

РЕЗУЛЬТАТ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ НА СТАН БІЛКОВОЇ СИСТЕМИ М'ЯСА КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

За результатами проведених досліджень щодо впливу параметрів процесів низькотемпературної обробки на стан білкової системи охолодженої м'язової тканини з курчат-бройлерів встановлено, що найбільших ушкоджень клітин і, як наслідок, втрат білка та вологи зазнає тканина, отримана з тушок, охолоджених зануренням у воду, які згодом заморозували за температури мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і розморозували за температури $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. З вологи виділені переважно фракції саркоплазматичних білків, масова частка яких становить: міогени та міоглобін – від 15,9 % до 28,9%, кальсеквестрин та кальретікулін – біля 30 %, – α_1 -, α_2 -глобуліни – від 10,7 % до 19,4%.

Ключові слова: білкова система, волога, заморозування, м'язова тканина, охолодження, розморозування, фракції

По результатам проведенных исследований о влиянии параметров процессов низкотемпературной обработки на состояние белковой системы охлажденной мышечной ткани из цыплят-бройлеров установлено, что наибольшие повреждения клеток и, как следствие, потери белка и влаги имеет ткань, полученная из тушек, охлажденных погружением в воду, которые впоследствии замораживали при температуре минус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ и размораживали при температуре $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Из влаги преимущественно были выделены фракции саркоплазматических белков, массовая доля которых составляет: миогены и миоглобин – от 15,9 % до 28,9%, кальсеквестрин и кальретикунин – около 30 %, – α_1 -, α_2 -глобулины – от 10,7 % до 19,4%.

Ключевые слова: белковая система, влага, замораживание, мышечная ткань, охлаждение, размораживание, фракции

According to results of the research held concerning the effect of low temperature treatment parameters on protein system state of chilled broiler meat muscle tissue it was determined that the most significant cells damage rate together with protein and water losses are characteristic for the carcasses to have been chilled by immersion, then frozen by minus $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and defrosted by $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Sarcoplasmatic protein fractions were predominantly extracted from water, their mass fractions are: myogens and myoglobinum – from 15,9 % to 28,9%, calsequestrin and calreticulun – about 30 %, – α_1 -, α_2 -globulins – from 10,7 % to 19,4%.

Key words: protein system, water, freezing, muscle tissue, chilling, defrosting, fractions

Вступ

Процес заморозування та розморозування тушок курчат-бройлерів повинен здійснюватися за умов, які мінімізують в ньому будь-які фізичні, біохімічні і мікробіологічні зміни, що впливають на якість м'яса.

Всі зміни в процесі заморозування м'яса спричинюються в основному перерозподілом вологи в його структурних елементах. Носять вони переважно фізичний характер, а їх інтенсивність залежить вирішальною мірою від інтенсивності відведення теплоти від м'яса і характеризується швидкістю переміщення умовної границі розподілу між замороженими і не замороженими частинами м'язової тканини. Повільним вважається процес заморозуванням зі швидкістю нижче 1 см/год, а швидким – вище 5 см/год [1–3].

За малої швидкості проходження процесу заморозування в м'язовій тканині спочатку кристалізується міжклітинна волога, що має невисоку концентрацію. Кристали льоду групуються навколо клітин, де знаходиться клітинна рідина високої концентрації і яка має більш низьку точку замерзання. Підвищений тиск пари в переохолодженій, але ще не застиглій рідині в клітині викликає дифузію водяної пари через її стінки поступово

збільшуючи розміри кристалів льоду в міжклітинному просторі. Великі кристали здійснюють помітний механічний вплив на стінки клітини, ушкоджуючи й порушуючи її природну структуру, яка при розморожуванні м'яса повністю не відновлюється.

При швидкому заморожуванні м'яса численні дрібні кристали льоду утворюються майже одночасно як усередині клітини, так і у міжклітинному просторі і досить рівномірно розподіляються по всьому обсязі м'язової тканини. За таких умов стінки клітини майже не ушкоджуються і механічні зміни структури тканини, викликані такою формою льодоутворення, досить незначні, що позитивно позначається на зворотності відновлюваних процесів в процесі розморожування.

Закінчується процес заморожування тоді, коли після досягнення кріогідратної точки повністю затвердіє клітинна волога і через деякий час після припинення заморожування парціальний тиск водяної пари в клітині і міжклітинному просторі вирівнюється.

Збільшення концентрації вологи в клітині при заморожуванні м'яса сприяє ослабленню водневих зв'язків, які визначають початкову будову білків. Це викликає денатураційні зміни білків. Процес незворотній, так як денатурація білків супроводжується їх коагуляційними перетвореннями. До підвищення концентрації солей особливо чутливі ліпопротеїди мембран клітин, які швидко руйнуються при заморожуванні. У результаті цього створюються умови для вторинної взаємодії між білками і ліпідами. Створені продукти гідролізу та окислення ліпідів приєднуються до білкових молекул, блокуючи їх функціональні групи.

Руйнівні дії процесу заморожування значною мірою залежать від гідратації білків до моменту заморожування м'яса [4–5]. А так як тушки птиці контактують з водою протягом всього процесу виробництва м'яса, то м'язові білки (особливо при охолодженні тушок зануренням у ванни з водою) майже повністю гідратуються і в процесах заморожування – розморожування зазнають суттєвих змін.

Проведення досліджень з впливу температури на стан білкової системи м'язів курчат-бройлерів в процесі заморожування та розморожування, є достатньо актуальною задачею, так як отримані дані можуть бути використані для більш обґрунтованого уявлення про якість розмороженого м'яса саме сучасної птиці.

Метою роботи було визначення впливу параметрів процесів низькотемпературної обробки охолодженого м'яса курчат-бройлерів на хімічні, біохімічні та структурні характеристики м'язової тканини.

Методика постановки експерименту та методи досліджень

Для досліджень було обрано 24 голови курчат-бройлерів, після забою яких половину тушок охолоджували в гідроаерозолі, а іншу половину – зануренням у ванну з водою до досягнення температури в будь який точці грудних м'язів не більше ніж 4 °С. Після цього з кожною партією охолоджених тушок проводили ідентичні дії. Насамперед їх розділили на дві рівні частини – по 6 штук в кожній. Перші 6 тушок заморожували в кріотермостаті ТЖ-ТС-01/16К-40 за температури мінус 20 °С ± 1 °С, а інші 6 – за температури мінус 40 °С ± 1 °С до досягнення в товщі грудних м'язів температури мінус 12 °С ± 1 °С. Три з кожних шести заморожених тушок розморожували на повітрі за температури 18 °С ± 1 °С, а інші три – в водяній бані за температури 42 °С ± 1 °С до температури в товщі грудних точці м'язів 2 °С ± 1 °С. В результаті проведених технологічних операцій отримали 8 груп предметів досліджень (по 3 тушки в кожному), кожна з яких характеризувалася певними параметрами холодильної обробки. Після визначення втрат вологи в процесі розморожування, кожную групу тушок обвалювали і готували окремо з кожної групи біологічний матеріал для досліджень впливу температур на характеристики м'язової тканини і її білковий стан – 8 дослідних зразків, з яких охолодженні гідро-аерозолем тушки отримали номери від № 1 до № 4, а охолодженні зануренням у воду – від № 1' до № 4'.

Для відображення біохімічних, фізико-хімічних та структурних змін в м'язовій тканині, в якості показників та методів досліджень були обрані:

- **масова частка вологи** – за ГОСТ 9793-74 «Продукты мясные. Методы определения влаги»; ДСТУ ISO 1442:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT)».

- **масова частка білка** – за ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»;

- **масова частка білків за фракціями** – біуретовим методом за допомогою спектрофотометра КФК-3-01 по вимірам оптичної щільності і подальшими розрахунками концентрації білка за допомогою калібрувального графіка;

- **фракційний склад білків** – електрофоретичним методом;

Ніжність – методом пресування зразків м'яса [6]. Обчислювання ніжності здійснювали за формулою:

$S \cdot 100 / 0,3 N \text{ см}^2/\text{г}$ загального азоту м'яса, де:

S – площа вологої плями, см^2 , N – вміст загального азоту у м'ясі, %.

Вимірювання маси наважок виконували за допомогою: вагів лабораторних Adventurer™ марки AR 3130-5400 з похибкою вимірювань ± 1 мг та вагів марки «AXIS» AD 50 з похибкою вимірювань $\pm 0,0005$ г.

Вимірювання температури робочого середовища та в м'ясі здійснювали за допомогою стандартних термопар ТХК. Показання термопар виведені на 12-точковий цифровий прилад А565-002-01 з діапазоном вимірювань від мінус 50 °С до 800 °С, клас точності $0,15 / 0,05$. Зібраний термометричний прилад градуїровали в інтервалі температур від 0 до 150 °С.

Визначення та розрахунки структурно-механічних показників м'ясної сировини здійснювали за допомогою електромеханічної універсальної випробувальної машини SANS CMT2503.

Мікроструктурні дослідження біологічного матеріалу здійснювали гістологічним методом за допомогою бінокулярного мікроскопу класу XSP-XY з фото/відео виходом та цифровою мікроприставкою з адаптером „Canon Power Shot G6”. Виготовлення зрізів здійснювали за допомогою мікротома заморожувального М3-2 (ТУ 64-1-2950-77). Перед цим здійснювали їх фіксацією у розчині формальдегіду. Фарбували зрізи гематоксилін-еозином.

Для отримання достовірних даних, всі дослідження мали потрібну повторюваність. Обробку експериментальних даних проводили методами математичної статистики з використанням стандартних комп'ютерних програм.

Результати та обговорення досліджень

В таблиці 1 наведено усереднені дані щодо втрат вологи (м'ясного соку) та відповідних змін структурних показників (ніжності) м'язової тканини з 8 груп тушок курчат-бройлерів після відповідної холодильної обробки.

За результатами досліджень (табл. 1) встановлено, що охолодженні гідро-аерозолем тушки (зразки № 1–№ 4), заморожені за температури мінус 20 °С ± 1 °С і розморожені за температури 18 °С ± 1 °С (зразок № 1) втрачають вологи на 40 % більше ніж тушки, які заморожені за температури мінус 40 °С ± 1 °С і розморожені за вказаних вище умов (зразок № 2). Втрати вологи при застосуванні вказаних вище режимів не перевищували $1,14$ % від маси тушок, а збільшення температури розморожування з 18 °С ± 1 °С до 42 °С ± 1 °С (в водяній бані) для заморожених тушок, що залишилися з цієї партії (зразки № 3, № 4), привело до зменшення втрат вологи майже вдвічі.

Результати досліджень втрат вологи при розморожуванні заморожених тушок курчат-бройлерів та змін ніжності м'язової тканини

Дослідні зразки тушок	Спосіб охолодження	Температура заморожування, °С, мінус	Температура розморожування, °С	Втрати вологи, % до маси тушок	Ніжність м'язової тканини, см ² /1 г азоту
№ 1	Гідроаерозолем	20 ± 1 ⁰ С	18 ± 1	1,14	419,5
№ 2	-//-	20 ± 1 ⁰ С	42 ± 1	0,61	530,1
№ 3	-//-	40 ± 1 ⁰ С	18 ± 1	0,69	498,3
№ 4	-//-	40 ± 1 ⁰ С	42 ± 1	0,30	515,0
№ 5	Зануренням у воду	20 ± 1 ⁰ С	18 ± 1	2,88	512,2
№ 6	-//-	20 ± 1 ⁰ С	42 ± 1	2,70	621,6
№ 7	-//-	40 ± 1 ⁰ С	18 ± 1	2,54	641,8
№ 8	-//-	40 ± 1 ⁰ С	42 ± 1	2,31	578,8

Аналіз результатів аналогічних досліджень тушок курчат-бройлерів, охолоджених зануренням в холодну воду (зразки № 5–№ 8), показав, що втрати вологи при розморожуванні заморожених тушок перевищують результати аналогічних досліджень тушок, охолоджених гідроаерозолем, не менше ніж у 2,5 рази. Це, очевидно, є результатом значної гідратації білків м'язової тканини під дією технологічних прийомів, які застосовують для збільшення маси тушок в процесі їх охолодження. При цьому, максимальні втрати вологи становили 2,88 % від маси тушок.

З аналізу результатів досліджень видно, що найбільших втрат маси при розморожуванні зазнають тушки, які піддавали впливу більш високих температур при заморожуванні і більш низьких температур при розморожуванні. Це свідчить про більшу ефективність процесів десорбції вологи, які відбуваються в м'язовій тканині за рахунок негативних змін її структури на клітинному рівні.

За результатами аналізу даних табл. 1 також доведено, що залежність між ніжністю м'язової тканини та величиною втрат вологи у відповідних дослідних зразках носить негативний характер: збільшення втрат вологи при розморожуванні зменшує ніжність м'яса.

Зміни структури (на клітинному рівні) білого м'яса курчат-бройлерів, отриманого з тушок, охолоджених гідроаерозолем, від температурних параметрів процесів заморожування – розморожування зображено на рис. 1 – на фотознімках мікроструктури двох зразків: **а** – після заморожування за температури мінус 40 °С ± 1⁰С і розморожування за температури 18 °С ± 1⁰С; **б** – після заморожування за температури мінус 20 °С ± 1⁰С і розморожування за аналогічних умов.

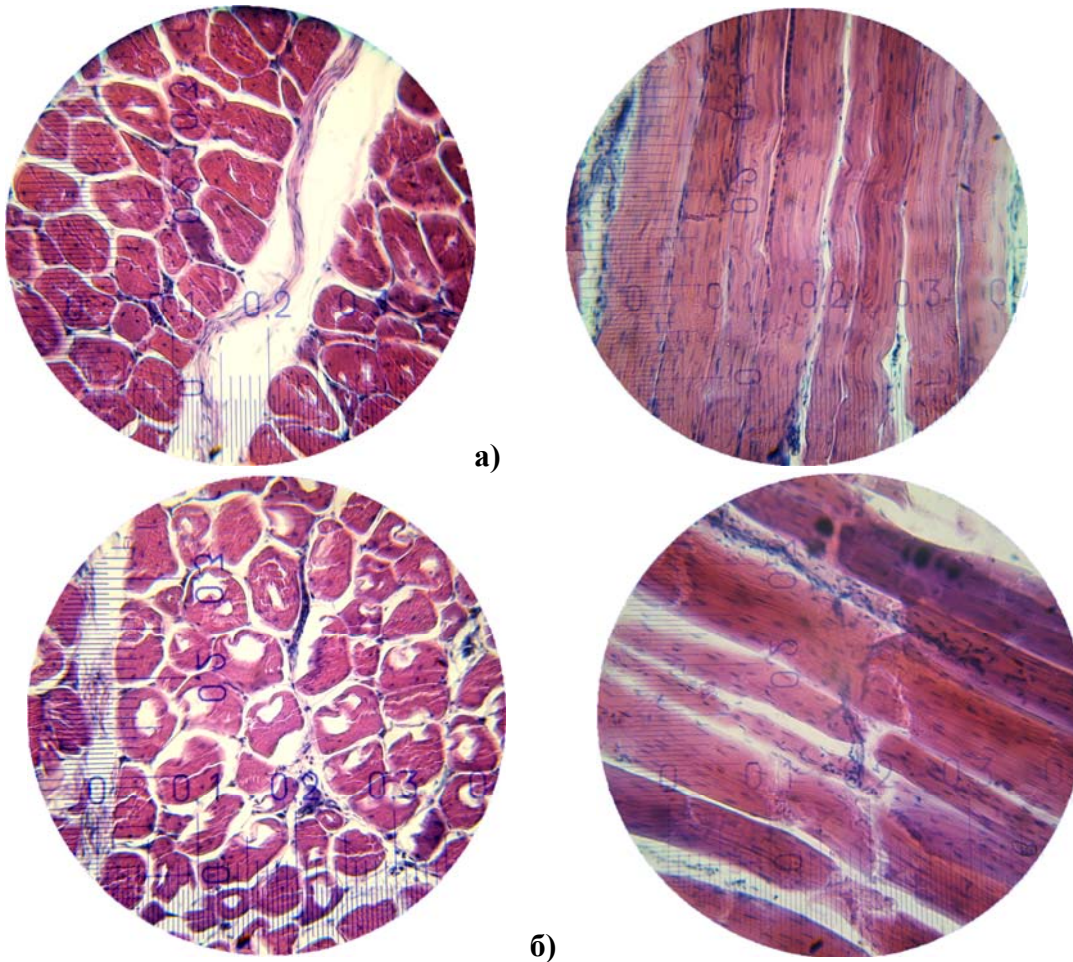


Рис. 1. Мікроструктура білого м'яса курчат-бройлерів (поперековий та поздовжній розрізи), збільшення – 400-кратне, площа поля зору – 0,2 мм², забарвлення – гематоксилін – еозин:

- а – після заморожування за температури мінус 40 °С ± 1°С;
- б – після заморожування за температури мінус 20 °С ± 1°С

З порівняльного аналізу зображень спостерігається зворотно-пропорційна залежність між температурою процесу заморожування і розмірами кристалів льоду (порожнеч). На рис. 1б – на зображенні мікроструктури білого м'яса курчат-бройлерів, тушки яких піддавали впливу більш високих температур (повільне заморожування), видно, що клітини м'язових волокон також зазнали більших руйнівних змін ніж на рис. 1а – вони більш значно дефрагментовані, мають розриви, завдяки яким волога виходить з клітини і на її місці спостерігаються більші порожнечі.

Для визначення динаміки змін стану білкової системи в м'язовій тканині в процесах заморожування-розморожування, застосовували біуретовий метод. Для цього на основі 10 зразків стандартних розчинів білка (кристалічний сировоточний альбумін) за вимірами оптичної їх щільності побудовано калібрувальний графік (рис. 2).

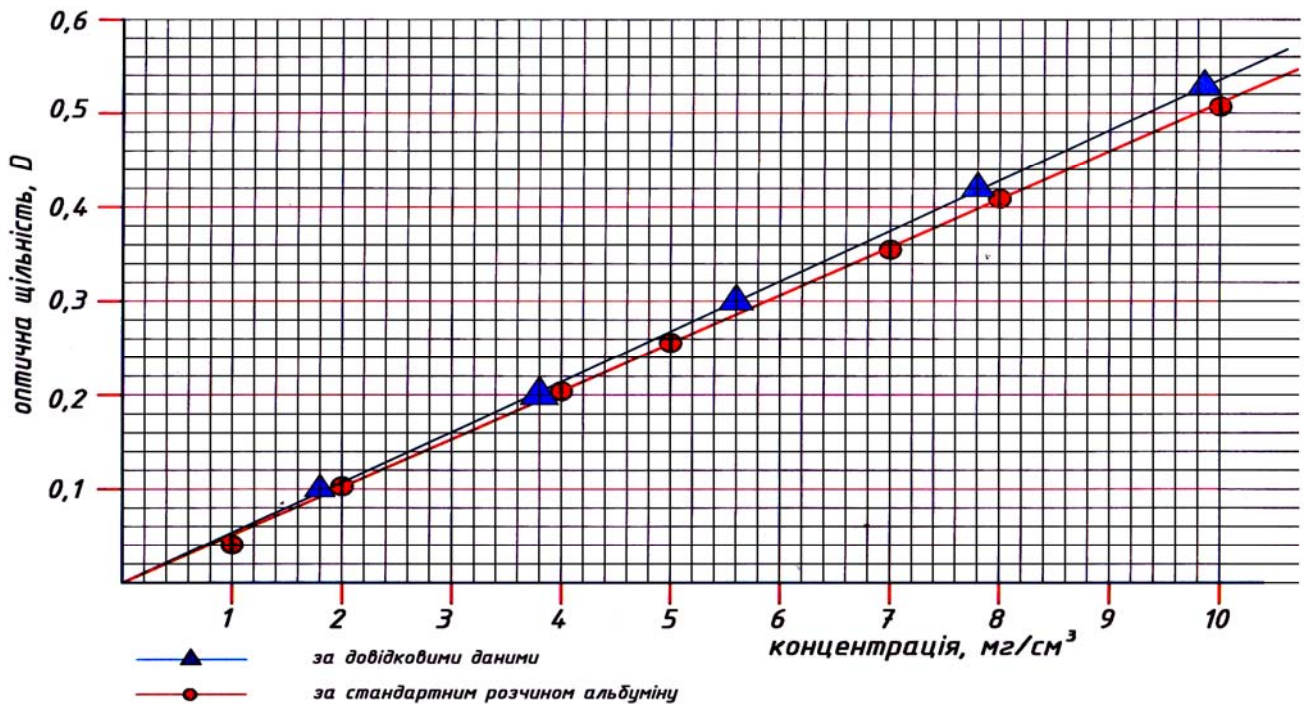


Рис. 2. Калібрувальний графік для визначення білка в м'ясі птиці біуретовим методом

Білки поділяли на фракції на основі їх розчинності: саркоплазматичні (водорозчинні) та міофібрилярні (солерозчинні).

В процесі проведення роботи було встановлено, що солерозчинні білки з м'язової тканини курчат-бройлерів екстрагуються найбільш ефективно при застосуванні солевого розчину концентрацією солі від 5% до 5,5 %.

Результати досліджень динаміки змін фракційного складу білків м'язової тканини (за розчинністю), виділеної з тушок курчат-бройлерів, охолоджених гідро-аерозолем, при їх заморожуванні та розморожуванні за різних умов проведення процесів холодильної обробки зображено на рис. 3. Дослідним зразкам, виготовленим з охолоджених тушок надано номері № 1–2 та № 3–4, а виготовленим з заморожених та розморожених за певних умов тушок – № 1, № 2, № 3, № 4. Де для зразка № 1 характерним є заморожування за температури мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і розморожування на повітрі за температури $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; для зразка № 2 відповідно – мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і $42^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; для № 3 – мінус $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; для № 4 – мінус $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і $42^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Дані аналогічних досліджень дослідних зразків, виготовлених з тушок, охолоджених зануренням у воду, зображено на рис. 4 під відповідними номерами але зі штрихами: № 1'–1' та № 3'–4' – для охолоджених, № 1', № 2', № 3' № 4' – для заморожених та розморожених за відповідних умов.

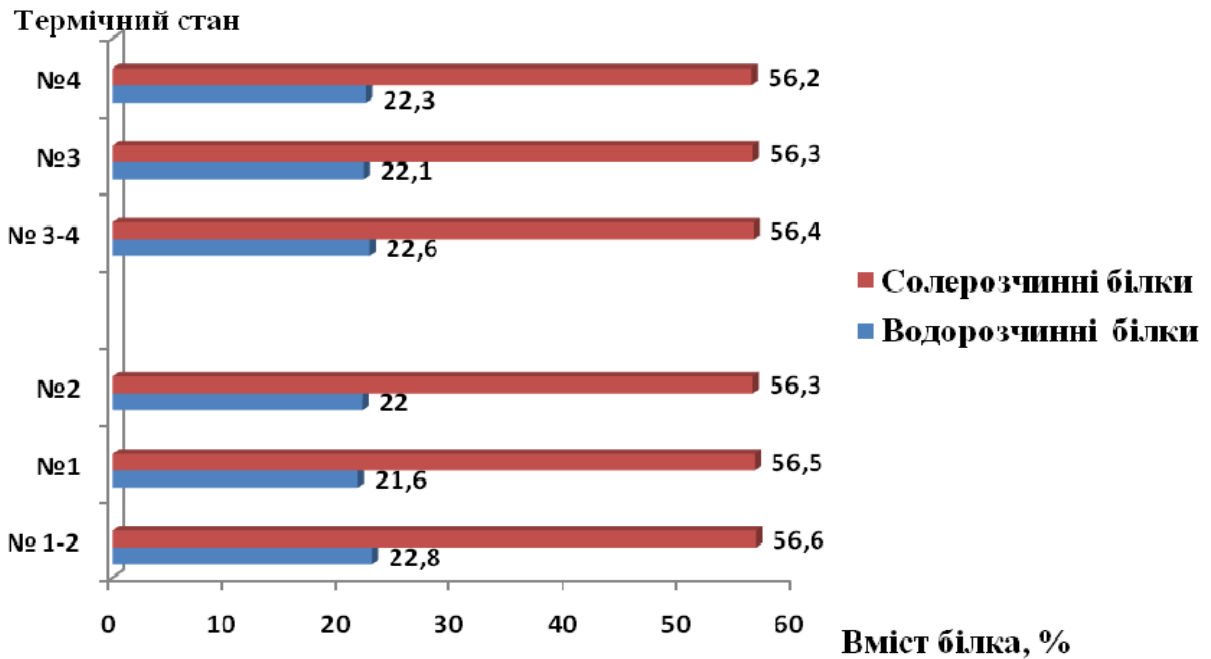


Рис. 3. Зміни фракційного складу білків м'язової тканини з охолоджених у гідроаерозолі тушок курчат-бройлерів, при їх заморожуванні та розморожуванні

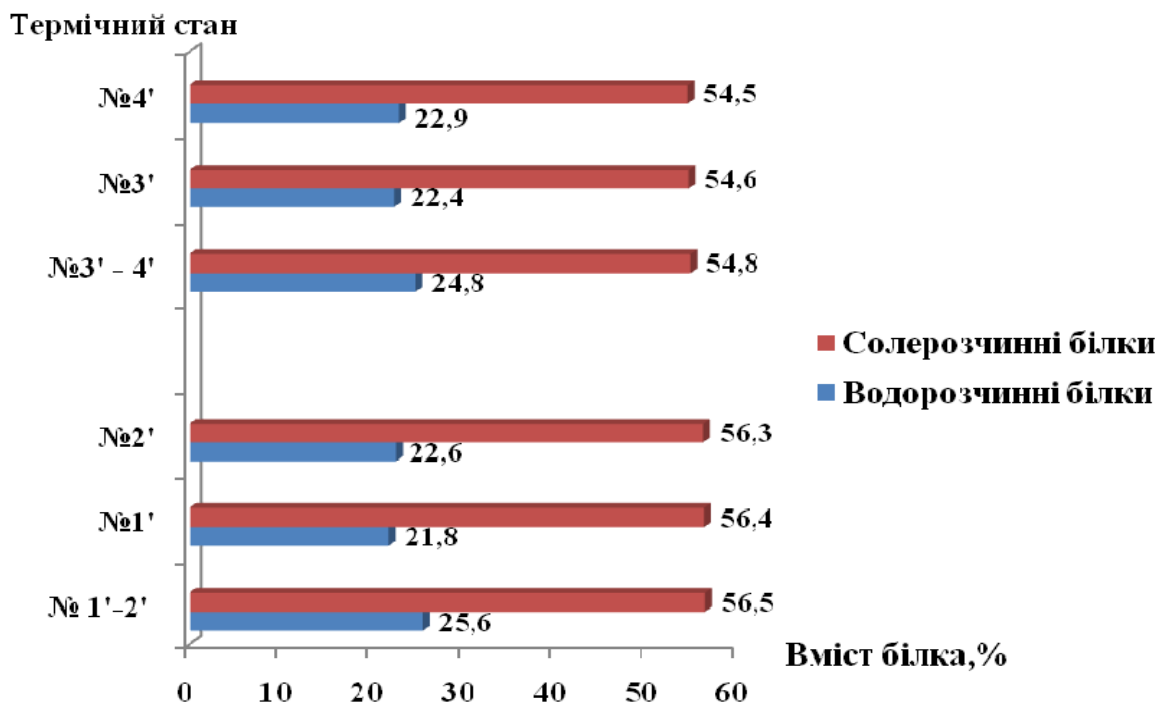


Рис. 4. Зміни фракційного складу білків м'язової тканини з охолоджених зануренням у воду тушок курчат-бройлерів, при їх заморожуванні та розморожуванні

Аналіз даних з рис. 3 та рис. 4 свідчить, що, за всіма наведеними режимами процесів охолодження, заморожування та розморожування, м'язова тканина в основному втрачає водорозчинні білки. Втрати солерозчинних білків у порівнянні з вмістом їх у охолодженій м'язовій тканині не перевищують у всіх випадках 0,6 %. При цьому, втрати водорозчинних білків у випадку охолодження тушок зануренням у воду значно більші ніж при охолодженні її гідроаерозолем і підвищуються при застосуванні більш помірних температурних параметрів процесів заморожування та розморожування. Так з дослідного зразка №1' втрачається цих білків на 9,58 % більше ніж з дослідного зразка №1, відповідно – з №2' – на 8,21 %, з №3' – на 7,47 %, з №4' – на 6,33 %.

На рисунку 5 зображено електрофореграму білкових фракцій, а в таблиці 2 наведено результати електрофоретичного аналізу дослідних зразків вологи, виділеної при розморожуванні дослідних зразків м'язової тканини відповідно нумерації, наданій їм на рис. 3: W_1 (№ 1), W_2 (№ 2), W_1' (№ 1'), W_2' (№ 2'). Зразок з позначкою W_0 відповідає дослідному зразку м'язової тканини, для заморожування якої застосовували відведення теплоти конвекцією за температури повітря мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і розморожували яку за температури $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

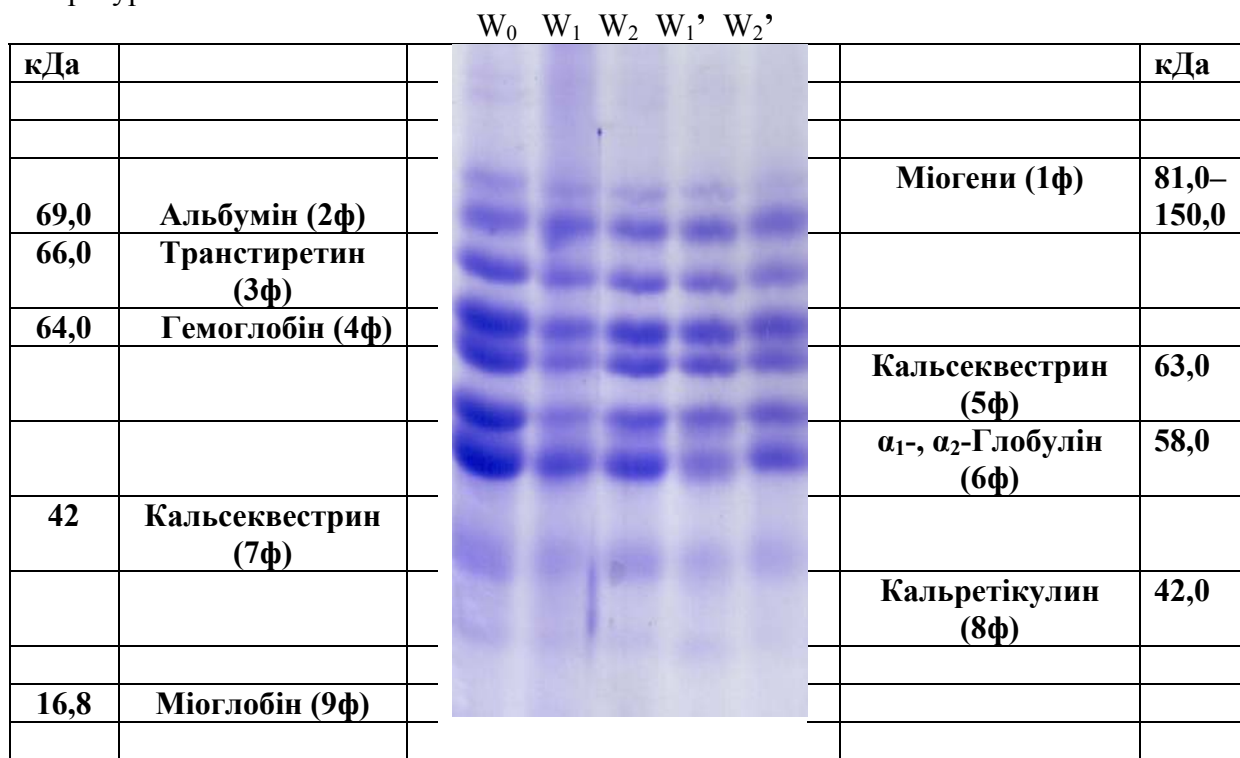


Рис. 5. Електрофореграма білкових фракцій дослідних зразків вологи, виділеної при розморожуванні 5 дослідних зразків замороженої м'язової тканини (умови процесу наведені вище – в текстовій частині)

Таблиця 2

Результати електрофоретичних досліджень фракційного складу білків дослідних зразків вологи, виділеної при розморожуванні замороженої м'язової тканини відповідно даних рисунка 5

Дослідні зразки	Фракції білка, % *								
	1ф	2ф	3ф	4ф	5ф	6ф	7ф	8ф	9ф
W_0	1,82	14,19	10,12	20,16	15,14	13,84	19,20	5,10	0,43
W_1	2,87	12,51	10,17	18,94	14,77	17,20	16,77	5,65	1,13
W_2	2,84	9,82	9,25	20,20	17,14	15,50	18,07	6,33	0,85
W_1'	3,89	16,87	12,04	15,26	11,09	10,71	23,22	6,64	0,28
W_2'	1,96	6,58	9,35	20,00	14,46	19,35	23,59	4,35	0,38

*) Від фракції білка відповідно його номеру на рисунку 5

За результатами електрофоретичних досліджень фракційного складу білків дослідних зразків вологи, виділеної при розморожуванні замороженої м'язової тканини, встановлено кількісний вихід з неї таких фракцій саркоплазматичних білків як міогени та міоглобін – від 15,9 % до 28,9% від загальної кількості білків, що є можливим за умов порушення цілісності сарколеми м'язового волокна. Це підтверджується і наявністю в дослідних зразках білків мембрани саркоплазматичного ретикулу – кальсеквестрину та кальретікуліну (біля 30 %) та саркоплазматичного матриксу – α_1 -, α_2 -глобулінів – від 10,7 % до 19,4% від загальної

кількості білків. Достатньо високий вміст в зразках білків плазми крові – альбуміну та транстиретину (від 16,0 % до 29,0 % свідчить і про ушкодження кристалами льоду капілярів.

Слід зазначити, що більші значення з наведених вище допусків вмісту цієї або іншої фракції білків в дослідних зразках вологи притаманні зразкам, які виготовляли за більш помірних температур: заморожування – мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і розморожування – $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Висновки

1. Встановлено, що втрати вологи при розморожуванні замороженого м'яса курчат-бройлерів залежать від способу охолодження тушок: втрати вологи з тушок, охолоджених зануренням у воду, перевищують не менше ніж у 2,5 рази втрати з аналогічних за масою тушок, охолоджених гідроаерозолем, за однакових інших умовах холодильної обробки. При цьому, найбільших втрат (2,88 % від маси тушок) зазнають тушки, які заморожували за температури мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ і розморожували за температури $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

2. За результатами досліджень впливу технологічних параметрів обробки тушок на структурні, мікроструктурні характеристики м'язової тканини та на фракційний склад її білків, доведено, що найбільших змін зазнає тканина, отримана з охолоджених зануренням у воду тушок, які згодом заморожували за температури мінус $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ та розморожували за температури $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. При цьому за всіх режимів м'язова тканина втрачає в основному водорозчинні білки.

3. За результатами електрофоретичних досліджень фракційного складу білків вологи, виділеної при розморожуванні дослідних зразків замороженої м'язової тканини, підтверджено факт втрат нею разом з вологою саме водорозчинних білків. Виділені з вологи білкові фракції належать до внуришньклітинних, наявність яких можлива за умов порушення цілісності сарколеми: білки саркоплазматичної плазми міогени та міоглобін – від 15,9 % до 28,9%, білки мембран саркоплазматичного ретикулуму – кальсеквестрин та кальретикулін – біля 30 %, білки саркоплазматичного матриксу – α_1 -, α_2 -глобулінів – від 10,7 % до 19,4% від загальної кількості білків.

Достатньо високий вміст в зразках білків плазми крові – альбуміну та транстиретину (від 16,0 % до 29,0 % свідчить також і про ушкодження кристалами льоду капілярів.

Література

1. Большаков О. В. Ивашов В. И., Князева В. Л. Современные способы охлаждения и замораживания мяса : Обзорная информация. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1986. – 24. (Холодильная промышленность и транспорт).

2. Фізико-технічні основи холодильної обробки харчових продуктів. За редакцією Е. І. Каухчешвілі. – М. : Агропромвидавництво, 1985.

3. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984.

4. Чижов Г. Б., Кулманова Н. К. Связь исходного состояния тканей мяса и изменений, вызываемых замораживанием // Холодильная техника, 1966, № 2, С. 50–52.

5. Чижов Г. Б., Кулманова Н. К. Изменение гистологической структуры мышечной ткани при низкотемпературном замораживании // Доклады II Международного конгресса по вопросам науки и технологии пищевой промышленности, – М., 1966, том II, С. 144–148.

6. Соловьев В. И. Созревание мяса. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 338 с.