

УДК 637.54'65

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ ХОЛОДИЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТУШОК В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСА КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Усапенко Н. Ф.¹, к.т.н., ст. викладач,
<https://orcid.org/0000-0002-0339-5189>

Калашник М. Г.¹, викладач,
<https://orcid.org/0000-0001-7015-3641>

Копилова К. В.², д.с.-г.н., зав. відділом,
<https://orcid.org/0000-0001-6796-390X>

Вербицький С. Б.², к.т.н., заст. зав. відділом,
<https://orcid.org/0000-0002-4211-3789>

Охріменко Ю. І.², гол. фахівець,
<https://orcid.org/0000-0002-5910-1370>

Крижська Т. А.³, к.т.н., ст. викладач,
<https://orcid.org/0000-0001-7151-9799>

¹Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди,
 м. Переяслав-Хмельницький, Україна

²Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

³Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-20>

Предмет дослідження – умови холодильної обробки тушок в технології виробництва м'яса курчат-бройлерів для підвищення на цьому етапі характеристик його якості, а також визначальні фактори процесу, як от: мікроструктурні і структурні характеристики гістологічних зрізів охолодженої і розмороженої білої м'язової тканини; співвідношення в м'язовій тканині фракцій білків – міофібрилярних до саркоплазматичних, а також співвідношення масової частки вологи до масової частки білка. **Мета дослідження** – Обґрунтування раціональних умов холодильної обробки тушок в технології виробництва м'яса курчат-бройлерів для підвищення характеристик його якості. **Методи.** Стандартні та загальноприйняті методи досліджень м'ясної сировини. **Результати дослідження.** Встановлено, що охолодження тушок курчат-бройлерів конвекцією за допомогою холодного повітря або дрібнодисперсного водоповітряного середовища (гідроаерозолі) є найбільш раціональним способом, використання якого на цьому етапі холодильної обробки забезпечує високі якісні та технологічно-функціональні характеристики м'яса. Виходячи з принципу максимального збереження цілісності структури м'язових волокон в процесах заморожування-розморожування, незалежно від способу охолодження, раціональною температурою заморожування є $t = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найбільший ступінь регресивного впливу на якісні характеристики спостерігається в м'язовій тканині, отриманій з тушок, охолоджених водою та яку заморожували за температури $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Сфера застосування результатів дослідження.** Результати проведених досліджень використовуватимуться з метою вдосконалення технології холодильного оброблення тушок курчат-бройлерів на підприємствах, що здійснюють забій та первинну переробку птиці.

Ключові слова: курчата-бройлери, м'ясо птиці охолоджене, м'ясо птиці заморожене, м'ясо птиці розморожене, мікроструктурні характеристики, технологічно-функціональні характеристики, фізико-хімічні характеристики

SUBSTANTIATION OF RATIONAL CONDITIONS OF REFRIGERATION
PROCESSING IN THE TECHNOLOGY OF BROILER MEAT PRODUCTION

*Nina Usatenko*¹, PhD, Senior Lecturer,
<https://orcid.org/0000-0002-0339-5189>

*Maryna Kalashnik*¹, Lecturer,
<https://orcid.org/0000-0001-7015-3641>

*Kateryna Kopylova*², D-r of Sciences, Head of Department,
<https://orcid.org/0000-0001-6796-390X>

*Serhii Verbytskyi*², PhD, Dep. Head of Department,
<https://orcid.org/0000-0002-4211-3789>

*Yurii Okhrimenko*², Chief Specialist,
<https://orcid.org/0000-0002-5910-1370>

*Tetiana Kryzhska*³, PhD, Senior Lecturer,
<https://orcid.org/0000-0001-7151-9799>

¹Pereyaslav-Khmelnytsky Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University

²Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine,

³Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-15-20>

The subject of research – conditions of refrigeration processing of carcasses in the technology of production of broiler meat to improve its quality characteristics at this stage and such determining factors of the process as microstructural and structural characteristics of histological sections of chilled and thawed white muscle tissue; the ratio in muscle tissue of protein fractions – myofibrillar to sarcoplasmic and the mass fraction of moisture in the mass fraction of protein. **The purpose of the study** – substantiation of rational conditions for refrigeration processing of carcasses in the technology of meat production of broilers to improve quality characteristics. **Methods.** Standard and practical research methods for raw meats. **The results of the study.** It was found that convection cooling of broiler chickens' carcasses using cold air or a finely dispersed water-air medium (hydroaerosols) is the most rational method, the use of which at this stage of refrigeration processing provides high quality and technologically functional characteristics of meat. Based on the principle of maximum preservation of the integrity of the structure of muscle fibers in the freezing-thawing processes, regardless of the cooling method, the rational freezing temperature is $t = -40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. The greatest degree of regressive influence on quality characteristics is observed in muscle tissue obtained from carcasses cooled with water and frozen at the temperature of $-20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. **Scope of research results.** The results of the research will be used to improve the technology of refrigeration processing of carcasses of broiler chickens at enterprises that carry out slaughter and primary processing of poultry.

Key words: broilers, chilled poultry meat, frozen poultry meat, thawed poultry meat, microstructural characteristics, technologically functional characteristics, physical and chemical characteristics

Постановка проблеми. У процесі холодильної обробки м'язової тканини в клітині проходить низка біохімічних перетворень – таких, якими, наприклад, є процеси денатурації та агрегації міофібрилярних білків з утворенням актоміозинового комплексу і відторгненням зв'язаної вологи та зниженням розчинності білків, що, у сукупності, спричиняє погіршення технологічно-функціональних властивостей м'яса [1]. У низці робіт виокремлено показники, які, певним чином, характеризують технологічно-функціональні властивості м'ясної сировини. Наприклад, прийнятними властивостями відрізняється м'ясо, в якому граничні значення показника співвідношення вологи до білка (число

Федера) є меншими ніж 3,6, натомість значення більші ніж 4,0 свідчать про низькі технологічно-функціональні властивості [2, 3].

Відомо, що значні фізико-хімічні, біохімічні та структурні зміни в такому складному біологічному об'єкті, як м'ясо, відбуваються під дією мінусових температур. Обумовлені вони, насамперед, особливостями проходження процесу кристалізації в рідинному середовищі м'язових волокон, яке являє собою колоїдний розчин солей, кислот, білків тощо. Процес кристалоутворення у процесі заморожування починається спочатку в просторі між м'язовими волокнами, де рідинне середовище є менш концентрованим ніж саркоплазма в клітині і, тому, має більш високу криоскопічну точку. У процесі перетворення води на лід, її об'єм збільшується майже на 9%, тому через це, а також з причини зростання концентрації речовин, в рідині міжволоконного простору збільшується осмотичний тиск. Внаслідок цього, водна фаза саркоплазми починає мігрувати з клітини назовні – до міжволоконного простору, сприяючи зростанню в ньому кристалів льоду. З часом, після досягнення температури кристалоутворення в уже значно зневодненій саркоплазмі, тиск кристалів льоду на мембрану сарколеми зростає з обох боків – і зсередини, і ззовні. За надмірної величини тиску та через дигексагонально-пірамідальну форму кристалів, мембрана сарколеми може руйнуватися [4- 6].

Негативні зміни у процесі низькотемпературній обробці м'яса посилює ступінь гідратації його білкової системи до моменту заморожування [7]. А через особливості технології виробництва м'яса птиці, якою передбачено безперервний контакт тушок з водою (ошпарювання, мийка, охолодження), воно є найбільш гідратованою м'ясною сировиною. Особливо характерним є це у випадку охолодження тушок зануренням до ванн або чилерів з холодною водою, які, з метою інтенсифікації процесів теплообміну, оснащені такими конструктивними елементами, як шнеки та повітряні барботери [8, 9]. Механічне оброблення спричиняє ефект стиснення-розширення м'язової тканини, яке супроводжується утворенням градієнта тиску, що сприяє досить інтенсивному просуванню значної кількості води пір'яними фолікулами до дерми та гіподерми шкіри і, потім, до зони накопичення води – місць нещільного прилягання шкіри до м'язів. Звідти системою пор і капілярів вода просувається до сполучнотканинних прошарків, які оточують м'язові волокна – епімізій, перимізій і ендомізій і, далі, через мембрану сарколеми – до зони саркоплазматичного ретикулума [10].

Фізичний процес розморожування м'яса, за своєю сутністю, є зворотнім щодо процесу його заморожування, але, через значну кількість незворотних біохімічних змін та змін гістологічної структури, яких зазнає м'язова тканина при заморожуванні, її повне відновлення після розморожування не відбувається.

Саме визначання залежності характеристик якості м'яса птиці від режимів технологічних процесів холодильної обробки тушок забитої птиці (охолодження і заморожування) є наразі актуальним, і науковці м'ясопереробної галузі мають вирішити це завдання.

Мета роботи – Обґрунтування раціональних умов холодильної обробки тушок в технології виробництва м'яса курчат-бройлерів для підвищення характеристик його якості.

Матеріали та методи. На одному з птахопереробних підприємств для досліджень з однієї партії було відібрано 60 голів курчат-бройлерів живою масою приблизно 2,4 кг. Після забою птиці, 20 тушок, відібраних випадковим чином, обробляли вручну за методом оброблення домашньої курки: контакт з водою відбувався тільки на етапі мийки (зрошуванням) після патрання. Підсушування і охолодження здійснювали в потоках холодного повітря. Інші 40 тушок обробляли на автоматичних лініях і, після патрання і мийки, половину тушок охолоджували в гідроаерозольному середовищі, а іншу половину – зануренням до ванни з водою температурою від 0 °С до 2,0 °С (спосіб водно-контактний) до досягнення температури в будь-якій точці грудних м'язів не більше ніж 4 °С. Кожну партією охолоджених різними способами тушок ділили на дві рівні частини (по

10 штук) і кожену частину окремо заморожували до досягнення в товщі грудних м'язів температури мінус $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому, 10 тушок з кожної партії заморожували за температури мінус $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і 10 тушок – за температури мінус $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всі 10 заморожених тушок з кожної партії розморожували в ексікаторі за температури $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температури в товщі грудних м'язів $2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після визначання втрат вологи (зважуванням) в процесі розморожування, кожену групу тушок обвалювали і з м'язової тканини кожної групи тушок готували біологічний матеріал для досліджень впливу мінусових температур на біохімічні та фізико-хімічні характеристики розмороженого м'яса. Для структурних та мікроструктурних досліджень використовували зрізи білої м'язової тканини (філе). Дослідження проводили в стаціонарних лабораторних умовах.

Фізико-хімічні, структурні та біохімічні характеристики розмороженої м'язової тканини з кожної дослідної партії визначали у наступний спосіб:

- вміст технологічно доданої води – за ДСТУ 8377:2015 «М'ясо птиці. Методи визначення технологічно доданої води»;

- температуру робочого середовища та в товщі м'яса – рідинними не ртутними термометрами, вмонтованими в металеву оправу, з діапазоном вимірюваних температур від мінус $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, ціною поділки $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ та межею допустимої похибки $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- масу наважок – на вагах лабораторних Adventurer AR 3130-5400 з похибкою вимірювань $\pm 1\text{ мг}$ та вазі AXIS AD 50 з похибкою вимірювань $0 \pm 0,0005\text{ г}$;

- мікроструктурні дослідження біологічного матеріалу – гістологічним методом;

- структурні характеристики (зусилля зрізу) – за допомогою універсальної електромеханічної випробувальної машини SANS CMT2000, модель 2503,

- масову частку вологи – за ДСТУ ISO 1442:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT)»;

- масову частку білка – за ДСТУ ISO 937:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту азоту (контрольний метод) (ISO 937:1978, IDT)»;

- масову частку білка за фракціями – біуретовим методом. Солерозчинні білки з м'язової тканини курчат-бройлерів екстрагували із застосуванням сольового розчину концентрацією солі від 5 % до 5,5 %.

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

Результати і обговорення. При розморожуванні дослідних зразків тушок курчат-бройлерів, заморожених за різних температур, після охолодження практикованими в Україні способами (рис.1), встановлено наступне:

- втрати вологи у процесі розморожування заморожених за ідентичними параметрами тушок, охолоджених перед заморожуванням зануренням в холодну воду, перевищують не менше ніж у 13 разів втрати вологи з тушок, охолоджених повітрям, і в 2,5 рази – охолоджених у гідроаерозольному середовищі;

- тушки, заморожені за температури мінус $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, втрачають вологи (у % до їх маси), у середньому, в півтора рази більше ніж тушки, заморожені за температури мінус $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- вміст технологічно доданої (надлишкової) води в кожному з дослідних зразків, визначений за п. 4 ДСТУ 8377 «М'ясо птиці. Методи визначення технологічно доданої вологи», вдвічі менший ніж граничний, встановлений чинними в Україні нормативними документами: для тушок, охолоджених повітрям, у % до їх маси, – менше ніж 1,5 %, в гідроаерозольному середовищі – менше ніж 3,3%, а для тушок, охолоджених зануренням до холодної води – менше ніж 5,1%.

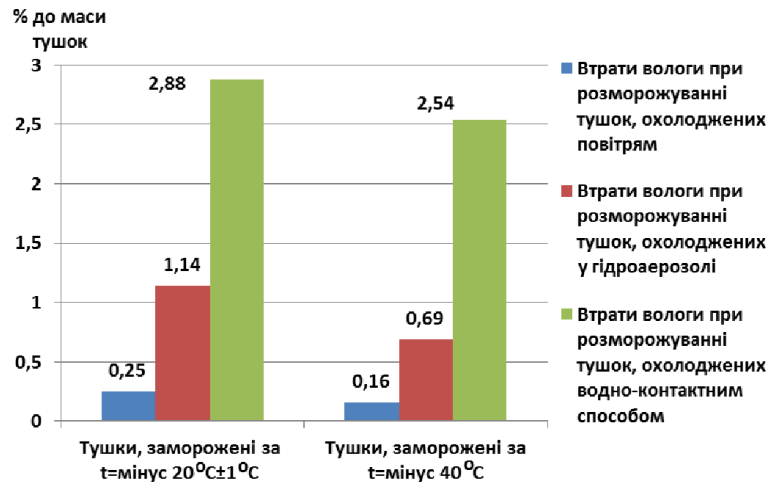


Рис. 1. Усереднені результати досліджень втрат вологи при розморожуванні тушок курчат-бройлерів, охолоджених і заморожених за різних умов

Фотозображення мікроструктури гістологічних зрізів білої м'язової тканини, отриманої з тушок курчат-бройлерів за відповідних умов їх холодильної обробки, наведено на рис. 2, де: зображення (а – в) стосуються дослідних зразків м'язової тканини, виділеної з тушок приблизно через 10 хвилин після їх забою (а) і оброблених за визначених мінусових температур (б, в); зображення (г – е) – відповідно оброблених дослідних зразків, отриманих з тушок, охолоджених в гідро аерозольному середовищі; зображення (ж – і) – аналогічно оброблених дослідних зразків, вироблених з тушок, охолоджених водою.

Порівнюючи мікрофотографії поперечних зрізів всіх дослідних зразків м'яса, бачимо, що найбільш наближеними, за характером гістологічної структури, є зразки, однаково оброблені за відповідними технологічними режимами (охолоджені або заморожені). Так, мікроструктура м'яса, зображена на рис. 2(а), що є близькою до нативного стану, і, в даному конкретному випадку, прийнята за аналог, характеризується щільним пакуванням м'язових волокон, які мають чітко виражені контури полігональної або округлої форми – результат різного ступеня скорочень актоміозинового комплексу. Товщина прошарків ендомізію становить біля 10 мкм., перимізію – біля 25 мкм.

Порівняно із зображенням на рис. 2(а), для наведеної на рис. 2(г) мікроструктури дослідного зразка, виготовленого після охолодження тушок в гідроаерозольному середовищі, характерним є часткова втрата чіткої вираженості контурів з'єднувальнотканинного каркасу (ендомізію і перимізію), а після охолодження тушок водою (зображений на рис. 2(ж) дослідний зразок) у структурі м'язової тканини спостерігаються помітніші ознаки розмитості або, іншими словами, поруватості, контурів клітин та збільшення об'єму з'єднувальнотканинних прошарків.

Досить значні відмінності в гістологічній структурі спостерігаються, якщо порівнювати мікрофотографії поперечних зрізів охолодженого і розмороженого м'яса. Бачимо, що гістоструктури дослідних зразків розмороженої білої м'язової тканини, які заморожували за різних мінусових температур, а розморожували в ідентичних умовах (рис. 2(в, д, з) та рис. 2(в, е, і)), також характеризуються різними ступенями деструктивних змін м'язових волокон.

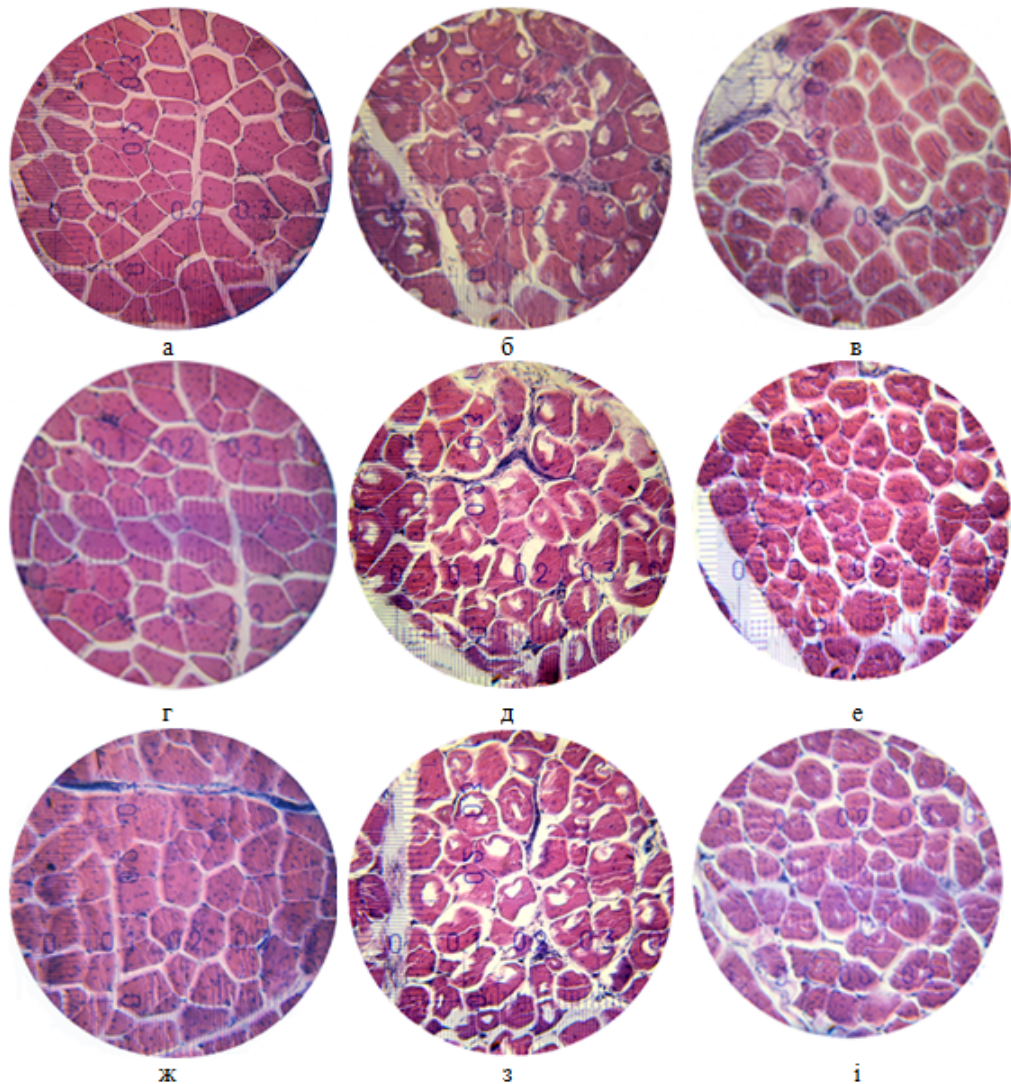


Рис. 2. Фото мікроструктури гістологічних зрізів білої м'язової тканини за відповідних умов холодильної обробки тушок курчат-бройлерів (попереківий розріз, збільшення - 400-кратне, площа поля зору - 0,2 мм², забарвлення гістологічних зрізів – гематоксилін-еозин):

через 10 хв. після забою (а), охолоджені у гідроаерозолі (г) і водою (ж); розморожені (б, д, з) після заморожування за $t = \text{мінус } 20^{\circ}\text{C}$ відповідних зразків (а,г,ж); розморожені (в, е, і) після заморожування за $t = \text{мінус } 40^{\circ}\text{C}$ відповідних зразків (а,г,ж).

Проявами зазначених змін є: деформація клітин, яка відбувається в процесі кристалізації за помірного тиску кристалів льоду на мембрану сарколеми та елементи з'єднувально-тканинного каркасу; їх фрагментація, як наслідок надмірного прикладеного тиску; повсюдне зникнення забарвленості всередині клітин, яке, гіпотетично, можна пояснити утворенням порожнин внаслідок зневоднення, в цій чи іншій мірі, саркоплазми клітин впродовж першої фази процесу кристалізації та деструкції саркоплазматичного ретикулула в місцях локалізації кристалів льоду.

Найбільш виразні прояви деструктивних змін м'язових волокон, якщо судити за їх поруватістю, притаманні розмороженим дослідним зразкам, отриманим з тушок, охолоджених водою та заморожуваних за температури $\text{мінус } 20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ – рис. 2(з).

Значних змін у процесі холодильного оброблення зазнають структурно-механічні властивості дослідних зразків: змінюється, насамперед, механічна міцність м'язової тканини. Ступінь змін механічної міцності простежується у ході аналізування результатів

досліджень зусилля зрізу білої м'язової тканини (майже не містить жиру) в поперечному напрямку (рис. 3).

Дані гістограми доводять, що на величину показника зусилля зрізу, більшою мірою, впливає вологість тканини, що розрізається: зусилля зрізу м'язових волокон з тушок, охолоджених водою на $1,36 \text{ кН/м}^2$ менше ніж з тушок, охолоджених в гідроаерозольному середовищі, і на $1,94 \text{ кН/м}^2$ менше ніж з тушок, охолоджених повітрям. З втратою води під час розморожування, збільшується щільність м'язових волокон на площу поверхні, збільшується жорсткість м'яса і, як наслідок, зростає зусилля, необхідне для розрізання волокон. З гістограми видно, що у разі заморожування тушок за температури мінус $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, величина зусилля зрізу розморожених м'язових волокон найбільша (біля $63,0 \text{ кН/м}^2$) і майже однакова для всіх способів охолодження тушок, а зусилля зрізу розмороженої м'язової тканини з тушок, заморожених за температури мінус $40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, дещо менші ніж попередні і, відповідно до способу охолодження, за величиною зворотно пропорційні втратам води.

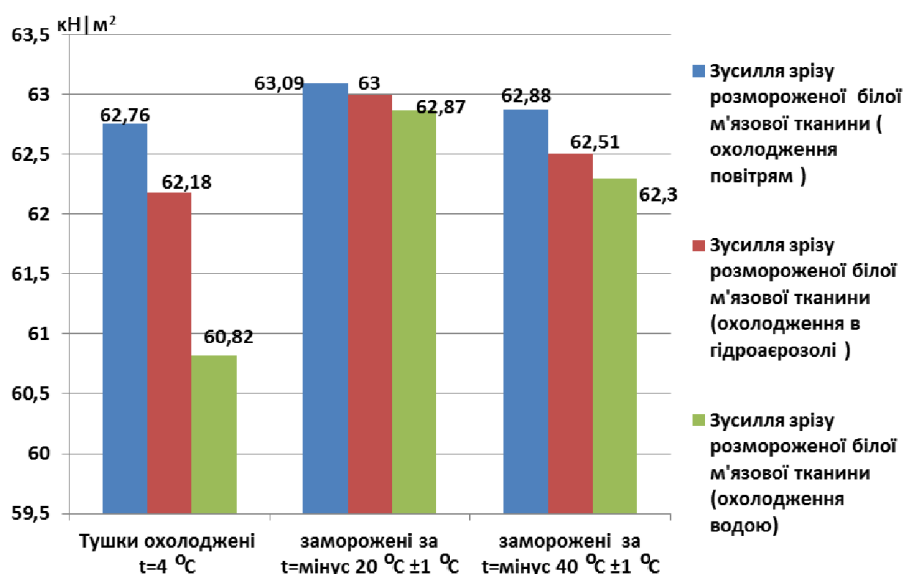


Рис. 3. Структурні характеристики білої м'язової тканини залежно від параметрів технологічних процесів холодильної обробки тушок курчат-бройлерів

Усереднені результати досліджень впливу параметрів технологічних процесів холодильної обробки тушок на стан білкової системи і, відповідно, на технологічно – функціональні властивості м'ясної сировини з курчат-бройлерів наведено на рис. 4.

Схожість тенденції розташування точок в системі координат x-y на діаграмах (рис. 4), які відображають результати впливу низьких температур на хімічні та біохімічні характеристики м'яса, отриманого з тушок курчат-бройлерів, охолоджених трьома різними способами, вказує на те, що, вони певною мірою, носять ідентичний характер а ступінь інтенсивності впливу зростає у такому порядку: повітряний → гідроаерозольний → водяний.

Наведена візуалізація результатів досліджень допомагає формуванню гіпотези, припущення у рамках якої досить переконливо підтверджуються результатами досліджень мікроструктури гістологічних зрізів (рис.2) та структурно-механічних характеристик м'язової тканини (рис.3):

- незалежно від термічного стану та температури заморожування тушок, найбільш високі технологічно-функціональні характеристики має м'ясо курчат-бройлерів з тушок охолоджених повітряним способом, оскільки співвідношення волога/білок $W/R < 3,6$, а кількість міофібрилярних білків вдвічі більша ніж саркоплазматичних, що є оптимальним [2, 3];

- технологічно-функціональні властивості м'ясної сировини з тушок курчат-бройлерів, охолоджених в гідроаерозольному середовищі, дещо гірші ніж у м'яса повітряного охолодження, тому що визначальні її показники дещо перевищують граничні значення, наведені у [2, 3];

- найнижчими технологічно-функціональними властивостями володіє, як охолоджене, так і розморожене м'ясо курчат-бройлерів, отримане з тушок охолоджених водою, так як в кожному дослідному зразку, незалежно від термічного стану, співвідношення волога/білок $W/R > 4,12$ [2, 3].

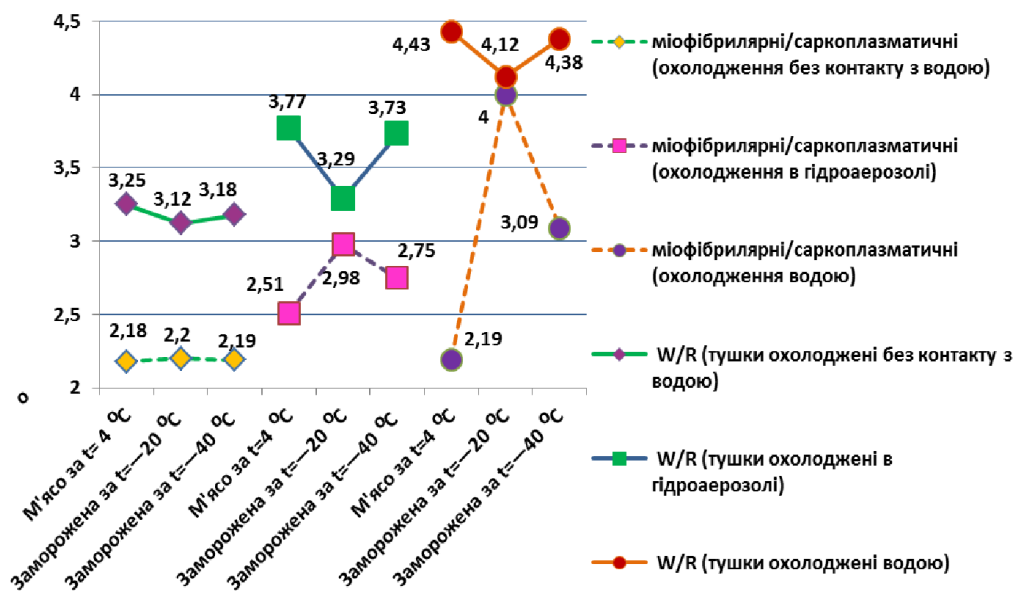


Рис. 4. Вплив параметрів технологічних процесів холодильної обробки тушок курчат-бройлерів на співвідношення в м'язовій тканині масових часток: волога/білок та білкових фракцій

Особливу увагу слід приділити охолодженій м'язовій тканині, в якій, за прийнятним співвідношенням білкових фракцій, що є спільномірним зразкам, які охолоджували повітрям, одночасно спостерігається перевищення в 1,4 рази співвідношення волога/білок. Це є доказом наявності в цьому м'ясі технологічно доданої води [16]. Високі значення цього показника характерні і для дегідратованого розмороженого м'яса, яке, внаслідок нагрівання, вже втратило значну частину надлишкової вологи (рис. 1). А майже потрійне перевищення у ньому вмісту міофібрилярних білків, порівняно із вмістом саркоплазматичних, доводить, що білкова система м'язової тканини зазнала значних ушкоджень під час проходження процесу кристалізації при заморожуванні а, при нагріванні, разом з вологою втратила досить вагому частину білків водорозчинної фракції.

Геометричні розміри впадин на діаграмах, які характеризують ефективність впливу параметрів холодильної обробки тушок курчат-бройлерів на співвідношення в м'ясі масової частки вологи до масової частки білка, і виступів, що відображають величину співвідношення в ньому білкових фракцій, свідчать про те, що найбільш вразливою для збереження цілісності структури м'яса на клітинному рівні є температура заморожування, яка дорівнює мінус 20 °C. Саме за цієї температури спостерігаються найглибші впадини, що відповідають найбільшим втратам вологи при розморожуванні, і найвищі виступи – найбільші втрати саркоплазматичних білків. Підтвердженням цьому є зображення мікроструктури дослідних зразків розмороженої білої м'язової тканини на рис.2(б, д, з).

Висновки. Таким чином, в ході вивчення впливу видів та параметрів процесів холодильної обробки на характеристики якості м'яса курчат-бройлерів, встановлено, що:

- охолодження тушок курчат-бройлерів конвекцією, тобто, за допомогою холодного повітря або дрібнодисперсного водоповітряного середовища (гідроаерозолі) є найбільш раціональним способом, використання якого на цьому етапі холодильної обробки забезпечує високі якісні та технологічно функціональні характеристики м'яса;

- виходячи з принципу максимального збереження цілісності структури м'язових волокон в процесах заморожування-розморожування, незалежно від способу охолодження, раціональною температурою заморожування є $t = \text{мінус } 40 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$;

- найбільший ступінь регресивного впливу на якісні характеристики спостерігається в м'язовій тканині, отриманій з тушок, охолоджених водою, та яку заморожували за температури $\text{мінус } 20 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Для оцінювання характеристик якості м'ясної сировини з птиці, як додаткові щодо стандартних об'єктивних методів, може бути використано гістологічний метод, а також фізико-хімічний метод, який базується на визначенні в м'язовій тканині показників співвідношення масових часток: вологи – до загального білка і міофібрилярних білків – до саркоплазматичних.

Бібліографія

1. Кудряшов Л. С. Физико-химические и биохимические основы мяса и мясных продуктов. Москва: Дели принт, 2008. 160 с
2. Сэмс Р. А. Переработка мяса птицы / под ред. Алана Р. Сэмса; пер. с англ., под науч. ред. В. В. Гущина. СПб.: Профессия, 2007. 432 с.
3. Фатьянов Е. В., Спиридонов А. О., Абузаров Э. Д. Методика расчета общего химического состава мясного сырья. Научная дискуссия: вопросы технических наук: сб. статей по материалам XXI заочной НПК. М., 2014. С. 100-104
4. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов. М.: Легкая и Пищевая промышленность, 1984.
5. Эванс, Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация: пер. с англ. СПб.: Профессия, 2010. 440 с.
6. Стрингер Д. Охлажденные и замороженные продукты: Научные основы и технологии. СПб.: Профессия, 2004. 496 с.
7. Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Технология мяса и мясных продуктов. Книга 1. Общая технология мяса: учеб. М.: Колосс, 2009. 565 с
8. Гаевой Е. В., Сивачева А. М. Охлаждение и замораживание мяса птицы в СССР и за рубежом. Учебник. М.: Госторгиздат, 1968. 245 с.
9. Цветков А.И. Холодильная обработка и хранение мяса птицы и продуктов из мяса птицы. М.: ВНДИПП, 2002.
10. Усатенко Н. Ф. Изменение физических характеристик тушек цыплят-бройлеров в процессе их холодильной обработки. Пищевая промышленность : наука и технология, 2014. № 3. С. 33-38.
11. Усатенко Н. Ф., Охріменко Ю. І. Визначальні характеристики вирізок з м'яса курчат-бройлерів за нативним станом. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького, 2013. Т. 15, № 1(55), ч. 3. С. 174-178.

References

1. Kudryashov L. (2008). Fiziko-khimicheskiye i biokhimicheskiye osnovy myasa i myasnykh produktov [Physical, hemical and biochemical basics of meat and mat products]. Moscow: Deli print [In Russian].
2. Sems R. (2007). Pererabotka myasa ptitsy [Processing of poultry meat]. Sankt-Petersburg: Professiya [In Russian].
3. Fatyanov E., Spiridonov A., Abuzyarov E. (2014). Metodika rascheta obshchego khimicheskogo sostava myasnogo syr'ya [Methods of calculation of overall chemical

composition of raw meats]. Nauchnaya diskussiya: voprosy tekhnicheskikh nauk: sb. statey po materialam XXI zaочноy NPK [Scientific Discussion: issues of engineering science: Collection of proceedings of 21th Scientific and Practical Conference (by correspondence)]. Moscow, 100-104 [In Russian].

4. Golovkin N. (1984). Kholodil'naya tekhnologiya pishchevykh produktov [Refrigerated technology of food products]. M.: Legkaya i Pishchevaya promyshlennost' [In Russian].

5. Evans J. (2010). Zamorozhennyye pishchevyye produkty: proizvodstvo i realizatsiya [Frozen food products: production and distribution]. Sankt-Petersburg: Professiya [In Russian].

6. Stringer D. (2004). Okhlazhdennyye i zamorozhennyye produkty: Nauchnyye osnovy i tekhnologii [Chilled and frozen food products: scientific basics and technologies]. Sankt-Petersburg: Professiya [In Russian].

7. Rogov I., Zabashta A., Kazyulin G. (2009). Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov. Kniga 1. Obshchaya tekhnologiya myasa: ucheb. [Technology of meat and meat products. Book 1. General technology of meat: manual]. Moscow: Koloss [In Russian].

8. Gayevoy E., Sivacheva A. (1968). Okhlazhdeniye i zamorazhivaniye myasa ptitsy v SSSR i za rubezhom. Uchebnik. [Chilling and freezing of poultry meat in USSR and abroad. Manual]. Moscow: Gostorgizdat, 1968 [In Russian].

9. Tsvetkov A. (2002). Kholodil'naya obrabotka i khraneniye myasa ptitsy i produktov iz myasa ptitsy [Refrigerated treatment and storage of poultry and poultry meat products]. M.: VNDIPP [In Russian].

10. Usatenko N. (2014). Izmeneniye fizicheskikh kharakteristik tushek tsyplyat-broylerov v protsesse ikh kholodil'noy obrabotki [Change in physical characteristics of broiler carcasses in the process of their refrigerated treatment]. Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologiya [Food Industry: Science and Technology], 2014, 3, 33-38 [In Russian].

11. Usatenko N., Okhrimenko Yu. (2013). Vyznachalni kharakterystyky vyrizok z miasa kurchat-broylerov za natyvnyim stanom [Determinative characteristics of cuts of broiler meat by natively state]. Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Named After S. Z. Gzhytskyi]. Vol. 15, 1(55), part 3, 174-178 [In Ukrainian].