

УДК 619:637.52:614.31

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ КУРЕЙ У ПРОЦЕСІ АВТОЛІЗУ ТА ЇХ КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК ІЗ КОЕФІЦІЄНТОМ АКТИВНОСТІ БІОСПЕКЛІВ

О. М. Щебенцовська
olga_dndki@yahoo.com

Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок, вул. Донецька, 11, м. Львів, 79019, Україна

Традиційні методи оцінки якості м'ясної сировини та м'ясопродуктів не завжди дозволяють швидко та ефективно оцінити стан м'язової тканини, її морфологічні властивості за постійного впливу температури, мікроорганізмів, механічних факторів. Розробка нових методів контролю дасть можливість отримати ширшу інформацію про стан м'язової тканини і, як наслідок, отримати вищу якість м'ясних продуктів. У статті представлені результати гістологічних, ультраструктурних і фізичних змін м'язових волокон курчат-бройлерів через 15 хвилин, 1, 2, 4, 6, 12 та 24 год після забою. Запропоновано досліджувати спекл-зображення м'язової тканини за допомогою методу просторово-часової спекл-кореляції. Одержані результати експерименту дозволяють оцінити динаміку зміни у часі біоспеклів поверхні та приповерхневих шарів м'язів.

У процесі автолізу в м'язовій тканині запускається цілий ряд фізико-хімічних та біохімічних процесів, які в перші години після забою тварин є найбільш помітними. Ультаструктурними дослідженнями м'язової тканини курчат-бройлерів встановлено скорочення саркомерів, розривлення крист мітохондрій, деформацію ядер, зменшення ядерного хроматину, розриви та тріщини м'язових волокон. Ці зміни впливали на динаміку біоспеклів. При взаємодії низькоінтенсивного лазерного випромінювання з поверхневими шарами м'язової тканини, внаслідок інтерференції світлових променів утворювались біоспекл-поля, зміна коефіцієнту активності яких характеризувала біологічні процеси, які відбувались при автолізі. Методом просторово-часової спекл-кореляції встановлено взаємозв'язок між структурно-функціональними змінами м'язової тканини курей-бройлерів та коефіцієнтом активності біоспеклів, які, за результатами наших досліджень, корелювались із деструктивними процесами у м'язовій тканині.

Ключові слова: М'ЯЗОВА ТКАНИНА, АВТОЛІЗ, ЯДРО, ХРОМАТИН, МІТОХОНДРІЇ, АКТОМІОЗИНОВИЙ КОМПЛЕКС, ГІСТОЛОГІЧНІ ЗМІНИ, КРОС-КОРЕЛЯЦІЯ, КОЕФІЦІЄНТ АКТИВНОСТІ БІОСПЕКЛІВ

STRUCTURAL CHANGES OF BROILER TISSUES IN THE PROCESS OF AUTOLYSIS AND THEIR CORRELATIVE CONNECTION WITH ACTIVITY COEFFICIENT OF BIOSPECKLES

O. M. Shchebentovska
olga_dndki@yahoo.com

State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Donetsk st., 11, Lviv, 79019, Ukraine

Traditional methods of quality evaluation of meat raw material and meat products do not always allow evaluating muscle tissue state, its morphological peculiarities at constant influence of temperature, microorganisms, mechanical factors quickly and effectively. The development of new control methods will give an opportunity to obtain more detailed information about muscle tissue state and as a result to achieve higher quality of meat products. The article presents the results of histological, ultrastructural and physical changes of muscle fibres of broilers in 15 minutes, 1, 2, 4, 6, 12 and 24 hours. It is proposed to investigate the speckle patterns of biological objects by the spatial-temporal speckle correlation technique.

The experimental results allowing estimation of the temporal dynamics surfaces and subsurface layers muscles.

In the process of autolysis in muscle tissue we can observe many physicochemical and biochemical processes that are the most visible during the first hours after slaughter. Ultrastructural tests of muscle tissue of broilers showed contraction of sarcomeres, loosening of mitochondrion cristas, nucleus deformation, reduction of nucleus chromatin level, ruptures and clefts of muscle tissues. These changes influenced the dynamics of biospeckles. At the presence of interaction of low-intensive lazer emanation from surface layers of muscle tissues, as a results of interference of light rays biospeckle fields were created, the activity coefficient change of which characterized biological processes observed at autolysis. The method of dimensional and time speckle-correlation showed the interconnection between structural and functional changes of muscle tissue of broilers and activity coefficient of speckles that correlated with destructive processes in muscle tissue.

Keywords: MUSCLE TISSUE, AUTOLYSIS, NUCLEUS, CHROMATIN, MITOCHONDRIA, ACTOMYOSIN COMPLEX, HISTOLOGICAL CHANGES, CROSS-CORRELATION, ACTIVITY COEFFICIENT OF BIOSPECKLES

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КУР В ПРОЦЕССЕ АВТОЛИЗА И ИХ КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ С КОЭФФИЦИЕНТОМ АКТИВНОСТИ БИОСПЕКЛОВ

О. Н. Щербентовская
olga_dndki@yahoo.com

Государственный научно-исследовательский контрольный институт ветеринарных препаратов и кормовых добавок, ул. Донецкая, 11, г. Львов, 79019, Украина

Традиционные методы оценки качества мясного сырья и мясопродуктов не всегда позволяют быстро и эффективно оценить состояние мышечной ткани, ее морфологические свойства при постоянном воздействия температуры, микроорганизмов, механических факторов. Разработка новых методов контроля позволит получить более широкую информацию о состоянии мышечной ткани и, как следствие, получить более высокое качество мясных продуктов. В статье представлены результаты гистологических, ультраструктурных и физических изменений мышечных волокон цыплят-бройлеров через 15 минут, 1, 2, 4, 6, 12 и 24 часа после убоя. Предложено исследовать спекл изображения мышечной ткани с помощью метода пространственно-временной спекл-корреляции. Приведены результаты эксперимента, которые позволяют оценить динамику изменения во времени биоспеклов поверхностных слоев мышц.

В процессе автолиза в мышечной ткани запускается целый ряд физико-химических и биохимических процессов, наиболее заметных в первые часы после убоя животных. Ультаструктурными исследованиями мышечной ткани кур-бройлеров установлено сокращение саркомеров, разрыхление крист митохондрий, деформацию ядер, уменьшение ядерного хроматина, разрывы и трещины мышечных волокон. Эти изменения влияли на динамику биоспеклов. При взаимодействии низкоинтенсивного лазерного излучения с поверхностными слоями мышечной ткани, вследствие интерференции световых лучей образовывались биоспекл-поля, изменение коэффициента активности которых характеризовало биологические процессы, происходящие при автолизе. Методом пространственно-временной спекл-корреляции установлена взаимосвязь между структурно-функциональными изменениями мышечной ткани цыплят-бройлеров и коэффициентом активности биоспеклов, коррелирующих, согласно результатам наших исследований, с деструктивными процессами в мышечной ткани.

Ключевые слова: МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ, АВТОЛИЗ, ЯДРО, ХРОМАТИН, МИТОХОНДРИИ, АКТОМИОЗИНОВИЙ КОМПЛЕКС, ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, КРОСС-КОРРЕЛЯЦИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ АКТИВНОСТИ БИОСПЕКЛОВ

В усьому світі, а також і в Україні, гострою залишається проблема контролю якості продуктів тваринного походження, яку пов'язують, зазвичай, з постійним впливом техногенних факторів, недопрацьованими технологіями інтенсивної відгодівлі та втручанням у генотип тварин.

Наявні літературні повідомлення та дані лабораторних досліджень свідчать про розбіжність та нестабільність результатів дослідження щодо встановлення свіжості м'яса, які отримують, застосовуючи традиційні фізико-хімічні методи дослідження (діючі стандарти) [1, 2]. Тому виникає необхідність детального вивчення структурно-функціональних змін у м'язовій тканині тварин у процесі автолізу, а розробка нових високоефективних методів встановлення якості м'ясної сировини дасть можливість отримати ширшу інформацію про стан м'язової тканини і, як наслідок, отримати вищу якість м'ясних продуктів [3, 4].

Вивчення змін, які відбуваються у м'язовій тканині у процесі автолізу, має важливе науково-практичне значення [5]. На першій стадії автолізу відбувається розпад АТФ, внаслідок дефосфорилування якої проходить процес фосфоролізу глікогену, відбувається скорочення міофібрилярних білків, накопичується молочна (і фосфорна) кислоти, які впливають на стан м'язових білків, що, в свою чергу, формує технологічні властивості м'яса — консистенцію, вологоутримуючі властивості, емульгуючі та адгезійні показники [6, 7].

Дослідження м'язової тканини є одним із важливих завдань сучасної біології. Останнім часом із цією метою широко використовують безконтактні біофізичні методи, які ґрунтуються на взаємодії різного роду випромінювання з біологічними об'єктами. Так, за низькоінтенсивного лазерного опромінювання біооб'єктів, внаслідок множинної інтерференції в просторі, формуються динамічні спекл-структури або

біоспекли у вигляді мерехтіння темних і світлих плямок [8]. Різноманітні фізико-хімічні, біохімічні чинники та вплив факторів зовнішнього середовища після забою тварини зумовлюють зміни просторово-часової динаміки біоспеклів цієї тканини. Завдяки безконтактності, простоті реєстрації, дослідження спекл-зображень та методи їх комп'ютерної обробки представляють особливий інтерес. Біоспекли широко використовуються в біології та медицині, зокрема при вивченні кровотоку, визначенні якості насіння, стиглості плодів та овочів тощо [9–11].

Відомі роботи, в яких показано, що аналіз біоспеклів можна використати для оцінки якості м'яса з метою контролю за його зберіганням [12, 13]. Проте, ще недостатньо вивчені процеси, які відбуваються у м'язовій тканині після забою тварин, вплив різних чинників і їх зв'язок з просторово-часовими параметрами біоспеклів. Адже після забою тварини у м'язовій тканині запускається цілий ряд фізико-хімічних та біохімічних процесів автолізу. Окрім цього, вплив температури, мікроорганізмів, механічні деформації також впливають на структуру цієї тканини [14, 15]. У перші години після забою найбільш помітними і значними є ультраструктурні та гістологічні зміни тканин, зокрема: скорочення саркомерів, розрихлення крист мітохондрій, деформація ядер м'язових волокон, зменшення ядерного хроматину, розриви та тріщини м'язових волокон. Ці зміни впливають і на динаміку біоспеклів.

Метою нашої роботи було вивчення гістологічних та ультраструктурних змін м'язової тканини курей через 15 хв, 1, 2, 4, 6, 12 та 24 год після забою, аналіз зареєстрованих цифрових спекл-зображень методом просторово-часової спекл-кореляції, обчислення коефіцієнту активності біоспеклів, який є кількісним показником інтенсивності біологічних процесів.

Матеріали і методи

Експерименти проводили, використовуючи м'язову тканину курчат-бройлерів (середня маса 2,5–3 кг), яких утримували у стаціонарних умовах віварію. Евтаназію тварин здійснювали під ефірним наркозом і одержані зразки групи м'язів стегна використовували в подальших дослідженнях. Усі маніпуляції з тваринами проводили згідно з Міжнародною конвенцією роботи з тваринами та Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Для гістологічного дослідження зрізи м'язової тканини фіксували у 10 % нейтральному розчині формаліну. Після цього м'язові волокна зневоднювали у ряді розчинів спирту з висхідними концентраціями (70°, 80°, 90°, 96°), ущільнювали у двох порціях хлороформу та заливали в парафін. На санному мікроскопі виготовляли зрізи, завтовшки від 5 мкм до 15 мкм, які фарбували гематоксиліном та еозином [16]. Світлово мікроскопію і мікрофотографування гістопрепаратів здійснювали за допомогою мікроскопа OLYMPUS CX 41 та фотокамери OLYMPUS C-5050. Морфометрію на тканинному рівні проводили з використанням програми DP-SOFT для мікроскопа OLYMPUS CX 41.

Для електронно-мікроскопічного дослідження матеріал відбирали через 15 хвилин після забою, на 1, 2, 4, 6, 12 та 24 години, фіксували упродовж 2 год у 1,5 % розчині глютарового альдегіду в 0,2 М какодилатному буфері (рН 7,2). Зразки промивали у двох порціях буфера і дофіксували в 1,5 % розчині оксиду осмію (OsO₄). Після відмивання, дегідратації в зростаючих концентраціях етилового спирту, контрастували ураніацетатом і заключали в епоксидну смолу Epon-812. Ультратонкі зрізи піддавали обробці контрастуючими агентами — ураніацетатом і цитратом свинцю. Зразки переглядали і фотографували в електронно-трансмісійному мікроскопі ПЕМ-100.

Кислотність рН і температуру м'язової тканини вимірювали за допомогою рН-метра Testo-205.

Під час дослідження біоспеклів м'язової тканини використовували He-Ne лазер ЛГН-207 потужністю 1,5 мВт ($\lambda=630$ нм). Щоб зменшити тепловий вплив лазерного випромінювання, зрізи м'язової тканини освітлювали тільки під час реєстрації зображень. Серію спекл-зображень поверхні м'язової тканини у місці падіння лазерного променя реєстрували цифровою відеокамерою з інтервалом 1 с упродовж 1 хв. Отримані зображення зберігали на жорсткий диск комп'ютера і пізніше обробляли за допомогою спеціально розробленої програми в середовищі MATLAB.

Взрізи почергово поміщали у кювету, яку встановлювали на предметний столик і реєстрували серію спекл-зображень. Взрізи розміщували м'язовими волокнами паралельно до напрямку падіння лазерного променя. Взрізи освітлювали сфокусованим лазерним променем (діаметр пучка приблизно 1 мм), який спрямовували під кутом 45° до площини кювети. За допомогою дзеркала і об'єктива на чутливій матриці відеокамери реєстрували спекл-зображення поверхні м'язової тканини навколо падіння лазерного променя на об'єкт.

Суть методу просторово-часової спекл-кореляції полягає в тому, що ділянку оптично шорсткої поверхні освітлюють когерентним лазерним променем. Внаслідок багатопроменевої інтерференції відбитих та заломлених від поверхні оптичних хвиль, об'єктивом цифрової камери формується спекл-зображення. Таким чином реєструють серію спекл-зображень. Ці зображення чи їх фрагменти порівнюють між собою за допомогою спеціальної комп'ютерної програми. Потім обраховують коефіцієнт крос-кореляції

зображень або їх фрагментів $C_{m,n}^{k+l}$, значення якого тим менше, чим більші

зміни на вибраній ділянці поверхні
упродовж часу реєстрації [9]:

$$C_{m,n}^{k+l} = \frac{\left| \left\langle \left(S_{ij}^k - \langle S_{ij}^k \rangle \right) \cdot \left(S_{ij}^{k+l} - \langle S_{ij}^{k+l} \rangle \right) \right\rangle \right|}{\sigma_{ij}^k \cdot \sigma_{ij}^{k+l}} \quad (1)$$

де: i, j — номер пікселя у m, n -му
фрагменті цифрового спекл-зображення;
 $i=1, \dots, I; j=1, \dots, J; m=1, \dots, M; n=1, \dots, N; S_{ij}$
— інтенсивність i, j -го пікселя; k — номер
першого спекл-зображення, $k+l$ — номер
наступного спекл-зображення;

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\left\langle \left(S_{ij} - \langle S_{ij} \rangle \right)^2 \right\rangle}$$

де: $S_{i,j}$ — середньоквадратичне
відхилення, $\langle \rangle$ — операція усереднення
значень за кількістю пікселів у фрагменті
зображення.

Для кількісної оцінки сукупності
фізико-хімічних змін, які відбуваються під
час зберігання м'язової тканини,
вираховують коефіцієнт активності
біоспеклів за формулою:

$$\text{КАБ} = \frac{C(t_1) - C(\tau_0)}{\int_{t_1}^{\tau_0} C(t) \cdot dt} \quad (2)$$

де: $C(t_1)$ — значення коефіцієнта
крос-кореляції через інтервал часу dt (у
наших експериментах $dt = 1\text{с}$); $C(\tau_0)$ —

значення коефіцієнта крос-кореляції через
інтервал часу τ_0 .

Результати й обговорення

За гістологічного дослідження зрізів
грудних м'язів курей через 15 хв після
забою, м'язові волокна щільно прилягали
одні до одних, поперечна та поздовжня
посмугованість добре проглядалась,
саркоплазма була однорідно забарвленою,
під сарколемою добре проглядалися темно-
сині видовжено-овальної форми ядра.

При ультраструктурному дослідженні
м'язової тканини через 15 хв після забою
форма ядра м'язових волокон була
видовжено-веретеноподібної форми, з
численними неглибокими інвагінаціями
каріолеми. Контури ядерної оболонки чіткі.
Біля внутрішньої мембрани каріолеми
розташовувались різної величини
сконденсовані грудки електронно-щільного
гетерохроматину (рис. 1). Мітохондрії
овальної та округлої форми з чіткими
кристами (рис. 2). Ступінь скорочення
актоміозинового білкового апарату
варіювався як у різних ділянках м'язів, так і
в різних пучках м'язових волокон. У
ділянках між міофібрилами чітко
проглядалися каналці ендоплазматичного
ретикулуму.

Приблизно через 15 хв після забою
тварин рН м'язової тканини стегна становила
6,56 (температура стегна 37,8 °C).

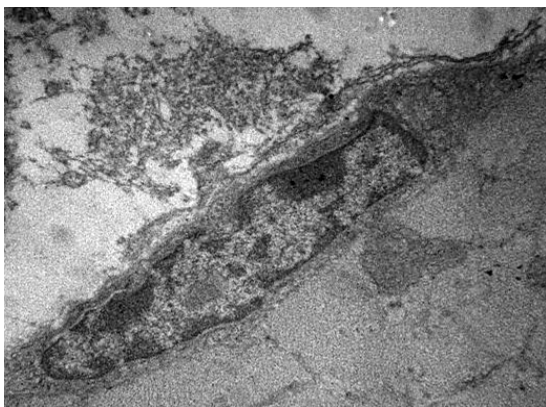


Рис. 1. Ядро видовжено-веретеноподібної форми.
Контури ядерної оболонки чіткі. Курячі м'язові волокна
через 15 хв. після забою. x 14 000

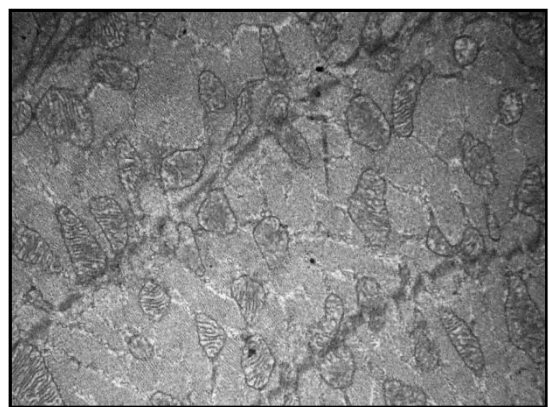


Рис. 2. Мітохондрії з чіткими кристами. Курячі
м'язові волокна через 15 хв. після забою. x 10 000

Гістологічно через 1 год після забою птиці виявляли, що м'язові волокна розміщувались паралельно одні до одних, поперечна посмугованість була добре вираженою. Ядра гіперхромні, овальної форми, розміщувалися по всьому об'єму м'язового волокна (рис. 3). При ультраструктурному дослідженні м'язів курей через 1 год після забою

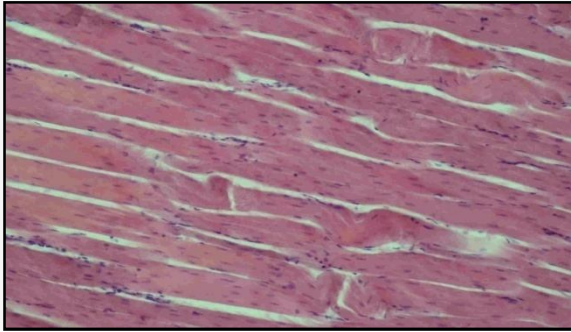


Рис. 3. М'язові волокна курей через 1 год після забою. Добре виражена поперечна посмугованість. Гематоксилін та еозин. x 200

відзначали помітні зміни актоміозинового комплексу, які характеризувались помірним скороченням саркомерів, розривами міофібрил та загальним зменшенням їх довжини (рис. 4). Ядра м'язових волокон зберігали видовжену форму, проте змінювалась ступінь конденсації хроматину.

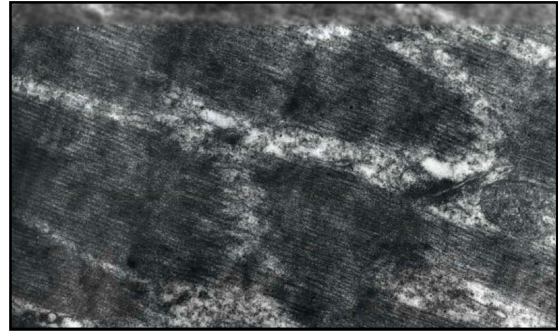


Рис. 4. Ультраструктура м'язового волокна через 1 год після забою. Розриви міофібрил та зменшення (укорочення) їх довжини. x 32 000

Світлооптично через 2 год після забою тварин більшість м'язових волокон ставали хвилястими, поперечна посмугованість була вираженою. В окремих м'язових волокнах з'являлися вузли скорочення та мікротріщини (рис. 5). Ультраструктурних змін зазнавали ядра м'язових волокон. Веретеноподібна форма їх зберігалась, але контури ядер ставали розмитими, нечіткими, відзначали

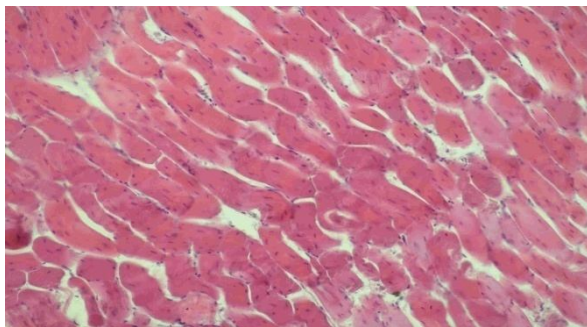


Рис. 5. М'язові волокна курей через 2 години після забою. Незначне розширення міжм'язових прошарків, поява вузлів скорочення та мікротріщин. Гематоксилін та еозин. x 200

розпушеність і зменшення вмісту хроматину (рис. 6).

Через 4 год, а особливо через 6 год після забою курей та охолодження м'яса, більшість м'язових волокон ставали хвилястими, у ділянках, де формувались вузли скорочення відзначали розриви, збільшилась кількість мікротріщин (рис. 7). Ультраструктурно значних змін зазнавали ядра м'язових волокон, особливо через 4 і 6 год після забою.

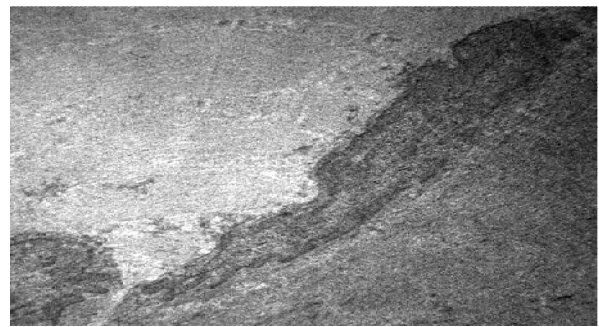


Рис. 6. Ядро м'язових волокон через 2 години після забою, видовжено-веретеноподібної форми. Контури ядерної оболонки нечіткі. Хроматин розміщується по периметру ядра. x 14 000

Форма ядра змінювалась, ставала овальною (через 4 год), округлою з глибокими інвагінаціями (через 6 год). Каріоплазма просвітлювалась, дрібні, слабооксифільні грудки хроматину розміщувалися біля каріолеми, яка

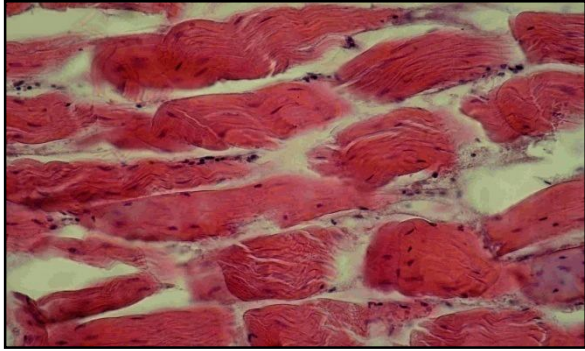


Рис. 7. Структура волокон грудних м'язів курей через 4 год після забою. Поперечні тріщини та розрив м'язових волокон.
Гематоксилін та еозин. x 400

У м'язах через 12 год після зберігання в охолодженому стані з'являються множинні щілиноподібні розриви і тріщини сарколеми, розширюються міжм'язові прошарки (рис. 10). Потовщені фрагменти м'язових волокон часто розміщуються окремо від основної маси волокон. Клітинні ядра ще проглядаються. При ультраструктурному дослідженні виявляли набряклі мітохондрії з просвітленим матриксом і фрагментованими кристами. Ядра м'язових волокон сильно набубнявілі, а хроматин

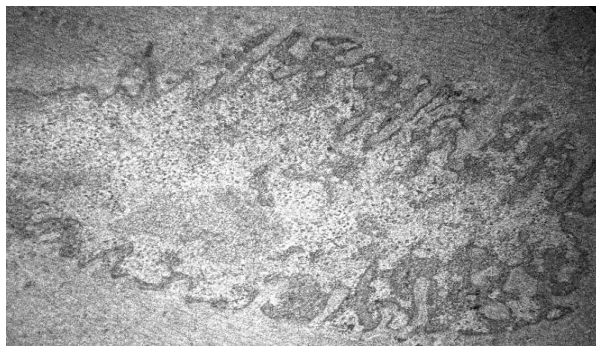


Рис. 9. Ядро м'язового волокна курки на 6 год після забою. Утворення глибоких інвагінацій, просвітлення каріоплазми. x 14 000

утворювала багато глибоких (через 4 год) і поодинокі (через 6 год) інвагінації каріолеми (рис. 8, 9). Мітохондрії мали пошкоджені зовнішні мембрани та фрагментовані кристи.

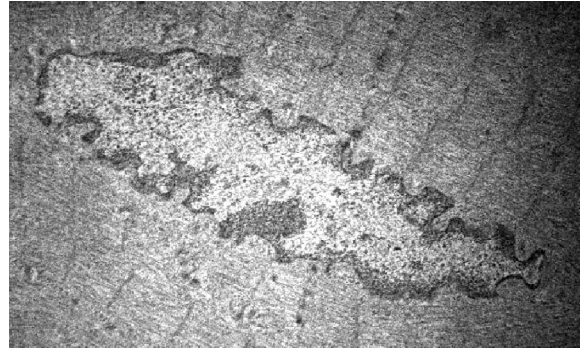


Рис. 8. Ядро м'язового волокна курки на 4 год після забою. Концентрація хроматину біля внутрішньої пластини ядерної мембрани. x 14 000

набував зернистого вигляду (рис. 11).

Через 24 год зберігання м'язової тканини в охолодженому стані розвивалися морфологічні ознаки, характерні для автолізу. Форма окремих м'язових волокон зберігалась, але переважали деформовані або скручені м'язові волокна. У багатьох місцях м'язові волокна розірвані з великою кількістю поперечних тріщин, що спричинило вихід м'язового білка. Між елементами м'язової та сполучної тканини відзначали формування дрібнозернистої білкової маси (рис. 12).

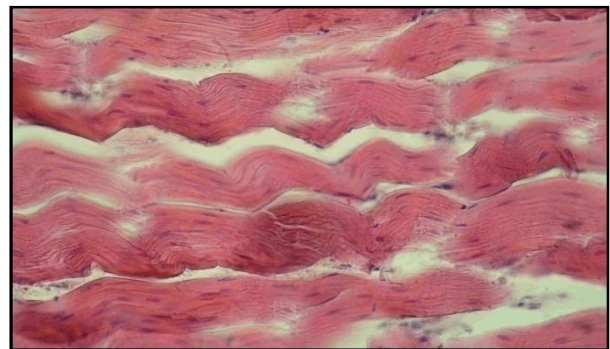


Рис. 10. М'язові волокна через 12 год після забою. Тріщини та руйнування саркоплазми.
Гематоксилін та еозин. x 400



Рис. 11. Ядро м'язового волокна курки на 12 год після забою. Втрата веретеноподібної форми. Деконденсація хроматину та розміщення його у вигляді грудок біля ядерної мембрани. $\times 14\ 000$

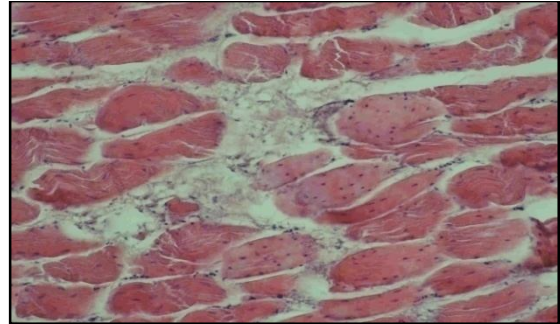


Рис. 12. М'язові волокна через 24 год після забою. Руйнування, розриви та тріщини сарколеми. Скупчення зернистої білкової маси між м'язовими волокнами. Гематоксилін та еозин. $\times 400$

При ультраструктурному дослідженні виявлено руйнування значної частини клітинних органел, розриви міофібрил (рис. 13). Ядра клітин ставали овальними, відзначали дегенерацію хроматину. Мітохондрії набухали, їх матрикс був просвітлений, кристи фрагментувались, окремі

— руйнувались (рис. 14). Отже, у м'язовій тканині в процесі автолізу відбуваються характерні структурні зміни клітин, які корелюють у часі. Фізико-хімічні та біохімічні процеси автолізу зумовлюють зниження рН до майже постійного рівня (табл.).



Рис. 13. Ультраструктура м'язового волокна через 24 години після забою птиці. Руйнування міофібрил. $\times 32\ 000$



Рис. 14. Мітохондрії з розрихленими кристами, просвітлення матриксу. Курячі м'язові волокна через 24 години після забою. $\times 80\ 000$

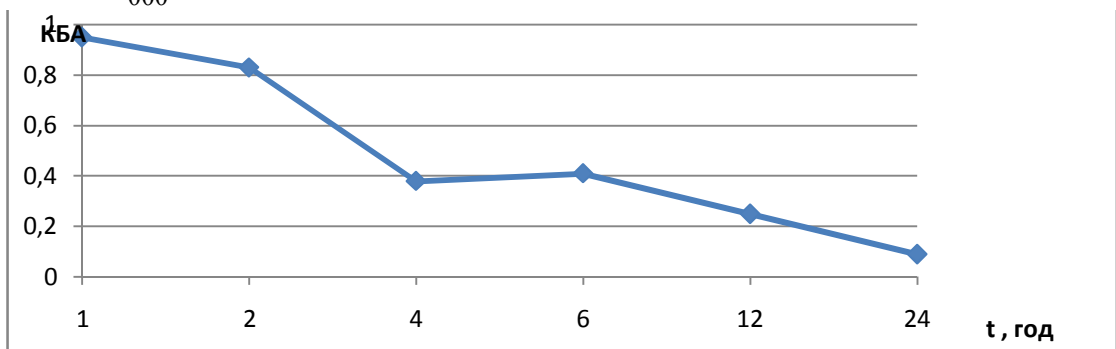


Рис. 15. Динаміка коефіцієнта активності біоспеклів

Це супроводжується також збільшенням кількості розривів та відстанню між м'язовими волокнами. У зазначені вище проміжки часу реєстрували біоспекли взірців. З одержаних спекл-зображень обраховували коефіцієнт активності біоспеклів. Із попередніх наших досліджень відомо, що чим

інтенсивніше відбуваються зміни у м'язовій тканині, тим більші значення КАБ. Отримані значення КАБ вказують на згасання швидкості фізико-хімічних процесів у м'язовій тканині. Динаміка коефіцієнта активності біоспеклів зображена на рисунку 15.

Значення показників коефіцієнта активності біоспеклів, рН, кількості розривів і відстаней між м'язовими волокнами

Показники	Час, год.					
	1	2	4	6	12	24
КАБ	0,95	0,83	0,38	0,41	0,25	0,09
рН	6,15	5,75	5,78	5,81	5,75	5,80
Кількість розривів м'язових волокон ¹	7	12	15	21	23	51
Відстань між м'язовими волокнами ¹ , мкм	1,84±0,11	5,58±0,37***	9,68±1,21	10,04±0,83***	10,47±0,48	13,41±1,32

Примітка: ¹на площі гістопрепарату 500 мкм²; *** — p<0,001

Встановлено, що через 24 год КАБ дорівнює 0,09, що свідчить про значні зміни активності фізико-хімічних процесів, які супроводжуються структурними змінами м'язової тканини.

Висновки

Аналізуючи результати гістологічних та ультраструктурних змін після забою, слід відзначити, що процеси розпаду в м'язовій тканині зумовлюють суттєві зміни оптико-геометричних властивостей її поверхні та приповерхневих шарів. Це викликає зміну просторово-часової динаміки біоспеклів. Інтенсивність автолітичних процесів упродовж 24 год зберігання взірців змінюється, про що свідчать значення КАБ. Отже, динаміка спеклів залежить від інтенсивності деструктивних процесів в м'язовій тканині, а метод просторово-часової спекл-кореляції можна використовувати для оцінки якості м'яса.

Перспективи подальших досліджень. Доцільно вивчити структурно-функціональні зміни м'язової тканини при тривалому зберіганні в холодильниках та встановити взаємозв'язок між зміною активності коефіцієнта крос-кореляції біоспеклів.

1. Gurveva K. B. Biologicheskaya tsennost belkov zamorozhennogo mvasa posle khraneniya [The biological values of frozen meat proteins after storage]. *Mvasnve tekhnologii — Meat technology*, 2012, no. 3 (111), pp. 46–49 (in Russian).

2. Khvylyva S. I. Praktychne zastosuvannya histolohichnoho metodu v tsilyakh identyfikatsivi m'vasnykh produktiv [The practical application of histological method for identification purposes of the meat products]. *Mvasna industriva — Meat Industrv*. 2006. no. 12. pp. 32–34 (in Russian).

3. Kuznetsov A. V., Kostenko Y. H., Ivankyn A. N. Pro kontrol mvasa na svizhist [In control of meat freshness]. *Vse pro mvaso — All about meat*, 2002, no. 2, pp. 36–38 (in Ukrainian).

4. Skalinskiv F. I., Bilousov A. A. *Mikrostruktura mvasa* [Microstructure meat]. Moscow: Food Industry, 1988. 175 p. (in Russian).

5. Hayden A. R. Detection of chicken flesh in beef sausages. *Journal Food Sei.*, 1977, no. 42, pp. 1189–1192.

6. Mikami M., Whiting A. Degradation of myofibrils from rabbit, chicken and beef by cathepsin and lysosomal lysates. *Meat Science*, 1987, no. 21 (2), pp. 81–97.

7. Liu A., Nishimura T., Takahashi K. Structural weakening of intramuscular connective tissue during post mortem ageing of chicken semitendinosus muscle. *Meat science*, 1995, no. 39, pp. 135–142.

8. Asakura T., Takai N. Dynamic laser speckles and their application to velocity measurements of the diffuse object. *Appl. Opt.*, 1981, no. 25 (3), pp. 179–194.

9. Briers J. D. A note on the statistics of laser speckle patterns added to coherent and incoherent background fields, and a possible application for the case of incoherent addition. *Opt. Quant. Electron*, 1975, no. 7, pp. 422–424.

10. Oulamara A., Tribilon G., Duvernoy J. Biological activity measurement on botanical specimen surfaces using a temporal decorrelation effect of laser speckle. *Journal Modern Opt.*, 1989, no. 36. pp. 165–179.

11. Xu Z., Joenathan C., Khorana B. Temporal and spatial properties of the time-varying speckles of botanical specimens. *Opt. Eng.*, 1995, no. 34 (5), pp. 1487–1502.

12. Briers J. D., Richard G., He X. W. Capillary blood flow monitoring using laser speckle contrast analysis. *Journal Biomed. Opt.*, 1999, no. 4, pp. 164–175.

13. Briers J. D. Speckle fluctuation and biomedical optics: Implications and application. *Opt. Eng.*, 1993, no. 32 (5), pp. 277–283.

14. Fercher A. F., Briers J. D. Flow visualization by means of single-exposure speckle photography. *Opt. Commun.*, 1981, no. 37, pp. 326–329.

15. Aymerich T. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 2008, no. 78. pp. 114–129.

16. Merkulov G. A. *Kurs patologicheskoy tekhniki* [The pathological technics course]. Leningrad, Medicine, 1969. 423 p. (In Russian).