

УДК: 636.5: 611.73.013

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.394

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ ЧЕТЫРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ БЕДРА ЦЫПЛЯТ- БРОЙЛЕРОВ КРОССА «КОББ-500» НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Степанишин В.В.\* – канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; Позябин С.В. – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. ветеринарной хирургии; Борхунова Е.Н. – д-р биол. наук, доц., зав. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»

\*stepanishin.victor@yandex.ru

**Ключевые слова:** четырехглавая мышца бедра, бройлеры, кросс Кобб-500, морфология, микроморфометрия, пробиотик, пребиотик, сорбент.

**Key words:** quadriceps femoris muscle, broilers, Cobb-500 cross, morphology, micromorphometry, probiotic, prebiotic, sorbent.

Поступила: 19.11.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

Опубликована онлайн: 16.12.2024



### РЕФЕРАТ

В условиях эксперимента изучали на основании методов световой и трансмиссионной электронной микроскопии и микроморфометрии влияние разных кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) на строение прямой головки четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров мясного кросса «Кобб-500» (возраст 35 суток). Цыплят подразделяли на четыре группы. В контрольной группе цыплята получали основной рацион, а в трех опытных группах к нему добавляли пребиотик, пробиотик, сорбент отечественного производства. При светооптических исследованиях определяли соотношение мышечных волокон и соединительнотканного компонента в структуре мышцы, размерные показатели мышечных волокон и их пучков, толщину эндомизия и перимизия, степень васкуляризации мышцы. На ультраструктурном уровне оценивали толщину и плотность упаковки миофибрилл, а также степень развития митохондриального аппарата мышечных волокон. Показано, что введение пробиотика сопровождалось уплотнением структуры мышцы за счет уменьшения представительства соединительнотканного компонента, увеличением количества мышечных волокон большого диаметра, лучшим развитием митохондриальной сети в мышечных волокнах. Применение пребиотика приводило к активизации метаболических процессов в мышечных волокнах на фоне увеличения суммарной площади митохондрий, увеличением представительства больших волокон в структуре мышечных пучков, однако структура мышцы при этом была рыхлой за счет значительного представительства соединительнотканного компонента мышцы. При использовании сорбента структура мышцы характеризовалась увеличением представительства соединительной ткани (больше, чем в других группах), что приводило к рыхлой упаковке мышечных волокон в пучках, а также преобладанием мышечных волокон ма-

лого и среднего диаметра в структуре, что сопровождалось незначительным увеличением суммарной площади митохондрий. Полученные данные свидетельствуют о неодинаковом влиянии кормовых добавок на тканевый метаболизм, что приводит к изменению структуры четырехглавой мышцы цыплят-бройлеров экспериментальных групп. Полученные данные целесообразно учитывать при составлении рационов в промышленном птицеводстве.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В Указе Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации" введено понятие технологического суверенитета как способности государства создавать и применять критически важные наукоемкие технологии и иметь возможность организовать на их основе производство в стратегически значимых отраслях, а также говорить о вступлении в новый этап развития в условиях санкционного давления. Развитие птицеводства в России является одним из наиболее важных направлений для обеспечения продовольственной безопасности страны, при этом производство бройлеров еще в 2019 году, на 97-98% зависело от импортного племенного материала, при том, что уровень самообеспеченности мясом птицы России составил более 100%. Птицеводство обеспечивает значительный вклад в продовольственное снабжение населения, удовлетворяя растущий спрос на белок и другие питательные вещества. В условиях глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост населения, необходимо внедрение инновационных технологий и методов управления производством. [1, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 20]

В условиях интенсивного производства, предприятия по птицеводству стремятся внедрять современные технологии в области содержания, кормления и переработки птицы [3, 13, 17, 18]. В бройлерном птицеводстве особое значение имеет использование высокопродуктивных пород, которые позволяют полностью задействовать их генетический потенциал. [4, 6, 7, 19].

Современные подходы к птицеводству включают оптимизацию селекции, улучшение кормления и использование совре-

менных технологий для мониторинга здоровья птицы. Совершенствование подходов к увеличению продуктивного потенциала цыплят-бройлеров, в том числе за счет оптимизации рациона кормления кур, должно основываться на научно обоснованных критериях оценки влияния различных кормовых добавок на их физиологическое состояние и продуктивные качества [9, 11, 15]. Особый интерес представляет изучение влияния кормовых добавок на рост и развитие скелетной мускулатуры бройлеров, так как быстрый рост мышц в непродолжительный постэмбриональный период сопряжен с повышенной нагрузкой на системы организма животного [2, 22, 23, 24].

В этой связи исследование применения отечественных кормовых добавок в рационе цыплят-бройлеров и их комплексная оценка с учетом характеристики структуры скелетных мышц представляют собой весьма важную область научных изысканий.

Цель исследования – изучить гистологические и ультраструктурные изменения, возникающие в структуре четырехглавой мышцы бедра цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» при использовании кормовых добавок (пребиотика, пробиотика и сорбента) отечественного производства.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Научные исследования были проведены на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии реализованы в лаборатории патологии клетки НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ "РНЦХ им. акад. Б.В. Петровско-

го". Соержание птиц и манипуляции с ними проводили в соответствии с ГОСТ 34088 — 2017 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными» и Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11.2023 N 33 О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований.

Объектом исследования служили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500» в возрасте 35 суток клеточного содержания. Параметры микроклимата, условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения соответствовали нормам ФНЦ «ВНИТИП» РАН (2013). Цыплят подразделяли на 4 группы (по 25 птиц в каждой): «Контроль», «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент». В группе «Контроль» цыплята-бройлеры получали полнорационный комбикорм согласно периоду выращивания. На протяжении всего периода выращивания к полнорационному комбикорму птице группы «Пребиотик» - пребиотика «Ньюмит» в дозировке 0,5 г/кг, птице группы «Пробиотик» добавляли пробиотик «Бифидонол» в дозировке 0,5 г/кг корма, птице группы «Сорбент» - добавку «Сорбент Эко» в дозировке 2 г/кг.

Для гистологических исследований сразу после убоя отбирали фрагменты прямой головки четырехглавой мышцы бедра, которые фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина в течение 24-х часов. После промывки в проточной образцы мышц обезвоживали в дегидратирующем растворе «Изопреп» и заливали в парафин по общепринятой методике. Изготовление гистологических срезов осуществляли с помощью микротомы LEICA RM 2235. Срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Microscreen и Japamed-2, совмещенных с цифровой системой визуализации объектов для реализации микрофотосъемки объектов и про-

граммой анализа цифрового изображения ImageScore 4.0. Цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью программы Statistica 8.1 (Statsoft). Для выявления отличительных количественных характеристик мышц использовали критерий Краскела-Уоллеса, различия считали значимыми при значении  $p \leq 0,05$ .

Для исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии образцы прямой головки четырехглавой мышцы бедра размером 2 мм<sup>3</sup> фиксировали 2,5 %- раствором глутарового альдегида на фосфатном буфере (pH 7,4), дофиксировали в 1-% растворе тетраоксида осмия (OsO<sub>4</sub>), обезвоживали в этаноле по общепринятой схеме, в процессе обезвоживания контрастировали 1-% уранилацетатом на 70-% этаноле и проводили заливку в смесь эпон-араддит по стандартной методике (Deу, P. (2022)). Ультратонкие срезы получали на ультратоме LKB-III (LKB Produkter, Швеция), дополнительно контрастировали цитратом свинца по Рейнольдсу и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе JEM-100CX (JEOL, Япония). Фотофиксация препаратов на увеличении  $\times 14000$  (площадь поля зрения 100 мкм<sup>2</sup>) осуществлялась с помощью камеры Gatan ES500W Erlangshen (Model 782), (Gatan Inc., США). Полученные снимки с увеличением использовались для проведения морфометрического исследования толщины и плотности расположения миофибрилл, определения плотности расположения, размера и количества митохондрий. Эти показатели отражают интенсивности метаболических и биосинтетических процессов в мышечных волокнах. При морфометрических исследованиях изображений, полученных методом трансмиссионной электронной микроскопии, использовали программный комплекс Fiji, построенный на базе программы ImageJ v2 с соответствующими плагинами. Измерения проводили в микрометрах после предварительной геометрической калибровки по оцифрованной при том же увеличении шкале. Статистическую обработ-

ку результатов выполняли в программе GraphPad Prism v8.41 (США). Для выявления нормальности распределения использовали тест Д'Агостино-Пирсона. При нормальном распределении использовали t-тест Стьюдента для парного сравнения и тест Тьюки для сравнения трёх и более групп. Различия групп исследования с контрольной оценивали с помощью теста Даннета. При ненормальном распределении использовали тест Манна-Уитни для парного сравнения и тест Данна для сравнения трёх и более групп. Статистически значимыми считали различия при уровне статистической значимости ( $\alpha$ ) или вероятности ошибки отклонения от нулевой гипотезы или ниже 5% ( $p < 0,05$ ). При построении графиков изображали арифметическое среднее и стандартное отклонение. Силу различий обозначали следующим образом: «\*» соответствует  $p < 0,05$ ; «\*\*» –  $p < 0,005$ ; «\*\*\*» –  $p < 0,0005$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При сравнительной оценке живой массы цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 установлено, что после использования кормовых добавок изучаемый показатель возрастал в группе «Пребиотик» в среднем на 170 г, оставался без изменений в группе «Пробиотик» и достоверно, в

среднем на 445 г, увеличивался в группе «Сорбент» (таблица 1).

При сравнительной оценке веса грудных мышц на кости у цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 установлено, что по сравнению с контрольными образцами изучаемый показатель возрастал в группе «Пребиотик» в среднем на 109 г, оставался без изменений в группе «Пробиотик» и достоверно, в среднем на 279 г, увеличивался в группе «Сорбент» (таблица 2).

При микроскопических исследованиях в группе «Контроль» отмечено рыхлое расположение мышечных волокон в составе пучков, что связано со значительным развитием эндомизия и перимизия. На площади среза преобладают красные мышечные волокна, белые волокна единичны. Красные мышечные волокна имеют неодинаковую толщину (таблица 3): видны большие, средние и малые волокна, с преобладанием средних и малых, продолжающих рост.

В структуре эндомизия и перимизия визуализируются главным образом аморфный компонент и пучки коллагеновых волокон, лишь в некоторых прослойках перимизия определяется белая жировая ткань. Мышечная ткань хорошо васкляризована (таблица 3).

Таблица 1 – Живая масса цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 на 35-е сутки, г  
Me ( $Q_1-Q_3$ )

Показатель	Группы			
	«Контроль» n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Живая масса, г	2610 (2465÷2712)	2780 (2645÷2930)	2412 (2070÷2755)	3055 (3035÷3075)

Таблица 2 – Характеристика мышц бедра на кости у цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по весовым показателям, г, Me ( $Q_1-Q_3$ )

Показатель	Группы			
	Контроль n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Вес грудки на кости, г	550 (524÷566)	659 (604÷715)	564 (409÷698)	829* (812÷846)

Примечание для таблицы 1, 2: \* Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ( $p \leq 0,05$ ).

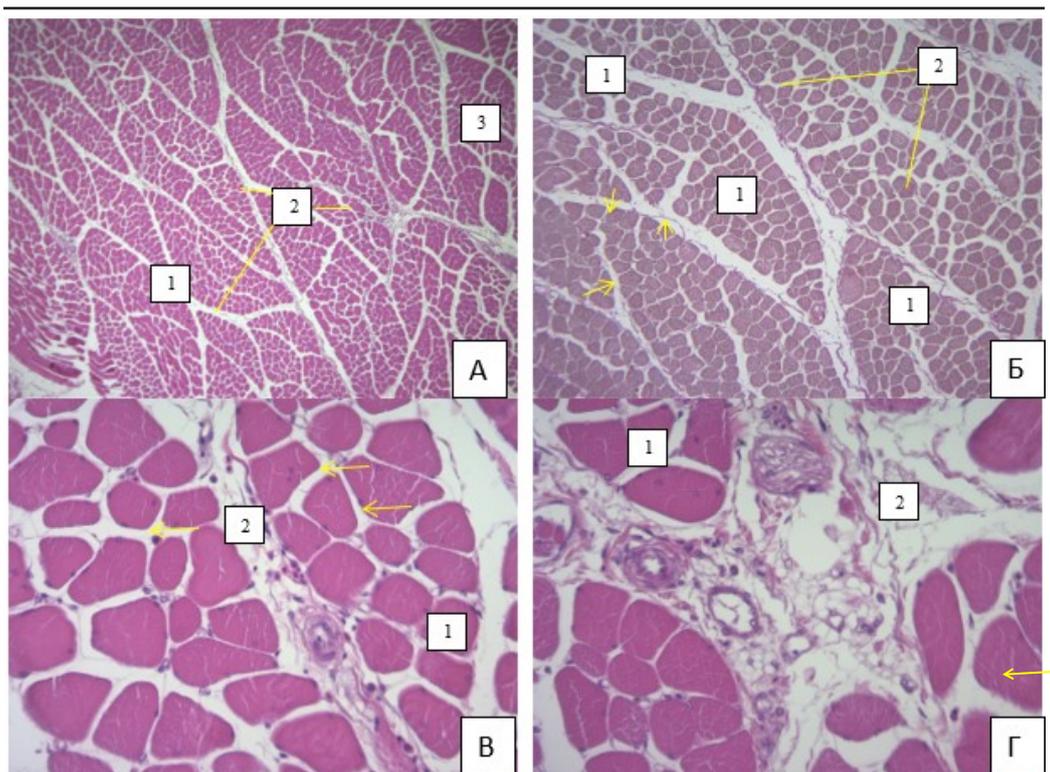


Рисунок 1 – Микроструктура мышцы четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера кросса Кобб-500. Группа «Контроль». Поперечный срез.  
 А – общий вид: мышечные волокна и пучки 1 и 2 порядков (1) в структуре волокна упакованы рыхло в связи с сильным развитием эндомизия и перимизия (2). Гематоксилин и эозин, x40. Б – мышечные волокна (1) рыхло упакованы, перимизий (2) и эндомизий (стрелки) хорошо выражен, содержит пучки коллагеновых волокон (окрашены фуксинофильно, в красный цвет). Ван-Гизон, x100. В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, много волокон среднего и небольшого диаметра, эндомизий (стрелки) и перимизий (2) хорошо развиты. Гематоксилин и эозин, x400. Г – в перимизии (2) наблюдается белая жировая ткань, виден сосудисто-нервный пучок. 1 – мышечные волокна. Гематоксилин и эозин, x400.

В группе «Пребиотик» микроструктура четырехглавой мышцы бедра сходна с контрольными образцами из-за рыхлого расположения мышечных волокон в пучках. При этом обращает на себя внимание увеличение количества волокон большой толщины в поле зрения по сравнению с контролем, в то время как размерные характеристики мышечных волокон большей, средней и малой толщины, а также их пучков не отличаются от контрольных значений (таблица 3). По сравнению с

контрольными образцами немного увеличивается количество белых мышечных волокон (0-2 в поле зрения при увеличении в 400 раз). Что касается соединительнотканного компонента, то толщина эндомизия возрастает по сравнению с контролем, тогда как толщина перимизия не отличается от контрольных образцов. Увеличение представительства соединительнотканного компонента за счет эндомизия приводит к изменению соотношения мышечных волокон и соединитель-

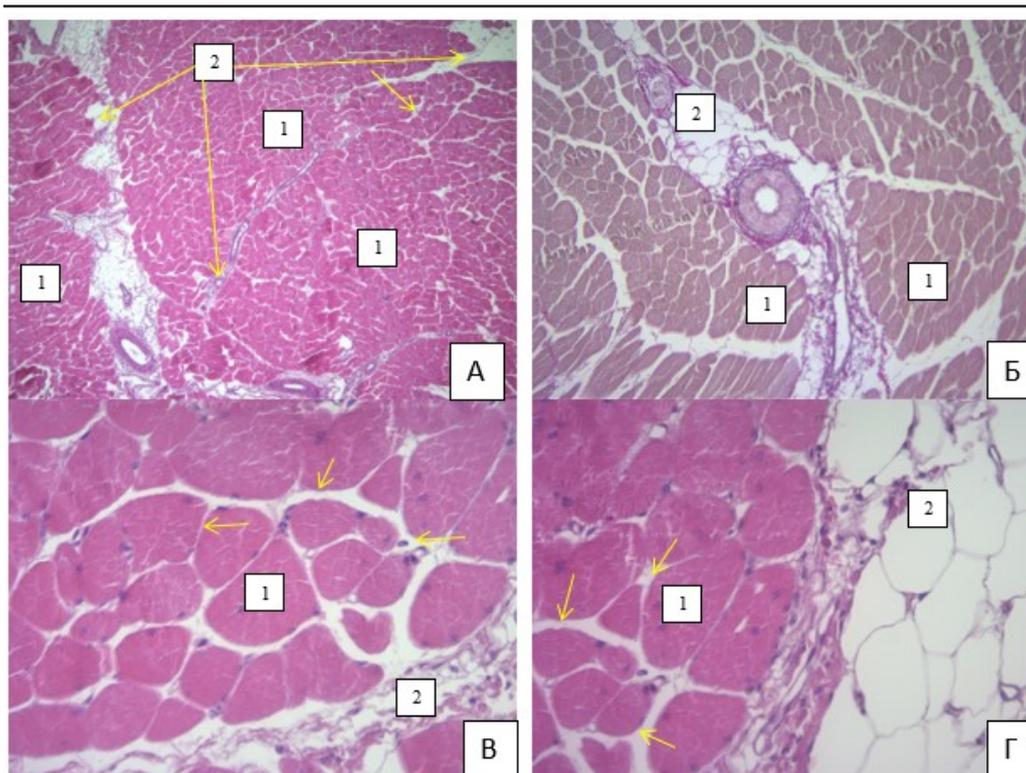


Рисунок 2 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера кросса Кобб-500. Группа «Пребиотик». Поперечный срез.  
А – общий вид: мышечные волокна в пучках (1) расположены плотнее, чем в контроле из-за тонкого эндомизия. Перимизий (2) сильно развит. Гематоксилин и эозин,  $\times 40$ .  
Б – среди пучков мышечных волокон 2 порядка (1) виден хорошо развитый перимизий, одна прослойка (2) содержит белую жировую ткань (2). В – мышечные волокна (1) расположены плотно, визуализируется больше, чем в контроле, волокон большого диаметра. Эндомизий (стрелки) тонкий, перимизий (2) сформирован соединительной тканью, в которой видны аморфный компонент и пучки коллагеновых волокон. Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ . Г – 1 – мышечные волокна разной площади, расположены рыхло (эндомизий показан стрелками), 2 – перимизий содержит белую жировую ткань. Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ .

ной ткани до 72:28% (в контроле этот показатель составляет 79:21%). По количеству гемокапилляров в поле зрения данная группа немного уступает контрольным образцам (таблица 3).

В группе «Пребиотик» обращает на себя внимание более плотное, по сравнению с другими группами, расположение пучков мышечных волокон. Это обусловлено умеренным развитием эндомизия и равномерной толщиной перимизия, в котором чаще всего в большем или мень-

шем количестве находятся адипоциты. На площади среза определяются единичные более мощные прослойки перимизия, которые содержат большое количество белой жировой ткани. При этом соотношение мышечных волокон и соединительной ткани на площади среза составляет 80:20%, то есть плотность расположения мышечных волокон и их пучков больше, чем в других исследуемых группах кросса Кобб-500. Количество белых мышечных волокон возрастает по сравнению с

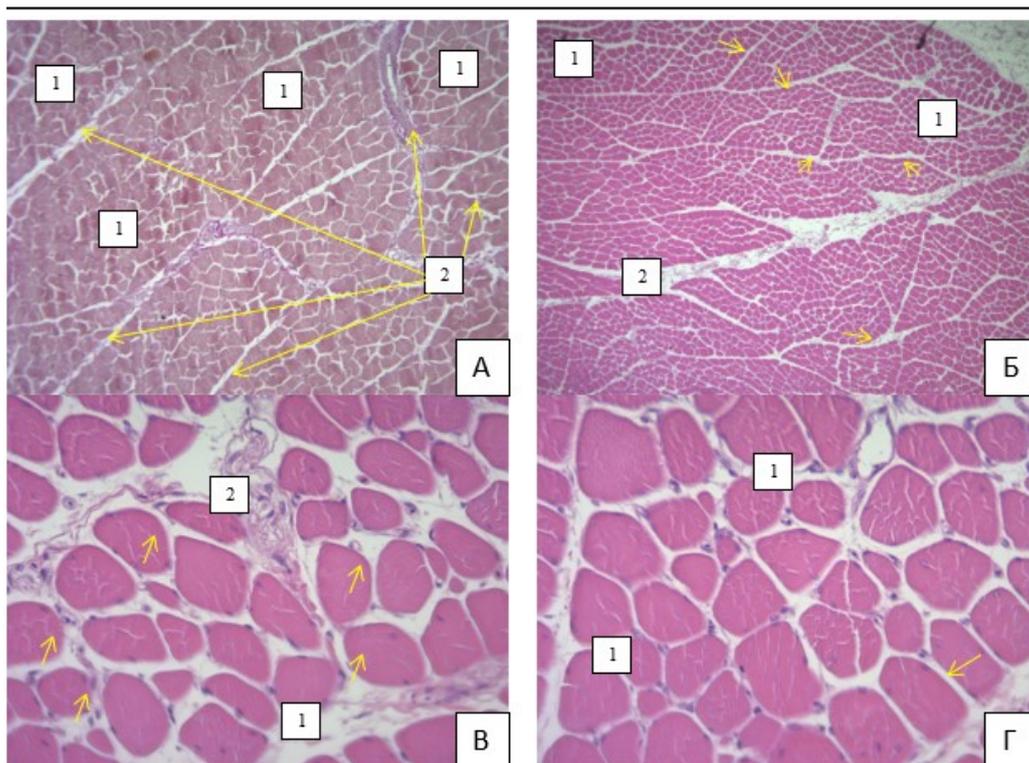


Рисунок 3 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера кросса Кобб-500. Группа «Пробиотик». Поперечный срез.

А – общий вид: мышечные волокна и пучки 1 и 2 порядков (1) в структуре волокна упакованы плотнее, чем в предыдущих группах. 2 – перимизий формирует прослойки равномерной толщины, эндомизий умеренно развит. Ван-Гизон,  $\times 100$ . Б – более развитая прослойка перимизия (2), содержащая жировую ткань. 1 – мышечные пучки и разделяющий их перимизий, расположенные перифокально, развиты равномерно, оформлены монотонно. Гематоксилин и эозин,  $\times 40$ . В – мышечные волокна (1) имеют разную площадь, разделены хорошо развитым эндомизием (стрелки 2 – перимизий содержит хорошо развитые пучки коллагеновых волокон). Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ . Г – в поле зрения преобладают мышечные волокна большой площади.

Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ .

контролем и составляет 1-2 в поле зрения при увеличении в 400 раз. Среди красных мышечных волокон, как и в группах «Контроль» и «Пребиотик», различаются волокна большого, среднего и малого диаметра, размерные характеристики волокон и их пучков сходны с таковыми в других группах. При этом в структуре пучков возрастает количество больших волокон. В данной группе выявлено большее, чем в других, количество гемокapил-

ляров - 17 ( $16 \div 19$ ) в поле зрения при увеличении в 400 раз.

В группе «Сорбент» выявлено наиболее рыхлое, по сравнению с другими группами, расположение мышечных волокон в пучках, а также рыхлая упаковка мышечных волокон в структуре мышцы. Это связано с большим, по сравнению с другими группами исследования кросса Кобб-500, развитием эндомизия и перимизия, причем соотношение мышечных волокон и соединительной ткани в поле

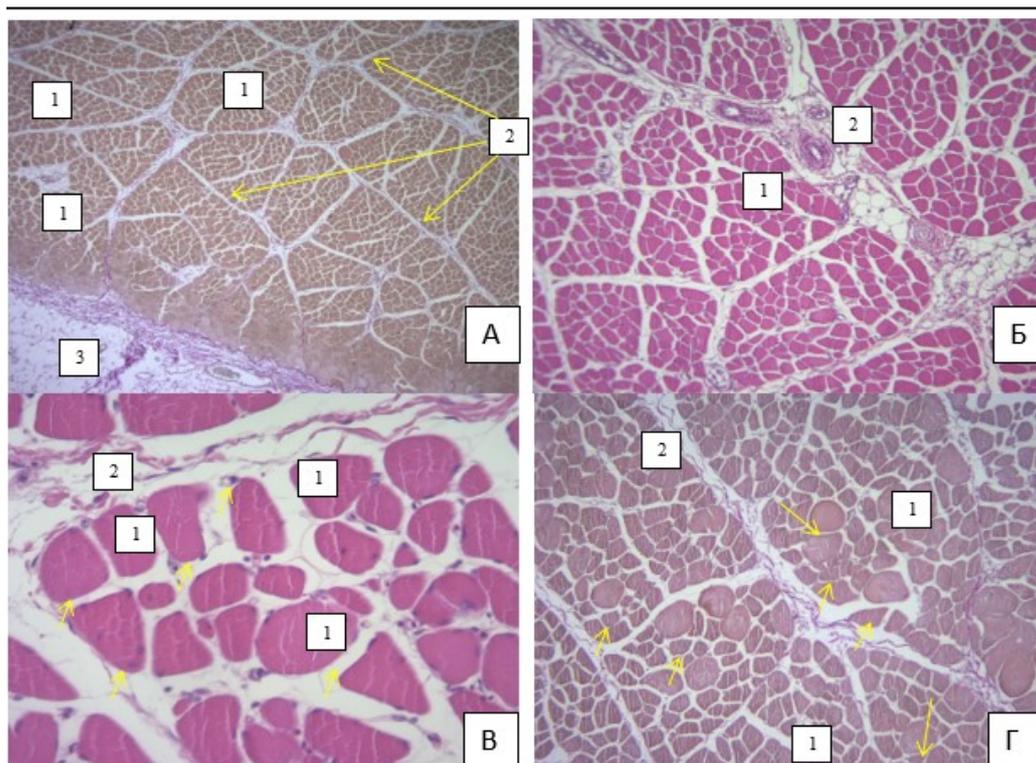


Рисунок 4 – Микроструктура четырехглавой мышцы бедра цыпленка-бройлера кросса Кобб-500. Группа «Сорбент». Поперечный срез.

А – общий вид: мышечные волокна и пучки 1 и 2 порядков (1) в структуре волокна расположены более рыхло, чем в остальных группах; эндомизий (2), перимизий (3) и эпимизий (4) отличаются значительным развитием и содержат белую жировую ткань. Ван-Гизон,  $\times 40$ . Б – мышечные волокна (красного цвета) разделены толстыми прослойками эндомизия (1), 2 – перимизий содержит дольки белой жировой ткани. Гематоксилин и эозин,  $\times 100$ . В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, разделены хорошо развитым эндомизием (стрелки), в перимизии (2) визуализируется рыхлая соединительная ткань. Гематоксилин и эозин,  $\times 400$ . Г – белых мышечных волокон (стрелки) больше, чем в контроле. 1 – пучки мышечных волокон, 2 – перимизий, стрелками показаны белые мышечные волокна. Ван-Гизон,  $\times 200$ .

зрения составляет 83:17% (таблица 3). В структуре мышцы встречаются прослойки перимизия большой толщины, содержащие белую жировую ткань. При исследовании в мышечных пучках определяются главным образом волокна среднего и малого диаметра, представительство волокон большого диаметра невелико, что может указывать на меньшие темпы роста изучаемой мышцы по сравнению с другими экспериментальными группами. В структуре мышечных пучков преоблада-

ют красные мышечные волокна, количество белых волокон больше, чем в контрольных образцах. Размерные характеристики мышечных волокон и их пучков схожи с другими исследованными группами. Эпимизий и перимизий сильно развиты и содержат большое количество белой жировой ткани. Количество гемокapилляров в поле зрения соответствует значениям группы «Пребиотик» и уступает группам «Контроль» и «Пребиотик».

**Таблица 3 – Характеристика четырехглавой мышцы бедра 35-ти суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по морфометрическим критериям, Me (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>)**

Показатель	Группа			
	Контроль	Пребиотик	Пробиотик	Сорбент
Толщина мышечных волокон (на продольном срезе), мкм				
большие	44,2 (38,1÷48,2)	42,6 (35,3÷50,3)	44,8 (42,6÷54,3)	44,6 (40,1÷48,6)
средние	23,2 (19,3÷28,1)	27,2 (24,4÷33,2)	30,2 (27,3÷33,2)	29,4 (24,3÷34,3)
малые	13,3 (11,0÷16,1)	13,7 (10,5÷16,6)	14,6 (13,5÷21,4)	13,4 (10,5÷17,7)
Толщина пучков мышечных волокон 1 порядка, мкм	74,5 (55,9÷124,2)	88 (77,4÷112)	74,4 (55,1÷95,7)	121 (93÷168)
Толщина пучков мышечных волокон 2 порядка, мкм	222,0 (158,2÷283,8)	240 (184÷307)	239 (199÷290)	334 (186÷433)
Площадь пучков мышечных волокон 1 порядка, мкм <sup>2</sup>	25 500 (16 700÷30 700)	42 600 (27 200÷51 100)	52 100 (31 800÷62 000)	64 200 (46 700÷82 200)
Площадь пучков мышечных волокон 2 порядка, мкм <sup>2</sup>	215 000 (176 000÷252 000)	233 000 (200 000÷279 000)	221 000 (166 000÷274 000)	278 000 (273 000÷328 000)
Толщина эндомизия, мкм	7,4 (5,8÷10,3)	9,6 (6,6÷12,2)	8,9 (5,1÷11,5)	8,2 (4,3÷11,2)
Толщина перимизия, мкм	58,4 (38,3÷83,4)	58,3 (37,2÷82,4)	51,6 (31,4÷82,2)	45,2 (35,7÷53,5) и 224 (186÷258)
Кол-во гемокпилляров в поле зрения при х400	14 (12÷19)	11 (10÷13)	17 (16÷19)	10 (8÷12)
Соотношение мышечная ткань: соединительная ткань на площади среза, %	79:21	72:28	80:20	83:17*

\*Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ( $p \leq 0,05$ ).

При исследовании методом образцов мышечной ткани методом трансмиссионной электронной микроскопии (рис.5) в четырехглавой мышце бедра кур кросса Кобб-500 отмечены выраженные изменения состояния митохондриальной сети в опытных образцах по сравнению с контрольными (тсбл.4), что, очевидно, связано с применением кормовых добавок.

Так, общая площадь митохондрий и

количество межфибрилярных митохондрий возрастали во всех группах. При этом наибольшее увеличение этих показателей отмечено в группе «Пробиотик», в меньшей степени они возрастали в группе «Пребиотик» и минимальное увеличение показателей митохондриальной сети выявлено в группе «Сорбент».

Анализ состояния миофибрилл позволили выявить небольшие изменения по

сравнению с контрольными образцами только в группе «Пребиотик»: так, здесь происходило уменьшение плотности расположения миофибрилл при увеличении их толщины. В группах «Пробиотик» и

«Сорбент» размерные характеристики и плотность упаковки миофибрилл в мышечном волокне не отличались от контрольных значений.

**Таблица 4 – Морфометрическая характеристика митохондрий и микрофибрилл в мышечных волокнах четырехглавой мышцы бедра 35-суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 при различных рационах кормления**

Группа	Площадь митохондрий в поле зрения, мкм <sup>2</sup>	Кол-во митохондрий в поле зрения, шт	Средняя площадь митохондрии, мкм <sup>2</sup>	Плотность миофибрилл на 100 мкм <sup>2</sup> , шт	Средняя толщина миофибрилл, мкм
«Контроль»	0,765±0,256	1,57±0,79	0,487±0,292	13,38±1,85	0,735±0,073
«Пребиотик»	1,833±0,504 *	5,57±2,23 **	0,329±0,138	9,80±1,81 **	1,038±0,202 ***
«Пробиотик»	2,246±1,129 **	7,80±5,22 **	0,288±0,225 *	13,38±2,13	0,889±0,164
«Сорбент»	1,320±0,979	2,67±1,03	0,495±0,333	12,25±1,49	0,843±0,042

Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,005$ ); \*\*\*( $P \leq 0,0005$ ).

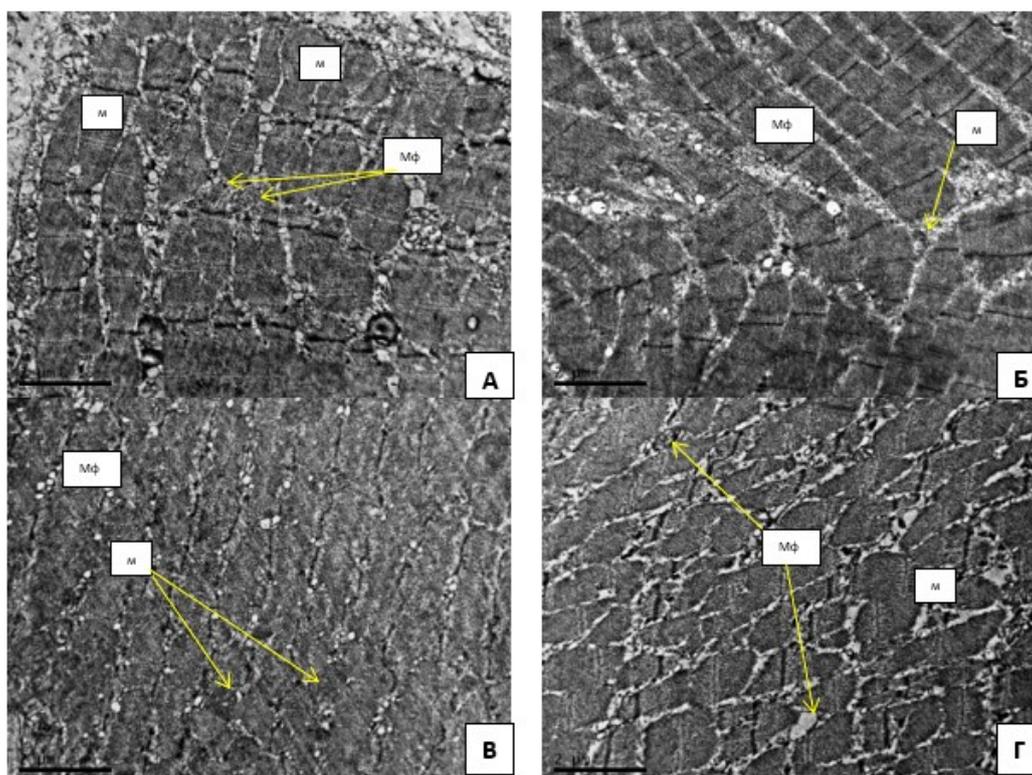


Рисунок 5 – Ультраструктура четырехглавой мышцы бедра кур кросса Кобб-500: А – группа «Контроль»; Б – группа «Пробиотик»; В – группа «Пребиотик»; Г – группа «Сорбент». ТЭМ, ×14000.

## ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании проведенных исследований получены данные о положительном влиянии кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) на показатели живой массы и весовые характеристики мышц бедра (таблицы 1,2) цыплят-бройлеров кросса Кобб-500/

При микроскопических исследованиях показано, что введение в рацион пробиотика сопровождалось уменьшением представительства соединительнотканного компонента мышцы, в первую очередь, - уменьшением толщины эндомизия. Это приводило к более плотному расположению мышечных волокон в структуре пучка, при этом перимизий был представлен прослойками рыхлой соединительной умеренной и в то же время равномерной толщины, которая содержала белую жировую ткань. В структуре пучка возросло представительство мышечных волокон большой толщины, что можно объяснить усилением ростовых процессов в мышце на фоне активизации тканевого метаболизма. Подтверждением тому служат результаты ультрамикроскопических исследований, которые свидетельствуют о лучшем, по сравнению с контролем и другими группами, развитии митохондриальной сети в мышечных волокнах.

Введение в рацион пробиотика сопровождалось активизацией метаболических процессов в мышечных волокнах, на что указывало увеличение суммарной площади митохондрий, их количества, выраженного, однако, менее, чем в группе «Пробиотик». На этом фоне также увеличением представительство больших волокон в структуре мышечных пучков, однако структура мышцы при этом была рыхлой, как и в контрольной группе, за счет значительного представительства соединительнотканного компонента мышцы.

При использовании сорбента структура мышцы характеризовалась увеличением представительства соединительной ткани по сравнению с контрольной и другими опытными группами. Это и обуславливало наиболее рыхлую, по сравнению с другими группами, упаковку мы-

шечных волокон в пучках. Перимизий содержал, как правило белую жировую ткань. Примечательно, что в пучках мышечных волокон были многочисленны волокна малой и средней толщины, что придает данной группе сходство с контрольными образцами и в то же время указывает на меньшую активность тканевого метаболизма и роста мышцы по сравнению с группами «Пробиотик» и «Пребиотик». Это предположение подтверждается существенно меньшим, по сравнению с группами «Пробиотик» и «Пребиотик», увеличением количества митохондрий и их суммарной площади митохондрий по сравнению с контролем. Такой эффект может быть связан с тем, что постоянное добавление сорбента в рацион приводит к ухудшению всасываемости и усвояемости не только токсинов, но и питательных веществ рациона, что приводит к формированию скелетной мышцы рыхлой структуры.

Результаты проведенных исследований показывают, что использованные в эксперименте кормовые добавки неодинаково влияют на тканевый метаболизм, что проявляется изменением морфологических показателей четырехглавой мышцы цыплят-бройлеров экспериментальных групп. Полученные данные целесообразно учитывать при составлении рационов в промышленном птицеводстве. Они также могут применяться в качестве морфологических критериев при оценке качества мяса птицы в ходе товароведческой и ветеринарно-санитарной экспертизы.

## VARIABILITY OF MICROSTRUCTURE OF QUADRICEPS FEMORIS MUSCLE OF BROILER CHICKENS CROSS "COBB-500" ON THE BACKGROUND OF FEED ADDITIVES APPLICATION

**Stepanishin V.V.\*** – cand. Biol. sciences, assoc., assoc. kaf. anatomy and Histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Pozyabin S.V.** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Surgery; **Borkhunova E.N.** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Depart-

ment. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – M.I. Skryabin MBA

\* stepanishin.victor@yandex.ru

#### ABSTRACT

Under experimental conditions, the effect of different feed additives (prebiotic, probiotic, sorbent) on the structure of the rectus head of quadriceps femoris muscle of broiler chickens of meat cross "Cobb-500" (age 35 days) was studied on the basis of light and transmission electron microscopy and micromorphometry methods. The chickens were divided into four groups. In the control group chickens received the basic diet, and in three experimental groups prebiotic, probiotic, sorbent of domestic production was added to it. Light-optical studies determined the ratio of muscle fibers and connective tissue component in the muscle structure, dimensional indices of muscle fibers and their bundles, thickness of endomysium and perimysium, the degree of vascularization of the muscle. At the ultrastructural level, the thickness and packing density of myofibrils, as well as the degree of development of the mitochondrial apparatus of muscle fibers were assessed. It was shown that probiotic administration was accompanied by compaction of muscle structure due to a decrease in the representation of connective tissue component, an increase in the number of large-diameter muscle fibers, and better development of mitochondrial network in muscle fibers. Application of prebiotic resulted in activation of metabolic processes in muscle fibers against the background of increase in the total area of mitochondria, increase in the representation of large fibers in the structure of muscle bundles, but the muscle structure was loose due to significant representation of connective tissue component of muscle. When sorbent was used, the muscle structure was characterized by an increase in the representation of connective tissue (more than in other groups), which led to loose packing of muscle fibers in bundles, as well as the

predominance of muscle fibers of small and medium diameter in the structure, which was accompanied by an insignificant increase in the total area of mitochondria. The obtained data indicate a different effect of feed additives on tissue metabolism, which leads to changes in the structure of quadriceps muscle of broiler chickens of experimental groups. The obtained data should be taken into account when formulating diets in industrial poultry farming.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Азарян, Е. М. Стратегические ориентиры импортозамещения на рынке мяса птицы / Е. М. Азарян, А. В. Иванченко // Финансовые рынки и банки. – 2024. – № 2. – С. 266-268.
2. Борхунова Е. Н. Особенности микроорганизации поверхностной грудной мышцы у кур мясного и яичного направлений продуктивности / Е. Н. Борхунова, Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2020. – № 12. – С. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
3. Векторы социально-экономического развития России: современные вызовы и возможности: монография / С.Н. Басуева, Н.П. Дебердиева, А.В. Минаков [и др.]. - Чебоксары: ИД "Среда", 2024. - 180 с.
4. Влияние пробиотика «Бацелл-М®» на уровень экспрессии генов у бройлеров кросса «Кобб 500» на фоне вакцинации против инфекционного бронхита / И. О. Крутов, А. В. Голубцов, Н. А. Стрельников [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 3. – С. 17-21. – DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.
5. Воронцова, Е. В. Птицеводство России: состояние и проблемы отрасли в современных экономических условиях / Е. В. Воронцова, А. В. Буяров // Теория и практика инновационных технологий в АПК: Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 15–19 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. – С. 55-61.
6. Газзаева, М. С. Экспертиза качества

- готовой продукции из мяса птицы / М. С. Газзаева // Цифровизация сельского хозяйства: актуальные проблемы внедрения современных технологий в АПК горных и предгорных территорий РСО-Алания: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Владикавказ, 15 марта 2024 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. – С. 173-176.
7. Матасов, А. А. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием полнорационных комбикормов различных производителей / А. А. Матасов, К. К. Есмагамбетов // Современные задачи и перспективные направления инновационного развития аграрной науки : Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Курган, 25 апреля 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 43-46.
8. Маринченко, Т. Е. Конкурентоспособность отечественного кросса "Смена 9" / Т. Е. Маринченко // Актуальные вопросы и инновации в животноводстве : Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора С.Г. Леушина, 300-летию Российской академии наук и 90-летию создания Оренбургского научно-исследовательского института молочно-мясного скотоводства в системе Наркомата зерновых и животноводческих совхозов СССР, Оренбург, 22–23 мая 2024 года. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2024. – С. 81-85.
9. Мясное птицеводство: текущие реалии рынка и его перспективы / Е. В. Щеглов, С. В. Никитенко, А. Ю. Журавлев [и др.] // Интернаука. – 2024. – № 23-2(340). – С. 17-20.
10. Назар, М. М. Проблемы и перспективы развития птицеводства в России / М. М. Назар // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 186-193. – DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193.
11. Промышленное птицеводство 2024 - инновации, устойчивость, эффективность // Эффективное животноводство. – 2024. – № 5(195). – С. 21.
12. Отечественный рынок мяса птицы и пищевых яиц, в контексте обеспечения продовольственной безопасности / Б. О. Хашир, В. Е. Левичев, Н. М. Сурай [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 3. – С. 250-254.
13. Сизова, Е. А. Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства / Е. А. Сизова, К. С. Нечитайло // Птицеводство. – 2024. – № 5. – С. 57-62. – DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.
14. Солдатова Л.И., Фадеева Г.В. Оценка состояния отрасли птицеводства и применение методов экономико-математического моделирования в снижении себестоимости продукции / Л.И. Солдатова, Г.В. Фадеева // Экономика и предпринимательство. - №12. - 2021. - С. 1276-1280.
15. Технологические аспекты повышения эффективности бройлерного птицеводства / В. С. Буяров, И. В. Комоликова, А. В. Буяров, В. В. Меднова // Биология в сельском хозяйстве. – 2024. – № 2(43). – С. 37-41.
16. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). (2024). Доступно на: <http://www.gks.ru>.
17. Фисинин, В.И. Нарастиваем производство мяса и яйца / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2022. – № S3. – С. 2-4.
18. Хохлова, А. П. Современное птицеводство в России: состояние, проблемы и развитие / А. П. Хохлова, Н. А. Маслова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10–11 июня 2024 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 137-138.
19. Швагер, О. В. Влияние пробиотика «СУБ-про» на товарные и санитарные показатели мяса цыплят-бройлеров / О. В. Швагер // Теория и практика современной

аграрной науки: Сборник VII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 605-607.

20. Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – No. 1. – P. 5-11. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-5-11.

21. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28)

22. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyla // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.

24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

## REFERENCES

1. Azaryan, E. M. Strategic benchmarks of import substitution in the poultry meat market / E. M. Azaryan, A. V. Ivanchenko // Financial markets and banks. - 2024. - No 2. - pp. 266-268.

2. Borkhunova E. N. Features of microorganisms of the superficial pectoral muscle in chickens of meat and egg directions of productivity / E. N. Borkhunova, G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin // Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya, 2020, No. 12. – pp. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.

3. Vectors of socio-economic development of Russia: modern challenges and opportunities: a monograph / S.N. Basueva, N.P. Deberdieva, A.V. Minakov [et al.]. - Cheboksary: ID "Sreda", 2024. - 180 p.

4. Effect of probiotic "Bacell-M®" on the level of gene expression in broilers cross "Cobb 500" on the background of vaccination against infectious bronchitis / I. O. Krutov, A. V. Golubtsov, N. A. Strelnikov [et al.] // Poultry and poultry products, 2024. - No. 3. - pp. 17-21. - DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.

5. Vorontsova, E. V. Poultry farming in Russia: the state and problems of the industry in modern economic conditions / E. V. Vorontsova, A. V. Buyarov // Theory and practice of innovative technologies in agroindustrial complex: Proceedings of the national scientific-practical conference, Voronezh, April 15-19, 2024. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great. Emperor Peter I, 2024. - pp. 55-61.

6. Gazzaeva, M. S. Expertise of the quality of finished poultry meat products / M. S. Gazzaeva // Digitalization of agriculture: actual problems of the introduction of modern technologies in the agro-industrial complex of mountainous and foothill areas of RSO-Alania: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, Vladikavkaz, March 15, 2024. - Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2024. - pp. 173-176.

7. Matasov, A. A. Growing broiler chickens with the use of complete mixed fodders of different manufacturers / A. A. Matasov, K. K. Esmagambetov // Modern tasks and promising directions of innovative development of agrarian science: Collection of articles on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, Kurgan, April 25, 2024. - Kurgan: Kurgan State University, 2024. - pp. 43-46.

8. Marinchenko, T. E. Competitiveness of domestic cross "Change 9" / T. E. Marinchenko // Actual issues and innovations in animal breeding : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference

- dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor S. G. Leushin, the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and the 90th anniversary of the establishment of the Orenburg Research Institute of dairy and beef cattle breeding in the system of the People's Commissariat of grain and livestock state farms of the USSR, Orenburg, May 22-23, 2024. - Orenburg: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences", 2024. - pp. 81-85.
9. Meat poultry farming: current market realities and its prospects / E. V. Scheglov, S. V. Nikitenko, A. Yu. Zhuravlev [et al.] // *Inter-nauka*. - № 23-2(340). - pp. 17-20.
10. Nazar, M. M. Problems and prospects for the development of poultry farming in Russia / M. M. Nazar // *Russian Journal of Management*. - 2024. - T. 12, № 1. - pp. 186-193.
11. Industrial poultry farming 2024 - innovation, sustainability, efficiency // *Effective livestock farming*. - 2024. - № 5(195). - C. 21.
12. Domestic market of poultry meat and edible eggs, in the context of ensuring food security / B. O. Hashir, V. E. Levicev, N. M. Surai [et al.] // *Innovations and Investments*. - 2024. - № 3. - pp 250-254. - EDN NILZGM.
13. Sizova, E. A. Formation of antibiotic resistance in conditions of intensive poultry farming / E. A. Sizova, K. S. Nechitaylo // *Poultry farming*. - 2024. - № 5. - pp 57-62. - DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.
14. Soldatova, L.I.; Fadeeva, G.V. Evaluation of the state of the poultry industry and the use of economic and mathematical modeling methods in reducing the cost of production / L.I. Soldatova, G.V. Fadeeva // *Economics and Entrepreneurship*. - №12. - 2021.- pp. 1276-1280.
15. Technological aspects of increasing the efficiency of broiler poultry farming / V. S. Buyarov, I. V. Komolikova, A. V. Buyarov, V. V. Mednova // *Biology in Agriculture*. - 2024. - № 2(43). - pp 37-41.
16. Federal State Statistics Service (Rosstat). (2024). Available at: <http://www.gks.ru>.
17. Fisinin, V.I. We are increasing the production of meat and eggs / V. I. Fisinin // *Animal Husbandry of Russia*. - 2022. - No. S3. - pp. 2-4.
18. Khokhlova, A. P. Modern poultry farming in Russia: state, problems and development / A. P. Khokhlova, N. A. Maslova // *Challenges and innovative solutions in agrarian science: Proceedings of the XXVIII International Scientific and Production Conference, Maisky, June 10-11, 2024*. - Maiskiy: FGBOU VO Belgorod GAU, 2024. - pp. 137-138.
19. Shvager, O. V. Influence of probiotic "SUB-pro" on marketable and sanitary indicators of broiler chicken meat / O. V. Shvager // *Theory and practice of modern agrarian science: Collection of VII national (all-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk, February 26, 2024*. - Novosibirsk: IC NSAU "Golden Spike", 2024. - pp. 605-607.
20. Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // *Bulletin of Almaty Technological University*, 2024. - No. 1. - P. 5-11.
21. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: *Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology* / Dey, P. // Springer, Singapore. - 2022. - pp 303-313. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28)
22. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) *Developmental Biology*, 458 (2), pp. 133-140.
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padcyla // *Ibid.* - 1966. - Vol. 28. - N. 2. - P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) *Developmental Biology*, 458 (2), pp. 133-140.