенням «триптофан-оксипролінового індексу», який являє собою відношення триптофану (як індексу повноцінних білків м'язової тканини) до оксипроліну (показника неповноцінних сполучнотканинних білків). Також якість м'яса можна охарактеризувати за співвідношенням вода – білок, жир – білок, вода – жир. Між вмістом води і жиру існує зворотна кореляційна залежність [80, 66].

Найбільш важливими властивостями м'ясних білків є емульсійні властивості, вологоутримуюча здатність, розчинність у воді за присутності кухонної солі з утворенням високов'язких розчинів, здатність до термотропного гелеутворення.

Відомо, що всі білки м'язової тканини більшою чи меншою мірою беруть участь в утворенні структури фаршів, виявляючи при цьому властивості, характерні для високомолекулярних сполук. Так, у результаті взаємодії «білок – білок» відбувається утворення драглів, «білок – вода» – набрякання і розчинення білків, зв'язування води, «білок – жир» приводить до жиропоглинання та зв'язування жиру, а «білок – жир – вода» сприяє утворенню емульсій та піни, причому білки в цьому випадку виявляють поверхнево-активні властивості. Зазначені взаємодії та процеси відбуваються паралельно під час приготування фаршу, що зумовлюється утворенням певної консистенції [81, 82, 83].

Однак утворення консистенції відбувається в результаті взаємодії макромолекул білків між собою. Наслідком цього є формування тривимірної просторової сітки, здатної утримувати в міжполімерному просторі вологу та інші компоненти фаршу [84]. Сучасна сировина через наявність значної кількості вільної води і відносно низькі значення рН м'ясної сировини в багатьох випадках не відповідає чинним технологічним вимогам, тому технології приготування фаршів мають бути скореговані з урахуванням цих характеристик. Під час теплової обробки внаслідок термокоагуляції білків



утворюється еластичний каркас, що зумовлює міцність структури готового виробу, який можна розглядати як термотропний гель. Стійкість його, в основному, залежить від драглеутворюючої здатності розчиненої частини міофібрилярних білків [85]. Такі драгли є нестійкими, як вологозв'язуючі агенти і за впливу високих температур термічної обробки втрачають вологу, зменшуючи вихід продукту.

Отже, здатність білків до термотропного гелеутворення залежить від концентрації та вигляду білка, рН середовища, температури, розмірів частинок, вмісту солей та інших речовин.

Ученими [86] встановлено, що однією з найважливіших функцій білка у м'ясних системах є формування водозв'язуючої здатності в результаті взаємодії в системі «білок – вода». Здатність м'ясної сировини до зв'язування води залежить перш за все від концентрації, властивостей та стану білкових речовин. Значну роль відіграють і умови гідратації, а саме, величина рН середовища, що характеризує рівень іонізування аміногруп; ступінь денатураційних змін, що сприяють зниженню сорбції води білком унаслідок збільшення частки міжбілкових взаємодій; концентрація та властивості електролітів у системі [87].

Висока емульгуюча здатність білків м'яса обумовлена наявністю гідрофобних груп за рахунок чого білки утворюють на зовнішній поверхні краплинки жиру міцний адсорбційний шар, який відіграє роль бар'єра, що перешкоджає коалесценції жиру. Гідрофільні групи білків при цьому орієнтуються до води [66, 88]. Солерозчинні міофібрилярні білки є гарними емульгаторами [5]. Саме від кількісного вмісту цих білків залежить стабільність якісних характеристик м'ясних виробів.

Не менш важливим показником якості м'яса є ізоелектрична точка білків міозину й актину, що становить відповідно 5,4 та 4,7, температура денатурації – 40...50°C та 50...55°C [89]. Найважливішим у функціонально-технологічному значенні є білок міозин, переважна кількість якого міститься у м'язовій тканині. Він проявляє найкращі емульгуючі та гелеутворюючі властивості, які формують структурно-механічні показники фаршу [66, 90].

Дані світлової та електронної мікроскопії підтверджують правильність викладених теоретичних підходів до механізму одержання м'ясних емульсій [5, 73, 74, 91]. Результати вивчення макро- і мікроструктури м'ясного фаршу [91, 92] свідчать, що його основою є емульсія, яка містить жирові частки розмірами (1...50) мкм в оточенні білкових капсул, що рівномірно розподілено у структурованому матриксі, в якому також знаходяться морфологічні елементи м'ясної сировини.

Процес стабілізації емульсій складний за характером внаслідок того, що в ньому беруть участь низка чинників, стабілізуюча дія кожного з яких виявляється за певних умов. До чинників, що впливають на утворення стійких емульсій, відносяться кінетична стабілізаційна дія адсорбційних шарів; ентропійний та електростатичний чинники стабілізації; утворення на поверхні крапель структурованих гелеподібних шарів з високою структурною в'язкістю,

пружністю та міцністю за одночасної сольватованості поверхні таких оболонкок дисперсійним середовищем [93-95].

Міцні висококонцентровані системи можна одержувати тільки тоді, коли адсорбційні шари спільно з сольватною оболонкою мають високу структурну в'язкість. За умов близького до граничного насичення поверхнево-активними речовинами адсорбційні шари мають бути пружними та механічно міцними на зсув. Цим вимогам відповідають близькі до насичення адсорбційні шари поверхнево-активні речовини, які утворюють двомірні кристалоподібні структури, до яких, насамперед, відносяться колоїдні адсорбційні шари. Поверхнево-активні речовини, які утворюють такі шари, характеризуються колоїдними властивостями й за невеликих концентрацій не утворюють структуру, суттєво не змінюють поверхневий натяг на межі розділу фаз, але в адсорбційному шарі концентрація їх значна і шар має підвищену структурну в'язкість.

Враховуючи характер та специфіку внеску кожного чинника, можна сформулювати загальні вимоги до емульгаторів для одержання стійких концентрованих емульсій – вони мають характеризуватися одночасно поверхневою активністю та здатністю утворювати структуровані колоїдно-адсорбційні шари. Вивчаючи структурно-механічні властивості адсорбційних шарів, П.А. Ребіндер і А.А. Трапезніков встановили, що надмірно висока міцність структури в адсорбційному шарі може призвести до зменшення нею рухливості та здатності відновлюватися, у результаті чого знижується його стабілізуюча дія [95]. Виходячи з цих уявлень, найкращими стабілізаторами є речовини, що характеризуються середньою гідрофільністю. Високогідрофобні емульгатори характеризуються у водному середовищі високою поверхневою активністю, але утворені ними адсорбційні шари будуть погано гідратованими, внаслідок чого в них можуть виникати крихкі розриви. Високогідрофільні емульгатори, навпаки, будуть давати легко рухливі і добре гідратовані, але недостатньо структуровані адсорбційні шари [96].

Концентровані емульсії можуть бути стабілізовані внаслідок утворення на їх краплях гелеподібно структурованих адсорбційних шарів ліофільних колоїдів або напівколоїдів, структурно-механічні властивості яких чинять опір руйнівним чинникам.

Таким чином, у м'ясній системі має бути достатня кількість м'ясних білків для реалізації цих властивостей. У випадку низької концентрації білка, за його недостатнього потенціалу (денатурація білків м'яса під час тривалого зберігання в замороженому стані, сировина з ознаками PSE і RSE, колагенвмісна сировина, м'ясо механічного дообвалювання птиці, підвищений вміст жиру) можна рекомендувати введення додаткових інгредієнтів. Цілеспрямоване застосування білоквмісних препаратів, гідроколоїдів та емульгаторів як додаткових інгредієнтів дає можливість істотно підвищити стабільність м'ясних систем та регулювати їх хімічний склад, структурно-механічні, органолептичні властивості.

Значна кількість науковців відзначає, що найбільш доцільно у м'ясних емульсіях застосовувати білкові препарати, стабілізатори, емульгатори, які мають високі функціональні властивості і є носіями необхідних поживних речовин. Цей напрям набув широкого розповсюдження як в нашій країні, так і за кордоном. В технологіях м'яса як емульгатори використовують міофібрилярні білки, лецитин, кефалін, холестерин (природні компоненти сировини), білкові препарати, які містять водорозчинні білки (рослинні білкові препарати, білки молока, яєчні продукти, білки крові), а також хімічні адитиви (полівалентні фосфати, емульгатори) [2, 70, 88, 97-108].

На ефективність застосування білкових препаратів як емульгаторів та стабілізаторів м'ясних емульсій впливає стан та спосіб їх внесення. Залежно від виробничих умов білкові препарати застосовують у сухому, гідратованому вигляді або у складі білково-жирових емульсій [101].

В останні роки велика увага приділяється організації виробництва фаршевих м'ясних продуктів з використанням заздалегідь виготовлених емульсій. У роботах А. А. Соколова, Ю. Ф. Заяс, Е. С. Токаєва та ін. доведено, що введення у фарш жиру у вигляді концентрованої водожирової емульсії найдоцільніше, оскільки це збільшує вологозв'язуючу здатність фаршу, а виготовлені з нього вироби мають кращу структуру, мінімальні втрати за теплової обробки [88, 97, 102, 103].

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

- можливість ефективного використання м'ясної сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями;
- отримання індивідуальних емульсій з гарантовано стабільними властивостями;
- високий рівень функціонально-технологічної сумісності індивідуальних БЖЕ зі структурним матриксом базової м'ясної емульсії;
- позитивний вплив БЖЕ на структурно-механічні показники та вихід готової продукції;
- економічні показники.

У багатьох дослідженнях вітчизняних та закордонних вчених встановлено, що продукти високої якості можна виробляти із застосуванням емульсій різного складу, в яких як стабілізатори виступають білкові препарати (рослинного або тваринного походження) або спеціальні емульгатори.

Використання білків під час виробництва харчових емульсій обумовлено їх функціонально-технологічними властивостями, до яких відносять розчинність у водних середовищах, здатність утворювати та стабілізувати дисперсні системи, драглеутворюючу, водо- і жирозв'язуючу здатність [99, 106]. Наявність гідрофільних та гідрофобних груп у білкових молекулах обумовлює можливість утворення міжфазних адсорбційних шарів.

Патентний пошук та аналіз літературних джерел дав змогу провести систематизацію таких складових частин емульсійних систем:

- білкові препарати, джерелами яких є рослинні та тваринні продукти;

– жирові компоненти (жирна свинина, шпик свинячий, шоковина, жир-сирець яловичий, баранячий, кінський, курячий, топлений жир свинячий або яловичий, масло вершкове, маргарин, олії, рослинні жири (пальмовий, кокосовий));

– рідке середовище (вода, бульйон, тощо), що забезпечує відповідний колоїдний стан системи;

– інші компоненти, необхідні для підвищення ефективності та надання специфічних властивостей БЖЕ (стабілізатори, емульгатори).

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

Важливим в цьому напрямку є використання препаратів білків сполучної тканини забійних тварин та емульгаторів ацилгліцеринної природи. Їх поява на вітчизняному ринку закордонних виробників, а з недавнього часу і вітчизняних, розширює можливості створення нових технологій м'ясних продуктів.

### 1.3. Досвід застосування речовин кріостабілізуючої дії в харчових технологіях

Останні дослідження багатьох науковців Японії, США, Західної Європи [43, 107-109] свідчать про виникнення нового функціонального класу харчових добавок стосовно яких використовують термін «кріопротектори», «речовини кріостабілізуючої (кріопротекторної) дії». Їх використання дозволяє керувати на молекулярному та клітинному рівнях процесами кристалоутворення у харчових продуктах під дією низьких температур, нівелювати негативні наслідки заморожування органічних тканин. Про дослідження властивостей кріопротекторів в різних біологічних об'єктах та харчових системах опубліковано праці Л.А. Сарафанової, Д.Л. Хаффмана, Ж. Лафона, Ж. Лебеля, Малдрю, А. Суттона, Б.Е. Харрисона, П. Капела та ін.

Згідно з даними [110, 111] кіопротектори – речовини, що запобігають або уповільнюють зростання кристалів льоду та нівелюють дію під час заморожування двох ушкоджувальних чинників: формування внутріклітинного льоду, зневоднення тканин та захист клітин від осмотичних перепадів. Кріопротектори здатні до створення водневих зв'язків з молекулами води, що перешкоджає їх організації в лід, послаблювати ефект кристалізації, змінюючи її характер, перешкоджають агрегації та денатурації білкових макромолекул, сприяють збереженню цілісності мембран кліток.

Існує велика кількість речовин, що мають кріопротекторні властивості. Найбільш відомі успіхи в дослідженнях за збереженням біологічних об'єктів у незмінному стані під дією різних чинників належать кріобіології. В

кріобіологічних дослідженнях розрізняють кріопротектори двох типів: проникаючі і непроникаючі [112].

До проникаючих відносять кріопротектори, які здатні проникати в середину клітини. Проникаючі кріопротектори перешкоджають формуванню кристалів льоду за рахунок утворення водневих зв'язків з молекулами води, що містяться в клітинних структурах (найбільш вивчені властивості гліцерину, пропиленгліколю, етилгліколю, диметилсульфоксиду).

Одне з пояснень захисної дії проникаючих кріопротекторів засновано на тому, що їх міцний зв'язок з водою більш міцний, ніж вода з водою, завдяки чому знижується кількість вимороженої води та зменшується дегідратація клітин. Кріопротектори зв'язують зовні- та внутрішню воду, забезпечують формування кристалів з більш «округлими» гранями, знижують температуру заморожування розчинів. Процес кристалізації з використанням кріопротекторів у цілому суттєво змінюється, а утворення внутрішньоклітинного льоду інгібується.

До непроникаючих відносять кріопротектори, які не здатні проникати всередину клітин. Принцип дії непроникаючих кріопротекторів полягає в зниженні швидкості росту кристалів і захисту кліток від осмотичних перепадів. До непроникаючих кріопротекторів відносять дві групи речовин – олігосахариди (найбільш відомі сахароза, татрегалоза) та високомолекулярні сполуки (альбумін, плазма крові, полівінілпирролідон). Високомолекулярні кріопротектори не проникають до клітин, тому осмотичні сили постійно підтримують нову створену ними водно-сольову рівновагу зовні- та внутрішньоклітинних середовищ. Тому як додавання, так і видалення кріопротекторів також спряжено з осмотичним навантаженням на клітину.

Н.І. Максимовим встановлено, що здатність надавати кріостабілізуючу дію під час заморожування, мають не тільки цукри, а й спирти різної атомності, солі мінеральних та органічних кислот. Найбільш важливим у механізмі їх кріостабілізуючої дії є низьке значення їх евтектичної точки, що впливає на зменшення кількості води, яка здатна кристалізуватися під час заморожування, що оберігає протоплазму від згубного ступеня зневоднення та перешкоджає утворенню неприродних міжмолекулярних зв'язків. Накопичуючись в протоплазмі, цукри осмотично утримують воду та протидіють дегідруючому ефекту заморожування, внаслідок чого сульфгідрильні групи сусідніх молекул утримуються на відстані, достатньої для запобігання реакції між ними. У цьому випадку для досягнення ступеня дегідратації, що призводить до зближення молекул з утворенням дисульфідного зв'язку, потрібна нижча температура заморожування. Кріостабілізуючі речовини послаблюють також механічний вплив льодоутворення, утворюючи перед фронтом льоду концентрований незамерзаючий шар, що виключає прямий контакт льоду з найбільш чутливим поверхневим шаром протоплазми [38, 43, 107, 108].

Дані фізико-хімічної біології дозволяють поділити кріопротектори на два класи (з більш широким діапазоном речовин) залежно від термодинамічних параметрів гідрофобних груп.

Перший клас – добавки типу спиртів. До цього класу відносяться аліфатичні спирти, гліцерин поліполи (етиленгліколь, пропіленгліколь) та інші відносно неполярні органічні сполуки, які вірогідніше, утворюють водневі зв'язки гірше ніж вода.

Другий клас – добавки типу сечовини. До цієї групи відносяться сечовина, ацетамід та його похідні, та інші високомолекулярні сполуки, які легко утворюють водневі зв'язки.

Досвід застосування кріопротекторів в харчових технологіях тільки набуває розвитку в межах конкретних технологій. У виробництві сурімі, кондитерських виробів застосовуються кріопротектори класу спиртів. Моно-, ди-, оліго- і полісахариди застосовуються у виробництві швидкозаморожених м'ясних напівфабрикатів, у складі розчинів для шприцювання, емульсій, у виробництві морозива, сурімі. Білкові препарати – у виробництві заморожених м'ясних напівфабрикатів. В різних технологіях харчової промисловості застосовуються кріопротектори класу солей. Ліпіди використовуються в технологіях виробництва заморожених хлібобулочних виробів [113].

Термін «кріопротектор» має чітко визначений зміст, який трактується як «речовина, що захищає біологічні об'єкти від шкідливої дії заморожування» й розповсюджується на різні за механізмом дії речовини. Протягом останнього часу суттєво збільшився перелік інгредієнтів для досягнення вищезначених цілей в технологіях харчових продуктів (речовини, що запобігають або уповільнюють зростання кристалів льоду і нівелюють дію під час заморожування двох ушкоджувальних чинників: формування внутріклітинного льоду і зневоднення тканин). Тому у подальшому використовується термін «речовини (інгредієнти) кріостабілізуючої дії», який на наш погляд, більш об'єктивно та відповідно існуючих фундаментальних засад визначає їх роль в технології заморожених м'ясних продуктів.

Речовини кріостабілізуючої дії належать до різних класів хімічних сполук (їх перелік постійно зростає) використовуються також у складі кріостабілізуючих середовищ (композицій), в яких можуть бути присутні різні органічні та неорганічні речовини. Використання кріостабілізуючих середовищ є ефективним як під час заморожування окремих клітин в кріобіології так і під час виробництва замороженої харчової продукції [43, 107, 108].

Відомо, що у процесі заморожування і зберігання м'ясних посічених та цільношматкових напівфабрикатів відбувається інтенсивне кристалоутворення, яке під час розморожування та термічного оброблення призводить до руйнування цілісності м'язових волокон, окислювання і розпаду жирів і білків, знебарвлення м'ясної сировини і втрат м'ясного соку. Тому з метою зниження температури кристалізації під час заморожування та зберігання напівфабрикатів доцільним є додавання речовин, що мають кріостабілізуючі властивості, механізм дії яких, пов'язано зі зниженням активності води, утворенням аморфної структури в середині продукту і зменшенням кількості центрів кристалізації, що особливо важливо під час виготовлення заморожених

напівфабрикатів тривалого холодильного зберігання за температури  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  [114].

В технологіях виробництва м'ясної продукції використання функціональних систем кріостабілізуючої дії дозволить максимально використовувати сировину зі зниженими технологічними властивостями, зменшити витрати м'ясної сировини під час холодильної обробки і зберігання, знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, отримати широкий асортимент продукції з високими органолептичними властивостями, збільшити терміни та знизити температуру зберігання [115].

Питання експериментальних досліджень щодо використання у технологіях м'ясних виробів речовини кріостабілізуючої дії висвітлено в роботах зарубіжних (Холодов Ф.В., Алієв М.С., Ізотов О.В., Яблоненко Л.О., MacDonal G. A., Krala L., Park S.) та вітчизняних (Глушков О.А.) [42, 43, 46, 47, 49, 116, 117] науковців, які доводять позитивний вплив деяких речовин на перебіг фізико-хімічних процесів під час використання низьких температур.

Відомо, що кріостабілізуючі (кріозахисні) властивості мають деякі харчові інгредієнти полісахаридної природи [43, 118], які являють собою високомолекулярні речовини, розчинні та нерозчинні у воді, широко розповсюджені в природі, різні за походженням, хімічним складом, властивостями, галуззю використання.

Узагальнення даних, наведених в роботах [40, 119, 120], дозволяє стверджувати, що під час виробництва м'ясних заморожених напівфабрикатів для стабілізації структури та підвищення виходу широко використовуються гідроколоїди. Основна їх функція – стабілізація колоїдних харчових систем з регулюванням 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 більшою або меншою мірою можуть впливати на зв'язування води, жиру, структуроутворення.

За хімічним складом гідроколоїди являють собою лінійні або паралельно розгалужені ланцюги, тобто високомолекулярні речовини, з гідрофільними групами, які вступають у взаємодію з водою [51, 118, 120-123]. З робіт [124-127] 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 під час набухання частково або повністю переходять у витягнутий стан, в найбільшому ступені збільшують в'язкість, тому що гідродинамічний опір довгих витягнутих полімерних ланцюгів є найбільшим. В'язкість зростає експоненціально зі збільшенням довжини ланцюга.

Збільшення ступеня розгалуження молекули гідроколоїду призводить до зменшення в'язкості, коли розташування бічних ланцюгів заважає зв'язуванню молекул води. Якщо ж полярні та неполярні групи розташовано 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 [124, 128, 129]. Під час використання гідроколоїдів у харчовій промисловості важливим є їх ступінь полімеризації та заміщення. Збільшення ступеня полімеризації обумовлює збільшення в'язкості гідроколоїду у розчині, а ступеня заміщення – швидку гідратацію гідроколоїдів рахунок збільшення можливості приєднання до нього молекул води [130]. В'язкість гідроколоїдів залежно від їх виду та концентрації 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 [5, 131, 132, 133].

Ефективність дії гідроколоїдів визначається не тільки структурними особливостями їх молекул (довжина ланцюга, ступінь розгалуження, природа мономерних ланок та функціональних груп і 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 [124]. У роботі [131] доведено, що їх розчинність підвищується в присутності іонізованих груп – сульфатних ( $-\text{SO}_3$ ) та карбоксильних ( $-\text{COOH}$ ), які збільшують гідрофільність (каррагінани, альгінати), а також за наявності в молекулах полісахаридів бічних ланцюгів, які розсовують головні ланцюги, що покращує гідратацію (ксантани). Розчиненню сприяє механічний вплив та нагрівання; зменшується воно за впливу 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).

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 [134-136].

У разі сумісного використання двох або більше гідроколоїдів можливе виявлення синергічного ефекту: суміші загущують сильніше, ніж можливо було б очікувати від сумарної дії компонентів [121, 124, 137, 138]. 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 каррагінани, камедь ксантану, камедь гуару, камедь ріжкового дерева, камедь тари, камедь карайи, гуміарабік, карбоксиметилцелюлозу, метилцелюлозу, альгінат натрію, конжаковий манан [132, 139-144]. Використання цих інгредієнтів забезпечує покращення функціонально-технологічних та органолептичних показників, сприяє підвищенню виходу м'ясних виробів. Однак, вивчення можливості їхнього застосування як речовин кріостабілізуючої дії для м'ясних заморожених напівфабрикатів практично не проводилося.

Відомо, що у технологіях заморожених м'ясних напівфабрикатів також використовують харчові волокна, які відносяться до натуральних розчинних та нерозчинних гідроколоїдів. Вони являють 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 [145-147].

За даними [130, 146, 148, 149] харчові волокна мають високу жирозв'язуючу здатність, стабілізуючі, структуроутримуючі властивості, антиоксидантну дію, збільшуючи тим самим термін зберігання харчових продуктів, стійкі до розморожування та заморожування, покращують поживну цінність завдяки вмісту корисної для здоров'я людини дієтичної клітковини.

У м'ясних продуктах харчові волокна використовуються як стабілізатори фаршевих емульсій, для запобігання відділення вологи під час зберігання виробів у вакуумній упаковці та заморожених напівфабрикатів, збільшення виходу й покращення якісних показників, збагачення м'ясних продуктів корисними для здоров'я харчовими волокнами [149-154].

Таким чином, використання речовин кріостабілізуючої дії у харчових технологіях є перспективним, але потребує подальших системних досліджень.

## **2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТИВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ХАРЧОВИХ ЕМУЛЬГАТОРІВ**

### **2.1. Дослідження впливу заморожування – розморожування на теплофізичні показники м'ясних модельних систем з використанням емульсійних систем на основі білка тваринного**

Для обґрунтування раціонального вмісту ККД на основі білка тваринного (ККД(E1)) у складі м'ясних модельних систем (ММС) проведено дослідження з вивчення їх теплофізичних характеристик в режимі заморожування – розморожування.

Відбір проб та підготовку зразків до дослідження, наданих у монографії, здійснювали за ГОСТ 4288 [155], ГОСТ 26929 [156], ГОСТ 26668 [157], ГОСТ 26669 [158], ГОСТ 26670 [159].

Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності одержаних даних проводили математичну обробку результатів дослідження [160]. Оцінку похибки експериментальних даних і вимірюваних величин здійснювали за методиками [161]. Із зіставленням 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 [162].

Обробку експериментальних даних здійснювали у програмному пакеті Matchad 2001 Professional [163].

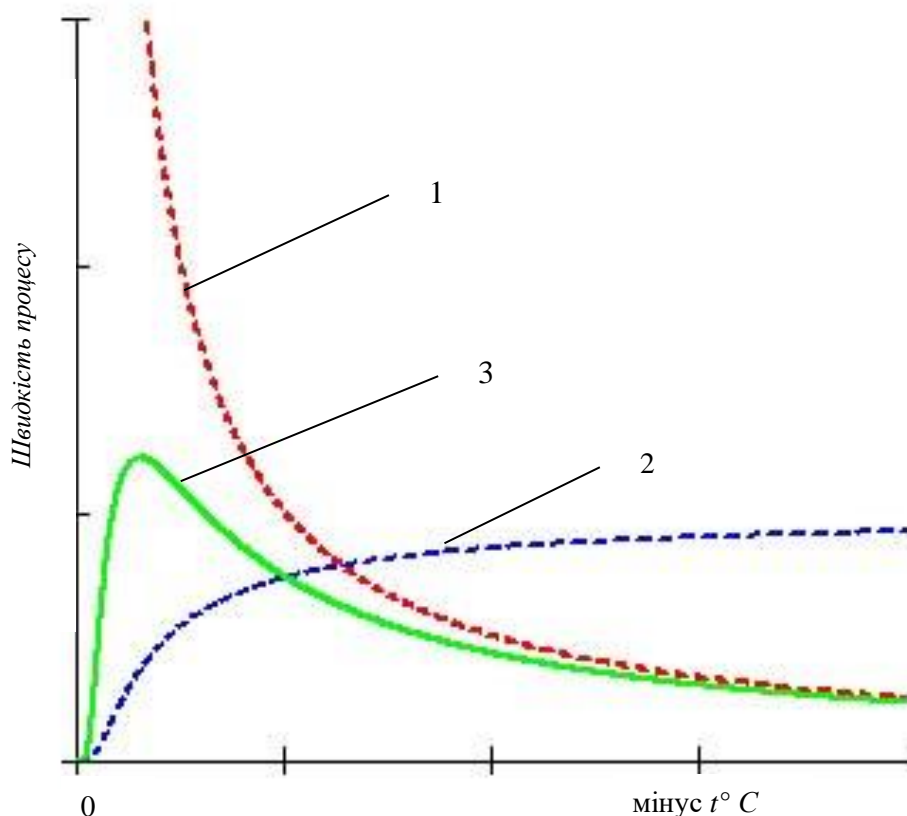
Надійність одержаних результатів визначали шляхом розрахунку коефіцієнтів Стюдента  $t_{ST}$  для прийнятого рівня залежності  $P=0,05$  і відповідного  $(n-1)$  числу ступенів свободи.

Дослідження теплофізичних характеристик м'ясних модельних систем під час заморожування – розморожування здійснювали відповідно до основних положень фізико-математичної моделі процесу кристалізації в м'ясних системах розрахунку параметрів температурної залежності ефективної питомої теплоємності. Заморожування проводили на лабораторному експериментальному стенді, який оснащено вимірювачем-регулятором багатофункціональним вісьмиканальним ОВЕН ТРМ 138-Р з автоматичним перетворювачем інтерфейсів ОВЕН АС 4 до досягнення температури в центрі зразка  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура зразків вимірювалася автоматично з дискретністю  $\Delta\tau=1\times 60\text{ с}$ .

Для виявлення та зіставлення термодинамічних змін під час заморожування – розморожування розроблено та досліджено фізико-математичну модель кристалізації м'ясних систем. Доведено, що комплекс процесів, які мають місце під час заморожування – розморожування м'ясних систем, не може бути описаний у рамках теорії виморожування істинних розчинів унаслідок того, що волога в харчових системах динамічно взаємодіє з

дисперсною фазою і може змінювати енергію зв'язку не тільки під впливом температури, а й унаслідок денатурації та агрегації білкових макромолекул та інших чинників.

З урахуванням того, що характерною ознакою м'ясних систем є гетерогенність за хімічним складом, структурою та властивостями, запропоновано фізико-математичну модель процесу кристалізації, у рамках якої м'ясна система розглядається як колоїдне капілярно-пористе тіло, а процес кристалізації – як накладення двох процесів: виморожування вільної вологи (основний процес) та конкуруючий процес збільшення енергії зв'язку для зв'язаної вологи (рис. 2.1). Теоретично спрогнозовано та експериментально підтверджено, що зміна інформаційних параметрів ефективної питомої теплоємності є критерієм оборотності процесу низькотемпературної обробки й дозволяє здійснювати об'єктивну оцінку перебігу теплофізичних, фізико-хімічних процесів у м'ясних системах під час заморожування – розморожування.



**Рисунок 2.1 – Модель процесу кристалізації під час заморожування колоїдних капілярно-пористих тіл: 1 – швидкість виморожування вільної вологи; 2 – швидкість зв'язування вологи; 3 – швидкість кристалізації**

Співставленням існуючих класичних моделей Рауля та Чижова – Латишева встановлено істотну різницю між теоретичними розрахунками та експериментальними даними, характерною відмінністю яких є більш широкий криоскопічний інтервал, в якому спостерігається фазовий перехід, зміщення

максимуму швидкості кристалізації вологи та криоскопічної температури зі зменшенням вологості зразка в зону більш низьких температур, менша швидкість зміни питомої теплоємності в криоскопічній зоні. Установлено, що вищезазначені процеси по-різному залежать від температури: швидкість виморожування вологи зі зниженням температури зменшується, а швидкість конкуруючого процесу, навпаки, збільшується.

Тому для математичного описання цих процесів запропоновано емпіричне рівняння (2.1), що містить три емпіричних коефіцієнти, пов'язані з температурою максимальної швидкості кристалізації (рівняння 2.2) та максимальною швидкістю кристалізації (рівняння 2.3). Як показало комп'ютерне моделювання, запропонована модель більш адекватно відображає реальний характер залежності ефективної питомої теплоємності м'ясних систем із різним складом та властивостями.

$$\left| \frac{d\omega}{dt} \right| = A \cdot e^{-k_1 t} \cdot e^{-\frac{1}{k_2 t}}, \quad (2.1)$$

де  $A$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  – емпіричні константи;  $k_1$  задає швидкість виморожування вільної вологи,  $k_2$  – швидкість зв'язування вологи;  $t$  – температура (за модулем), °С.

$$t_{kp} = \frac{1}{\sqrt{k_1 k_2}}, \quad (2.2)$$

$$\left| \frac{d\omega}{dt} \right|_{\max} = A \cdot \exp\left(-\frac{2k_1}{\sqrt{k_1 k_2}}\right). \quad (2.3)$$

На основі запропонованої фізико-математичної моделі кристалізації м'ясних систем уперше розроблено метод визначення ефективної питомої теплоємності ( $C_e$ ) за термограмами заморожування – розморожування (рівняння 2.4).

$$C_e(t_j) = k \left[ -\frac{\Delta\tau}{\bar{t}_{j+1} - \bar{t}_j} (t_{sj} - t_{\infty_i}) - \tau_j \right], \quad (2.4)$$

де  $t_j$  – значення середньої поточної температури зразка, °С;

$t_{sj}$  – значення поточної температури поверхні зразка, °С;

$t_{\infty_i}$  – значення поточної температури навколишнього середовища (температура повітря в камері), °С;

$\Delta\tau$  – дискретність вимірювання температури, с.

Коефіцієнт  $k$  визначається за рівнянням (2.5):

$$k = \alpha / (R_v \rho), \quad (2.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$R_V$  – відношення об'єму зразка до площі його поверхні, м;

$\rho$  – густина зразка, кг/м<sup>3</sup>.

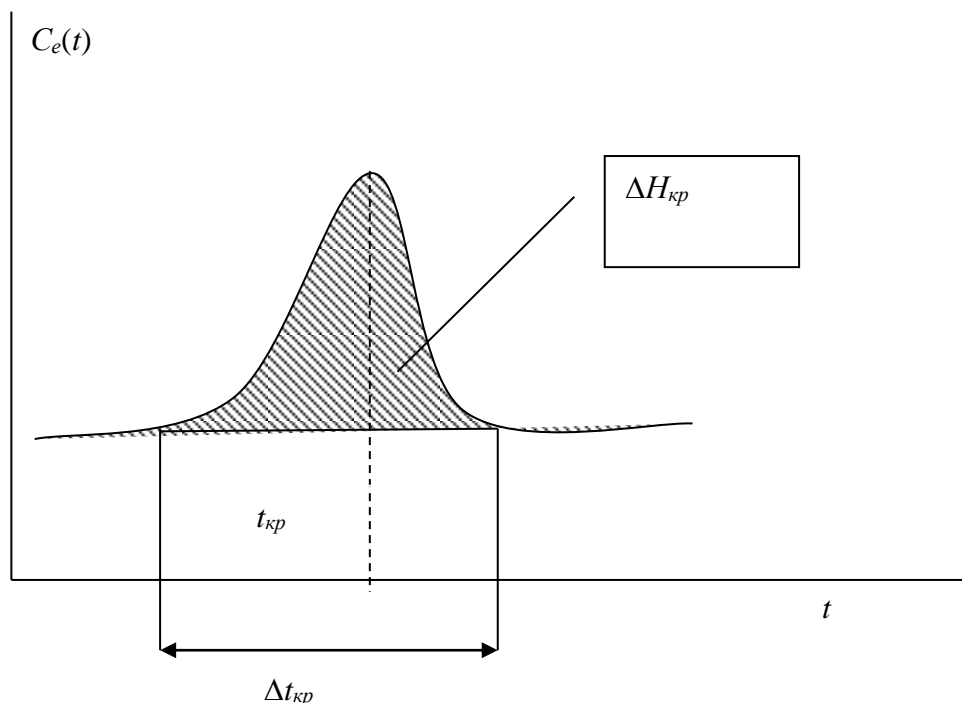
Інформаційними параметрами, які одержано за температурною залежністю ефективної питомої теплоємності,  $\epsilon$  (рис. 2.2):

$t_{кр (пл)}$  – температура максимальної швидкості кристалотворення (плавлення), °С;

$\Delta t_{кр}$  – криоскопічний інтервал температур, °С;

$\Delta H_{кр}$  – питома теплота фазового переходу в криоскопічному інтервалі температур, Дж/К.

$\Delta \omega$  – частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан в криоскопічному інтервалі температур (кількість вільної вимороженої або розплавленої вологи).



**Рисунок 2.2 – Інформаційні параметри температурної залежності ефективної питомої теплоємності**

Характерний пік ефективної питомої теплоємності відповідає фазовому переходу вода – лід, положення його максимуму відповідає криоскопічній температурі системи. Ширина піка біля підніжжя визначає криоскопічний інтервал температур, в якому відбувається виморожування вільної вологи. Площа під піком фазового переходу визначає питому теплоту фазового переходу в криоскопічному інтервалі температур.

Враховуючи, що зміна ентальпії, викликана фазовим переходом, дорівнює:

$$\Delta H_{кр} = L_{\omega} \Delta \omega \cdot W_0, \quad (2.6)$$

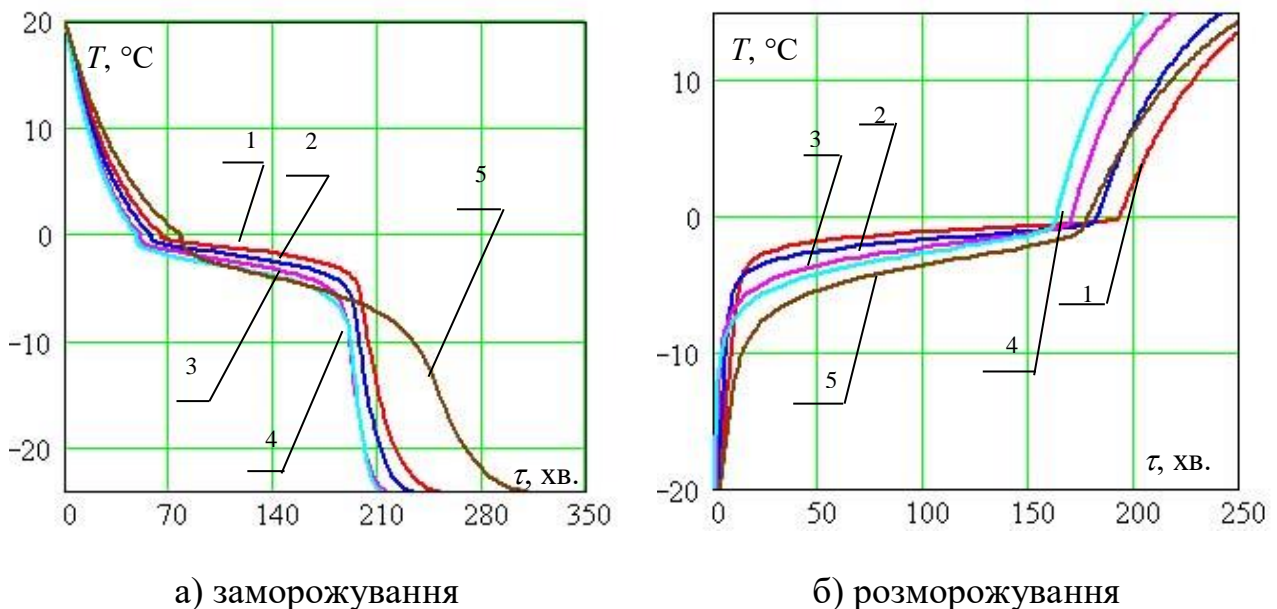
можна розрахувати частку вологи, яка змінює свій агрегатний стан в криоскопічному інтервалі температур

$$\Delta \omega = \Delta H_{кр} / (L_{\omega} \cdot W_0). \quad (2.7)$$

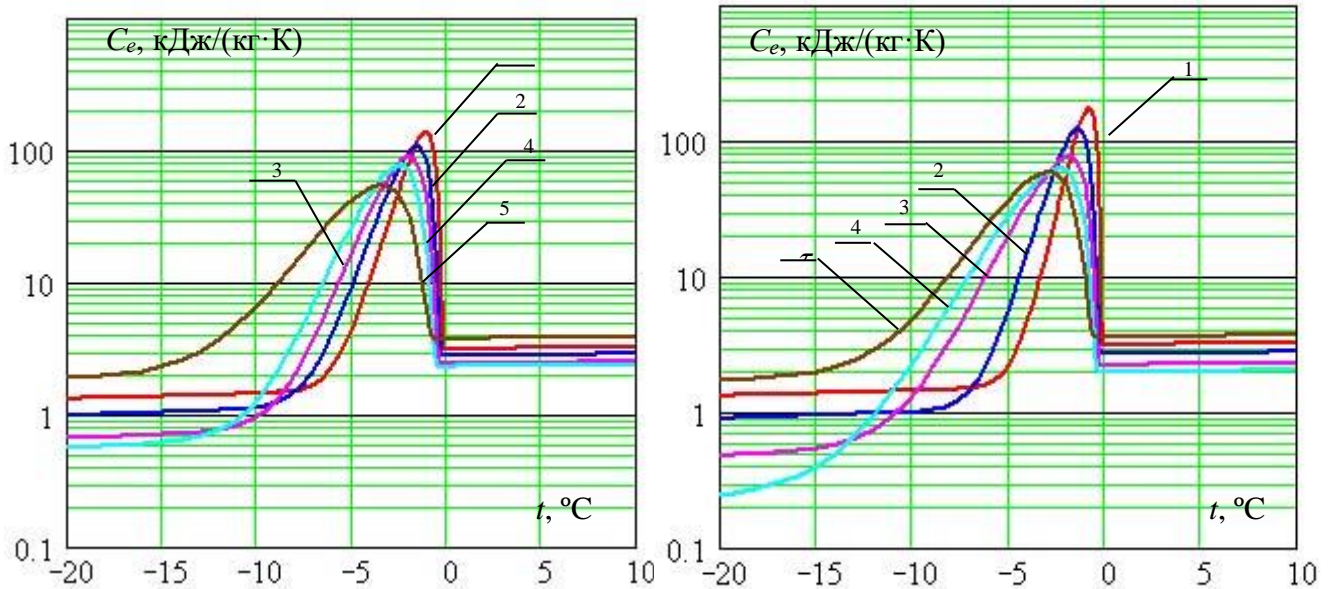
Загальна зміна ентальпії  $\Delta H$  продукту під час охолодження та подальшого заморожування визначається за площею під всією кривою ефективної питомої теплоємності в температурному діапазоні, що досліджується, і є показником енерговитрат на процес холодильної обробки.

Зміна інформаційних параметрів ефективної питомої теплоємності під час заморожування – розморожування є критерієм оборотності процесу холодильної обробки. Розроблені фізико-математична модель процесу кристалізації та метод визначення комплексу інформаційних параметрів ефективної питомої теплоємності стали основою для наукового обґрунтування технологій НМПЗ з використанням ККД за критерієм оборотності.

На рис. 2.3 наведено термограми процесу заморожування – розморожування ММС залежно від вмісту емульсійних систем, на рис. 2.4 – температурні залежності ефективної питомої теплоємності ММС за різного вмісту емульсійних систем. Як емульсійні системи (ЕС) використовували ККД(Е1).



**Рисунок 2.3 – Кінетика температури процесу заморожування – розморожування ММС залежно від вмісту ККД(Е1), %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30, 5 – 100**



а) заморожування

б) розморожування

**Рисунок 2.4 – Температурні залежності ефективної питомої теплоємності ММС за вмісту ККД(Е1), %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 100**

Аналіз одержаних залежностей (рис. 2.3, 2.4) дозволяють відмітити, що в межах як заморожування, так і розморожування ММС чітко виділяються три етапи незалежно від вмісту ЕС. Акцентуємо, що в процесі заморожування – розморожування найбільший інтерес являє другий етап, а саме кристалізація – плавлення. Важливим є проходження цих етапів як швидше і забезпечення утворення більш дрібних і рівномірно розподілених кристалів льоду.

На основі експериментальних досліджень для побудови температурної залежності ефективної питомої теплоємності різних зразків ММС (рис 2.4) отримано конкретні показники, які характеризують заморожування – розморожування (табл. 2.1).

Аналіз одержаних експериментальних даних дозволяє зробити наступні висновки. Наслідком заморожування – розморожування ММС є збільшення частки вологи, яка змінює свій агрегатний стан ( $\Delta\omega$ ), питомої теплоти фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур ( $\Delta H_{кр}$ ), зменшення кріоскопічного інтервалу температур ( $\Delta T_{кр}$ ), що пов'язано з денатураційними змінами білкової складової, зниженням гідрофільних властивостей системи і, як наслідок, утворенням значної кількості вільної вологи.

Відомо, що малі значення кріоскопічного інтервалу температур характерні для систем з великим вмістом вільної вологи (для чистої води  $\Delta T_{кр} \rightarrow 0$ ). Введення ЕС (під час заморожування) приводить до збільшення значень кріоскопічного інтервалу температур ( $\Delta T_{кр}$ ) в 1,3; 1,5 і 1,8 рази з умістом ЕС 10, 20 та 30 % відповідно. Під час розморожування кріоскопічний інтервал температур, як правило, зменшується. Для контрольного зразка цей показник зменшується в 1,3 рази (з 3,2°C до 2,5°C), для зразків з ЕС в (1,1...1,2) рази. Можна припустити, що в системах з ЕС майже не відбулося

перерозподілення вологи під час кристалоутворення завдяки утворенню нових дисперсійних зв'язків (взаємодій), зменшення рухливості водної фази. Підтвердження цього стану є показники частки вологи, що змінює свій агрегатний стан під час заморожування – розморожування, які характеризують кількість вільної вологи в системі.

**Таблиця 2.1 – Параметри температурної залежності ефективної питомої теплоємності ММС залежно від вмісту ККД(Е1) (n=5, P≥0,95)**

| Показник   | Вміст ККД(Е1), % |      |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|------|
|  | 0                | 10   | 20   | 30   | 100  |
| Під час заморожування  |                  |      |      |      |      |
| Температура максимальної швидкості кристалоутворення, $t_{кр}$ , °С                                  | -1,1             | -1,6 | -2,0 | -2,5 | -3,5 |
| Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta t_{кр}$ , °С  | 3,2              | 4,0  | 4,8  | 5,6  | 8,2  |
| Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$ , кДж/К      | 142              | 126  | 110  | 105  | 170  |
| Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$ | 0,27             | 0,24 | 0,21 | 0,20 | 0,34 |
| Під час розморожування   |                  |      |      |      |      |
| Температура максимальної швидкості плавлення, $t_{пл}$ , °С  | -0,8             | -1,4 | -1,9 | -2,4 | -3,0 |
| Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta t_{кр}$ , °С  | 2,5              | 3,5  | 4,5  | 5,3  | 7,5  |
| Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$ , кДж/К      | 172              | 147  | 122  | 108  | 196  |
| Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$ | 0,35             | 0,30 | 0,25 | 0,22 | 0,40 |

Так, для контрольного зразка частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан під час заморожування, становить  $\Delta \omega=0,27$ , під час розморожування цей показник збільшується на 23 % ( $\Delta \omega =0,35$ ), що пов'язано з денатураційними змінами білкової складової системи та утворенням додаткової кількості вільної вологи. З введенням ЕС в кількості до 30 % частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан  $\Delta \omega$  під час заморожування, зменшується в 1,4 рази. Під час розморожування частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан, в системах з ЕС збільшується, але меншою мірою ніж у контролю (на 0,02 одиниць для зразка з 30 % ЕС та на 0,08 – для контролю). Напевно, ЕС перешкоджає агрегуванню міофібрилярних білків м'яса, створюючи між ними гідрофобні прошарки, що сприяє забезпеченню вологоутримуючої здатності.

Таким чином, для ММС з використанням ККД (Е1) характерне (порівняно з контрольним зразком) зниження температури максимальної швидкості кристалоутворення (плавлення) на (0,5...1,4) °С та (0,6...1,6) °С, зменшення частки вологи, що змінює свій агрегатний стан у кріоскопічному інтервалі температур, на (11...26) % та (14...37) %, збільшення значення кріоскопічного інтервалу температур у (1,3...1,8) та (1,4...2,1) рази як під час заморожування, так і розморожування відповідно. Усе це з одночасним



зменшенням питомої теплоти фазового переходу в криоскопічному інтервалі температур у (1,2...1,6) рази підтверджує наявність їх криостабілізуючих властивостей. Імовірно, це відбувається в результаті формування гідрофобних прошарок (ліпідного «бар'єра»), які перешкоджають агрегуванню білкових молекул і зниженню їх гідрофільності.

Є очевидним, що введення в системи з подрібненого м'яса яловичини ККД(Е1) приводить до нівелювання негативних наслідків заморожування – розморожування.

Підтвердженням наявності криостабілізуючих властивостей ЕС є результати дослідження мікроструктури ММС після заморожування – розморожування, які проводили на оглядових препаратах за допомогою окуляра-мікрометра МОВ-1-15<sup>Х</sup>. У кожному з препаратів брали (40...60) точок вимірювання. За допомогою об'єкт-мікрометра визначали ціну ділення для цього збільшення та здійснювали перерахунок відносних значень у абсолютні.

Морфологічну картину ЕС до та після заморожування – розморожування надано за допомогою методу растрової електронної мікроскопії [164, 165] з проведенням попередньої спеціальної пробопідготовки, що полягає в покритті поверхні зразків тонким шаром (50...100 Å) золота в умовах іонного напилювання на установці Ion Sputter Device JFC-1100, загальний вигляд якої наведено на рисунку 2.5.

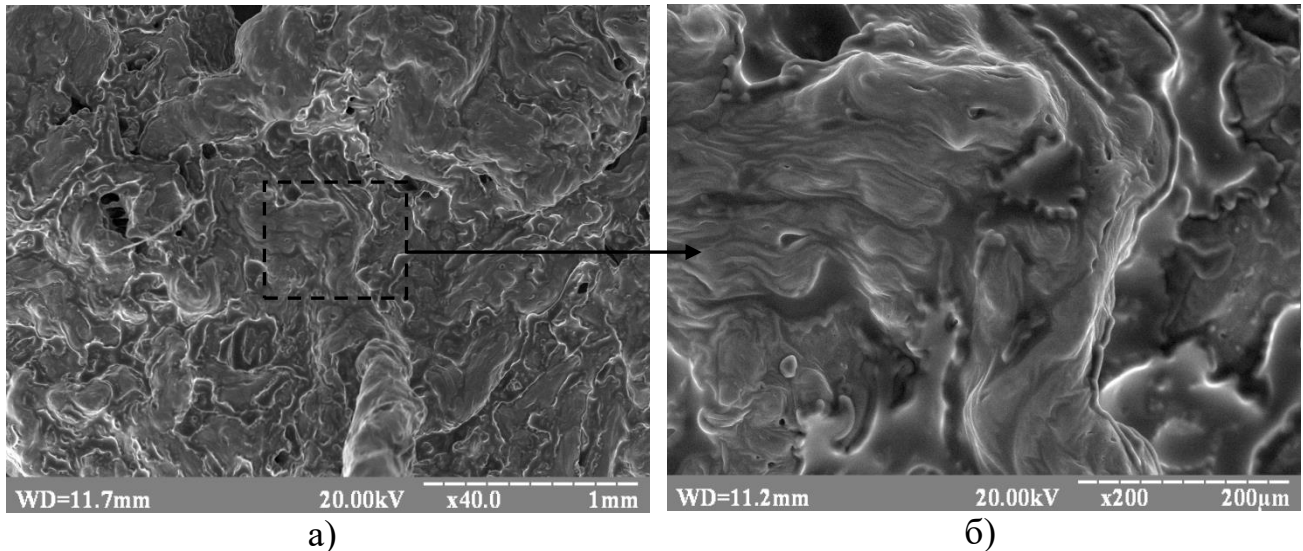


**Рисунок 2.5 – Загальний вигляд установки Ion Sputter JFC-1100**

Аналіз отриманих фото мікроструктури (рис. 2.6) показує, що під час заморожування – розморожування відсутні розриви та пошкодження м'язових волокон, не спостерігається відшарування водної та жирової фаз.

Таким чином, отримані показники параметрів процесу заморожування – розморожування у взаємозв'язку з мікроструктурою ММС підтверджують криостабілізуючі властивості ККД(Е1).

Як видно з рис. 2.6, ККД(Е1) рівномірним шаром розподілена за всім об'ємом м'ясної посіченої системи, при цьому явно спостерігається збереження структури окремих м'язових волокон та часточок фаршу, чого не зафіксовано у зразках нативних м'ясних систем, що підлягали заморожуванню – розморожуванню.



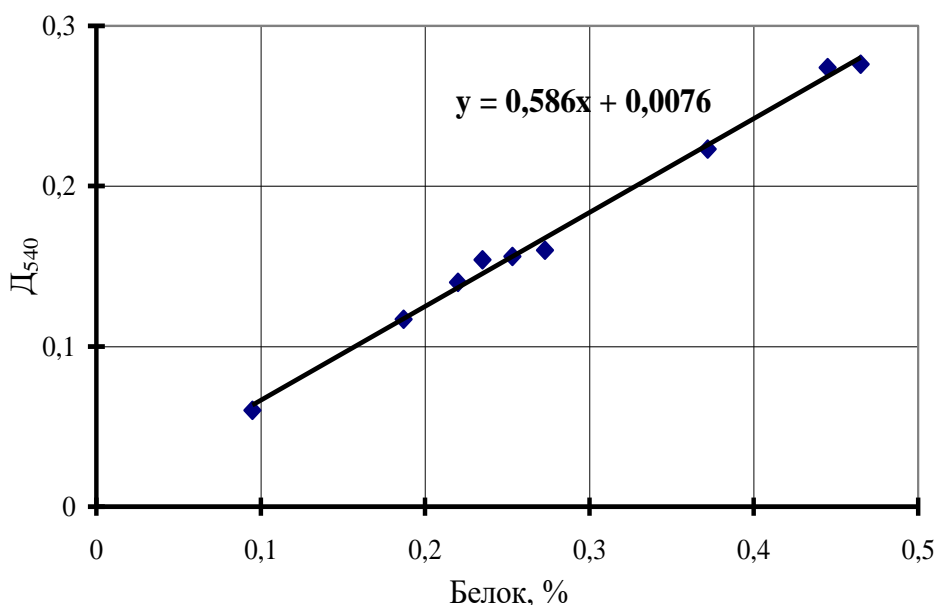
**Рисунок 2.6 – Мікроструктура м'ясних модельних систем з використанням 20 % ККД(Е1) після заморожування – розморожування за різного збільшення: а) – 40 разів, б) – 200 разів**

## 2.2. Дослідження впливу заморожування – розморожування на фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні, мікроструктурні показники м'ясних модельних систем з використанням емульсійних систем на основі білка тваринного

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

Тому стан білків ММС до та після заморожування – розморожування доцільно характеризувати за фракційним складом. Фракційний склад білків ММС на основі їх розчинності визначали фотометричним методом з використанням фотоелектроколориметру [166], вміст загального білка – за

стандартною методикою [167]. Для побудови калібрувального графіка готували декілька послідовних розведень стандартного розчину сухого яєчного білка (рис. 2.7).



**Рисунок 2.7 – Калібрувальний графік відповідності концентрації білка оптичній густині його розчину**

Для визначення розчинності білкових речовин м'ясних систем наважку масою 10 г заливали 40 см<sup>3</sup> розчину NaOH (pH=10...11), перемішували протягом (10×60) с до утворення суспензії, титрували розчином HCl до досягнення pH 6 та центрифугували за частоти 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 20,0±0,5 °C протягом (30×60) с. Оптичну густину розчину вимірювали на фотоелектроколориметрі з зеленим світлофільтром з довжиною хвилі (540...590) мкм. Масову частку білка (X, %) визначали за формулою 2.1.

$$X = \frac{100(c \cdot V)}{m}, \quad (2.1)$$

де  $c$  – концентрація білка, що визначена за калібрувальним графіком (рис. 2.4), 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 вмісту білка та фракційного складу білків ММС за різного вмісту ККД(Е1) наведено у табл. 2.2.

Під час досліджень виділено основні фракції (водорозчинна, солерозчинна та лужнорозчинна) білків ММС. До заморожування в контрольному зразку фракції розподілені наступним чином: 33,1 % –

водорозчинна (білки саркоплазми), 51,9 % – солерозчинна (білки міофібрил) і 15 % – лужнорозчинна (білки строми). Введення до складу ММС ККД(Е1) у кількості від 10 % до 30 % змінює кількісне співвідношення між даними фракціями, а саме зменшується відсоток водорозчинної (у  $\sim 1,01 \dots 1,1$  рази) і солерозчинної (у  $\sim (1,01 \dots 1,1)$ ) фракції у всіх дослідних зразках і збільшується відсоток лужнорозчинної (у  $(1,1 \dots 1,5)$  рази) фракції порівняно з контролем. Підвищення вмісту лужнорозчинної фракції зразків з ККД(Е1) пов'язано зі зниженням масової частки основної м'ясної сировини, яка є основним джерелом міофібрилярних і саркоплазматичних білків, і використанням у складі ЕС тваринного білка, отриманого з колагенвмістої сировини.

**Таблиця 2.2 – Вплив заморожування – розморожування на фракційний склад білків м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1)**

| Показник                                | Вміст ККД(Е1), %           |                            |                            |                            |  |                            |                            |                            |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   | ММС до заморожування       |                            |                            |                            | ММС після заморожування – розморожування |                            |                            |                            |
|   | 0                          | 10                         | 20                         | 30                         | 0  | 10                         | 20                         | 30                         |
| Масова частка загального білка, %       | $\frac{17,9 \pm 0,1}{100}$ | $\frac{17,2 \pm 0,2}{100}$ | $\frac{15,8 \pm 0,2}{100}$ | $\frac{14,4 \pm 0,2}{100}$ | $\frac{18,4 \pm 0,2}{100}$               | $\frac{17,9 \pm 0,2}{100}$ | $\frac{16,6 \pm 0,2}{100}$ | $\frac{15,2 \pm 0,2}{100}$ |
| Масова частка водорозчинної фракції, %  | $\frac{5,9 \pm 0,2}{33,1}$ | $\frac{5,6 \pm 0,2}{32,6}$ | $\frac{5,0 \pm 0,2}{31,6}$ | $\frac{4,3 \pm 0,2}{30,0}$ | $\frac{6,0 \pm 0,3}{32,7}$               | $\frac{5,7 \pm 0,2}{32,3}$ | $\frac{5,2 \pm 0,2}{31,5}$ | $\frac{4,5 \pm 0,2}{29,7}$ |
| Масова частка солерозчинної фракції, %  | $\frac{9,2 \pm 0,1}{51,9}$ | $\frac{8,7 \pm 0,2}{50,6}$ | $\frac{7,8 \pm 0,2}{49,4}$ | $\frac{6,8 \pm 0,2}{47,2}$ | $\frac{9,0 \pm 0,4}{48,8}$               | $\frac{8,8 \pm 0,2}{48,9}$ | $\frac{8,1 \pm 0,2}{49,0}$ | $\frac{7,0 \pm 0,2}{46,1}$ |
| Масова частка лужнорозчинної фракції, % | $\frac{2,7 \pm 0,1}{15,0}$ | $\frac{2,9 \pm 0,1}{16,8}$ | $\frac{3,0 \pm 0,1}{19,0}$ | $\frac{3,3 \pm 0,1}{22,8}$ | $\frac{3,4 \pm 0,1}{18,5}$               | $\frac{3,4 \pm 0,1}{18,8}$ | $\frac{3,2 \pm 0,1}{19,5}$ | $\frac{3,7 \pm 0,1}{24,2}$ |

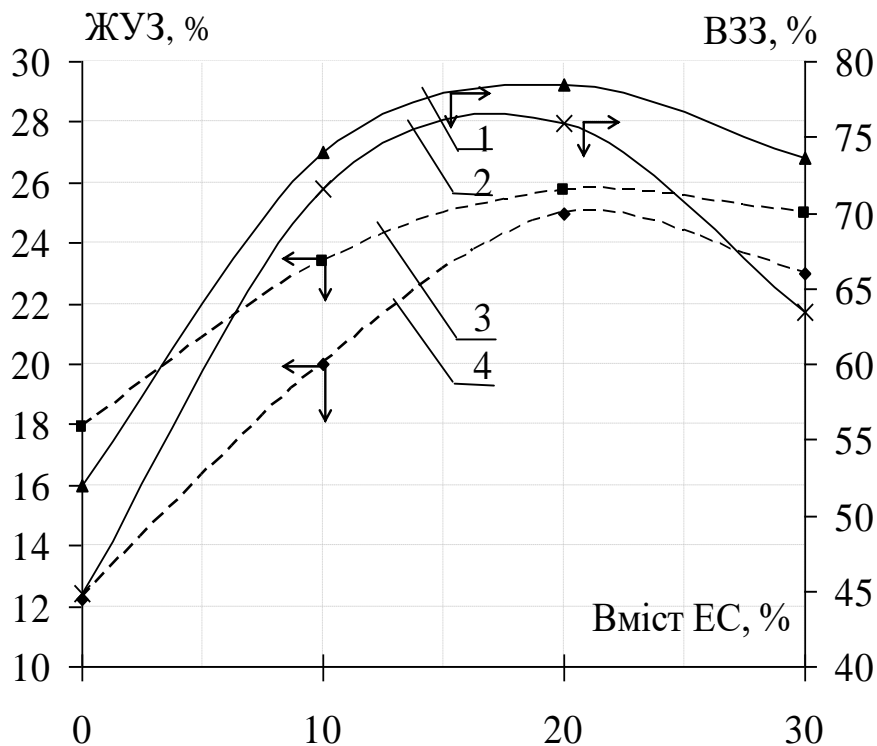
Примітка: над рискою наведено вміст білка у складі м'ясних модельних систем; під рискою – відсоток до загальної кількості білка

Процес заморожування – розморожування впливає на білкову складову ММС. Відмічено зміни як у вмісті білка в цілому (вміст білка підвищується в наслідок збільшення частки сухих речовин у системі), так і у складі окремих фракцій ММС. Максимальні зміни відбуваються з солерозчинною фракцією білків, яка зменшується на 3,1 % (контроль), 1,7 % (10 % ККД(Е1)), 0,4 % (20 % ККД(Е1)) і 1,1 % (30 % ККД(Е1)). Водорозчинна фракція зменшується на 0,4 % в контрольному зразку і на 0,3 %, 0,1 % і 0,3 % у зразків з вмістом ККД(Е1) 10 %, 20 % і 30 % відповідно. Лужнорозчинна фракція всіх дослідних зразків збільшується – на 3,5 % (контроль) і 2,0 %, 0,5 % і 1,4 % у зразках з вмістом ККД(Е1) 10 %, 20 % і 30 % відповідно.

Таким чином, встановлено стабілізацію міофібрилярних білків з введенням ККД у вигляді емульсії на основі БТ. З урахуванням одержаних експериментальних даних можна констатувати, що мінімальних змін білкової складової зазнав зразок з вмістом ККД(Е1) 20 %, що може свідчити про

максимальне відновлення нативних властивостей цієї м'ясної системи після заморожування – розморожування.

На підставі результатів дослідження вологозв'язуючої (ВЗЗ) та жируотримуючої (ЖУЗ) здатності ММС до та після заморожування – розморожування, одержаних згідно з методиками [166, 168], доведено позитивний вплив ККД(Е1) на їх функціонально-технологічні властивості (рис 2.8).



**Рисунок 2.8 – Залежність ВЗЗ (1, 2) та ЖУЗ (3, 4) ММС від вмісту ККД(Е1):  
1, 3 – до заморожування; 2, 4 – після заморожування – розморожування**

З даних рис. 2.8 видно, що з введенням емульсійних систем показник ВЗЗ ММС до заморожування підвищується з  $53,0 \pm 0,7$  % (контрольний зразок) до  $78,0 \pm 0,5$  % (зразок з вмістом ККД(Е1) 20 %). У зразка з вмістом ККД(Е1) 30 % ВЗЗ дорівнює  $72,0 \pm 0,5$  %, що в 1,5 рази більше, ніж у контролю, але в 1,2 рази менше зразка з вмістом ККД(Е1) 20 %. Волога у цих системах зв'язується не тільки м'язовими білками, але і в результаті групування і міцного її утримання навколо сольватних оболонок жирових кульок ЕС.

Характер зміни ЖУЗ ММС має аналогічну залежність, але менші абсолютні значення. Введення ККД(Е1) приводить до збільшення показника ЖУЗ на (18,7...25) %, що можна пояснити тим, в систему додатково введено жировий компонент у складі стабільних до впливу заморожування – розморожування емульсійних систем.

Показники ЖУЗ ММС після заморожування – розморожування теж знижуються. В контрольному зразку ці зміни виражено більш помітно

(~ на 23 %), у зразках з введенням ЕС – на 8,4 %, 4 % і 7,2 % з введенням ККД(Е1) в кількості 10 %, 20 % і 30 % відповідно.

Таким чином, введення ККД(Е1) до складу ММС сприяє міцному утриманню вологи та жиру в системі. В системі збільшується частка зв'язаної вологи та жиру, який знаходиться в емульгованому стані, що підтверджує обрану стратегію щодо доцільності використання ККД(Е1) у складі напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених. ММС з введенням 20% ККД(Е1) мають найменшу різницю між показниками ВЗЗ і ЖУЗ до та після заморожування – розморожування.

Відомо, що ВЗЗ визначає такі органолептичні показники продуктів, як соковитість і ніжність, а також втрати під час теплової обробки. Можна припустити, що готові вироби з введенням ККД(Е1) будуть відрізнятися більш соковитою консистенцією і меншими втратами під час теплової обробки порівняно з контрольним зразком.

Одним з важливих показників, який характеризує функціонально-технологічні властивості ММС, є втрати маси під час заморожування та теплової обробки, які визначали ваговим методом [169]. Результати дослідження втрат маси ММС під час заморожування – розморожування (табл. 2.3) підтверджують наявність кріостабілізуючих властивостей ЕС.

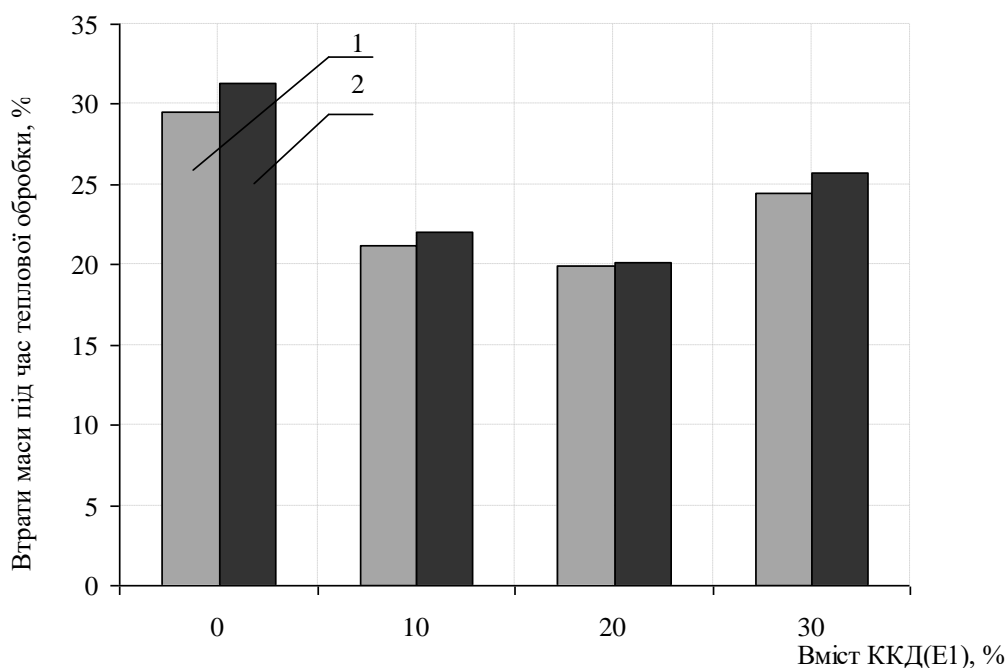
**Таблиця 2.3 – Втрати маси м'ясних модельних систем залежно від вмісту ККД(Е1)**

| Показник  | Вміст ККД(Е1), % |          |          |          |
|---|------------------|----------|----------|----------|
|   | 0                | 10       | 20       | 30       |
| Втрати маси під час заморожування, %                        | 3,2±0,16         | 2,0±0,10 | 1,1±0,05 | 1,2±0,06 |
| Втрати маси під час теплової обробки до заморожування, %    | 29,5±0,5         | 21,2±0,3 | 19,9±0,3 | 24,5±0,3 |
| Втрати маси під час теплової обробки після заморожування, % | 31,3±0,7         | 22,0±0,4 | 20,1±0,2 | 25,7±0,3 |

Як видно з даних табл. 2.3, введення до ММС ККД(Е1) в кількості (10...30) % знижують втрати маси зразків на (50,0...72,5) % порівняно з контрольним зразком. При цьому, на одну частку білка в дослідних системах припадає 4,0 (контроль), 4,2, 4,4 і 4,6 частини води зі збільшенням вмісту ККД(Е1) з 10 % до 30 %.

Підтвердженням цього припущення стали результати вивчення втрат під час теплової обробки ММС, які надано на рис. 2.9. З введенням до складу ММС ККД(Е1) значення втрат під час теплової обробки знижуються зі збільшенням вмісту ЕС до та після заморожування – розморожування. Втрати маси під час теплової обробки зменшуються з 29,5±0,8 % (контроль) до 19,9±0,4 % за вмісту ККД(Е1) 20 %. У зразку з вмістом ККД(Е1) 30 % (до заморожування) втрати під час теплової обробки складають 25,5±0,5 %, що в 1,3 рази більше ніж у зразка з 20 % ККД(Е1) і в 1,2 рази менше порівняно з

контролем. Різниця між показниками втрат до і після заморожування – розморожування менше у зразків з умістом ККД(Е1) 10 % і 20 %, що добре корелює з показниками ВЗЗ.



**Рисунок 2.9 – Втрати маси під час теплової обробки ММС залежно від умісту ККД(Е1): 1 – до заморожування; 2 – після заморожування – розморожування**

Для комплексної оцінки ММС, що досліджуються, являє інтерес дослідити їх структурно-механічні властивості, які відносяться до групи фізичних властивостей і залежать від хімічного складу продукту та його внутрішньої будови. В табл. 2.4 надано результати дослідження впливу ККД(Е1) на показники граничного напруження зсуву ММС, підданих заморожуванню – розморожуванню. Граничне напруження зсуву ММС визначали на пенетрометрі «Labor» за методикою [168, 170]. 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:

$$Q_o = k \frac{m \cdot g}{h^2}, \quad (2.2)$$

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

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

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

$h$  – глибина занурювання індентора, м.

Аналіз даних табл. 2.4 свідчить що ММС з ККД(Е1) стають більш пластичними, особливо з умістом ККД(Е1) 20 %, причому і до і після заморожування – розморожування. Ця позитивна властивість особлива під час заморожування м'ясних посічених напівфабрикатів.

**Таблиця 2.4 – Показники граничного напруження зсуву ММС залежно від умісту ККД(Е1) (n=5, P≥0,95)**

| Вміст ККД(Е1), % | Граничне напруження зсуву, ГНЗ×10 <sup>-3</sup> Па |                                      |
|------------------|--|--------------------------------------|
|                  | до заморожування                                   | після заморожування – розморожування |
| 0                | 5,1  | 6,8                                  |
| 10               | 4,3  | 4,8                                  |
| 20               | 3,8  | 4,2                                  |
| 30               | 4,0  | 4,8                                  |

Після заморожування – розморожування показники ГНЗ підвищуються, як в контрольному зразку, так і в зразках з уведенням ККД(Е1): в контролі – в 1,3 рази, у зразків з умістом ККД(Е1) – в (1,1...1,2) рази. У зразка з умістом ККД(Е1) 30 % спостерігається підвищення ГНЗ, що, вірогідно, пов'язано з утворенням структурованої дисперсної системи. Ці показники добре корелюють з в'язкісними характеристиками ММС та їх консистенцією. Консистенція зразків після заморожування – розморожування стає більш монолітною, що, вірогідно, є наслідком процесу структурування. Підтвердженням цього стали і результати дослідження в'язко-пружних властивостей ММС (табл. 2.5), вивчення яких проводили на плоско-паралельному еластопластометрі Толстого, який відноситься до приладів з площинно-паралельним зазором і застосовується для дослідження зсувних характеристик в зоні практично-незруйнованих структур за малих величин деформацій [168]. Деформацію зсуву визначали за зміщенням голки, закріпленої на верхній пластині. Експериментальні дані отримували у вигляді кривих кінетики деформації (рис. 2.10): ділянка [ОА] –  $\gamma_o$  пружна умовно-миттєва деформація (виникає під дією прикладеної напруги та миттєво зникає після її зняття); [ОС] –  $\gamma_m$  максимально досягнута деформація під дією прикладеної напруги; [ОВ<sub>1</sub>] –  $\gamma_{zv}$  високоеластична деформація (повністю оборотна відносна деформація:  $\gamma_{zv} = \gamma_o + \gamma_{ve}$ ); [АВ<sub>1</sub>] –  $\gamma_{ve}$  високоеластична деформація (відносна деформація, яка поступово зникає після зняття напруги:  $\gamma_{ve} = \gamma_{zv} - \gamma_o$ ).

Відокремлення загальної деформації на зворотну і незворотну здійснювали спрощеним методом екстраполяції лінійної ділянки деформації до перетину з віссю ординат. Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну проводили шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіку  $\gamma = f(\tau)$  на вісі ординат (рис. 2.10). Розрахунок в'язко-пружних характеристик (миттєвий модуль пружності  $G_{пр}$ , зворотну  $\gamma_{zv}$  і незворотну  $\gamma_{незв}$  деформації, коефіцієнт

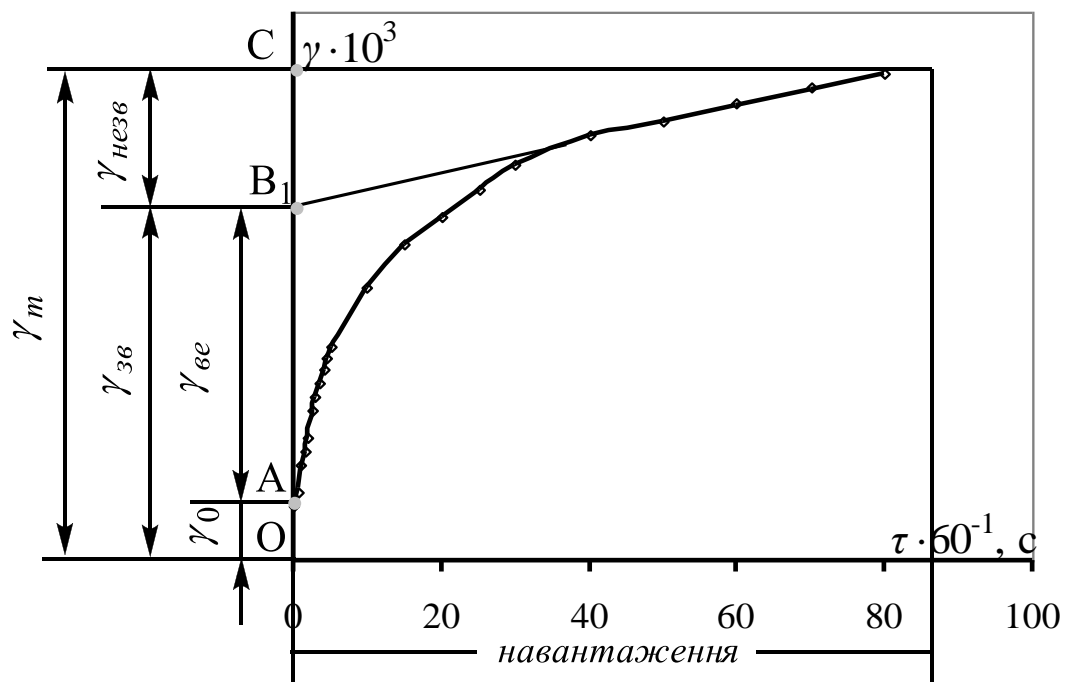


відношення зворотної деформації до загальної  $K_\gamma$ , податливість  $I$ , високоеластичний модуль  $G_{el}$ , пластичну в'язкість  $\eta_0^*$ , в'язкість пружної післядії  $\eta_{np}$ ) проводили за даними кривих деформації згідно з [168].

**Таблиця 2.5 – Зведені дані структурно-механічних показників м'ясних модельних систем за різного вмісту ККД(Е1) до заморожування та після заморожування – розморожування (n=5, P≥0,95)**

| Показник  | Вміст ККД(Е1), %    |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | 0                   | 10                  | 20                  | 30                  |
| Зворотна деформація, $\gamma_{zv} \cdot 10^{-3}$ , Па         | <u>52,7</u><br>48,6 | <u>45,0</u><br>41,0 | <u>38,6</u><br>35,1 | <u>28,0</u><br>23,1 |
| Незворотна деформація, $\gamma_{нез} \cdot 10^{-3}$ , Па      | <u>18,4</u><br>43,8 | <u>9,3</u><br>23,5  | <u>13,0</u><br>23,5 | <u>19,9</u><br>29,8 |
| Загальна деформація, $\gamma_{заг} \cdot 10^{-3}$ , Па        | <u>71,1</u><br>92,4 | <u>54,3</u><br>59,3 | <u>51,6</u><br>58,6 | <u>47,9</u><br>50,0 |
| Відношення деформації зворотної до загальної, $K$             | <u>0,74</u><br>0,52 | <u>0,80</u><br>0,70 | <u>0,74</u><br>0,60 | <u>0,58</u><br>0,46 |
| Умовно миттєвий модуль пружності, $G_{np} \cdot 10^{-4}$ , Па | <u>3,2</u><br>2,4   | <u>3,0</u><br>2,7   | <u>2,6</u><br>2,4   | <u>2,5</u><br>2,4   |
| Пластична в'язкість, $\eta_0 \cdot 10^{-7}$ , Па·с            | <u>6,8</u><br>4,9   | <u>7,4</u><br>6,6   | <u>7,9</u><br>7,3   | <u>8,4</u><br>8,2   |

Примітка: над рискою наведено дані для до заморожування; під рискою – після заморожування – розморожування



**Рисунок 2.10 – Крива кінетики розвитку деформації досліджуваної ММС під дією прикладеної напруги за умов навантаження ( $\gamma$  – деформація під час зсуву)**

Аналіз динаміки розвитку деформації систем (табл. 2.5) показує, що в контрольному зразку та зразках з умістом ККД(Е1) (10...30) % спостерігається наявність незворотної деформації плину. Зі збільшенням умісту ККД(Е1) абсолютна величина загальної деформації ММС зменшується. Так, з додаванням до м'ясних модельних систем ККД(Е1) загальна деформація зменшується в 1,5 рази – з  $71,1 \times 10^3$  Па до  $47,9 \times 10^3$  Па (до заморожування) та в 1,8 рази – з  $92,4 \times 10^3$  Па до  $50,0 \times 10^3$  Па (після зберігання та розморожування). Одночасно спостерігається підвищення відношення частки зворотної деформації до загальної – з 0,74 до 0,58 (до заморожування) та з 0,52 до 0,46 (після зберігання та розморожування), що свідчить про зміну властивостей – зменшення пружно-пластичних та набуття системою більш виражених пластичних властивостей. Підтвердженням вищезначеного є зниження показників умовно миттєвого модуля пружності – з  $3,2 \times 10^3$  Па (контрольний зразок) до  $2,5 \times 10^3$  Па (вміст ККД(Е1) 30 %) та підвищення пластичної в'язкості – з  $6,8 \times 10^7$  Па·с до  $8,4 \times 10^7$  Па·с.

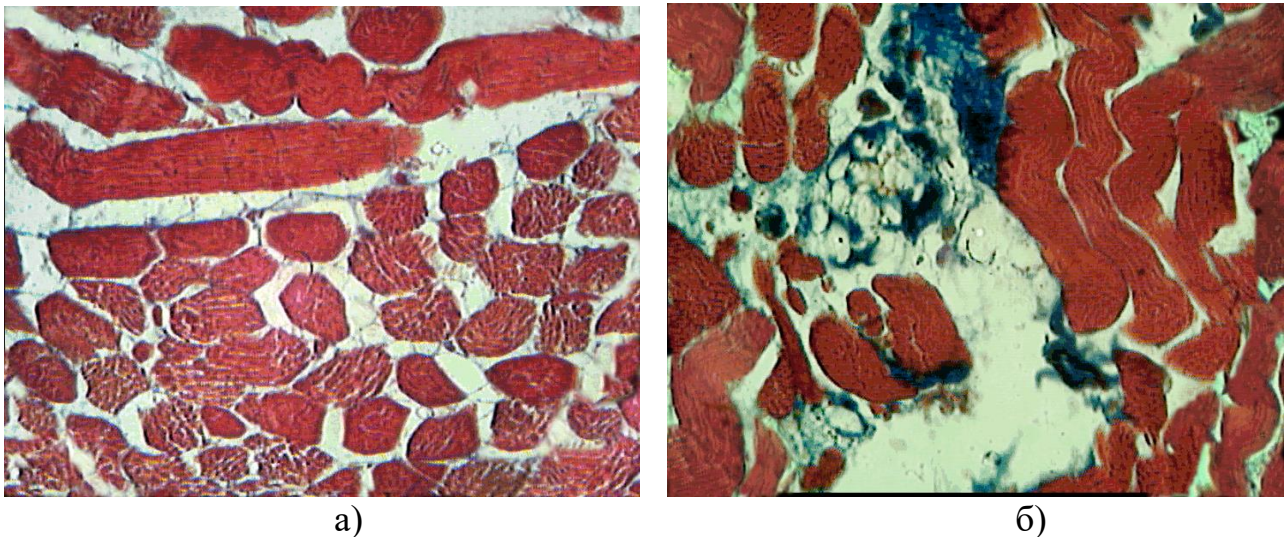
Експериментально встановлено, що після заморожування – розморожування за збереження загальних закономірностей зміни структурно-механічних властивостей ММС змінюється значення їх абсолютних показників. Так, для контрольного зразку спостерігається зниження показника умовно миттєвого модуля пружності в 1,3 рази (з  $3,2 \times 10^4$  Па до  $2,4 \times 10^4$  Па), що є наслідком вивільнення вологи внаслідок кристалоутворення та порушення цілісності м'язових волокон. За використання ККД(Е1) спостерігається зменшення вищезначеного показника в (1,05...1,10) рази, що, з одного боку, є наслідком пластифікуючого впливу жирової складової емульсійних систем на ММС, а, з іншого, – реалізації кріостабілізуючих властивостей ККД(Е1), яка виявляється у збереженні функціонально-технологічних властивостей термолабільних білків ММС.

Таким чином, на підставі комплексного вивчення фізико-хімічних, структурно-механічних, теплофізичних та функціонально-технологічних характеристик ММС раціональній вміст ККД(Е1) у складі м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів складає 20 %. Використання ККД(Е1) в цій кількості приводить до нівелювання дії низьких температур, збереженню нативних властивостей білків м'яса та м'ясної системи в цілому.

Відомо, що перевага використання кріостабілізуючих речовин під час заморожування м'яса і м'ясопродуктів полягає, насамперед, у тому, що відбувається рівномірна кристалізація води як у міжклітинному просторі, так і всередині клітини, що знижує швидкість рекристалізації за тривалого зберігання, сприяючи збереженню структури м'язового волокна, нативних властивостей білків.

Для підтвердження кріостабілізуючих властивостей ККД(Е1) вивчено їх вплив на зміни мікроструктурних показників ММС. Мікроструктурні дослідження до та після заморожування – розморожування ММС здійснювали за допомогою мікроскопа JENAMED-2 (об'єktiv  $40^x$ , окуляр  $10^x$ ) після підготовки зрізів: фіксація у формаліні, подальше промивання, зневоднювання

у спиртах зростаючої міцності, заливання у парафін, зафарбування підготовлених зразків гематоксиліном-еозином та трикольоровим методом Маллорі [171, 172]. Результати гістологічних досліджень показали, що ММС являють собою пухко-розташовані у відношенні один до одного, різноспрямовані розрізнені пучки м'язових волокон (рис. 2.11, а). ККД(Е1), яку методом Маллорі забарвлено в синій колір, подано у вигляді крупнопузирчатої пухкої маси, розподіленої рівномірно в ендомізії уздовж м'язових волокон (рис. 2.11, б).



**Рисунок 2.11 – Гістоструктура ММС з використанням ККД(Е1) до заморожування (забарвлення гематоксилін-еозин; зб.×100 разів): а – контроль, б – 20 % ККД(Е1)**

На рис. 2.12, 2.13, 2.14 наведено зображення мікропрепаратів ММС, що досліджувались. Приготування мікропрепаратів для мікроструктурних досліджень ММС здійснювали шляхом спеціальної процедури ущільнення тканини. Заморожені зразки поміщали в кріостат за температури мінус 14 °С 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 температури +56 °С та робили зрізи товщиною (5...6) мкм. Мікропрепарати фарбували шляхом постановки ШИК-реакції+гематоксилін.

Мікроскопію здійснювали на мікроскопі Axiostar-plus (Zeiss, ФРГ), фотографування – фотокамерою ProgRes C10 plus (Zeiss, ФРГ), збільшення – 100. На комп'ютерних зображеннях мікропрепаратів за допомогою програмного забезпечення «Відеотест» (РФ, С-Птб) здійснювалась мікроморфометрія: визначення поперечника м'язових волокон та визначення ширини проміжку між м'язовими волокнами в шматочках фаршу [164, 165, 173].

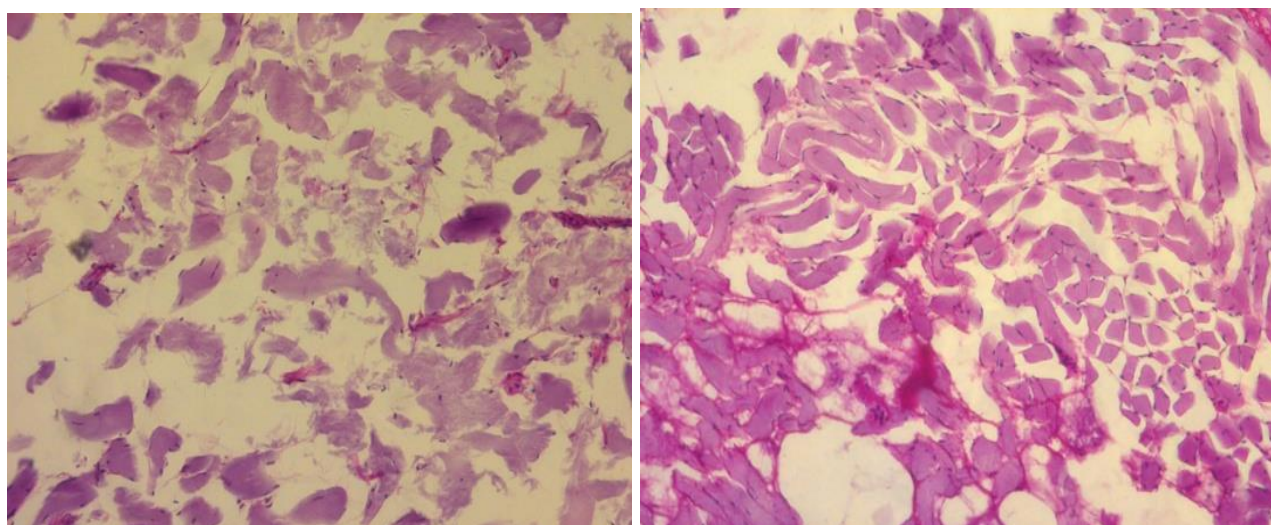
Морфометричні показники (табл. 2.6) визначають діаметр м'язових волокон, розмір проміжку між ними та фрагментами фаршу у ММС, які визначали за методиками [164, 165].

**Таблиця 2.6 – Результати мікроморфометрії м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1)**

| Показник  | Вміст ККД(Е1), %          |          |
|---|---------------------------|----------|
|   | 0<br>(контрольний зразок) | 20       |
| до заморожування                                |                           |          |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 27,1±0,3                  | 26,8±0,3 |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 34,3±0,7                  | 33,9±0,2 |
| заморожені                                      |                           |          |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 125,7±0,5                 | 32,2±0,5 |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 265,4±0,4                 | 49,5±0,7 |
| після заморожування – розморожування            |                           |          |
| Діаметр м'язових волокон (мкм)                  | 61,7±0,5                  | 27,5±0,2 |
| Розміри проміжків між м'язовими волокнами (мкм) | 61,4±0,8                  | 36,3±0,3 |

В контрольному зразку (рис. 2.12, а) м'язові волокна розподілено рівномірно, відстань між м'язовими волокнами сильно варіює, багато з них значною мірою зруйновано, сарколема пошкоджена, кількість ядер міозинів зменшено, вірогідно, у зв'язку з їх пошкодженням. Середня відстань між м'язовими волокнами більша (34,3±0,7) мкм), ніж середній діаметр м'язових волокон (27,1±0,3)мкм).

З використанням ККД(Е1) (рис. 2.12, б) збереження волокон, цілісність сарколеми – гарного рівня. Слід зазначити наявність невеликих проміжків між м'язовими волокнами, в середньому вони менші, ніж середній поперечник м'язового волокна.



а)

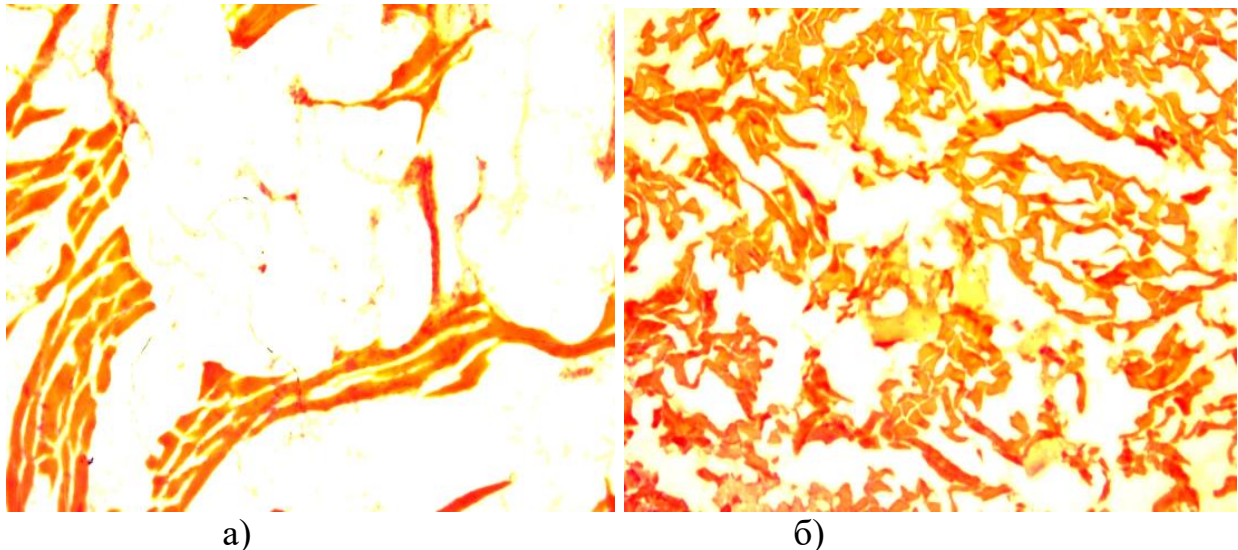
б)

**Рисунок 2.12 – Зображення мікропрепаратів м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1) до заморожування (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів): а) контроль; б) 20 % ККД(Е1)**



В замороженому контрольному зразку (рис. 2.13, а) шматочки м'яса віддалені один від одного дуже великими проміжками (265,42 мкм), що відображає утворення крупних кристалів льоду, тоді як в нероздрібнених шматочках проміжки між м'язовими волокнами виявились невеликими. В середньому величина пустот значно більша, ніж величина м'язових волокон (~в 2,1 рази), також відмічається нерівномірний розподіл м'язових волокон.

У зразка з ККД(Е1) (рис. 2.13, б) спостерігається достатньо рівномірний розподіл вологи. Кристали льоду мінімальні, збереження волокон високе. Зустрічаються невеликі ділянки пошкодження сарколеми м'язових волокон.

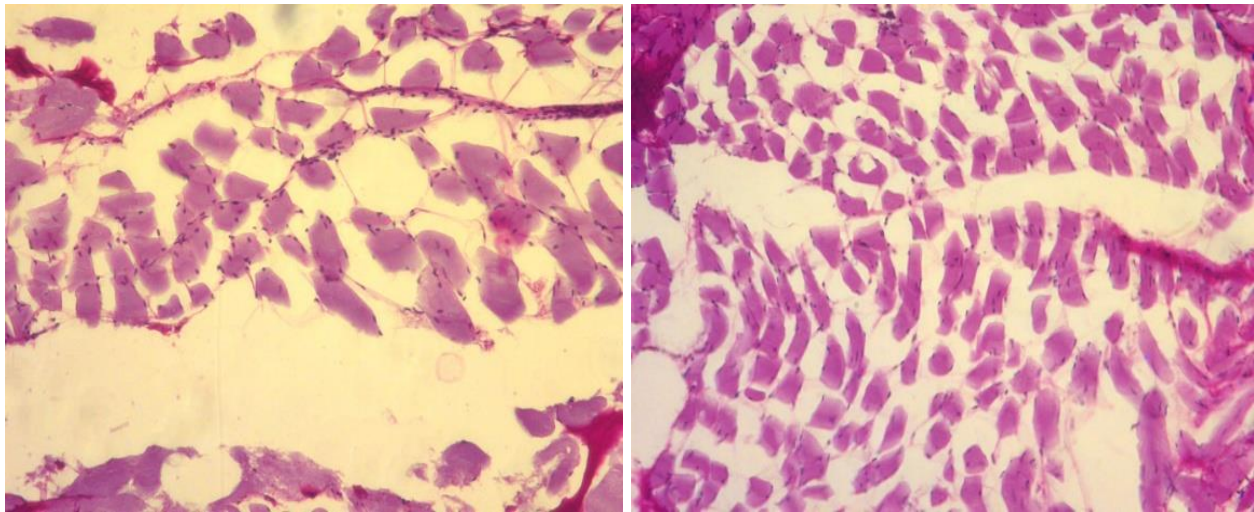


**Рисунок 2.13 – Зображення мікропрепаратів заморожених м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1) (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів):  
а) контроль; б) 20 % ККД(Е1)**

Розморожений контрольний зразок (рис. 2.14, а), поданий шматочками м'яса, розділеними крупними пустотами, всередині шматочків м'язові волокна виглядають стиснутими та оточеними пустотами, які утворились в результаті дії кристалів льоду. Середня ширина пустих проміжків та м'язових волокон приблизно однакова. В результаті пошкодження міофібрил спостерігається дрібна і ослаблена поперекова та поздовжня смугастість. Відмічено зниження інтенсивності забарвлення контрольних зразків, 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.

В розмороженому зразку з використанням ККД(Е1) (рис. 2.14, б) ступінь збереження м'язового волокна висока, ядра присутні у великій кількості, середній розмір пустот приблизно рівний середнім розмірам м'язових волокон.

Порівнюючи результати мікроструктурних показників до заморожування та після заморожування – розморожування, можна вважати, що у зразка, який містив ККД(Е1), відбулося відновлення м'язових волокон та їх пучків до початкового стану.



а)

б)

**Рисунок 2.14 – Зображення мікропрепаратів м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1) після заморожування – розморожування (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів): а) контроль; б) 20 % ККД(Е1)**

Оптична щільність м'язового волокна під час постановки ШИК-реакції (з додатковим забарвленням гематоксиліном) дозволяє судити про щільність розміщення складових елементів саркоплазми – полісахаридів, мітохондрій, рибосом, лізосом та інших клітинних органел (табл. 2.7). Зміна показника оптичної щільності пов'язана з різними змінами, супутніми кристалізації льоду, під час заморожування м'язової тканини.

**Таблиця 2.7 – Оптична щільність саркоплазми м'язових волокон м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е1) (n=5, P≥0,95)**

| Зразок                               | Оптична щільність саркоплазми м'язових волокон, ум.од.опт.щіл. |
|--------------------------------------|--|
| до заморожування                     |  |
| 0 % ККД(Е1) (контрольний зразок)     | 0,228  |
| 20 % ККД(Е1)                         | 0,230  |
| після заморожування – розморожування |  |
| 0 % ККД(Е1) (контрольний зразок)     | 0,346  |
| 20 % ККД(Е1)                         | 0,220  |

З даних, поданих у табл. 2.7, видно, що оптична щільність контрольного зразка, який пройшов стадії заморожування – розморожування в 1,5 рази більша, ніж у зразка одразу після приготування. До цього призводить вплив

гіпертонічних розчинів, який обумовлює агрегацію білкових структур м'язового волокна, перш за все, глікопротеїдів та ліпопротеїдів.

Таким чином, ККД(Е1) здатна впливати на характер кристалізації, що сприяє утворенню дрібнодисперсного льоду, перешкоджаючи утворенню міжмолекулярних зв'язків та руйнуванню внутрішньоклітинних структур за низьких температур.

Виходячи з принципу максимального збереження м'язових волокон та меншого їх пошкодження кристалами льоду, які утворюються під час заморожування, можна стверджувати, що використання ККД(Е1) сприяє кращому розподілу вологи, утворенню більш дрібних та більш рівномірно розподілених кристалів льоду, що забезпечує більшу збереженість м'язових волокон в порівнянні з контрольним зразком.

Використання в складі м'ясних посічених заморожених напівфабрикатів ККД(Е1) на основі БТ дозволить створити продукцію з необхідними функціонально-технологічними показниками, забезпечити високі показники якості та безпеки під час реалізації технологічного циклу заморожування – розморожування.

### 2.3. Обґрунтування технологічних параметрів одержання м'ясних модельних систем з використанням емульгаторів ацилгліцеринної природи

Експериментально доведено доцільність використання емульгаторів ацилгліцеринної природи у технології НМПЗ, які під впливом заморожування – розморожування здатні підвищити стійкість фаршевої системи, зв'язати водну фазу з сольватними оболонками жирових глобул, що дозволить одержати продукцію з необхідними структурно-механічними властивостями, збільшити частку фізично зв'язаної вологи, зменшити її рухливість, реалізувати кріостабілізуючі властивості ліпідів.

З метою комплексної оцінки закономірностей зміни властивостей ММС з використанням ЕС на основі ЕАГП (ККД(Е2)) досліджено структурно-механічні властивості ММС. Залежно від характеру діючих навантажень це можуть бути зсувні, компресійні і поверхневі характеристики. У реальних умовах вони усі поєднуються, а превалювання однієї з них визначається спрямованістю процесу.

Вимірювання адгезії ММС з ЕАГП проводили [168] на приладі для візуального вимірювання сил прилипання, розробленому в ХДУХТ. Сили прилипання між поверхнями металевого диску (матеріал – сталь; площа контакту  $S_k=0,0016 \text{ м}^2$ ) і досліджуваних зразків фаршів товщиною шару  $0,005\pm 0,001 \text{ м}$  знаходили шляхом визначення нормальних зусиль відриву  $F_{\text{від}}$  за умов їх контакту впродовж  $\tau_k=10 \text{ с}$ , тиску контакту  $P_k=61,25 \text{ Па}$  (важка масою 10 г) і швидкості відриву диску від поверхні фаршу  $v_{\text{від}}=0,004 \text{ м/с}$ . В умовах експерименту встановлено, що розділення усіх контактуючих тіл відбувалося за варіантом адгезійного відриву – за межею розділу фарш–диск. Зусилля відриву визначали за калібрувальним графіком  $F_{\text{від}}=12185 \cdot l - 2083$  за даними вимірюваної довжини  $l$ , на

яку розтягувалася пружина після опускання досліджуваних зразків до моменту розділу поверхонь.

Результати дослідження адгезії ММС залежно від масової частки ККД(Е2) надано в табл. 2.8.

**Таблиця 2.8 – Показники адгезії м'ясних модельних систем залежно від масової частки ККД(Е2)**

| Масова частка ККД(Е2), % | Зусилля відриву $F_{від} \times 10^{-4}$ , Па |                                      |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
|                          | до заморожування                              | після заморожування – розморожування |
| 0 (контроль)             | 35,4±0,4                                      | 31,9±0,4                             |
| 0,2                      | 24,5±0,3                                      | 22,5±0,3                             |
| 0,4                      | 18,7±0,2                                      | 17,6±0,2                             |
| 0,6                      | 17,8±0,1                                      | 16,7±0,1                             |
| 0,8                      | 17,4±0,1                                      | 16,5±0,1                             |
| 1,0                      | 17,3±0,2                                      | 16,4±0,2                             |

Згідно з даними табл. 2.8 за умов швидкого попереднього контакту тривалістю 10 с (за даними [25] тривалість може складати від 3 с до 600 с) зразок ММС з ККД(Е2) як до заморожування, так і після заморожування-розморожування має меншу липкість з поверхнею диска, тому що внаслідок більшої в'язкості і меншої zdeформованості він повільніше наближується до поверхні диску, і, як наслідок, тривалість контакту з поверхнею збільшується. Так, уведення ККД(Е2) масовою часткою до 0,8 % приводить до зменшення сили прилипання до поверхні диску і зусилля відриву майже вдвічі до заморожування і після розморожування, значно полегшуючи відрив зразків фаршів від поверхні диску порівняно з контрольними.

Оскільки ММС можна розглядати як дисперсну систему з водно-білково-сольовими шарами на поверхні часток, то можна передбачити, що у результаті адсорбції використаного ліпофільного ЕАГП, ймовірно, відбувається гідрофобізація поверхні зразків ММС. Дані показника адгезії ММС узгоджуються з експериментальними даними щодо підвищення внаслідок уведення ККД(Е2) емульгуючої здатності м'ясних емульсій, СЕ, ВУЗ, ЖУЗ ММС.

Дослідження поверхневих властивостей фаршевих ММС дає можливість оцінити результат міжчасткової взаємодії і гідрофобізації поверхні ММС як зміну структури їх поверхневого шару, викликану втручанням ККД(Е2) у формування адсорбційного шару на межі контакту двох поверхонь м'ясна емульсія – металева поверхня. Отримані результати свідчать, що ККД(Е2) зменшує липкість м'ясного фаршу до металевих поверхонь, що зумовлюватиме меншу липкість і до конструкційного матеріалу внутрішньої поверхні подрібнювального обладнання.

До структурно-механічних властивостей, які є визначними з точки зору аналізу дисперсних систем, відносяться також зсувні властивості. Вони характеризують поведінку об'єму продукту за дії на нього зсувних, дотичних



напруг. У ході подальшого експериментального обґрунтування технології НМПЗ з ККД(Е2) досліджено їх деформаційну поведінку під впливом зсувних зусиль за методикою [168].

Найважливіші зсувні характеристики ММС з ККД(Е2) розраховано за отриманими експериментальними даними залежності відносної деформації від часу дії напруги  $\gamma = f(t)$  і наведено в табл. 2.9. Слід відзначити певний розкид показників повзучості, що вказує на помітний вплив концентрації ККД(Е2) в ММС на характеристики міцності зразків.

**Таблиця 2.9 – Зведені дані структурно-механічних показників м'яких модельних систем за різного вмісту ККД(Е2) до заморожування та після заморожування – розморожування (n=5, P≥0,95)**

| Показник   | Вміст ККД(Е2), %    |                     |                     |                     |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|  | 0                   | 0,2                 | 0,4                 | 0,8                 |
| Зворотна деформація, $\gamma_{зв.} \times 10^{-3}$ , Па  | <u>52,7</u><br>48,6 | <u>39,4</u><br>43,7 | <u>36,8</u><br>42,5 | <u>32,1</u><br>41,6 |
| Незворотна деформація, $\gamma_{нез.} \times 10^{-3}$ , Па   | <u>18,4</u><br>43,8 | <u>8,8</u><br>8,9   | <u>7,8</u><br>7,9   | <u>4,1</u><br>6,6   |
| Загальна деформація, $\gamma_{заг.} \times 10^{-3}$ , Па   | <u>71,1</u><br>92,4 | <u>48,3</u><br>52,6 | <u>44,6</u><br>50,4 | <u>36,2</u><br>95,0 |
| Відношення деформації зворотної до загальної, $K$  | <u>0,74</u><br>0,52 | <u>0,81</u><br>0,75 | <u>0,83</u><br>0,74 | <u>0,89</u><br>0,91 |
| Умовно миттєвий модуль пружності, $G_{пр} \times 10^4$ , Па  | <u>3,2</u><br>2,4   | <u>3,7</u><br>3,2   | <u>3,9</u><br>3,4   | <u>4,0</u><br>3,5   |
| Пластична в'язкість, $\eta_0 \times 10^{-7}$ , Па·с  | <u>6,8</u><br>4,9   | <u>7,4</u><br>6,3   | <u>7,6</u><br>6,9   | <u>7,7</u><br>7,2   |
| Примітка: над рискою наведено дані до заморожування; під рискою – після заморожування-розморожування |                     |                     |                     |                     |

Аналіз динаміки розвитку деформації ММС (табл. 2.9) свідчить, що в досліджуваному діапазоні вмісту ККД(Е2) для всіх зразків характерною є незворотна деформація плинину. Зі збільшенням масової частки ККД(Е2) від 0 % (контрольний зразок) до 0,8 % загальна деформація зменшується у 1,9 рази, спостерігається підвищення відношення частки зворотної деформації до загальної – з 0,74 (контрольний зразок) до 0,89 (зразок з вмістом ККД(Е2) – 0,8), що свідчить про зниження пластичних властивостей систем.

Встановлено, що у випадку прикладання деформуючого навантаження відбувається миттєва деформація зразків, у той час як еластична і пластична деформації розвиваються повільно. Це пов'язано зі зміною зсувних та об'ємних властивостей систем, збільшенням внутрішньої взаємодії між дисперсною фазою та дисперсним середовищем за присутності ККД(Е2). Встановлено підвищення показників умовно миттєвого модулю пружності – з  $3,2 \times 10^3$  Па (контрольний зразок) до  $4,0 \times 10^3$  Па (вміст ККД(Е2) 0,8 %) та підвищення пластичної в'язкості – з  $6,8 \times 10^7$  Па·с до  $7,4 \times 10^7$  Па·с.

Експериментально визначено, що після заморожування – розморожування загальні закономірності зміни структурно-механічних властивостей ММС зберігаються, але змінюється значення їх абсолютних показників. Так, для контрольного зразка спостерігається зниження показника умовно миттєвого модуля пружності в 1,3 рази (з  $3,2 \times 10^4$ , Па до  $2,4 \times 10^4$ , Па), з використанням ККД(Е2) – в (1,1...1,2) рази, що є наслідком посилення коагуляційних зв'язків між дисперсною фазою та дисперсним середовищем, підвищенням впливу адгезійного зчеплення на в'язкість та пружні характеристики ММС. Встановлено монотонне підвищення в'язкості – з  $4,9 \times 10^7$ , Па·с (контрольний зразок) до  $7,2 \times 10^7$ , Па·с (вміст ККД(Е2) 0,8 %).

Таким чином, проведені дослідження підтверджують доцільність використання у складі ММС ККД(Е2) у кількості до (0,4...0,8) %.

Результати дослідження стабільності емульсійних систем (СЕ), волого- (ВУЗ) та жирутримуючої (ЖУЗ) здатності ММС з ККД(Е2) наведено у табл. 2.10. Стабільність емульсій [166] визначали шляхом нагрівання за температури (75...80) °С впродовж (30·60) с та охолодження водопровідною водою впродовж (15·60) с до температури (12...15) °С. Надалі емульсією заповнювали 4 відкалібровані центрифужні пробірки об'ємом 10 см<sup>3</sup> і центрифугували за 500 с<sup>-1</sup> впродовж (5·60) с. Після чого визначали об'єм емульшованого шару та розраховували стабільність емульсії за формулою 2.3:

$$CE = \frac{V_1}{V_{\text{н-емульсії}}} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де  $V_1$  – об'єм емульшованої олії, см<sup>3</sup>;

$V_{\text{н-емульсії}}$  – загальний об'єм незруйнованої емульсії, см<sup>3</sup>.

Визначення волого- і жирутримуючої здатності ММС проводили за методикою Р.М. Салаватуліної [166]. Зразки масою 100 г поміщали у скляні бюкси з відшліфованими кришками, зважували і термообробляли за температури (75...80) °С впродовж (60·60) с, після чого охолоджували до (12...15) °С. Далі бульйон і накопичений жир, що відокремилися, переносили до попередньо зважених кварцевих тиглів. Після видалення бульйону і жиру фарш висушували фільтрувальним папером і зважували. Тиглі з бульйоном поміщали до сушильної шафи і висушували до постійної маси за температури (105...110) °С.

Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) фаршу розраховували за формулою:

$$ВУЗ = W - ((m_{61} \cdot m_b) \cdot 100\% / (m_{62} \cdot m)) \quad (2.4)$$

де  $W$  – масова частка води у фарші, %;

$m_{61}$  – маса всього бульйону з жиром, що відокремилися, г;

$m_{62}$  – маса досліджуваного бульйону з жиром, г;

$m_b$  – маса води у досліджуваному бульйоні, г.

У тиглях із залишками бульйону і жиру екстрагували жир (10...15) см<sup>3</sup> розчиннику (суміш хлороформ:етанол за співвідношення 1:2). Жируотримуючу здатність (ЖУЗ) фаршу розраховували за формулою:

$$\text{ЖУЗ} = W_{\text{ж}} - ((m_{\text{б1}} \cdot m_{\text{ж}}) \cdot 100 / (m_{\text{б2}} \cdot m)) \quad (2.5)$$

де  $W_{\text{ж}}$  – масова частка жиру у фарші, %;

$m_{\text{ж}}$  – маса жиру в досліджуваному бульйоні, г.

**Таблиця 2.10 – Вплив процесів заморожування – розморожування на функціонально-технологічні властивості м'ясних модельних систем з ККД(Е2)**

| Вміст ККД(Е2), % | СЕ, %            |                                      | ВУЗ, %           |                                      | ЖУЗ, %           |                                      |
|------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|
|                  | до заморожування | після заморожування – розморожування | до заморожування | після заморожування – розморожування | до заморожування | після заморожування – розморожування |
| 0                | 83,3±0,5         | 80,8±0,4                             | 57,5±0,4         | 49,5±0,4                             | 16,9±0,25        | 17,7±0,22                            |
| 0,4              | 88,6±0,5         | 87,8±0,5                             | 64,2±0,5         | 57,5±0,4                             | 17,4±0,25        | 18,6±0,21                            |
| 0,8              | 91,4±0,7         | 89,7±0,6                             | 65,4±0,6         | 58,3±0,4                             | 17,6±0,22        | 18,7±0,23                            |

Процеси заморожування – розморожування ММС у цілому погіршують показники їх функціонально-технологічних властивостей. Виключенням стали для всіх зразків – жируотримуюча здатність (підвищується на (0,8...1,1) %). Найменшого впливу для всіх зразків зазнав показник стійкості емульсії, який зменшується на (0,8...2,5) %, найбільшого – ВУЗ (зменшується на (6,7...8,0) %).

Уведення ККД(Е2) поліпшує функціонально-технологічні властивості ММС порівняно з контролем. Зокрема, їх стійкість після заморожування – розморожування зменшується на (0,8...1,7) % (без емульгатора – на 2,5 %), ВУЗ – на (6,7...7,1) % (без емульгатора – на 8,0 %), ЖУЗ підвищується на (1,1...1,2) % (без емульгатора – на 0,8 %).

Виробництво НМПЗ з використанням ККД(Е2) визначає доцільність вивчення впливу термічної обробки на їх втрати та органолептичні показники. Залежність масової частки втрат під час заморожування і термообробки зразків охолоджених і заморожених – розморожених напівфабрикатів від вмісту ККД(Е2) наведено в табл. 2.11. Визначення втрат маси під час заморожування та теплової обробки проводили згідно з [169].

Менших втрат під час термообробки зазнали зразки ММС з ККД(Е2), в (1,4...1,5) рази до заморожування та (1,6...1,7) рази після розморожування. Аналогічну тенденцію до зменшення втрат виявили зразки ММС з вмістом ККД(Е2) під час заморожування. Найменший показник визначено для напівфабрикатів з 0,4 і 0,8 % ККД(Е2) (1,5 % і 1,2 %), що на 45 і 61 % менше, ніж без емульгатора.

**Таблиця 2.11 – Вплив процесів заморожування – розморожування на втрати м'ясних модельних систем з використанням ККД(Е2)**

| Вміст ККД(Е2), % | Масова частка втрат напівфабрикату під час термообробки (%) |                                      |                   |
|------------------|---|--------------------------------------|-------------------|
|                  | термообробки (%)  |                                      | заморожування (%) |
|                  | до заморожування  | після заморожування – розморожування |                   |
| 0 (контроль)     | 29,0±0,7  | 33,6±0,5                             | 3,1±0,06          |
| 0,4              | 20,3±0,3  | 21,2±0,4                             | 1,5±0,04          |
| 0,8              | 19,2±0,4  | 20,1±0,3                             | 1,2±0,04          |

Проведені дослідження показали, що використання ККД(Е2) у НМПЗ дозволяє у широких межах регулювати їх структурно-механічні й, відповідно, органолептичні (консистенція, соковитість, ніжність, крихкість, липкість) та функціонально-технологічні властивості.

Таким чином, використання ККД у вигляді емульсійних систем на основі ЕАГП у технології НМПЗ приводить до більш рівномірного розподілу жиру в білковому матриці шляхом зміцнення адсорбційного шару в результаті конкурентної адсорбції ЕАГП і міофібрилярних білків, утворюються більш стійкі порівняно зі зразками без емульгаторів емульсійні системи з підвищеними емульгуючими, поліпшеними функціонально-технологічними властивостями. Доведено, що раціональний вміст ККД(Е2) для виробництва НМПЗ складає 0,8 %.

### 3. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СУХИХ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ХАРЧОВИХ ГІДРОКОЛОЇДІВ ПОЛІСАХАРИДНОЇ ПРИРОДИ

#### 3.1. Дослідження впливу заморожування – розморожування на теплофізичні показники м'ясних модельних систем з використанням сухих композицій криостабілізуючої дії

Для обґрунтування раціонального вмісту СККД у складі м'ясних посічених систем проведено дослідження з вивчення їх теплофізичних характеристик в режимі заморожування – розморожування, згідно з урахуванням запропонованої фізико-математичної моделі процесу кристалізації та методу визначення ефективної питомої теплоємності (п. 2.1). На рис. 3.1, 3.2 наведено температурні залежності ефективної питомої теплоємності під час заморожування – розморожування м'ясних посічених систем залежно від вмісту СККД1, в табл. 3.1 надано параметри температурної залежності ефективної питомої теплоємності ММС залежно від вмісту СККД1. Такі ж дослідження було проведено для ММС з вмістом СККД2 і СККД3, і отримано аналогічні результати.

Аналіз одержаних експериментальних даних дозволяє зробити наступні висновки. Введення СККД1 в кількості (1...5) % (під час заморожування) приводить до зниження температури максимальної швидкості кристалоутворення в (2,0...4,1) рази, підвищення значень криоскопічного інтервалу температур  $\Delta T_{кр}$  в (1,1...2,5) рази.

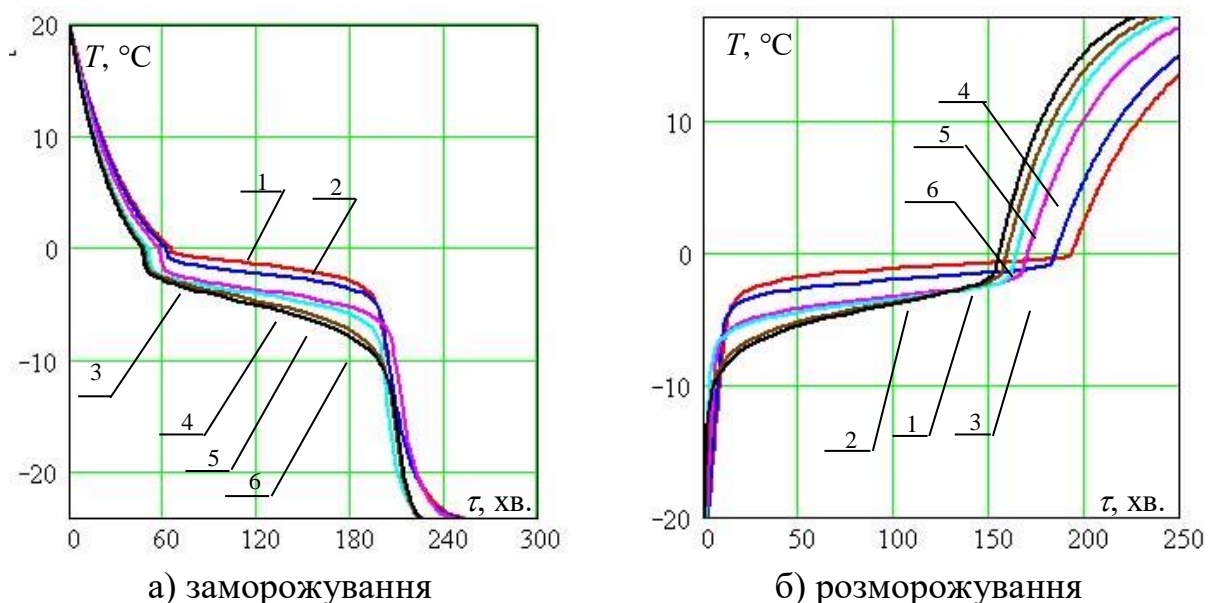
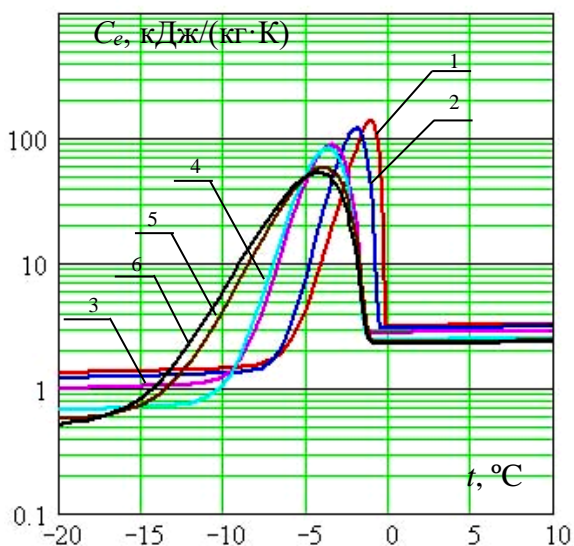
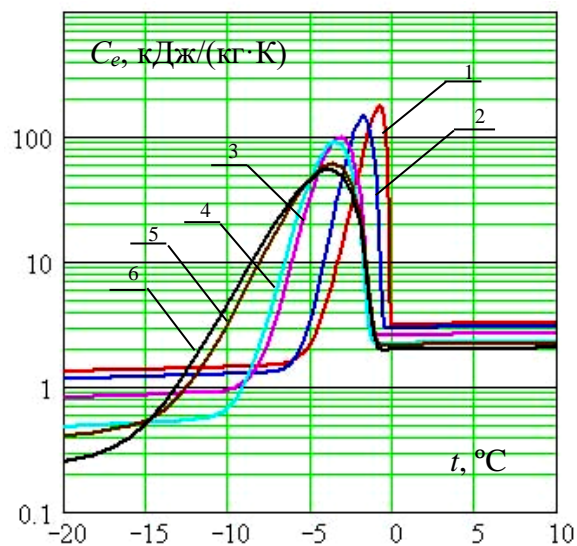


Рисунок 3.1 – Кінетика температури процесу заморожування – розморожування м'ясних модельних систем залежно від умісту СККД1, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 100



а) заморожування



б) розморожування

Рисунок 3.2 – Температурні залежності ефективної питомої теплоємності м'ясних модельних систем за вмісту СККД1, %: 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30; 5 – 100

Таблиця 3.1 – Параметри температурної залежності ефективної питомої теплоємності м'ясних модельних систем залежно від вмісту СККД1 (n=5, P≥0,95)

| Показник   | Вміст СККД1, % |      |      |      |      |      |
|--|----------------|------|------|------|------|------|
|  | 0              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| під час заморожування  |                |      |      |      |      |      |
| Температура максимальної швидкості кристалізації, $t_{кр}$ , °C                                      | -1,1           | -2,0 | -3,5 | -3,7 | -4,0 | -4,3 |
| Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta t_{кр}$ , °C  | 3,2            | 3,5  | 4,7  | 5,0  | 7,3  | 8,0  |
| Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$ , кДж/К      | 142            | 136  | 126  | 110  | 105  | 102  |
| Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$ | 0,27           | 0,26 | 0,24 | 0,21 | 0,2  | 0,19 |
| під час розморожування   |                |      |      |      |      |      |
| Температура максимальної швидкості плавлення, $t_{кр}$ , °C  | -0,8           | -1,8 | -3,2 | -3,5 | -3,7 | -3,9 |
| Кріоскопічний інтервал температур, $\Delta t_{кр}$ , °C  | 2,5            | 2,9  | 4,2  | 4,6  | 7,0  | 7,8  |
| Питома теплота фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta H_{кр}$ , кДж/К      | 172            | 162  | 142  | 122  | 118  | 108  |
| Частка вологи, що змінює свій агрегатний стан в кріоскопічному інтервалі температур, $\Delta \omega$ | 0,35           | 0,33 | 0,29 | 0,25 | 0,24 | 0,22 |

Це пов'язано з тим, що зменшується рухливість молекул води та їх орієнтаційна поляризація, що необхідна для утворення кристалічної решітки. Під час розморожування ці показники зменшуються, але в зразках з використанням СККД1 меншою мірою. Так, зі збільшенням СККД1 до 5 %  $T_{кр}$

зменшується на (9...10) % (для контролю на 27 %),  $\Delta T_{кр}$  на (2,5...17) % (для контролю на 22 %).

Показник частки вологи, що змінює свій агрегатний стан під час заморожування – розморожування, характеризує кількість вільної вологи в системі. Так, для контрольного зразка частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан під час заморожування, становить  $\Delta\omega=0,27$ , під час розморожування цей показник збільшується на 23 % ( $\Delta\omega=0,35$ ), що пов'язано з денатураційними змінами білкової складової системи та утворенням додаткової кількості вільної вологи. З уведенням СККД1 до 5 % частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан  $\Delta\omega$  під час заморожування, зменшується в (1,1...1,4) рази. Під час розморожування частка вологи, яка змінює свій агрегатний стан, в системах з вмістом (1...5) % СККД1 дещо збільшується, але меншою мірою, ніж у контролю на (14...21) % та на 23 % відповідно. Ймовірно за рахунок використання СККД1 майже не відбувається перерозподіл вологи під час кристалоутворення завдяки зменшенню рухливості водної фази, що є наслідком підвищення в'язкості.

Таким чином, характерні для ММС з СККД зниження кріоскопічної температури, збільшення значення кріоскопічного інтервалу температур як під час заморожування, так і під час розморожування, та одночасне зменшення питомої теплоти фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур на (4,2...28,2) % під час заморожування і (5,8...37,2) % під час розморожування у порівнянні з контрольним зразком, підтверджує наявність кріостабілізуючих властивостей СККД.

Таким чином, використання СККД нівелює негативні наслідки заморожування – розморожування.

### 3.2. Дослідження впливу заморожування – розморожування на фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні мікроструктурні показники м'ясних модельних систем з використанням сухих композицій кріостабілізуючої дії

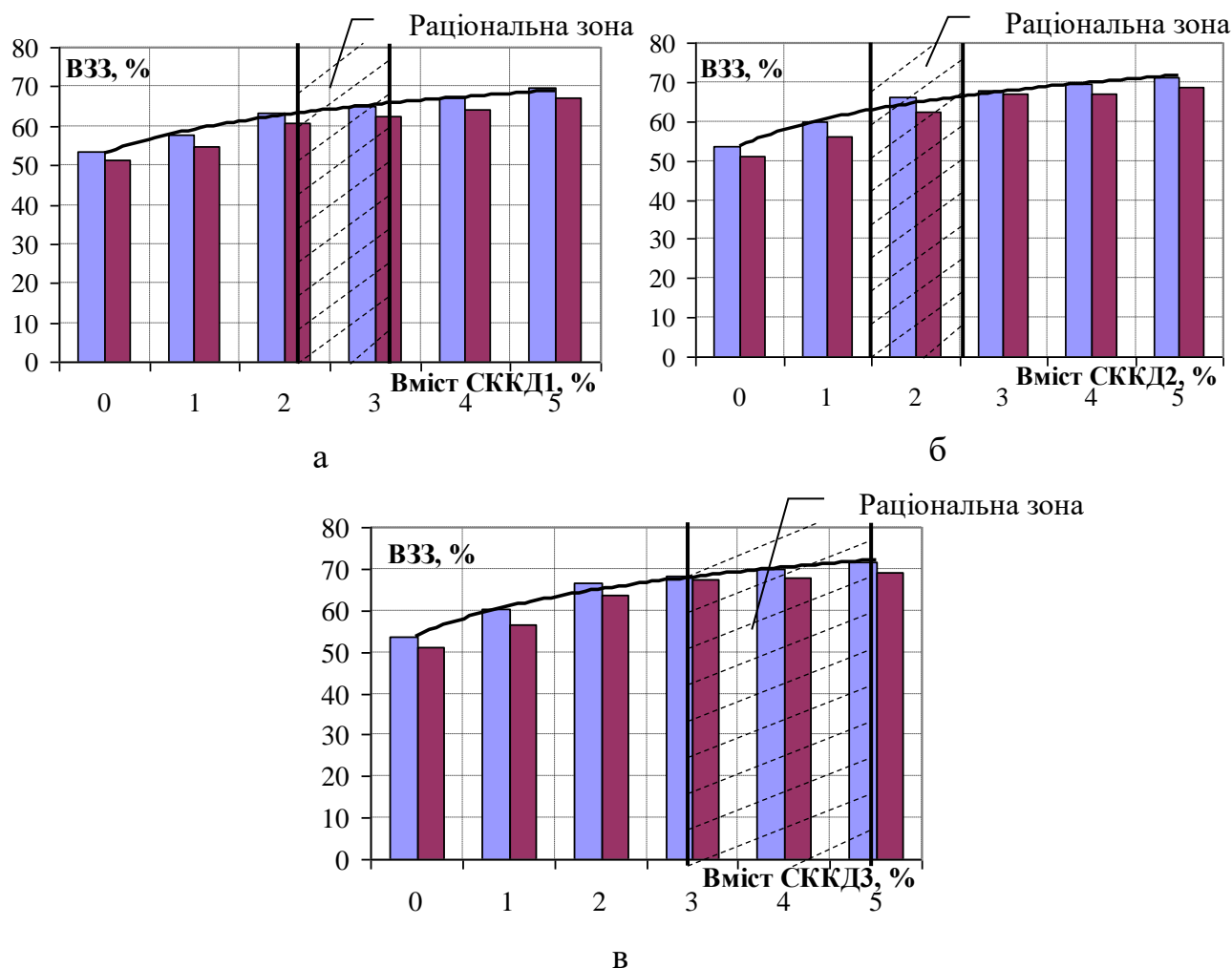
Оскільки структура м'ясних посічених систем формується в результаті руйнування нативної структури м'яса з утворенням нової вторинної структури, важливим є встановити вплив СККД на ключові функціонально-технологічні властивості ММС до заморожування та після заморожування – розморожування: вологозв'язуюча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

Як досліджувані зразки, під час визначення функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей, обрано ММС з вмістом СККД (1...5) % до маси м'ясної сировини; контрольний зразок – ММС без використання СККД. В експериментах вивчався вплив СККД за різного складу – СККД1, СККД2, СККД3.

ВЗЗ ММС за різного вмісту та виду СККД до заморожування та після заморожування – розморожування визначали методом пресування [166], а

втрати маси під час заморожування та теплової обробки – ваговим методом [169].

За результатами дослідження ВЗЗ ММС за різного вмісту та виду СККД до заморожування та після заморожування – розморожування (рис. 3.3) встановлено загальну тенденцію збільшення ВЗЗ із підвищенням масової частки СККД, однак їх абсолютні значення різні. ММС з СККД до заморожування характеризуються збільшенням ВЗЗ у (1,1...1,3) рази порівняно з контрольним зразком.



**Рисунок 3.3 – Вологозв’язуюча здатність ММС за різного вмісту СККД** ■ – до заморожування; ■ – після заморожування – розморожування: а) СККД1; б) СККД2; в) СККД3

Визначено, що ВЗЗ м’ясних модельних систем після заморожування – розморожування зменшується (для СККД1 – на (2,5...3,0) %, для СККД2 – на (2,3...3,5) %, для СККД3 – 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 СККД1 (2,0...3,0) %, СККД2 (1,5...2,5) %, СККД3 (3...5) % у складі ММС,



за якого встановлено достатньо високе значення показника ВЗЗ – (60,8...65,1) % для СККД1, (62,6...66,3) % для СККД2, (63,5...67,1) % для СККД3.

Втрати маси ММС під час заморожування (табл. 3.2) зменшуються зі збільшенням вмісту СККД. Так, втрати маси ММС, що містить СККД у кількості, що входить в раціональний інтервал концентрацій, становлять (1,1..1,5) % відповідно, а втрати контрольного зразка – 3,1 % (табл. 3.2). В цілому, для ММС з додаванням СККД характерне зменшення втрат маси в (1,3...2,8) рази (для СККД1), (1,3...2,6) рази (для СККД2) та (1,2...2,8) (для СККД3) порівняно з контрольним зразком.

**Таблиця 3.2 – Втрати маси м'ясних модельних систем під час заморожування, за різного вмісту СККД (n=5, P≥0,95)**

| СККД  | Вміст СККД, % |     |     |     |     |     |
|-------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | 0             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
| СККД1 | 3,1           | 2,4 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 |
| СККД2 | 3,1           | 2,3 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |
| СККД3 | 3,1           | 2,4 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |

Відомо, що ВЗЗ 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 СККД будуть відрізнятися більш соковитою консистенцією та меншими втратами під час теплової обробки порівняно з контрольним зразком.

Підтвердженням цього припущення стали результати визначення втрат маси під час теплової обробки ММС (табл. 3.3). Встановлено, що втрати маси під час теплової обробки до заморожування зі збільшенням вмісту СККД зменшуються порівняно з контрольним зразком в (1,2...1,6) рази для ММС з СККД1, в (1,1...1,3) рази для ММС з СККД2, в (1,1..1,4) рази для СККД3.

**Таблиця 3.3 – Втрати маси м'ясних модельних систем під час теплової обробки, за різного вмісту СККД (n=5, P≥0,95)**

| Склад СККД                           | Вміст СККД, % |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|
|                                      | 0             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| до заморожування                     |               |      |      |      |      |      |
| СККД1                                | 30,0          | 26,4 | 24,3 | 22,4 | 22,1 | 19,0 |
| СККД2                                | 30,0          | 27,5 | 25,0 | 23,1 | 23,0 | 23,0 |
| СККД3                                | 30,0          | 26,5 | 24,8 | 23,5 | 22,2 | 20,8 |
| після заморожування – розморожування |               |      |      |      |      |      |
| СККД1                                | 33,4          | 27,3 | 25,1 | 23,9 | 22,3 | 19,0 |
| СККД2                                | 33,4          | 28,9 | 26,5 | 24,1 | 23,9 | 22,0 |
| СККД3                                | 33,4          | 27,1 | 25,5 | 23,7 | 22,8 | 21,6 |

Після заморожування – розморожування встановлено зменшення втрат за збільшення вмісту СККД у складі ММС. Втрати маси ММС під час теплової обробки після заморожування зі збільшенням СККД до 5% зменшуються в (1,5...1,8) рази, порівняно з контрольним зразком, що підтверджує позитивний вплив СККД.

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

Вплив СККД на структурно-механічні властивості визначали шляхом вивчення показників ГНЗ за методикою [168, 170]. Результати дослідження свідчать (рис. 3.4), що після заморожування – розморожування відбувається зниження значення ГНЗ у всіх зразках, окрім контрольного. Ймовірно, це пояснюється тим, що у контрольному зразку під час заморожування та наступного розморожування втрачається більша кількість вологи, змінюється конформація білків, внаслідок чого система стає більш жорсткою. ММС, що містять СККД, внаслідок кращого зв'язування вологи мають більший її вміст й тим самим, ймовірно, характеризуються більш ніжною консистенцією.

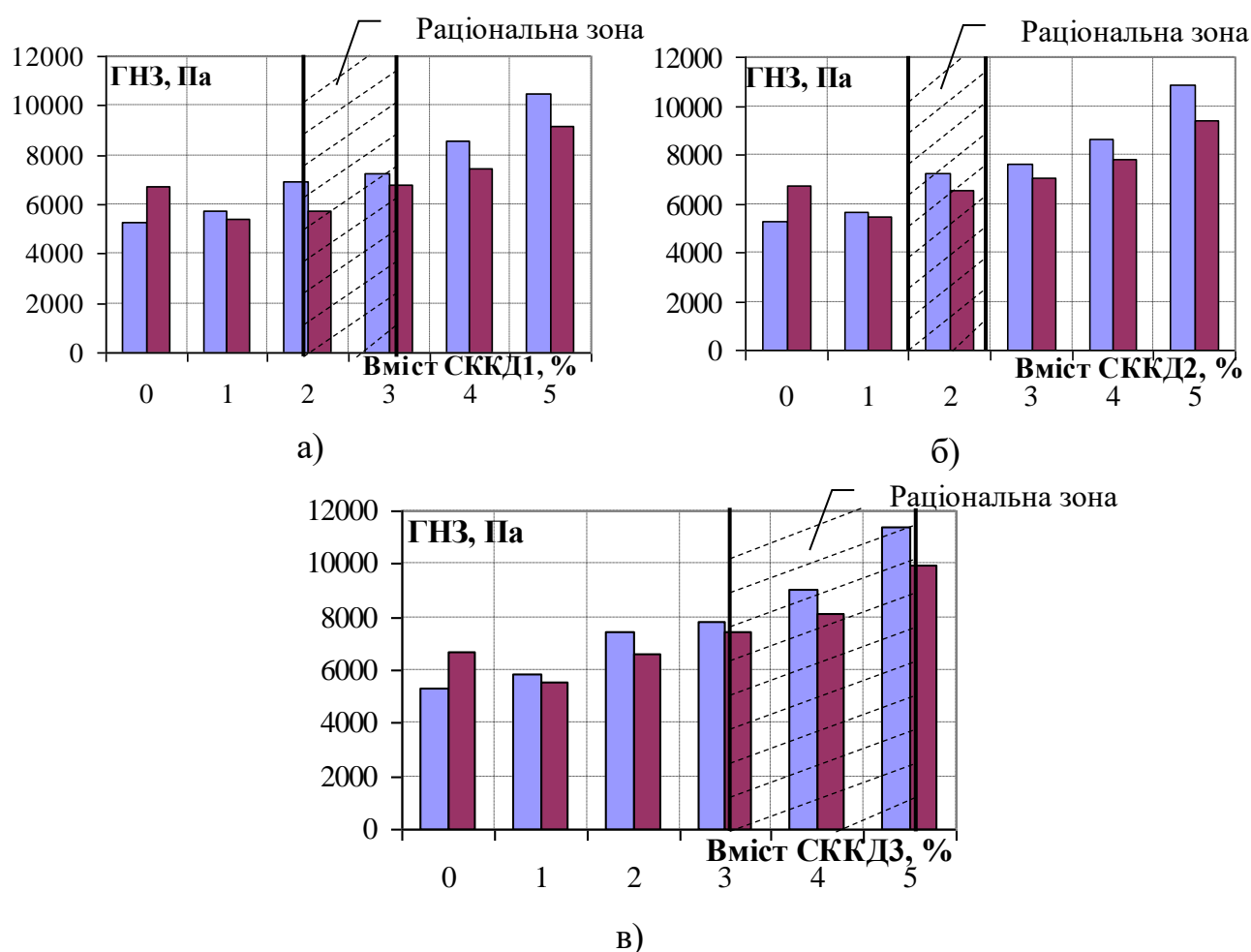


Рисунок 3.4 – Показники ГНЗ ММС за різного вмісту СККД ■ – до заморожування; ■ – після заморожування – розморожування: а) СККД1; б) СККД2; в) СККД3

Аналіз даних рис. 3.4 дозволяє стверджувати, що для всіх ММС, які містять СККД, характерні загальні тенденції: до заморожування та після заморожування – розморожування збільшення ГНЗ зі збільшенням вмісту ККД та зменшенням ГНЗ після заморожування – розморожування, але їх абсолютні значення різні. Так, для ММС з СККД1 спостерігається збільшення ГНЗ у (1,2...2,0) рази (до заморожування) та (1,1...1,4) рази (після розморожування); для ММС з СККД2 – у (1,3...2,0) рази (до заморожування) та (1,2...1,4) рази (після розморожування); для ММС з СККД3 – у (1,1...2,1) рази (до заморожування) та (1,1...1,3) рази (після розморожування).

На підставі дослідження ГНЗ ММС до заморожування та після заморожування – розморожування доведено, що СККД забезпечує більш соковиту консистенцію, а за вмісту СККД1 (2...3) %, СККД2 (1,5...2,5) %, СККД3 (3...5) % встановлено значення ГНЗ, за яких 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 [168], за експериментальними даними залежності відносної деформації ММС з різним вмістом СККД від часу дії напруги  $\gamma=f(t)$ . Найважливіші зсувні характеристики ММС з СККД наведено в табл. 3.4. В зв'язку з тим, що одержані результати (динаміка розвитку деформації) мали однаковий характер, для всіх варіантів СККД, результати подано для СККД1.

**Таблиця 3.4 – Зведені дані структурно-механічних показників м'ясних модельних систем за різного вмісту СККД1 до заморожування та після заморожування – розморожування (n=5, P≥0,95)**

| Показник  | Вміст СККД1, %      |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | 0                   | 1                   | 3                   | 5                   |
| Зворотна деформація, $\gamma_{зв.} \times 10^{-3}$ , Па         | $\frac{52,7}{48,6}$ | $\frac{28,0}{32,1}$ | $\frac{26,0}{29,2}$ | $\frac{23,7}{25,9}$ |
| Незворотна деформація, $\gamma_{нез.} \times 10^{-3}$ , Па      | $\frac{18,4}{43,8}$ | $\frac{9,5}{9,9}$   | $\frac{8,0}{8,5}$   | $\frac{5,3}{6,0}$   |
| Загальна деформація, $\gamma_{заг.} \times 10^{-3}$ , Па        | $\frac{71,1}{92,4}$ | $\frac{37,5}{42,5}$ | $\frac{34,0}{40,1}$ | $\frac{29,0}{35,5}$ |
| Відношення деформації зворотної до загальної, $K$               | $\frac{0,74}{0,52}$ | $\frac{0,75}{0,76}$ | $\frac{0,76}{0,73}$ | $\frac{0,81}{0,73}$ |
| Умовно миттєвий модуль пружності, $G_{пр.} \times 10^{-4}$ , Па | $\frac{3,2}{2,4}$   | $\frac{3,6}{3,2}$   | $\frac{3,9}{3,6}$   | $\frac{4,8}{4,5}$   |
| Пластична в'язкість, $\eta_0 \times 10^{-7}$ , Па·с             | $\frac{6,8}{4,9}$   | $\frac{7,4}{6,4}$   | $\frac{7,9}{7,1}$   | $\frac{8,4}{8,1}$   |

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

Експериментально встановлено, що основні закономірності зміни динаміки структурно-механічних показників ММС з використанням СККД є близькими до зразків, у складі яких використано ККД(Е1) та ККД(Е2).

Визначено, що під час прикладання деформуючого навантаження відбувається миттєва деформація ММС, у той час як еластична та пластична деформації розвиваються повільно. За даними табл. 3.4 показники зворотної, незворотної та загальної деформації зменшуються з підвищенням частки СККД та підвищуються після заморожування – розморожування. Спостерігається підвищення відношення частки зворотної деформації до загальної – з 0,74 до 0,81 (до заморожування) та з 0,52 до 0,73 (після зберігання та заморожування), що свідчить про зміну властивостей ММС – зменшення пластичних та набуття системою більш виражених пружно-пластичних властивостей. Підтвердженням вищезначеного є зниження показників умовно миттєвого модуля пружності – з  $3,2 \times 10^4$  Па (контрольний зразок) до  $4,8 \times 10^4$  Па (вміст СККД 5 %) та підвищення пластичної в'язкості – з  $6,8 \times 10^7$  Па·с до  $8,4 \times 10^7$  Па·с.

Встановлено, що використання СККД, властивості яких, більшою мірою, виявляються в корегуванні властивостей дисперсного середовища ММС за рахунок сольватації макромолекул харчових гідроколоїдів, дозволяє забезпечити зворотність структурно-механічних показників зразків за впливу заморожування – розморожування. Частка вільної вологи, яка утворюється в МММ після заморожування – розморожування, поглинається системами полісахаридної природи, які не втрачають здатність до набухання. Крім того, гідратовані гідроколоїди полісахаридної природи виконують роль «прошарків», які уповільнюють агрегацію білкових речовин ММС, що в загальному забезпечує стабільність технологічної системи, в тому числі, й її структурно-механічних показників.

Отже, в цілому заморожування – розморожування призводить до зміни реологічних показників ММС, а використання в їх складі СККД дає можливість регулювати в широких межах їх структурно-механічні, й, відповідно, органолептичні властивості. Використання СККД знижує пластичність, підвищує міцність та еластичність м'ясних систем. Комплексна оцінка структурно-механічних показників дозволила визначити граничний вміст використання СККД у складі ММС – (2,0...3,0) % СККД1; (1,5...2,5) % СККД2, (3...5) % СККД3.

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 [174–177].

Результати органолептичної оцінки ММС після заморожування – розморожування за різного вмісту СККД наведено у табл. 3.5-3.7 та у вигляді профілів – рис. 4.5. Під час проведення органолептичної оцінки ММС з СККД найбільші оцінки одержали системи з вмістом СККД1 (2,0...3,0) %, СККД2 – 2,0 %, СККД3 – 4,0 %. Контрольний зразок, ММС з СККД1 1,0 %, з СККД2 1,0 %, 3,0 %, СККД3 (1...3) % 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 % СККД1

та СККД2 – щільну несоковиту консистенцію високої липкості, неоднорідність вигляду на розрізі, низький рівень вивільнення запаху.

**Таблиця 3.5 – Результати органолептичної оцінки м'ясних модельних систем після заморожування – розморожування за різного вмісту СККД1**

| Показник                        | № дескриптора | Коефіцієнт вагомості дескриптора | Характеристика  | Оцінка в балах |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|                                 |               |                                  |   | Вміст СККД1, % |      |      |      |      |      |
|                                 |               |                                  |   | 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 цьому 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 цьому 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                              | Присмний  | 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 3.6 – Результати органолептичної оцінки м'ясних модельних систем після заморожування – розморожування за різного вмісту СККД2**

| Показник                        | № дескриптора | Коефіцієнт вагомості дескриптора | Характеристика  | Оцінка в балах |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|                                 |               |                                  |   | Вміст СККД2, % |      |      |      |      |      |
|                                 |               |                                  |   | 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 здеформована                                  | 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 цьому 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 цьому 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 |

**Таблиця 3.7 – Результати органолептичної оцінки м'ясних модельних систем після заморожування – розморожування за різного вмісту СККДЗ**

| Показник                        | № дескриптора | Коефіцієнт вагомості дескриптора | Характеристика  | Оцінка в балах |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|                                 |               |                                  |   | Вміст СККДЗ, % |      |      |      |      |      |
|                                 |               |                                  |   | 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 здеформована                                  | 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  | 5,0  | 5,0  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,44           | 4,86 | 4,96 | 4,96 | 4,96 | 4,96 |
| 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 | 1,49 | 1,49 |
| Консистенція                    | 1             | 0,3                              | Відсутність липкості, розшарування, слизистості                                       | 4,9            | 4,9  | 4,4  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 2             | 0,2                              | Щільність   | 4,0            | 4,5  | 4,6  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 3             | 0,2                              | Соковитість   | 4,0            | 4,6  | 4,5  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Відсутність крихкості   | 4,2            | 4,7  | 4,8  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Однорідність, властива цьому виду продукції   | 3,8            | 4,7  | 4,7  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,18           | 4,68 | 4,60 | 4,94 | 4,94 | 4,94 |
| Коефіцієнт вагомості показника  |               |                                  |   | 0,3            | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  |
| Підсумкова оцінка за показником |               |                                  |   | 1,25           | 1,40 | 1,38 | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| Вигляд фаршу на розрізі         | 1             | 0,4                              | Однорідність структури – рівномірно перемішаний                                       | 4,6            | 4,8  | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 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  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 4             | 0,1                              | Відсутність пустот  | 4,7            | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Наявність дрібної пористості  | 4,7            | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,8  |
| Сумарна оцінка                  |               |                                  |   | 4,68           | 4,86 | 4,92 | 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 |               |                                  |   | 0,94           | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Запах                           | 1             | 0,3                              | Властивий цьому 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  | 4,9  | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|                                 | 4             | 0,2                              | Приємний  | 4,9            | 4,9  | 5,0  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
|                                 | 5             | 0,1                              | Швидкість вивільнення   | 4,8            | 4,9  | 4,8  | 4,9  | 4,9  | 4,9  |
| 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 | 4,83 | 4,94 | 4,94 | 4,94 |





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 під час розморожування. Міофібрилярні білки складають основну частину м'язових білків та більшою мірою піддаються дії низькотемпературної обробки. Погіршення їх властивостей за такої обробки 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 гідрофільних та гідрофобних угруповань у бік підвищення останніх, що призводить до зменшення розчинності [35].

Вивчено вплив СККД 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. Експериментальні дані щодо загального вмісту та фракційного складу білків ММС залежно від вмісту СККД наведено у табл. 3.8, визначення яких проводили згідно з [166, 167].

Встановлено, що після заморожування – розморожування вміст загального білка незначно збільшується, а саме: контрольний зразок на 0,5 %, ММС з СККД – на (0,2...0,5) %, що вірогідно є наслідком збільшення частки сухих речовин в системі.

За даними табл. 3.8 видно, що заморожування призводить до зниження масової частки розчинних білків м'ясних систем на (4...6) %.

Напевно, СККД 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 % (СККД1 та СККД2), 1,3 % (СККД3). Масова частка лужнорозчинної фракції всіх ММС збільшується на 0,7 % (контрольний зразок) та 0,2 % (СККД).

Таблиця 3.8 – Вплив заморожування – розморожування на загальний та фракційний склад білків ММС з використанням СККД (n=5, P≥0,95)

| Показник  | ММС до заморожування |                    |                    |                    | ММС після заморожування – розморожування |                    |                    |                    |
|---|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | контрольний зразок   | з СККД1            | з СККД2            | з СККД3            | контрольний зразок                       | з СККД1            | з СККД2            | з СККД3            |
| Масова частка загального білка, %   | <u>17,9</u><br>100   | <u>14,6</u><br>100 | <u>14,5</u><br>100 | <u>14,8</u><br>100 | <u>18,4</u><br>100                       | <u>14,8</u><br>100 | <u>14,7</u><br>100 | <u>15,3</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>13,5</u><br>91  | <u>15,5</u><br>84                        | <u>13,0</u><br>88  | <u>13,0</u><br>88  | <u>13,8</u><br>90  |
| 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>4,1</u><br>27,9 | <u>4,9</u><br>27,3                       | <u>4,0</u><br>27,3 | <u>4,0</u><br>27,3 | <u>4,3</u><br>28,0 |
| 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>7,6</u><br>51,0 | <u>8,2</u><br>43,9                       | <u>7,2</u><br>48,4 | <u>7,2</u><br>48,4 | <u>7,6</u><br>49,7 |
| 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>1,8</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 | <u>1,9</u><br>12,3 |
| Примітка: над ризикою наведено вміст білка у складі м'ясних модельних систем, під ризикою – відсоток до загальної кількості білка |                      |                    |                    |                    |  |                    |                    |                    |

Встановлено, що додавання СККД до ММС змінює кількісне співвідношення між фракціями, а саме, зменшується відсоток масової частки лужнорозчинної фракції та збільшується відсоток масової частки солерозчинної фракції порівняно з контрольним зразком після заморожування – розморожування. Отже, внесення СККД має позитивний ефект, оскільки дозволяє зберегти кількість міофібрилярних білків, що є важливим для формування функціонально-технологічних та органолептичних показників м'ясних систем.

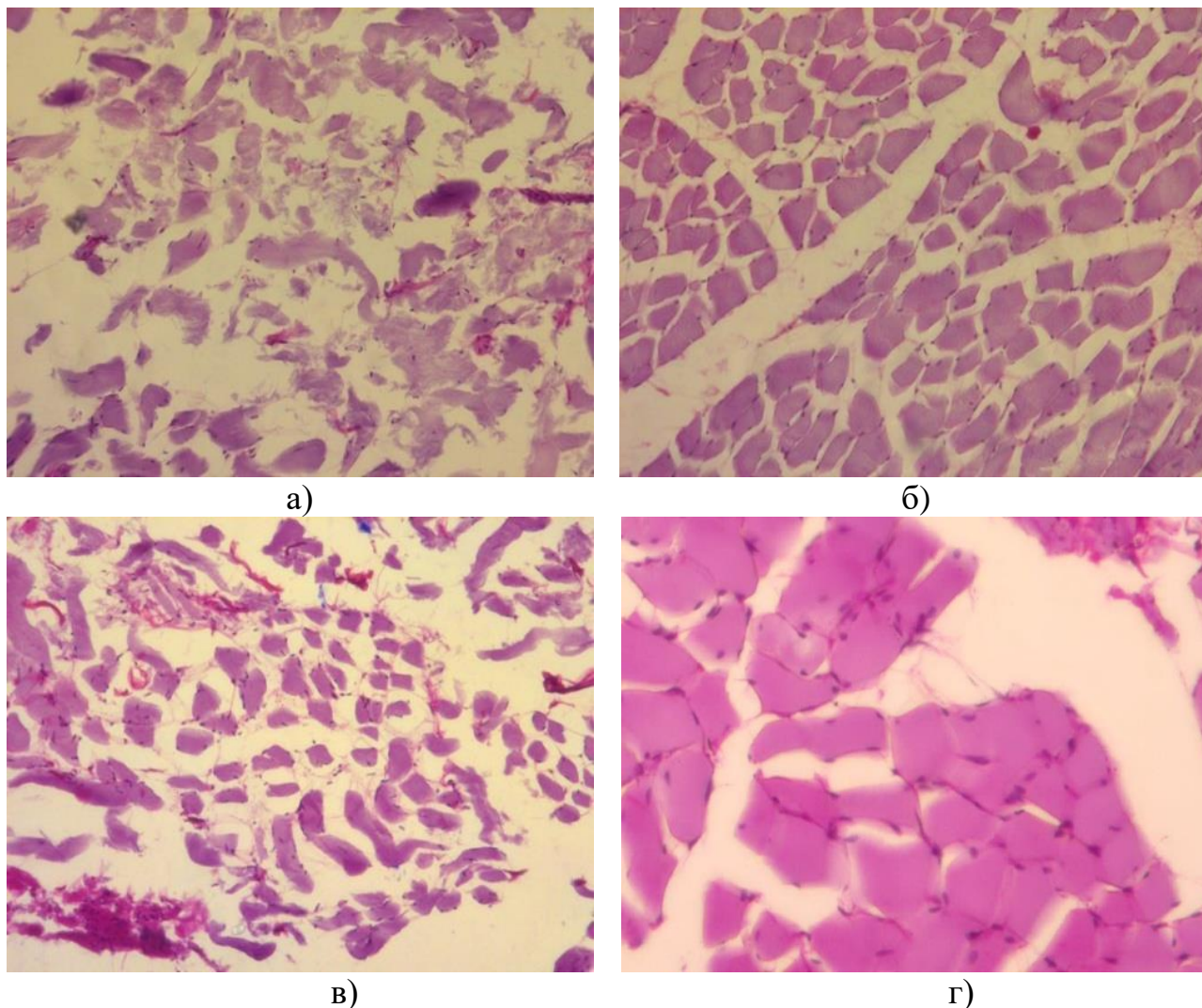
Для підтвердження кріостабілізуючих властивостей СККД вивчено їх вплив на зміни мікроструктурних показників ММС. Мікроскопічному дослідженню, проведеному за методиками [164, 165, 173], піддавали три види ММС з СККД: до заморожування, заморожені та після замороження – розмороження. Мікрофотометрія здійснювалась для визначення діаметра м'язових волокон та розміру проміжку між ними, результати якої наведено в табл. 3.9. На рис. 3.6, 3.7, 3.8 наведено зображення мікроструктури ММС з СККД до заморожування, заморожених та після заморожування – розморожування відповідно.

**Таблиця 3.9 – Результати мікроморфометрії м'ясних модельних систем з використанням СККД**

| Показник   | ММС<br>(контроль-<br>ний зразок) | ММС з<br>СККД1 | ММС з<br>СККД2 | ММС з<br>СККД3 |
|--|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| до заморожування                                   |                                  |                |                |                |
| Діаметр м'язових волокон<br>(мкм)                  | 27,1±0,3                         | 24,9±0,3       | 28,6±0,2       | 26,4±0,2       |
| Розміри проміжків між<br>м'язовими волокнами (мкм) | 34,3±0,7                         | 20,1±0,2       | 28,0±0,2       | 25,1±0,2       |
| заморожені   |                                  |                |                |                |
| Діаметр м'язових волокон<br>(мкм)                  | 125,7±0,5                        | 35,0±0,5       | 33,5±0,4       | 30,3±0,3       |
| Розміри проміжків між<br>м'язовими волокнами (мкм) | 265,4±0,4                        | 50,0±0,8       | 45,6±0,6       | 47,6±0,5       |
| після заморожування – розморожування               |                                  |                |                |                |
| Діаметр м'язових волокон<br>(мкм)                  | 61,7±0,5                         | 28,5±0,2       | 30,7±0,7       | 27,5±0,3       |
| Розміри проміжків між<br>м'язовими волокнами (мкм) | 61,4±0,8                         | 30,0±0,6       | 33,2±0,8       | 27,3±0,2       |

Під час мікроскопії та морфометрії поданих 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 їх середній діаметр (27,1 мкм).

У ММС з СККД до заморожування м'язові волокна не пошкоджено, відстань між м'язовими волокнами менша, ніж діаметр м'язових волокон (рис. 3.6).

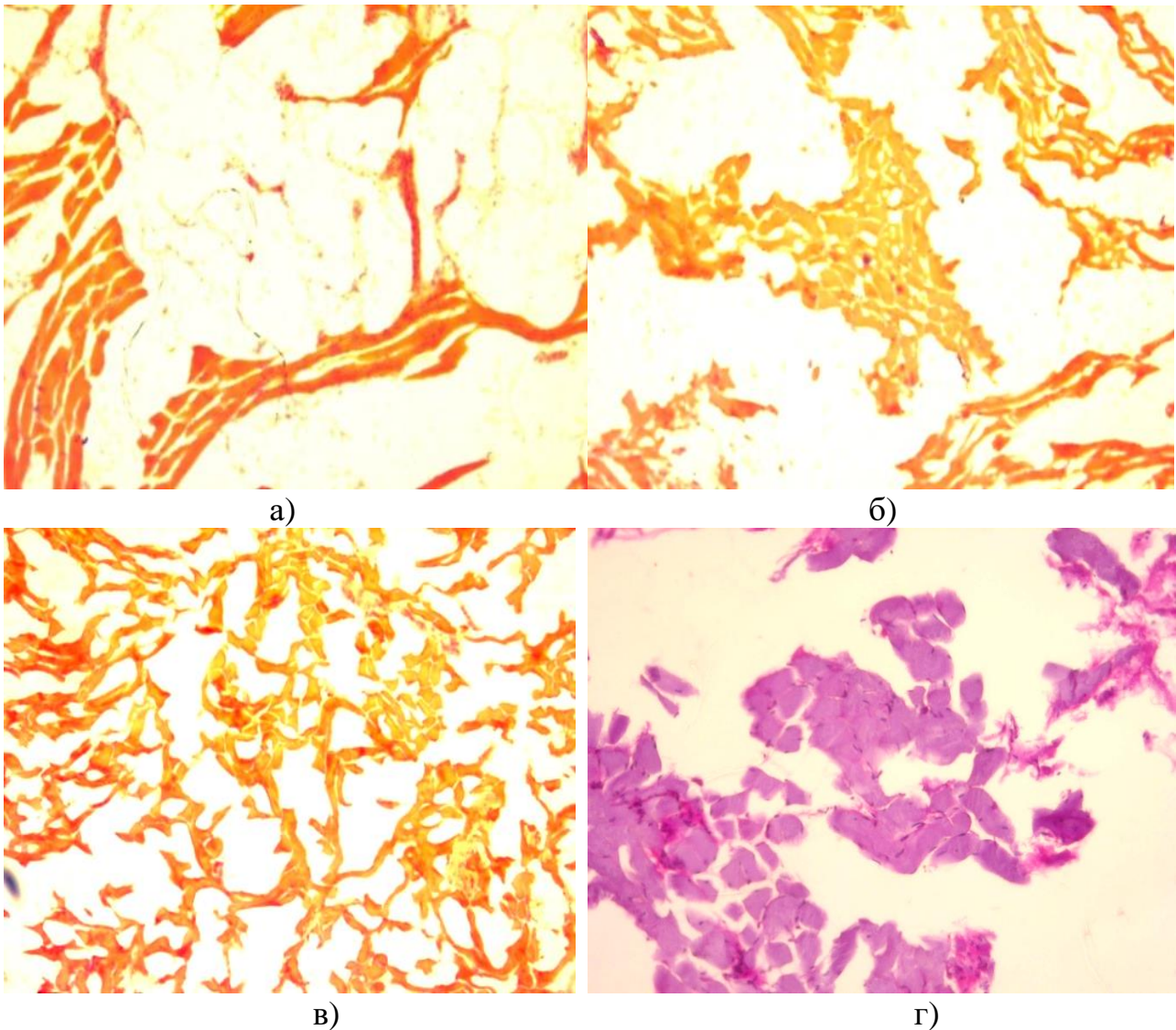


**Рисунок 3.6 – Зображення мікроструктури м'ясних модельних систем з використанням СККД до заморожування (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів): а) – ММС (контрольний зразок); б) – ММС з СККД1; в) – ММС з СККД2; г) – ММС з СККД3**

Під час аналізу заморожених ММС (рис. 3.7) встановлено, що у контрольного зразка м'язові волокна віддалено 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 СККД у ММС обумовлює дещо більш рівномірний розподіл вологи, меншу величину проміжків між волокнами (порівняно з контролним зразком – у (2,5...6,0) разів) та високий ступінь збереження м'язових волокон, що, вірогідно, свідчить про утворення менших кристалів льоду.





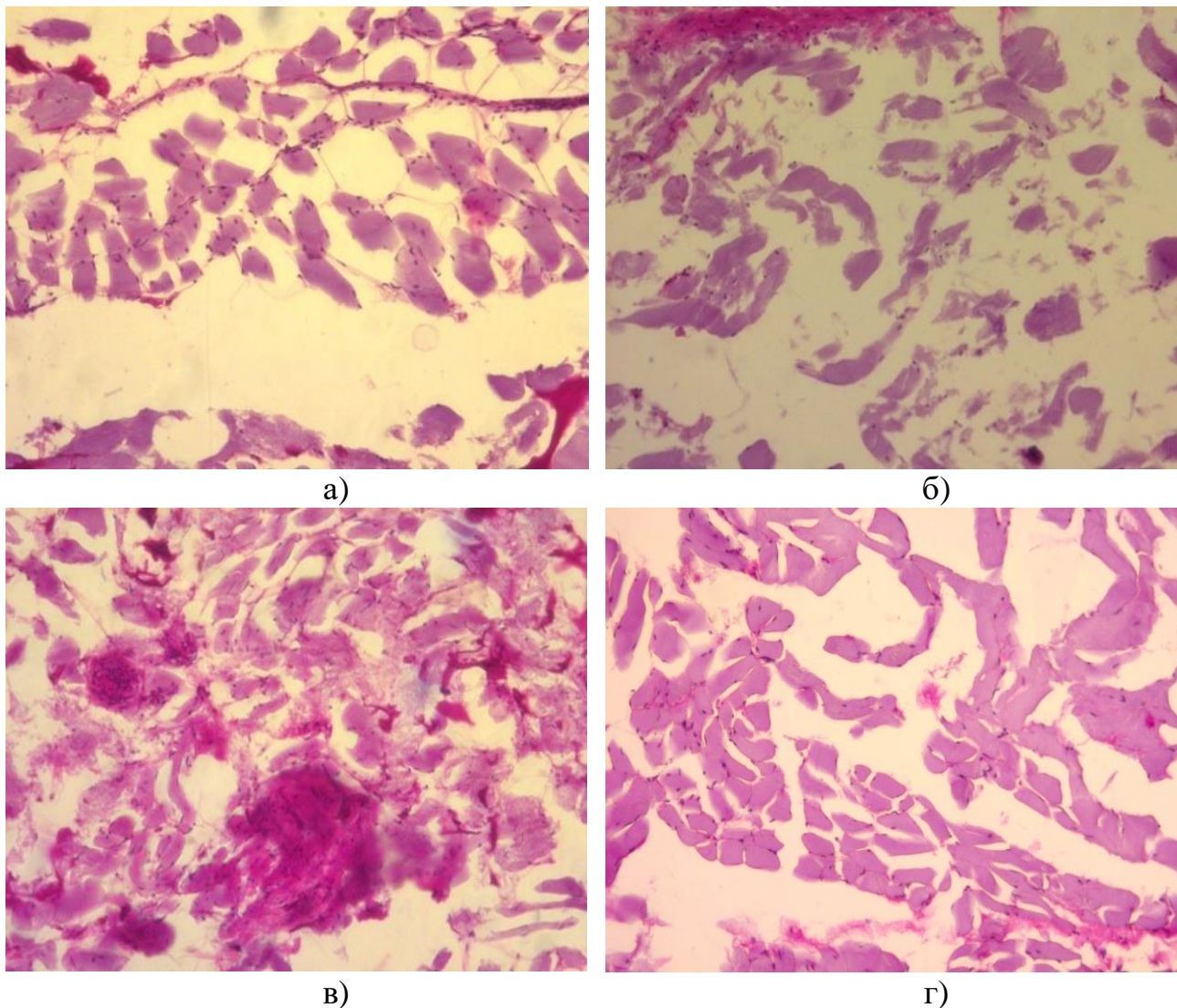
**Рисунок 3.7 – Зображення мікроструктури м'ясних модельних систем з використанням СККД заморожених (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів): а) – ММС (контрольний зразок); б) – ММС з СККД1; в) – ММС з СККД2; г) – ММС з СККД3**

Після заморожування – розморожування контрольний зразок наданий 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 поперкова та поздовжня смугастість (рис. 3.8).

Відмічено зниження інтенсивності забарвлення контрольного зразка, що ймовірно 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.

З використанням СККД у ММС після заморожування – розморожування спостерігалась добра збереженість м'язових волокон, зокрема сарколеми. Розміри проміжків між волокнами значно менші, ніж у контрольного зразка (~ в 2,0 рази).



**Рисунок 3.8 – Зображення мікроструктури м'ясних модельних систем з використанням СККД після заморожування – розморожування (забарвлення ШИК + гематоксилін; зб.×100 разів): а) – ММС (контрольний зразок); б) – ММС з СККД1; в) – ММС з СККД2; г) – ММС з СККД3**

Таким чином, проведені дослідження доводять, що використання СККД 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.



#### 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ НА СТАН ТА ФОРМИ ЗВ'ЯЗКУ ВОДИ, МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВИЙ РОЗПОДІЛ БІЛКІВ М'ЯСНИХ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ЗАМОРОЖУВАННЯ – РОЗМОРОЖУВАННЯ

Теоретичні та експериментальні дослідження з розробки технологій напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених напряду та опесердковано довели, що використання у їх складі композицій кріостабілізуючої дії дозволяє забезпечити стабільність м'ясних посічених систем у циклі «заморожування – зберігання – розморожування». Для перевірки на адекватність розробленої фізико-математичної моделі кристалізації, механізму дії ККД в м'ясних посічених системах, які за складом моделюють розроблені НМПЗ, досліджено стан і форми зв'язків води (на дериватографі Q-1500D) та методом ЯМР-радіоспектроскопії (ЯМР), теплофізичні показники ММС методом диференційної скануючої калориметрії (ДСК) та зміни молекулярно-масового розподілу та середньовагових мас білків дослідних зразків.

Термогравіметричним методом дослідження здійснено кількісну оцінку форм зв'язку вологи в ММС. Дослідження проводили на комплексному термоаналітичному пристрої – дериватографі Q1500D, за допомогою якого з великою точністю можна визначити всі кількісні зміни в зразках, що супроводжуються зменшенням ваги внаслідок видалення вологи під час термічного впливу. За допомогою чотириканального реєстру вального приладу дериватографа одночасно контролювали зміни температури (Т), зміни ваги (TG), швидкості зміни ваги (DTG) та швидкості зміни температури (DTA) досліджуваних зразків залежно від часу в діапазоні температури (15...180) °С за неізотермічних умов. Дослідження здійснювали для маси наважки зразків 500 мг за наступних режимів зняття дериватограм: чутливість гальванометру DTA – 250, гальванометру DTG – 500, гальванометру TG – 500, швидкість зміни температури нагрівання - 4 °С/60 с.

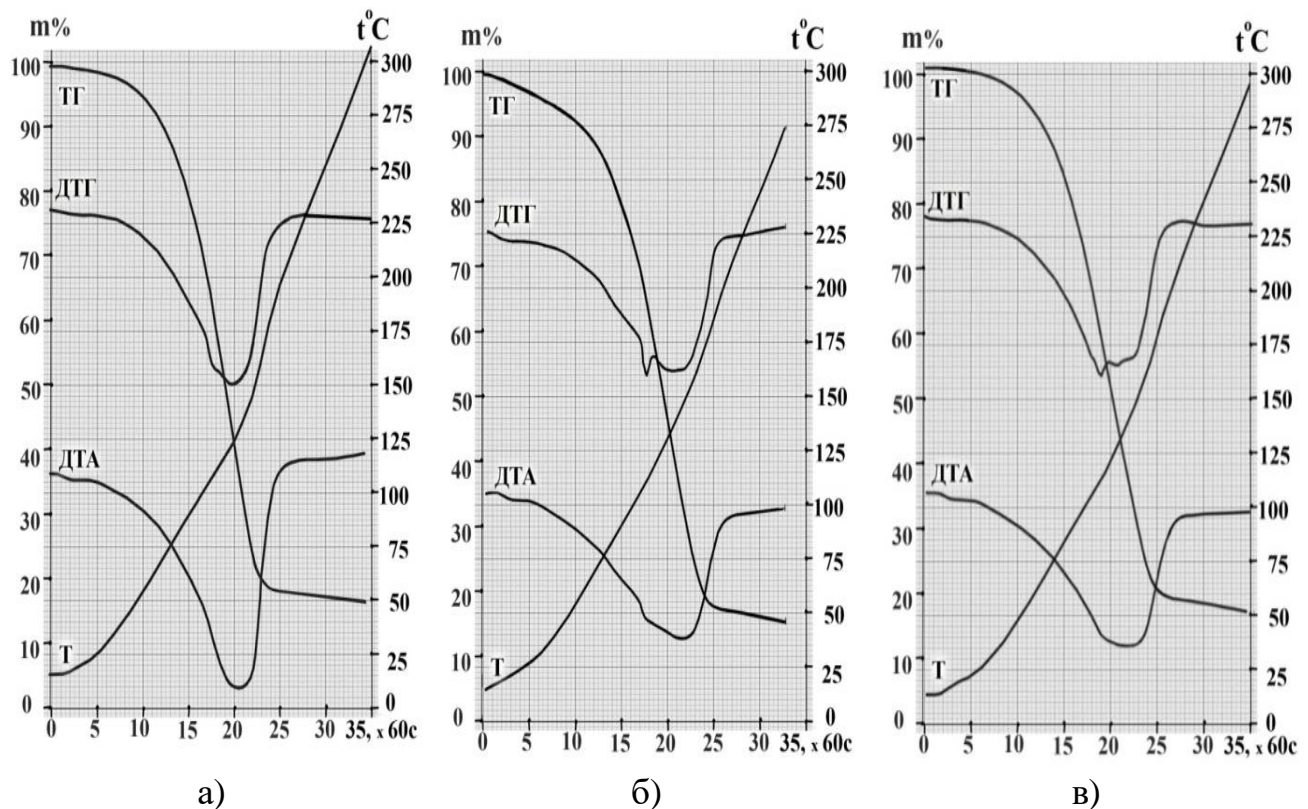
На основі кривої зміни TG, що відповідає процесу дегідратації, кривої температури Т будували залежність ступеня зміни маси від температури. Для цього на кривої TG через кожні 5 °С знаходили зміну маси зразка, що відповідає масовій частці видаленої вологи за температури Т, а також загальну масову частку вологи, яку визначили за кривою TG у кінці процесу кристалізації. Ступінь зміни маси розраховували за формулою:

$$\alpha = \frac{\Delta m_T}{m} \quad 4.1)$$

де  $\Delta m_T$  – зміна маси зразка за температури Т, мг;

$m$  – загальна масова частка вологи, що міститься в зразку, мг.

Порівняльний аналіз результатів кількісної оцінки форм зв'язку води в ММС, поданих на дериватограмах (рис. 4.1), дозволяє стверджувати, що втрати маси ММС із використанням ККД у разі нагрівання до температури 100°C є меншими порівняно з контрольним зразком на 18 % та 14 % за умов використання ККД(Е1) та СККД1 відповідно (унаслідок, з одного боку, денатурації й агрегації білкових макромолекул, а з іншого – виявлення вологостійкої здатності складових ККД).



**Рисунок 4.1 – Дериватограми ММС: а) – контрольний зразок; б) – із використанням ККД(Е1); в) – із використанням СККД1; Т – крива нагрівання; ТГ – зміна маси; ДТГ – диференціальна крива термічного аналізу швидкості зміни маси; ДТА – диференціальна крива термічного аналізу теплоємності**

Аналіз одержаних експериментальних даних дозволяє визначити, що в інтервалі температур 110...126°C спостерігаються ендотермічні піки, які відображають теплові процеси, що характеризують видалення води з різними формами зв'язку. Одержані результати корелюють з величинами теплових ефектів для температурного інтервалу процесу та узгоджуються з дослідженням рухливості молекул води ММС, яку визначено методом ЯМР [178] на імпульсному спектрометрі з робочою частотою 16 мГц. Сутність методу полягає у явищі резонансного поглинання енергії радіочастотного поля  $H_1$  з наступним визволенням цієї енергії після припинення дії поля  $H_1$ . Величина сигналу ЯМР пропорційна кількості резонуючих ядер у зразку. У даному спектрометрі ЯМР резонуючими ядрами є ядра водню – протони. Зразок, з речовиною дослідження, розташовується у радіочастотній котушці яка



знаходиться у сталому магнітному полі  $H_0$ . Під впливом радіочастотних імпульсів, що створюють поле  $H_1$ , збуджується система ядерних моментів зразка і виникає відгук системи у вигляді спінової луни. Прийнятий сигнал підсилюється і після відповідного перетворення відтворюється на екрані комп'ютера з автоматичним вимірюванням його амплітуди та виведенням середнього за кількома значеннями амплітуди сигналу.

У методиці використовується метод Хана, коли на зразок дослідження діють два імпульси з інтервалом часу  $\tau$ . Після їх дії у момент часу  $2\tau$  спостерігається сигнал луни, амплітуда якого визначається формулою:

$$A = A_0 \exp\left(-\frac{2\tau}{T_2}\right), \quad (4.2)$$

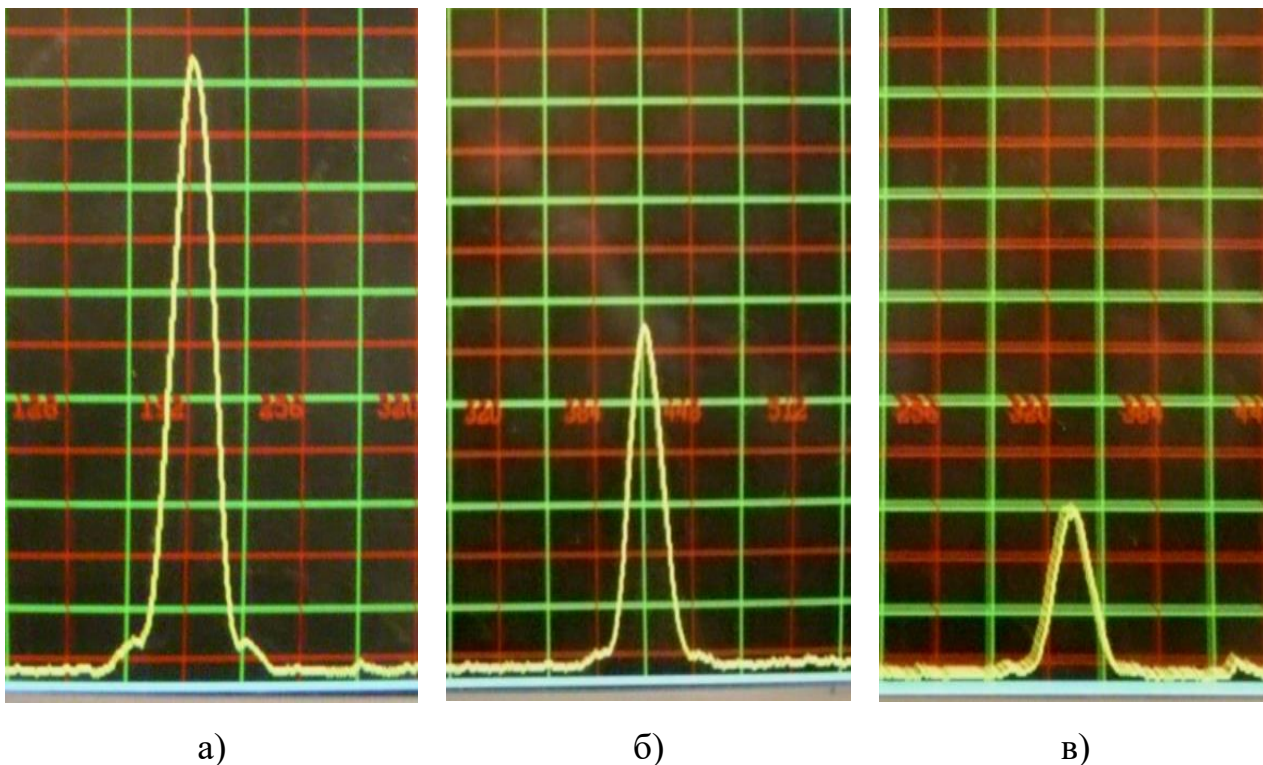
де  $\tau$  – інтервал між зондуючими імпульсами, с;

$T_2$  – час спін–спінової релаксації, с;

$A_0$  – максимальне значення сигналу спінової луни, що визначається кількістю резонуючих ядер у зразку, ум. од.

Визначивши величину сигналу спектрометра ЯМР для різних значень  $\tau$  можна оцінити стан вологи у зразку.

На рис. 4.2 наведено приклади відображення сигналу луни на екрані комп'ютера для значень  $\tau$  які поступово збільшувалися під час проведення вимірювань.



**Рисунок 4.2 – Відображення сигналу луна на екрані комп'ютера:**

**а -  $\tau$ максимальне; б -  $\tau$ середнє; в -  $\tau$ мінімальне**

Для дослідження використовували зразки (ММС), які одержували шляхом подрібнення м'яса яловичини приблизно однакової структури, на м'ясорубці з діаметром отворів решітки  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м. Зразки масою 100 г, однакової геометричної форми, піддавали заморожуванню – розморожуванню. З кожного зразка бралася проба, яку поміщали в ампулу об'ємом  $1 \text{ см}^3$ . Пробу відбирали з 3...10 різних місць та перемішування до досягнення однорідності. Температура зразків під час дослідження становила  $20,0 \pm 2$  °С. Обробку одержаних даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MathCad.

Отже, більш ретельну інформацію щодо форм зв'язку води можна отримати, ґрунтуючись на основних положеннях молекулярно-кінетичної теорії, до методів досліджень якої відноситься ЯМР-радіоспектроскопія. Під час аналізу даних ЯМР виходили з розуміння, що часи релаксації протонів води корелюють з так званою рухливістю молекул води, самодифузією. Чим більше величина  $T_2$ , тим ближче рухливість молекул води в системах до чистої дистильованої води. Утворення фізико-хімічних або хімічних зв'язків води з іншими компонентами системи відображаються на різкій зміні часу  $T_2$ . Крім того, під час аналізу результатів ЯМР враховували, що виміряні часи  $T_2$  характерні для деякої усередненої молекулярної фракції водного середовища та відображають загальну (для більшості молекул) тенденцію зміни рухливості.

У табл. 4.1 наведено результати дослідження впливу заморожування – розморожування на час спін-спінової релаксації ММС із використанням ККД.

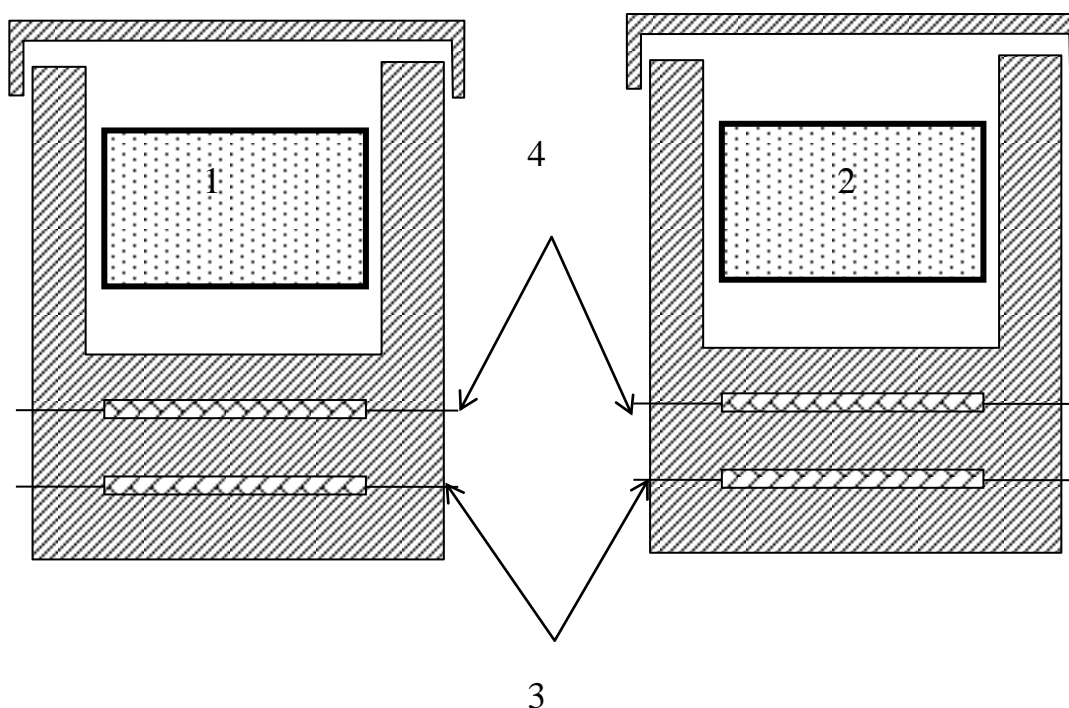
**Таблиця 4.1 – Тривалість спін-спінової релаксації ММС (n=5, P≥0,95)**

| ММС                      | Рухливість молекул води ( $T_2 \cdot 10^3$ ), с |                                      |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
|                          | до заморожування                                | після заморожування – розморожування |
| ММС (контрольний зразок) | 77  | 97                                   |
| ММС з ККД(Е1)            | 51  | 52                                   |
| ММС з СККД1              | 61  | 63                                   |

Встановлено, що час спін-спінової релаксації ММС із використанням ККД за величиною знаходиться фактично в одному діапазоні порівняно з ММС, які не піддавали заморожуванню; а зниження рухливості молекул води ММС (в 1,5 та 1,9 рази за використання ККД(Е1), в 1,3 та 1,5 рази за використання СККД1 до та після заморожування – розморожування відповідно) є наслідком активізації гідратаційних процесів та утворення нових фізико-хімічних зв'язків води з компонентами системи. Експериментально підтверджено, що додавання ККД до складу ММС не тільки зв'язує частину води, зменшуючи її рухливість, але й впливає на характер льодоутворення, що виявляється у пластифікуючій та стабілізуючій дії, а також впливає на теплофізичні показники, одержані методом ДСК.

Визначення енергетичних (ентальпійних) змін в м'ясних модельних системах за допомогою диференціальної скануючої калориметрії, засноване на нагріванні (охолодженні) зразка і еталона із заданою швидкістю зі збереженням їх температур і вимірювання компенсуючого теплового потоку, що підтримує температуру зразка в межах заданої програми. Експериментальні криві являють собою залежності теплового потоку від температури.

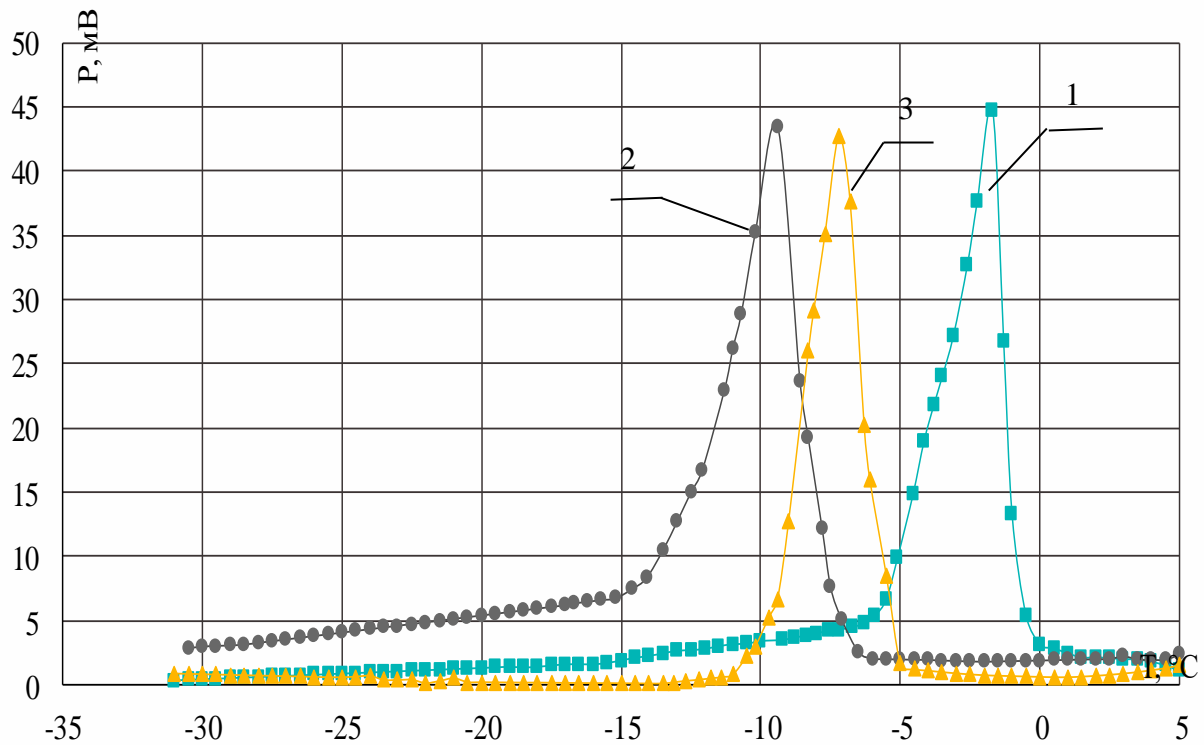
Прилад ДСК має індивідуальні нагрівачі для калориметричних камер зразка і еталона, при цьому використовується принцип збалансованого нуля за рахунок наявності двох контурів нагрівання для середньої і диференціальної температур (рис. 4.3). Перший з контурів забезпечує зміну температури зразка і еталона із заданою програмним пристроєм постійною швидкістю, а другий під час протікання в зразку процесів, що супроводжуються ендо- або екзотермічними ефектами, автоматичним регулюванням сили струму нагрівача усуває відмінність в температурах між зразком і еталоном. Кількість теплоти в одиницю часу (тепловий потік), необхідне для цього  $dQ/dt$ , фіксується як функція температур.



**Рисунок 4.3 – Принципова схема ДСК: 1 - зразок; 2 – еталон;  
3 – нагрівачі; 4 – датчики**

В розвиток фізико-математичної моделі кристалізації в м'ясних системах методом ДСК (рис. 4.4) підтверджено зміни температур фазових переходів ММС із використанням ККД, а саме зниження температури максимальної швидкості кристалізації (плавлення) у 5,5 разів для ММС з ККД(Е1) та у 4,3 рази для ММС з СККД, зростання значення криоскопічного інтервалу температур на 17,6 % для ММС з ККД(Е1) та на 7,8% для ММС з СККД1 порівняно з контрольним зразком.

Важливими з огляду на підтвердження кріостабілізуючих властивостей розроблених композицій та підтвердження механізму забезпечення технологічної стабільності ММС з використанням ККД досліджено вплив заморожування – розморожування на молекулярно-масовий розподіл систем «NaКМЦ – білки саркоплазматичні», «NaКМЦ – білки міофібрилярні», у складі яких NaКМЦ як типовий представник харчових гідроколоїдів полісахаридної природи демонструє роль основних складових ККД у процесах кріостабілізації.



**Рисунок 4.4 – ДСК-термограми ММС: 1 – контрольний зразок; 2 – ММС з використанням ККД(Е1); 3 – ММС з використанням СККД1**

Молекулярно-масовий розподіл саркоплазматичних та міофібрилярних білків м'ясних та систем NaКМЦ, «NaКМЦ – білки саркоплазматичні», «NaКМЦ – білки міофібрилярні» вивчали шляхом розділення речовин центрифугуванням в комбінованому градієнті густини солей NaCl ( $\rho = 1,03...2 \text{ г/см}^3$ ) і CsCl ( $\rho = 1,03...2$  та  $1,4...6 \text{ г/см}^3$ ) [179]. Використовували центрифугу "SpincoL-5" за умов:  $n = 30000 \text{ об/хв}$ , бакет-ротор з пробірками об'ємом 5мл та 13,5 мл; 4...19 год. Як стандарти використовували декстрини фірми Fluka з молекулярними масами 20000, 40000, 70000, 110000, 500000, 1000000, 2000000. Після центрифугування відбирали проби (об'єм фракції – 1 мл), в яких визначали вміст білка за методом Bradford [180], вуглеводів – фенол-сірчанним методом [181]. Це дозволило одержати значення молекулярних мас окремих фракцій та побудувати криві молекулярно-масового розподілу (ММР). По осі X відкладали номер фракції, а по осі Y – інтенсивність поглинання світла з  $\lambda = 590 \text{ нм}$  з визначенням у пробі білка та з  $\lambda = 490 \text{ нм}$  – вуглеводів [181].

Середньовагову молекулярну масу ( $\bar{M}_m$ ) розраховували за формулою:

$$\bar{M}_m = \frac{\sum M_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (4.3)$$

де  $n_i$  – масова частка речовини з цією молекулярною масою  $M_i$ , %;  
 $M_i$  – величина молекулярної маси.

Результати моніторингу MMP саркоплазматичних та міофібрилярних білків (табл. 4.2) підтверджують, що після заморожування – розморожування середньовагова молекулярна маса саркоплазматичних білків збільшується в 1,04 рази (з 83185 до 83865), міофібрилярних – в 1,07 рази (з 280980 до 300210), що є доказом уповільнення процесів денатурації та агрегації білкових макромолекул.

**Таблиця 4.2 – Молекулярно-масовий розподіл NaKMЦ та систем «саркоплазматичні білки – NaKMЦ», «міофібрилярні білки – NaKMЦ» (n=5...10, P≤0,95)**

| Фракції,<br>м.м*  | NaKMЦ | Вміст фракцій, %                         |                                      |                                       |                                      |
|---|-------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|   |       | Системи «NaKMЦ – білки саркоплазматичні» |                                      | Системи «NaKMЦ – білки міофібрилярні» |                                      |
|   |       | до заморожування                         | після заморожування – розморожування | до заморожування                      | після заморожування – розморожування |
| 15000   | 13,0  | 10,3                                     | 10,1                                 | 1,4                                   | 0,8                                  |
| 20000   | 44,9  | 13,8                                     | 13,9                                 | 2,3                                   | 1,4                                  |
| 40000   | 12,7  | 14,9                                     | 13,6                                 | 9,2                                   | 7,4                                  |
| 70000   | 22,1  | 25,7                                     | 26,1                                 | 15,1                                  | 14,5                                 |
| 110000  | –     | 31,3                                     | 32,6                                 | 24,6                                  | 27,0                                 |
| 500000  | 7,3   | 3,9                                      | 3,4                                  | 47,0                                  | 47,2                                 |
| 1000000   | –     | 0,1                                      | 0,3                                  | 0,4                                   | 1,3                                  |
| 2000000   | –     |  |                                      |                                       | 0,4                                  |
| Всього  | 100,0 | 100,0                                    | 100,0                                | 100,0                                 | 100,0                                |
| Середньовагова молекулярна маса, Mw                     | 67980 | 83185                                    | 83865                                | 280980                                | 300210                               |
| Збільшення Mw, в n рази, порівняно з системою без NaKMЦ | –     | –  | 1,01                                 | –                                     | 1,07                                 |

Примітка:\* наведено молекулярні маси маркерів

Методом дослідження ММР та середньовагових молекулярних мас саркоплазматичних та міофібрилярних білків доведено уповільнення агрегації білкових молекул у складів ММС з використанням ККД, що є результатом їх кріостабілізуючої дії.

Встановлено, що після заморожування – розморожування середньовагова молекулярна маса саркоплазматичних білків у складі ММС з використанням ККД збільшується у 1,01 рази, міофібрилярних – 1,07 рази (проти 1,04 рази та 1,34 рази для контрольного зразка).

Слід відмітити перерозподіл окремих фракцій білків після заморожування – розморожування. Так, для саркоплазматичних білків спостерігається незначне зменшення фракцій з молекулярною масою від 15000 до 40000 та збільшення фракцій з молекулярною масою від 110000 до 1000000. Аналогічні за спрямованістю, але інші за абсолютними значеннями спостерігаються зміни й фракцій міофібрилярних білків: слід відмітити суттєве підвищення фракції з молекулярною масою 1000000 (з 0,4% до 1,3%), появу після заморожування – розморожування фракцій з молекулярною масою 2000000 (0,4%), що свідчить про більш високий рівень їх термолабільності. Разом з тим використання NaКМЦ дозволяє зменшити інтенсивність денатураційних та агрегаційних процесів білкових молекул, що є позитивним з огляду на відновлення первинних властивостей м'ясної сировини після низькотемпературної обробки.

З урахуванням одержаних результатів дослідження та ґрунтуючись на основних теоретичних положеннях заморожування харчових систем, доведено, що використання ККД сприяє забезпеченню колоїдної стабільності білків м'яса за рахунок утворення додаткових поверхонь поділу фаз як «механічних перешкод» рушійному фронту кристалоутворення, зменшує рухливість молекул води, забезпечує формування дрібних кристалів льоду на етапі заморожування, а після зберігання та розморожування – відновлює первинні властивості м'ясної сировини, що в цілому дозволяє інтенсифікувати технологічний процес їх виробництва, розширити асортимент і сформувати нові споживні властивості продукції.

## ВИСНОВКИ

Досліджено вплив заморожування – розморожування на теплофізичні показники м'ясних посічених систем з використанням ККД. Встановлено, що для ММС з використанням ККД характерно зниження температури максимальної швидкості кристалоутворення (плавлення), частки вологи, що змінює свій агрегатний стан в кріоскопічному інтервалі температур, зростання значення кріоскопічного інтервалу температур як під час заморожування, так і при розморожування, що за одночасного зменшення питомої теплоти фазового переходу в кріоскопічному інтервалі температур порівняно з контрольним зразком підтверджує наявність їх кріостабілізуючих властивостей.

Доведено, що використання ККД забезпечує збільшення масової частки розчинних білків (на 4...6 % порівняно з контрольним зразком), збереження масової частки міофібрилярних білків, високі функціонально-технологічні властивості ММС після заморожування – розморожування: ВЗЗ та ЖУЗ залишаються вище порівняно з контролем у (1,2...1,5) та 1,2 рази відповідно; втрати маси під час заморожування – розморожування зменшуються у (1,6...2,8) рази, під час теплової обробки – в (1,2...1,5) рази порівняно з контрольним зразком. За умов використання ККД масова частка розчинних білків збільшується на (4...6) % порівняно з контрольним зразком, зберігається масова частка міофібрилярних білків.

Досліджено, що використання ККД, властивості яких, більшою мірою, виявляються в корегуванні властивостей дисперсного середовища ММС, дозволяє забезпечити зворотність їх структурно-механічних показників зразків за впливу заморожування – розморожування. Так, після заморожування – розморожування за використання ККД спостерігається підвищення відношення частки зворотної деформації до загальної з 0,52 до 0,46...0,91, зниження показника умовно миттєвого модуля пружності в (1,1...1,2) рази (для контрольного зразку в 1,3 рази), підвищення в'язкості – з  $4,9 \times 10^7$ , Па·с (контрольний зразок) до  $8,2 \times 10^7$ , Па·с (для ККД(E1)),  $7,2 \times 10^7$ , Па·с (для ККД(E2)),  $8,1 \times 10^7$ , Па·с (для СККД).

Результати вивчення мікроструктурних показників доводять, що використання ККД у ММС сприяє збереженню цілісності структури сарколеми м'язових волокон, утворенню більш дрібних та рівномірно розподілених кристалів льоду (під час заморожування).

Встановлено, що після заморожування – розморожування за використання ККД у складі ММС збільшується середньовагова молекулярна маса саркоплазматичних білків з у 1,01 рази, міофібрилярних – 1,07 рази (проти 1,04 рази та 1,34 рази для контрольного зразка), знижується рухливість молекул води в (1,5...1,9) рази, змінюються температури фазових переходів, зменшуються втрати маси у разі нагрівання до температури 100 °С на (14...18) % порівняно з контрольним зразком, що

підтверджує адекватність розробленої фізико-математичної моделі кристалізації.

На підставі комплексного вивчення фізико-хімічних, структурно-механічних, теплофізичних та функціонально-технологічних характеристик ММС визначено раціональний вміст ККД у складі НМПЗ, який складає для ККД(Е1) – (10...20) %, для ККД(Е2) – (0,5...0,8) %, для СККД – (1,5...4,0) %.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лишиленко В. І. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка : навч. пос. / В. І. Лишиленко – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – С. 226–228.
2. Жаринов А. И. Курс I. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты / А. И. Жаринов, О. В. Кузнецова, Н. А. Черкашина; под ред. М. П. Воякина // Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин Технолоджиз Интернэшнл» (США). – М. : ИТАР-ТАСС, 1994. – 160 с.
3. Рогов И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин – М. : Колос, 2000. – 367 с.
4. Журба І. О. Розвиток виробництва м'ясопродукції на підприємствах переробної промисловості : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук : спец. 08.07.02 «Економіка сільського господарства і АПК» / І. О. Журба. – Дніпропетровськ, 2002. – 16 с.
5. Рогов И. А. Биотехнология мяса и мясопродуктов: курс лекций / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, Л. А. Текутьева, Т. А. Шепель. – М. : ДеЛипринт, 2009. – 296 с.
6. Салаватулина Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р. М. Салаватулина. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 256 с.
7. Эванс Дж.А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация [пер. с англ.] / Дж. А. Эванс. – СПб. : Профессия, 2010. – 440 с.
8. Замораживания мяса в полутушах [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://uash.com.ua/meat/10-freezing.html>.
9. Заморозка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://v-eda.info/index.php/shcool/minus/killfood/ice>
10. Быстрозамороженные продукты питания // Мясные технологии. – 2006. – №9. – С. 32–33.
11. Куликовская Л. В. Замороженные продукты для сети быстрого питания / Л. В. Куликовская, Э. М. Шаройко // Мороженные и быстрозамороженные продукты. – 2004. – №3,4. – С. 26–27.
12. Тонков А. Л. Тенденции рынка замороженной продукции / А. Л. Тонков // Мясные технологии. – 2006. – №3. – С. 46–47.
13. Рынок замороженных полуфабрикатов в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rb.com.ua/rus/marketing/tendency/8676>.
14. Обзор рынка полуфабрикатов. Замороженные полуфабрикаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://meatbusiness.ua>.
15. Статистичний аналіз ринку заморожених продуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.radakmu.org.ua/file/zvit\\_Bartkovskogo.doc](http://www.radakmu.org.ua/file/zvit_Bartkovskogo.doc).

16. Обзор рынка замороженных готовых полуфабрикатов: тенденции на рынке, основные производители [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.koloro.com.ua>.
17. Огляд ринку напівфабрикатів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.souz-inform.com.ua>.
18. Смирнов М. Н. Состояние и перспективы развития производства мясных полуфабрикатов / М. Н. Смирнов, М. Х. Исаков // Мясные технологии. – 2006. – №5. – С. 4–9.
19. Соколов А. Рынок полуфабрикатов Украины / А. Соколов // Мясной бизнес. – 2011. – №10. – С. 68–72.
20. Шаробайко В.І Бохімія продуктів холодильного консервування. – М. : Агропромиздат. – 1991. – 255 с.
21. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов : [пер. с венг.] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
22. Филиппов В. И. Холодильная технология пищевых продуктов / В. И. Филиппов, М. И. Кременевская, В. Е. Куцакова. – СПб. : ГИОРД, 2008. – 576 с.
23. Радешпиль Э. Техника и технология заморозки / Э. Радешпиль, Х. Шлойзенер, Х. Зилафф // Мясо-молоко. – 2003. – № 3. – С. 10–17.
24. Хвьяля С. И. Определение качества и оценка сроков хранения замороженного мясного сырья / С. И. Хвьяля, С. С. Бурлакова // Мясной бизнес. – 2010. – № 4 (88). – С. 38–41.
25. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 383 с.
26. Смирнов М. Н. Быстрозамороженные продукты питания / М. Н. Смирнов, М. Х. Исаков // Мясные технологии. – 2006. – №9. – С. 32–34.
27. Філіппов М. В. Сучасний стан та проблеми функціонування ринку м'ясної продукції в Україні / М. В. Філіппов // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечнікова : зб. наук. пр. – 2013. – Вип. 2/1, т. 18. – С. 183–187.
28. Комарова Т. В. Виробництво та споживання заморожених напівфабрикатів в Україні та світі [Електронний ресурс] / Т. В. Комарова. – Режим доступу : <http://www.sworld.com.ua/konfer32/1001.pdf>.
29. Пічкур Т. Стан українського ринку м'яса і м'ясопродуктів / Т. Пічкур, Г. Бандуренко, Д. Засекін // Товари і ринки. – 2011. – № 2. – С. 46–52.
30. Про соціально-економічне становище України за 2010 рік [Електронний ресурс] / Державний комітет статистики України. – Режим доступу : [http://ukrstat.org/uk/druk/soc\\_ek/2010/publ122010\\_u.html](http://ukrstat.org/uk/druk/soc_ek/2010/publ122010_u.html).
31. Про соціально-економічне становище України за 2011 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

32. Про соціально-економічне становище України за 2012 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
33. Про соціально-економічне становище України за 2013 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
34. Про соціально-економічне становище України за січень-червень 2014 року [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
35. Данилова Н. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов : учебное пособие / Н. С. Данилова. – М. : КолоС, 2008. – 28 с.
36. Масліков М. М. Сучасні способи холодильного оброблення м'ясопродуктів / М. М. Масліков // Мясное дело. – 2005. – №4. – С. 32–33.
37. Is there «Bound Water» in Foods? [Electronic resource]. – Available at : <http://www.aqualab.com/education/is-there-bound-water-in-foods>.
38. Пат. 41167 Україна, МПК А 23 L 1/05. М'ясний напівфабрикат швидкого заморожування / Віннікова Л. Г., Глушков О. А., Поварова Н. М. ; заявитель и патентообладатель ОНАХТ. – № 200813726 ; заявл. 28.11.08 ; опубл. 12.05.09, Бюл. №9. – 3 с.
39. Kovačević D. Cryoprotective Effect of Polydextrose on Chicken Surimi / Dragan Kovačević, Krešimir Mastanjević, Jasna Kordić // Czech J. Food Sci. – 2011. – Vol. 29, № 3. – P. 226–231.
40. Kovačević D. Cryoprotective Effect of Trehalose and Maltose on Washed and Frozen Stored Beef Meat / Dragan Kovačević, Krešimir Mastanjević // Czech J. Food Sci. – 2011. – Vol. 29, № 1. – P. 15–23.
41. Фурин М. В. Разработка рецептур и технологии замороженных полуфабрикатов на мясной основе нутриентоадекватных специфике здорового питания детей дошкольного возраста : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Фурин Михаил Владимирович. – М., 2005. – 126 с.
42. 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.
43. 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.
44. Актуальные проблемы длительного хранения мяса в замороженном виде [Электронный ресурс] / В. И. Криштафович, Д. В. Криштафович, Е. В. Кавунова, И. Ю. Суржанская. – Режим доступа : <http://www.rosreserv.ru>.

45. Varnam A. Meat and Meat Products: Technology, Chemistry and Microbiology / A. Varnam, P. Jane // Sutherland Technology & Engineering. – 1995. – № 5. – 416 p.
46. 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.
47. Алиев М. С. Разработка интенсивной технологии мясных замороженных кусковых полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Алиев Микаэль Сергеевич. – М., 2009. – 196 с.
48. Шарпе А. А. Разработка технологии быстрозамороженных полуфабрикатов из замороженного мясного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Шарпе Анна Александровна. – Одесса, 2012. – 154 с.
49. Глушков О. А. Усовершенствование технологии производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Глушков Олег Анатольевич. – Одесса, 2010. – 142 с.
50. Масліков М. М. Технологія холодильного оброблення м'яса та м'ясопродуктів // Мясное дело. – 2010. – № 6. – С. 20–22.
51. Prabhu G. Use of Cryoprotectants for Mechanically Deboned Pork / Gitanjali Prabhu, Joseph G. Sebranek // Animal Science, Food Science and Human Nutrition. – 2010. – Vol. 14, № 2. – P. 47–53.
52. Dziomdziora M. Crioprotection of pork / Marcin Dziomdziora, Lucjan Krala // Polish journal of food and nutrition sciences. – 2006. – Vol. 15/56, № 1. – P. 23–27.
53. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підручник / [М. М. Клименко та ін.]. – К. : Вища освіта, 2006. – 640 с.
54. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов : монография / [Перцевой Ф. В., Савгира Ю. А., Фощан А. Л. и др.]. – Х. : ХГАТОП, 1998. – 177 с.
55. Смоляр В. И. Рациональное питание / В. И. Смоляр. – К. : Наук. думка, 1991. – 386 с.
56. Ковальчук В. А. Тваринництво та м'ясопереробка: сучасні методи / В. А. Ковальчук // Мясной бизнес. – 2015. – №2. – С. 65–67.
57. Дианова В. Т. Комбинированные мясные и молочные продукты с регулируемыми функциональными свойствами: Обзорная информация / В. Т. Дианова, С. Г. Зареченская. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1989. – 40 с.
58. Мазуренко О. В. Ефективність концентрації виробництва яловичини і свинини / О. В. Мазуренко // Вісник аграрної науки. – 2013. – №10. – С. 77–78.
59. Новое в науке о мясе / [Ивашов В. И., Рогцупкин В. И., Апраксина С. К. и др.]. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1992. – 20 с.
60. Матюхина З. П. Основы физиологии питания, микробиологии, гигиены и санитарии: учебник для нач. проф. образования / З. П. Матюхина. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с.

61. Агаджанян Н. А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н. А. Агаджанян, А. В. Скальный. – М. : Медицина, 1999. – 69 с.
62. Нечепуренко К. Б. Технологія виробів м'ясних посічених з використанням термостабільної пружної емульсії на основі натрію альгінату : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Нечепуренко Кристина Борисівна. – Харків, 2018. – 370 с.
63. Производство полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд / [И. А. Рогов и др.]. – М. : Колос, 1997. – 336 с.
64. Основы здорового питания : пособие по общей нутрициологии / [Рудаков И. А., Нотова С. В., Бурцева Т. И. и др.]. – Оренбург : ГОУОГУ, 2005. – 117 с.
65. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность / Л. А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Б. П. Суханов, Г. А. Гореликова. – М. : Издательство «Гиорд», 2012. – 127 с.
66. Сложенкина М. И. Разработка технологии мясных изделий с использованием растительных белково-углеводных комплексов и биологически активных веществ / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2015. – 254 с.
67. Салаватулина Р. М. Изменение функциональных свойств фарша вареных колбасных изделий, содержащих молочные и соевые белки / Р. М. Салаватулина, С. А. Алиев, В. Н. Любченко // Обзорная информация. Сер. Мясная промышленность. – М. : ЦНИИТЭИ мясомолпром, 1984. – С. 26–32.
68. Katsaras K. The microstructure of frankfurter-type sausages as observed under the scanning and transmission electron microscope / K. Katsaras, R. Stenzel // Fleischwirtschaft. – 1984. – Vol. 64, № 8. – P. 951–952.
69. Kramlich C. Sausage products / C. Kramlich // The Science of meat and meat products / ed. by Price J. F. and Shaveiger B. S. – 1986. – Vol. 19. – P. 326–359.
70. Rivas R. Europe a tour through tradition and technology / R. Rivas, D. Osland // Meat Industry. – 1983. – Vol. 29, № 9. – P. 24–31.
71. Thedens P. Emylgatoren und emulgierende Kutterhcefsmittel fur die Herstellung von Bruhwurst / P. Thedens // Die Fleisherei. – 1984. – Vol. 35, № 2. – P. 118–119.
72. Winter F. F. Zusatzstoffe fur die Wurstwarenproduction/ F. F. Winter // Die Fleischerei. – 1982. – v. 33. – №5. – P. 305–306.
73. Schut J. Meat emulsions // Food emulsions / Ed. Friberg S. New-York: Marcel Dekker, 1976. – P. 385–451.
74. Eerd L.-P. Van. Meat emulsion, stability, influence of Hydrophilic lipophilic balance, salt concentration and blending with surfactants // J. of Food Sci. – 1971.36. – № 7. – P. 1121–1124.
75. Krog N. Food Emulsion / N. Krog, K. Larsson, S. Friberg. – New-York : Marcel Dekker, 1990. – P. 127.

76. Журавская Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. М. Отряшенкова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.
77. Баранов В. С. Технология производства продукции общественного питания / В. С. Баранов, А. И. Мглинец, Л. М. Алешина. – М. : Экономика, 1986. – 400 с.
78. Кругляков Г. Н. Товароведение продовольственных товаров : учебник / Г. Н. Кругляков, Г. В. Круглякова. – Ростов Н/Д : Издательский центр «Март», 2001. – 488 с.
79. Дмитриенко О. Про м'ясні напівфабрикати / О. Дмитриенко // М'ясні технології світу. – 2016. – № 5/6. – С. 97.
80. Сирохман І. В. Товарознавство продовольчих товарів : підручник / І. В. Сирохман, І. М. Задорожний, П. Х. Пономарьов. – К. : Лібра, 2007. – 600 с.
81. Сирохман І. В. Товарознавство м'яса і м'ясних товарів / І. В. Сирохман, Т. М. Раситюк. – Київ, 2004. – 382 с.
82. Габрієльянс М. А. Товарознавство м'ясних і рибних товарів : підручник / М. А. Габрієльянс, А. П. Козлов; 5 вид. – К. : Економіка, 2016. – 408 с.
83. Хоменко В. І. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва / В. І. Хоменко. – К. : Сільгоспосвіта, 1995. – 716 с.
84. Терягин Б. В. Молекулярное притяжение конденсированных тел / Б. В. Терягин, И. И. Абрикосова, Е. М. Лифшиц // Успехи физических наук. – Т. 64, вып. 3. – с. 493–528.
85. Гончаров Г. І. Технологія первинної переробки худоби і продуктів забою : навч. посіб. / Г. І. Гончаров. – К. : НУХТ, 2003. – 160 с.
86. Якубчак О. М. Виготовлення ковбас і м'ясних продуктів / О. М. Якубчак, В. І. Хоменко, Р. І. Кравців. – К. : Бібліотека ветеринарної медицини, 1999. – 122 с.
87. Сирохман І. В. Товарознавство продовольчих товарів / І. В. Сирохман, І. М. Задорожний, П. Х. Пономарьов. – К. : Лібра, 1997. – 632 с.
88. Заяс Ю. Ф. Качество мяса и мясопродуктов / Ю. Ф. Заяс. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 480 с.
89. Рогов І. А. Виробництво ковбас і м'ясних делікатесів / І. А. Рогов, А. І. Жаринов. – М. : Профіздат, 1994. – 210 с.
90. Соколов А. А. Фізико-хімічні і біохімічні основи технології м'ясопродуктів / А. А. Соколов. – М. : Харч. пром-сть, 1995. – 145 с.
91. Пчелкина В. А. Разработка микроструктурных методов идентификации растительных компонентов в мясном сырье и готовых продуктах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов» / В. А. Пчелкина. – М., 2010. – 16 с.

92. Кузнецова Т. Г. Научно-практические основы структурообразования мясопродуктов из сырья различного качества в условиях направленных биотехнологических воздействий : дис. ... д-р вет. наук : 16.00.02 / Кузнецова Татьяна Георгиевна. – М., 2007. – 402 с.
93. Фролов Ю. Г. Энтропийный фактор агрегативной устойчивости ионностабилизированных коллоидных систем / Ю. Г. Фролов // Доклад АН СССР. – 1985. – Т. 283, № 4. – С. 942–946.
94. Духин С. С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем / С. С. Духин. – К. : Наук думка, 1975. – 248 с.
95. Ребиндер П. А. Избранные труды: Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1979. – 382 с.
96. Козин Н. И. Применение эмульсий в пищевой промышленности / Н. И. Козин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 250 с.
97. 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.
98. Консалтинговое агенство «Market Advice». Популярность соевых белков: итоги опроса технологов мясоперерабатывающих предприятий России // Мясная индустрия. – 2002. – № 11. – С.31–34
99. Hoogenramp H. W. Vegetable protein. Interactive technology and marketing for meat, poultry and lifestyle foods [Electronic resource] / H. W. Hoogenramp // Protein Technol. Intern. Inc. – 1998. – Available at : <http://www.henkhoogenkamp.com>.
100. Зимин Ю. Б. Применение немецких пищевых фосфатов при изготовлении мясных продуктов / Ю. Б. Зимин, Б. П. Лукачевский, И. В. Куцый // Все о мясе. – 2000. – № 32. – С. 3–4.
101. Куприянов В. А. Особенности использования концентратов животного белка при производстве мясных продуктов / В. А. Куприянов, А. Н. Смодлев // Мясная индустрия. – 2000. – № 7. – С. 43–45.
102. Токаев Э. С. Производство продуктов повышенной пищевой ценности с использованием эмульсий / Э. С. Токаев, И. А. Рогов. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1988. – 32 с.
103. Рогов И. А. Новые тенденции развития технологий производства мясных продуктов с точки зрения адекватного питания / И. А. Рогов, Э. С. Токаев, Ю. А. Ковалев // Мясная индустрия СССР. – 1987. – № 3.
104. 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.
105. Садовой В. В. Разработка научных принципов проектирования состава и совершенствования технологии многокомпонентных мясных изделий с использованием вторичных ресурсов пищевой промышленности :

дис. ... д-р техн. наук : 05.18.04 / Садовой Владимир Всеволодович. – Ставрополь, 2007. – 429 с.

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

107. Паньшин С. С. Усовершенствование метода глубокого замораживания семени быка с использованием комплексонатов, аминокислот и витаминов : дис. .... канд. биол. наук : 03.00.13 / Паньшин Сергей Сергеевич. – Дубровцы, 2003. – 120 с.

108. Пелевина, К.А. Влияние фосфолипидов на качество булочных изделий из замороженного дрожжевого слоеного теста : дис. .... канд. техн. наук : 05.18.15 / Пелевина Кира Александровна. – СПб., 2007. – 180 с.

109. 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.

110. Пушкарь Н. С. Введение в криобиологию / Н. С. Пушкарь, А. М. Белоус. – К. : Наукова думка, 1975. – 343 с.

111. Биохимия мембран : учебное пособие для биол. и мед. спец. вузов / А. А. Болдырев [и др.]. – М. : Высш. шк., 1987. – 80 с.

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

113. Янчева М. О. Аналіз сучасного стану та перспективи застосування добавок кріопротекторної дії в технологіях замороженої м'ясної продукції / М. О. Янчева, О. Б. Дроменко, Л. Л. Рудніченко // Зб. наук. пр. Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2012. – №12 (4). – С. 63–69.

114. Кишенько І. І. М'ясні напівфабрикати з використанням кріопротекторів / І. І. Кишенько, І. В. Палій, А. В. Мартинова // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції : програма і матеріали IV міжнар. наук.-техн. конф., 24 – 25 березня 2015 р. – К. : НУХТ, 2015. – С. 13–14.

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

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

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

118. 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.



119. Анализ технологий предотвращения фактической естественной убыли мяса и мясопродуктов при холодильной обработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bestreferat.ru/referat-208414.html>
120. Кушнир Ю. Гидроколлоиды / Ю. Кушнир // Продукты и ингредиенты. – 2008. – №5 (47). – С. 15–17.
121. Хвыля С. И. Использование полисахаридов в мясных продуктах и их выявление гистологическими методами / С. И. Хвыля, Р. В. Паршенкова // Мясные технологии. – 2006. – №11. – С. 42–55.
122. 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.
123. Al-Assaf S. Controlling the molecular structure of food hydrocolloids / S. Al-Assaf // Food Hydrocolloids. – 2006. – Vol. 20. – P. 369 – 377.
124. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия / Л. А. Сарафанова. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 808 с.
125. Пасичный В. Н. Использование гидроколлоидов в производстве мясных консервов / В. Н. Пасичный // Продукты & ингредиенты. – 2004. – №7(8). – С. 12–13.
126. Hollingworth C. S. Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures / C. S. Hollingworth. – New York : Nova Science Publishers, 2010. – 291 p.
127. Imeson A. Food stabilisers, thickeners and gelling agents / A. Imeson. – England, Oxford : Blackwell Publishing Ltd, 2010. – 352 p.
128. 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.
129. 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.
130. Sadar L. N. Rheological and textural characteristics of copolymerized hydrocolloidal solutions containaning curdlan gum / L. N. Sadar. – Department of Nutrition and Food Science. – 2004. – 111 p.
131. Кирьянова А. А. Использование гидроколлоидов в пищевом производстве / А. А. Кирьянова, И. Л. Корецкая // Мясное дело. – 2006. – №2. – С. 58–59.
132. Ефимова И. Е. Стабилизирующие системы в мясоперерабатывающей промышленности / И. Е. Ефимова, А. С. Белодедова // Мясные технологии. – 2003. – №7. – С. 9.
133. Наукові основи використання сухих сумішей кріостабілізуючої дії в технологіях напівфабрикатів м'ясних заморожених : монографія / Т. С. Желева, М. О. Янчева, О. О. Гринченко, М. І. Погожих. – Х. : ХДУХТ, 2016. – 133 с.

134. Al-Assaf S. Hydrocolloids: Structure-Function Relationships / S. Al-Assaf, G. O. Phillips // Food Hydrocolloids. – 2010. – Vol. 23, № 3. – P. 17–20.
135. Thomas R. L. Hydrocolloids : Fifteen Practical Tips / R. L. Thomas // Guaranteed Gums. – 2007. – № 8. – P. 2–17.
136. 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.
137. Буханцов Ю. А. Новое о гидроколлоидах / Ю. А. Буханцов, Ю. Г. Дегтярев, М. В. Разумовский // Мясные технологии. – 2005. – №5. – С. 28–29.
138. Лапина Т. П. Пищевые и биологически активные добавки : учебное пособие / Т. П. Лапина. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2005. – 96 с.
139. Milani J. Hydrocolloids in Food Industry / J. Milani, G. Maleki // Food Industrial Processes – Methods and Equipment. – 2012. – №2. – P. 2–38.
140. 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.
141. 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.
142. Каррагинаны // Мясное дело. – 2005. – №1. – С. 20–23.
143. 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.
144. Динзбург Л. И. Основные тенденции рынка пищевых ингредиентов / Л. И. Динзбург // Мясные технологии. – 2007. – №11. – С. 4–8.
145. Филлипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам : [пер. с англ.] / Г. Филлипс, П. Вильямс. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 536 с.
146. Пищевые волокна в составе продуктов питания [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.twirpx.com>.
147. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / [Ипатова Л. Г., Кочеткова А. А., Шубина О. Г. В др.] // Пищевая промышленность. – 2004. – №1. – С. 42–55.
148. 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.

149. Кватирка О. Клітковина: особливості використання харчових волокон у м'ясній промисловості / О. Кватирка // М'ясні технології світу. – 2010. – №11. – С. 28–32.
150. 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.
151. 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.
152. Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health / [Biswas A. K., Kumar V., Bhosle S. et al.] // International Journal of Livestock Production. – 2011. – №2 (4). – P. 45–54.
153. Microscopic determination of Bamboo Fiber in Meat Products / [Javůrková Z., Pospiech M., Zelenková M. et al.] // Potravinárstvo Scientific Journal for Food Industry. – 2015. – Vol. 9, № 1. – P. 190–194.
154. Брунилина Л. Л. Химия пищевых добавок : учеб. пособие / Л. Л. Брунилина, А. И. Рахимов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2013. – 44 с.
155. 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.
156. 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.
157. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 4 с.
158. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26669-94. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 9 с.
159. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : ГОСТ 26670-91. – М. : Стандартиформ, 2005. – 7 с.
160. 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.
161. Румшинская Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л. З. Румшинская. – М. : Наука, 1971. – 192 с.
162. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 263 с.
163. C/C++. Программирование на языке высшего уровня. – СПб. : Питер, 2006. – 461 с.

164. Меркулов Г. А. Курс паталогистологической техники / Г. А. Меркулов. – Л. : МЕДГИЗ, 1969. – С. 275–279.
165. Тиняков Г. Г. Гистология мясопромышленных животных / Г. Г. Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 416 с.
166. 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.
167. 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.
168. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / [Горальчук А. Б. та ін]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.
169. 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.
170. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 383 с.
171. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М. : Химия, 1988. – 464 с.
172. 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.
173. Физические методы контроля сырья и продуктов в мясной промышленности : лабораторный практикум / [Антипова Л. В., Безрядин Н. Н., Титов С. А. и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 200 с.
174. 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).
175. 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).
176. 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).

177. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры [Электронный ресурс] : ISO 11036:1994. – Режим доступа : [http://www.ars\\_russia.com](http://www.ars_russia.com).

178. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов / [Погожих Н. И. та ін]. – Х. : ХДУХТ, 2013. – 177 с.

179. A method for determining the mass molecular composition of microbial exopolysaccharides / S. K. Votselko, T. P. Pirog, Y. R. Malashenko, T. A. Grinberg // J. Microbiol. Meth. – 1993. – 18. – P. 349 – 356.

180. Bradford M. A. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-gum binding / M. A. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – N72. – P. 248–254.

181. Захарова И. Я. Методы изучения микробных полисахаридов / И. Я. Захарова, Л. В. Косенко. – Киев : Наук. думка, 1982. – 201с.

Наукове видання

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

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ  
М'ЯСНИХ ПОСІЧЕНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ  
КОМПОЗИЦІЙ КРІОСТАБІЛІЗУЮЧОЇ ДІЇ**

Монографія

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

Редактор Середенко М.О.

План 2018 р., поз. № 19

---

Підп. до друку 28.12.2018 р. Формат 60x84 1/16 Папір офсет.  
Друк офсет. Ум. друк. арк. 5,9. Тираж 20 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.