

4. Іовенко В.М., Нежлукченко Н.В. Продуктивні та відтворювальні якості овець таврійського типу асканійської тонкорунної породи *Вівчарство та козівництво*. 2017. Вип. 2. С. 72–80.

5. Похил В.І., Похил О.М., Дичаківська А.Ю. Вплив промислового схрещування на продуктивні показники овець *Проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва* : тези доповіді наук.-практ. конф. аспірантів, здобувачів та викл. біотехнологічного ф-ту за результатами науково-дослідної роботи 2018 р., м. Дніпро, 16 трав. 2019 р. Дніпро, 2019. С. 81–84.

6. Папакіна Н.С. Практика попередньої оцінки продуктивності молодняка овець. *Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах Євроінтеграції*: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції. м. Дніпро, 23–24 травня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 60–64.

7. Смоляр В. Вівчарство: актуальність створення сімейних ферм. *Техніка і технологія АПК*. 2019. № 1 (110). С. 10–14.

8. Крамаренко О.С., Крамаренко С.С., Луговий С.І., Юлевич О.І. Аналіз впливу генетичних та не-генетичних факторів на живу масу ягнят при народженні та відлученні. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. Т. 22. № 93. С. 14–21.

УДК 636.5.033

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.32>

СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІОПАТІЙ «ДЕРЕВ'ЯНІ ГРУДИ» І «БІЛІ СМУГИ» (ОГЛЯД)

Пасєчко Д.-В.Д. – аспірант біолого-технологічного факультету,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Любенко О.І. – к.с.-г.н., доцент кафедри технології виробництва
продукції тваринництва,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Останніми роками, зважаючи на стрімке збільшення швидкості росту курчат-бройлерів, у птиці почали проявлятися грудні міопатії (патологічні зміни м'язів). Найпоширенішими є «дерев'яні груди» і «білі смуги», які виявлені в багатьох країнах світу. Однак вітчизняні дослідження цих міопатій відсутні. «Дерев'яні груди» – значне ущільнення м'язів філе. «Білі смуги» – вузькі лінійні міжм'язові жирові відкладення, розташовані паралельно до м'язових волокон філе. Обидві міопатії змінюють нормальний хімічний склад і технологічні властивості м'яса, що призводить до проблем його реалізації і переробки. Міопатії взаємопов'язані ($r=+0,55$), при цьому міопатія «білі смуги» виникає раніше і розглядається як одна з можливих стадій міопатії «дерев'яні груди», також міопатії пов'язані з дерматитом і порушеннями нормального руху. Основною причиною виникнення міопатій є дуже швидкий ріст сучасних бройлерних кросів. Для боротьби з цією проблемою дослідниками розроблено низку методів годівлі (додавання до раціону гуанідинової, докозагекаєнової кислоти, дієтичної фітази тощо), які сприяють послабленню ступеня прояву міопатій. Сьогодні розроблено низку методів діагностики і виявлення ступеня прояву міопатій, зокрема «прижиттєвий – ультразвуковий», найкращим і найшвидшим недеструктивним методом, точність якого досягає 100%, є інфрачервона спектроскопія у ближньому діапазоні і її модифікації. Для підвищення ніжності м'яса з міопатією «дерев'яні груди» доцільно застосовувати «лезову тендеризацію», найефективнішими методами переробки міопатичного м'яса є виробництво гамбургерів і сосисок,

а найкращим методом приготування – підсмажування на грилі. Споживачі негативно ставляться до зовнішнього вигляду м'яса з міопатіями і мають менше бажання його купувати. Птахівництво США, за даними різних дослідників, щорічно втрачає від 200 млн до 18 млрд доларів унаслідок прояву міопатій, а у Бразилії втрати становлять 0,27 доларів США на кожну голову птиці. Ураховуючи значне розповсюдження міопатій і тенденцію до зростання їх прояву в поголів'я промислових птахівничих підприємств, доцільно дослідити ступінь прояву міопатій у вітчизняних господарствах.

Ключові слова: курчата-бройлери, якість м'яса, міопатія, «білі смуги», «дерев'яні груди», сучасне птахівництво.

Pasiechko D.-V.D., Liubenko O.I. Current research on woody breast and white striping myopathies (a review)

In recent years, due to a rapid increase in the growth rate of broiler chickens, the poultry has begun to suffer from breast myopathies (pathological muscle changes). The most common are "wooden (woody) breast" and "white striping", which are found in many countries around the world. At the same time, Ukrainian studies of these myopathies are not available. "Wooden breast" is a significant hardening of fillet muscles. "White striping" looks like narrow linear intermuscular fat deposits parallel to the muscle fibers of fillet. Both myopathies change the normal chemical composition and technological properties of meat, which leads to problems in its sale and processing. Myopathies are interrelated ($r = +0.55$), it is known that white striping myopathy occurs earlier and is considered as one of the possible stages of woody breast myopathy, these myopathies are also associated with dermatitis and gait problems. The main cause of myopathies is a very rapid growth of modern broiler crosses. To solve this problem, researchers have developed a number of feeding methods (adding guanidinoacetic, docosahexaenoic acid, dietary phytase, etc.) to the diet, that help reduce the level of myopathies. Nowadays, a lot of methods have been developed to detect myopathies and check the level of their severity, including an ultrasound method used in vivo, but the best and the fastest non-destructive method, the accuracy of which reaches 100%, is a near-infrared spectroscopy and its modifications. To increase the tenderness of meat with a woody breast myopathy, it is advisable to use "blade tenderization", the most effective processing methods of meat with myopathies are the production of hamburgers and sausages, and the best method of cooking is grilling. Consumers have a negative attitude towards the appearance of meat with myopathies and show less willingness to buy it. Poultry farming in the United States, according to various studies, loses between \$ 200 million and \$ 18 billion annually due to myopathies, and in Brazil, the loss is \$ 0.27 per broiler chicken head. Considering the significant prevalence of myopathies and the tendency to an increase in their manifestation in the population of industrial poultry enterprises, it is advisable to study spreading of myopathies on Ukrainian farms.

Key words: chicken broilers, meat quality, myopathy, "white striping", "woody breast", modern poultry.

Постановка проблеми. Поголів'я курей в Україні становить 91,85% від загального поголів'я свійської птиці. У 2019 році вироблено 1 381,4 тисячі тонн м'яса птиці забійної маси, що становить 55,42% від м'яса, одержаного з усіх видів тварин [1]. Відомо, що більше ніж 26% від живої маси курчати-бройлера становить грудна частина [2], таким чином, в Україні виробляється близько 250 тисяч тонн м'яса грудної частини курей, тобто приблизно по 7,5 кг на особу на рік (населення України становить 42 млн осіб). Значний рівень споживання курячих грудок в Україні висуває високі вимоги до виробників та переробників із забезпечення його якості.

Водночас у світі набувають розповсюдження міопатії (патологічні зміни м'язів), серед яких особливо небезпечними є «білі смуги» та «дерев'яні груди». Їх виявлено в багатьох країнах світу (Італія, США, Великобританія, Бразилія, Фінляндія тощо) [3], але повідомлення про їх розповсюдження в Україні відсутні. Водночас птахівництво України працює на основі зарубіжних науково-технічних досягнень. Зважаючи на це, поява таких міопатій у поголів'я бройлерів вітчизняних підприємств є цілком імовірною, тому й аналіз наукової літератури за цієї тематикою є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд вітчизняної літератури з цієї тематики виявив два згадування міопатії «дерев'яні груди» [4; 5]. Н.І. Данкевич [4] зазначає, що за цієї патології м'ясо має вищу вологість і менший уміст білка і золи, а М.П. Каркач [5] вказує на актуальність дослідження цієї міопатії в контексті добробуту птиці й економічної ефективності виробництва.

За даними пошуку в Google Scholar та Web of Science виявлено кілька сотень статей, які стосуються вивчення обох міопатій, однієї з них або їх взаємозв'язку. Огляд публікацій у цій сфері міститься в кількох англomовних статтях [3; 6–8], отже, обсяг даних є значним і потребує аналітичної обробки.

Постановка завдання. Мета статті – дослідити літературні дані про міопатії «білі смуги» і «дерев'яні груди» та побудувати цілісну картину уявлень про них.

Виклад основного матеріалу дослідження.

1. *Коротка характеристика міопатій.* М'язова міопатія – дегенеративні зміни мускулів, які характеризуються різноманітними патологіями, зокрема й некрозом тканин. «Дерев'яні груди» – значне ущільнення м'язів філе, вперше зафіксоване у 2014 році; міопатію представлено на рисунку 1.

На малюнку А гиря не занурюється вглиб м'яса у зв'язку з набагато вищою його щільністю (порівняно з малюнком Б) [3].

«Білі смуги» – вузькі міжм'язові жирові відкладення у вигляді ліній, розташованих паралельно до м'язових волокон філе, вперше зафіксовані у 2009 році (рис. 2).



Рис. 1. Зображення нормального м'яса і «дерев'яних грудей»

Примітка: А – куряче філе зі значним рівнем розвитку міопатії «дерев'яні груди»; Б – куряче філе без ознак міопатії



Рис. 2. Інтенсивність прояву міопатії «білі смуги»

Примітка: 0 – міопатія відсутня, 1 – помірний рівень (ледь помітні білі лінії до 1 мм шириною), 2 – сильний (помітні білі лінії 1–2 мм шириною), 3 – дуже сильний (товсті білі лінії понад 2 мм шириною, що покривають майже всю поверхню філе).

Відмінності нормального і міопатичного м'яса подано в таблиці 1 [9].

Таблиця 1

Показники м'яса з ознаками міопатії і нормального

Показник	Нормальне м'ясо	«Дерев'яні груди»	«Білі смуги» + «дерев'яні груди»
Колір і вигляд	Характерний	Блідий, припухлий	Блідий, припухлий зі смугами жиру
Вологість, %	74,1	75,3	75,1
Протеїн, %	22,8	21,4	20,4
Жир, %	0,87	1,25	1,98
Кальцій, мг/100 г	8,40	20,8	13,6
pH	5,82	5,87	6,05
Твердість, кг*см ⁻²	19,1	22,1	21,6
Жуйність, кг*мм	89,3	107,3	97,8
Втрати під час приготування, %	21,6	28,0	29,5

2. *Фактори, що викликають міопатії.* Ключовою причиною прояву міопатій є швидкий ріст сучасних бройлерних кросів. Американські вчені висунули гіпотезу, що «дерев'яні груди» є проявом ліпо- і глюкотоксичності, що проявляються в результаті хронічного надлишкового надходження ліпідів та вуглеводів до грудних м'язів і порушення нормального метаболізму ліпідів і глюкози, що є подібним до ускладнень при діабеті у гладких і посмугованих м'язах ссавців [10]. Найбільш вірогідним ініціатором міопатії «білі смуги» є гіпоксія, яка призводить до окислювального стресу, що і спричиняє проблеми з м'язами. За цієї міопатії порушуються процеси окиснення жирних кислот, цикл трикарбонових кислот, обмін аргініну, таурину й осмолітів, які відповідають за тургор клітин [11]. Причинами зростання захворюваності на міопатії є такі: малопоживний раціон на першій стадії після інкубаційного онтогенезу (0–12 днів) [12]; підвищена температура і посилена гіпоксія в інкубаційний період [13]; значна маса грудки (більше 750 г) і крос є найважливішими показниками, а вік, стать і жива маса мають менше значення (ці показники включені в модель прогнозування прояву міопатій) [14]; додавання глутамінової амінокислоти до раціону і нестача кисню сприяє прояву міопатії «білі смуги» [15]; корми з високим пероксидним індексом можуть збільшити захворюваність на обидві міопатії [16].

3. *Фактори, що зменшують ризик міопатій.* До таких факторів зараховують: обмежену в часі годівлю, короткий період зберігання яєць, генетику [17]; стать (жіноча вразливіша до «дерев'яних грудей») [18]; постійний рівень доступного фосфору в 0,45% під час усього процесу вирощування птиці, що зменшує прояв «дерев'яних грудей» із 3,69 до 2,88 на 43-й день росту [19]; включення гуанідинової кислоти у кількості 600 г/т корму сприяє зменшенню прояву міопатії «дерев'яні груди» у бройлерів, яких вирощують до 50 днів [20]; збільшене співвідношення аргініну до лізину 113–126 і додавання вітаміну С у кількості 94,4 мг/кг корму, а також зменшення щільності дотравних амінокислот до 15% у середню (гроуерну) фазу відгодівлі сприяє зменшенню значного ступеня прояву міопатії «дерев'яні груди» [21]; дієтичну фітазу (Quantum Blue), додавання якої у кількості 1 000 чи 2 000 одиниць фітази силу міопатії «дерев'яні груди» знижує на

5%, а «білі смуги» – на 14,74–31,12% [22]; збагачені 1% докозагексаєсновою кислотою (22–6 n3) водорості у поєднанні з подвійною дозою метіоніну сприяють зменшенню прояву «білих смуг» [23]; зниження харчового лізину у гроуерній фазі на 15% сприяє послабленню міопатії «білі смуги» при цьому не впливає загальний ріст птиці [24]; одночасне додавання глутаміну й аргініну спроможне знизити захворюваність на «дерев'яні груди», на відміну від відсутності цих амінокислот або додавання їх окремо [25].

4. *Вплив на поведінку, зв'язок з іншими хворобами і взаємозв'язок міопатій.* Проведені за допомогою програми Etho Vision XT на 27-ми бройлерах кросу Росс-708 із різним ступенем прояву міопатії «дерев'яні груди» дослідження показали, що ця міопатія не впливає на поведінку взагалі або впливає, але ступінь цього впливу не було змоги встановити у цьому дослідженні [26]. Масштабніше дослідження показало, що бройлери з міопатією «дерев'яні груди» мали вищий показник ходи (2,9 проти 2,6), що свідчить про вищий рівень труднощів під час руху. Таким чином, міопатія «дерев'яні груди» може бути частково пов'язана з поширеними аномаліями ходи в бройлерів [27]. Італійські дослідники вивчили взаємозв'язок дерматиту кінцівок із сучасними м'язовими міопатіями («дерев'яні груди», «білі смуги», «спагеті-м'ясо») на двох легких (вік забою – 35 днів) кросах птиці. Установлено, що один із кросів був менш схильним до м'язових міопатій: 25% проти 59% для «дерев'яних грудей», 31% проти 61% для «білих смуг» і 47% проти 77% для дерматиту. Це вказує на те, що генетика відіграє важливу роль у розвитку міопатій і дерматиту, а також на те, що між м'язовими міопатіями і дерматитом є позитивний кореляційний зв'язок [28]. У США вивчили процес формування «дерев'яних грудей» на основі аналізу характерних морфологічних змін м'язів. Виділено чотири стадії цього процесу: 1) «білі смуги»; 2) точкові геморагії в епімізюмі; 3) внутрішньом'язові геморагії; 4) ішемія. Міопатія «білі смуги» вперше виявилася на 16-й день, а «дерев'яні груди» – на 23-й. Таким чином, доведено, що ці міопатії взаємопов'язані, а «білі смуги» є попередником «дерев'яних грудей» [29]. Іншими дослідженнями встановлено, що 94% курячих грудок із міопатією «дерев'яні груди» мали ознаки міопатії «білі смуги». Із грудок, у яких не було міопатії «дерев'яні груди», 54% мали ознаки «білих смуг», 83% грудок, що мали ознаки «білих смуг» мали ознаки й «дерев'яних грудей». Коефіцієнт кореляції між цими міопатіями був позитивним і становив 0,55. Доведено, що грудки з міопатією «білі смуги» без «дерев'яних грудей» трапляються частіше, ніж із міопатією «дерев'яні груди» і без «білих смуг» [30].

5. *Методи діагностики міопатій.* Оскільки ключовою проблемною міопатією є «дерев'яні груди», то більшість діагностичних методів розроблені для неї. До методів діагностики міопатій зараховують такі, як пальпація, «ріжуча сила леза», аналіз зображень, компресійний, інфрачервона спектроскопія в ближньому діапазоні, аналіз біоелектричного імпедансу, ультразвукова діагностика тощо. Розглянемо суть цих методів. Найпростішим є метод пальпації, який потребує кваліфікованих експертів для його здійснення, мало придатний для застосування в умовах промислових підприємств, носить суб'єктивний характер. Данськими вченими встановлено порівняльну шкалу щільності (твердості) м'яса з іншими речовинами: поролон – міопатія відсутня; стрес-кульки для стискання в кулаку, виготовлені з поліуретанової піни із закритими комірками – середній прояв міопатії; полістирол – значний прояв міопатії. Експерт

здійснює пальпацію краніальної частини грудки і визначає те, до якої категорії її слід зарахувати [31]. Аналіз «ріжуча сила леза» здійснюється за допомогою приладу «Meullenet-Owens Razor Shear», який визначає спротив м'яса під час занурення в нього ножа з гострим (метод MORS) або тупим (метод BMORS) лезами. Дослідниками встановлено, що обидва методи можуть застосовуватись для визначення прояву міопатії «дерев'яні груди», але не є досить ефективними для сортування за ступенем прояву міопатії [32]. Аналіз зображень курячих тушок проводився за допомогою програмного забезпечення ImageJ шляхом вимірювання таких восьми параметрів (M0-M7), як довжина грудки, ширина грудки в краніальній частині тощо. У результаті досліджень на основі параметрів M1, M2, M3 розроблено модель виявлення міопатії, точність якої становить 84%. У цій же статті розглядається компресійний метод виявлення міопатії на основі опору м'яса під час його стиснення. Цей метод дозволяє краще (ніж аналіз «ріжуча сила леза») виявляти «дерев'яні груди» [33]. Інфрачервона спектроскопія у ближньому діапазоні і її модифікації є, напевно, найпрогресивнішим неdestructивним методом виявлення міопатії «дерев'яні груди» і визначення ступеня її прояву, точність якого доходить до 100% [34–37]. Метод полягає у вивченні взаємодії ближнього інфрачервоного випромінювання (від 760 до 2500 нм) зі зразками м'яса. На основі аналізу одержаних спектрограм установлюється наявність і ступінь прояву міопатії. Цей метод також застосовується для виявлення міопатії «білі смуги» як у індичок [38], так і (в поєднанні з методом візуалізації) в бройлерів [39]. Метод аналізу біоімпедансу полягає у вимірюванні активного і реактивного опору тканин організму, які залежать від змін у цілісності клітинної мембрани й обсягу внутрішньо- та зовнішньоклітинних рідин. Опір уражених міопатією «білі смуги» філе значно вищий, ніж у неуражених, тому цей метод може застосовуватись для виявлення міопатії, але не для визначення ступеня її прояву [40]. Ультразвукова діагностика є прижиттєвим методом виявлення і визначення ступеня прояву міопатії «дерев'яні груди», він має середній позитивний кореляційний зв'язок із міопатією (коефіцієнт кореляції становив на: 21 день – 0,51; 28 день – 0,531; 35 день – 0,47; 42 день – 0,43; 49 день – 0,548) [41].

б. Переробка м'яса з ознаками міопатії. Для покращення якості м'яса з ознаками міопатії «дерев'яні груди» можна застосовувати «лезову тендеризацію» (надання ніжності). Суть методу полягає у проколюванні м'яса за допомогою голок чи лез, розташованих на заданій відстані одне від одного, під час руху м'яса конвектором. Дослідники із США встановили, що сире та кулінарно оброблене філе з помірним та сильним рівнем міопатії, яке пройшло лезову тендеризацію, було пом'якшене, але все одно мало щільнішу структуру, ніж нормальне м'ясо (це було встановлено за допомогою компресійного аналізу й аналізу «ріжуча сила леза») [42]. В іншому дослідженні вивчався вплив міопатії «дерев'яні груди» на колір приготованого курячого філе (свіжого, маринованого, замороженого-розмороженого). Установлено, що міопатія негативно впливає на колір філе з вентральної сторони. Філе з міопатією були темніші, більш червоні й жовті, маринування та заморожування не змогли протидіяти змінам у кольорі [43]. Загалом, дослідження переробки м'яса з ознаками міопатії можна розподілити за такими напрямками, як маринування (доведено, що маринування не допомагає виправити текстуральні недоліки філе із сильним проявом міопатії «дерев'яні груди») [44; 45]; виробництво сосисок (ефективний метод переробки міопатичного

м'яса, що забезпечує краще зберігання сосисок під час заморожування, зважаючи на високі антиоксидантні властивості міопатичного м'яса) [46; 47]; виробництво пірижків (використання великої кількості лише міопатичного м'яса не рекомендується, але в поєднанні його в заданих пропорціях із нормальним м'ясом є цілком ефективним) [48; 49]; виробництво котлет для гамбургерів (дослідники університету Сан-Пауло вивчили ставлення споживачів до гамбургерів, вироблених із м'яса з різним ступенем прояву міопатії «дерев'яні груди»: від нормального до м'яса із сильним проявом міопатії; установлено, що виготовлені з патологічного м'яса гамбургери не поступалися виробленим із м'яса з нормальними показниками, а за зовнішнім виглядом навіть переважали над ними) [50]; підсмажування філе на грилі (у Бразилії 100 дегустаторів оцінювали 30 приготованих на грилі філе (по 10 без ознак міопатії, з помірним рівнем, зі значним проявом міопатії), після чого було установлено, що зразки зі значним рівнем міопатії мали найбільші вподобання у споживачів) [51].

7. *Уподобання споживачів і економічні втрати.* Дослідниками із США встановлено, що майже 57% споживачів не подобається м'ясо з яскраво вираженою міопатією «білі смуги» (бажання купувати знизилось від 3,6 балів для нормального м'яса до 2,5 балів для ураженого міопатією (під час оцінювання за 5-ти бальною шкалою)). Те саме стосується м'яса з міопатією «дерев'яні груди» [52]. Від 5% до 10% вироблених у США філе можуть мати «дерев'яні груди». У дослідженні зазначається, що філе з ознаками міопатії продаються зі знижкою або використовуються для подальшої переробки. При цьому втрати в галузі птахівництва США за різними оцінками можуть варіювати від 200 млн до 18 млрд доларів [6]. Бразильські дослідники встановили, що приблизно 0,8% курячих грудок конфіскують у зв'язку з міопатіями, що призводить до щоденних економічних втрат на рівні 68 040 доларів США на комплексі, де щодня забивають 250 тисяч голів, тобто 0,27 доларів США на голову [53].

Висновки і пропозиції. Міопатії «дерев'яні груди» і «білі смуги» не були предметом досліджень вітчизняних науковців, водночас їх широке розповсюдження у світі, значні економічні збитки від них є суттєвими проблемами сучасного птахівництва. Обидві міопатії змінюють нормальний склад і властивості м'яса, що призводить до проблем із його реалізації і переробки. Міопатії взаємопов'язані ($r = +0,55$), при цьому міопатія «білі смуги» виникає раніше і розглядається як одна з можливих стадій «дерев'яних грудей». Основною причиною виникнення міопатій є дуже швидкий ріст сучасних бройлерних кросів, що призводить до патологій. Натепер розроблено багато методів діагностики міопатій і визначення ступеня їх прояву, зокрема «прижиттєвий – ультразвуковий». У подальшому планується вивчити частоту і силу прояву цих міопатій на базі вітчизняних промислових птахокомплексів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Державна служба статистики України. Тваринництво України 2019. Статистичний збірник. Київ, 2020. 158 с.
2. Erensoy K. Et al. Correlations between Breast Yield and Morphometric Traits in Broiler Pure Lines. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2020. P. 1–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1148>
3. Kuttappan V.A., Hargis B.M., Owens C.M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science journal*. 2016. № 95. P. 2724–2733.

4. Данкевич Н.І. Вплив кормових добавок, виготовлених з морських гідробіонтів, на показники якості м'яса курчат-бройлерів. *Ветеринарна біотехнологія*. 2020. № 36. С. 34–47.
 5. Каркач М.П. Добробут та проблеми сучасного бройлерного виробництва. *Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Біла Церква : БНАУ, 31 жовтня 2019 р.* С. 11–13.
 6. Barbut S. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. *World's Poultry Science Journal*. 2019. № 75. P. 559–582.
 7. Caldas-Cueva J.P., Owens C.M. A review on the woody breast condition, detection methods, and product utilization in the contemporary poultry industry. *Journal of Animal Science*. 2020. № 98. P. 1–10.
 8. Huang X., Ahn D.U. The Incidence of Muscle Abnormalities in Broiler Breast Meat – A Review. *Korean J. Food Sci. An. Res.* 2018. № 38. P. 835–850.
 9. Soglia F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science journal*. 2016. № 95. P. 651–659.
 10. Lake J.A., Abasht B. Glucolipototoxicity: a proposed etiology for wooden breast and related myopathies in commercial broiler chickens. *Frontiers in Physiology*. 2020. № 11. P. 169.
 11. Boerboom G. et al. Unraveling the cause of white striping in broilers using metabolomics. *Poultry Science journal*. 2018. № 97. P. 3977–3986.
 12. Iwasaki T. et al. Nutrition during the early rearing period affects the incidence of wooden breasts in broilers. *The journal of poultry science*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0200034>
 13. Oviedo-Rondon E.O., Velleman S.G., Wineland M.J. The role of incubation conditions in the onset of avian myopathies. *Frontiers in Physiology*. 2020. № 11. P. 545045.
 14. Aguirre M.E. et al. Evaluation of growth production factors as predictors of the incidence and severity of white striping and woody breast in broiler chickens. *Poultry Science journal*. 2020. № 99. P. 3723–3732.
 15. Livingston M.L. et al. Dietary amino acids under hypoxic conditions exacerbates muscle myopathies including wooden breast and white striping. *Poultry Science journal*. 2019. № 98. P. 1517–1527.
 16. Calasans M.W.M. et al. Evaluation of peroxide index and oxidative rancidity of broiler diets and the occurrence of breast muscle anomalies. *Scientia Plena*. 2020. Vol. 16, № 7. P. 1–8.
 17. Livingston M.L. et al. White striping and wooden breast myopathies of broiler breast muscle is affected by time-limited feeding, genetic background, and egg storage. *Poultry Science journal*. 2019. № 98. P. 217–226.
 18. Tejada O.J., Meloche K.J., Starkey J.D. Effect of incubator tray location on broiler chicken growth performance, carcass partyields, and the meat quality defects, Wooden Breast and White Striping. *Poultry Science journal*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.035>
 19. Livingston M.L. et al. Dietary potassium and available phosphorous on broiler growth performance, carcass characteristics, and wooden breast. *Poultry Science journal*. 2019. № 98. P. 2813–2822.
 20. Corrdova-Noboa H.A. et al. Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorghum based diets supplemented with guanidinoacetic acid. *Poultry Science journal*. 2018. № 97. P. 2479–2493.
 21. Bodle B.P. et al. Evaluation of different dietary alterations in their ability to mitigate the incidence and severity of woody breast and white striping in commercial male broilers. *Poultry Science journal*. 2018. № 97. P. 3298–3310.
 22. Cauble R.N. et al. Research Note: Dietary phytase reduces broiler woody breast severity via potential modulation of breast muscle fatty acid profiles. *Poultry Science journal*. 2020. № 99. P. 4009–4015.
-

23. Khan I.A. et al. Docosahexaenoic acid (22:6 n-3)-rich microalgae along with methionine supplementation in broiler chickens: effects on production performance, breast muscle quality attributes, lipid profile, and incidence of white striping and myopathy. *Poultry Science journal*. 2020. № 99. P. 1–10.
24. Ahsan U., Cengiz O. Restriction of dietary digestible lysine allowance in grower phase reduces the occurrence of white striping in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 2020. 38 p. (preprint).
25. Wu P. et al. Effects of supplemental dietary glutamine and arginine on broiler live performance, blood chemistry, and incidence of white striping and wooden breast. *Meat and Muscle Biology*. 2017. № 3. P. 65.
26. Ross L.S. The effect of Woody Breast Disease on behavior in broiler chickens : thesis ... master's degree. USA, Ohio, 2019. 90 p.
27. Norring M. et al. Wooden breast myopathy links with poorer gait in broiler chickens. P. 1–14.
28. Zampiga M. et al. Occurrence of breast meat abnormalities and foot pad dermatitis in light-size broiler chicken hybrids. *Animals*. 2019. № 9. P. 706–711.
29. Griffin J.R. et al. Onset of white striping and progression into wooden breast as defined by myopathic changes underlying Pectoralis major growth. Estimation of growth parameters as predictors for stage of myopathy progression. *Avian Pathology*. 2017. № 47. P. 2–13.
30. Bowker B. P. et al. Relationships between attributes of woody breast and white striping myopathies in commercially processed broiler breast meat. *J. Appl. Poult. Res.* 2019. № 28. P. 490–496.
31. Dalgaard L.B. et al. Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments. *International Journal of Food Science and Technology*. 2018. P. 1–9.
32. Bowker B., Zhuang H. Detection of razor shear force differences in broiler breast meat due to the woody breast condition depends on measurement technique and meat state. *Poultry Science journal*. 2019. № 98. P. 6170–6176.
33. Caldas-Cueva J.P. et al. Use of image analysis to identify woody breast characteristics in 8-week-old broiler carcasses. *Poultry Science journal*. 2021. 34 p. (preprint).
34. Geronimo B.P. et al. Computer vision system and near-infrared spectroscopy for identification and classification of chicken with wooden breast, and physicochemical and technological characterization. *Infrared Physics & Technology*. 2018. 30 p. (preprint).
35. De Carvalho L.M. et al. Occurrence of wooden breast and white striping in Brazilian slaughtering plants and use of near-infrared spectroscopy and multivariate analysis to identify affected chicken breasts. *Journal of food science*. 2020. № 85. P. 3102–3112.
36. Wold J.P. et al. Rapid on-line detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. *PLoS ONE*. 2017. № 12 P. 1–16.
37. Hanning et al. System and method for detecting woody breast condition in broilers using image analysis of carcass features. Patent No. : US 10,806,153 B2; Date of Patent: Oct. 20, 2020. 28 p.
38. Zaid A. et al. Differentiation between normal and white striped turkey breasts by visible/near infrared spectroscopy and multivariate data analysis. *Food Sci. Anim. Resour.* 2020. № 40. P. 96–105.
39. Jiang H. et al. Integration of spectral and textural features of visible and near-infrared hyperspectral imaging for differentiating between normal and white striping broiler breast meat. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2019. № 213. P. 118–126.
40. Morey A. et al. Application of bioelectrical impedance analysis to detect broiler breast filets affected with woody breast myopathy. *Frontiers in Physiology*. 2020. № 11. P. 808.

41. Simoes P. T. et al. An in vivo evaluation of the effects of feed restriction regimens on wooden breast using ultrasound images as a predictive tool. *British Poultry Science*. 2020. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1764909>
 42. Tasoniero G. et al. Use of blade tenderization to improve wooden breast meat texture. *Poultry Science journal*. 2019. № 98. P. 4204–4211.
 43. Zhuang H., Bowker B. The wooden breast condition results in surface discoloration of cooked broiler pectoralis major. *Poultry Science journal*. 2018. № 97. P. 4458–4461.
 44. Cando M.E.A. Descriptive sensory and texture profile analysis of woody breast in marinated chicken : thesis ... master`s degree. USA, Texas, 2016. 93 p.
 45. Aguirre M.E. et al. Descriptive sensory and instrumental texture profile analysis of woody breast in marinated chicken. *Poultry Science journal*. 2018. № 97. P. 1456–1461.
 46. Rigdon M. et al. Influence of utilizing breast meat afflicted with woody breast myopathy on sausage textural properties. *Meat and Muscle Biology*. 2019. № 3. P. 100.
 47. Da Rocha T.P. et al. Impact of chicken wooden breast on quality and oxidative stability of raw and cooked sausages subjected to frozen storage. *J Sci Food AgriP*. 2020. № 100. P. 2630–2637.
 48. Santos M.M.F. et al. Effect of wooden breast condition on quality traits of emulsified chicken patties during frozen storage. *J Food Sci Technol*. 2019. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03886-4>
 49. Caldas-Cueva J.P., Mauromoustakos A., Owens C.M. Instrumental texture analysis of chicken patties prepared with broiler breast fillets exhibiting woody breast characteristics. *Poultry Science journal*. 2020. 9 p. (preprint).
 50. Fortunato de Oliveira R. et al. Physicochemical properties and consumer acceptance of hamburgers processed with chicken meat affected by wooden breast myopathy. *Animals*. 2020. № 10. P. 2330–2342.
 51. Assuncao A.S.A. et al. Wooden breast myopathy on broiler breast fillets affects quality and consumer preference. *Tropical Animal Health and Production*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02392-6>.
 52. Petracci M. et al. Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. № 18. P. 565–583.
 53. Zanetti M.A. et al. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. *Ciencias Agraria*. 2018. № 39. P. 887–892.
-