

Научная статья

УДК 636.22/28:591.4

doi:10.33284/2658-3135-104-4-89

Морфофункциональная характеристика длиннейшей мышцы спины и двуглавой мышцы бедра бычков разных генотипов

Рузья Фоатовна Третьякова¹, Фоат Галимович Каюмов², Надежда Андреевна Третьякова³

^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5155-4295>

²nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-9228>

³nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0755-3914>

Аннотация. Калмыцкая порода крупного рогатого скота – одна из старейших отечественных пород мясного направления, которая отличается высокими адаптационными свойствами, быстрым ростом, высокой мясной продуктивностью и отличными качественными показателями мясной продукции. Диаметр мышечных волокон, величина пучков, размеры соединительнотканых прослоек имеют большое значение в формировании качества мяса, поэтому используя морфологический анализ, мы исследовали мышечную ткань 18-месячных бычков разных генотипов. По результатам исследования выявлено, что средний диаметр мышечных волокон в двуглавой мышце бедра и длиннейшей мышце спины у помесных бычков нового созданного типа «Адучи» (помеси абердин-ангусской×калмыцкой пород) был выше, чем у животных чистопородной калмыцкой породы. Толщина эндомизия в мышцах изучаемых животных была в пределах 6-13 мкм и, как показывают результаты, практически не имела различий. Среди клеточных элементов эндомизия преобладали эндотелиоциты, доля которых составляла примерно 80 %. У животных нового типа «Адучи» содержание коллагена 1-го типа было выше. Содержание жировой ткани в мышцах помесных животных незначительно превосходило аналогов. Полученные данные показывают закономерности структурно-функциональной характеристики мышечной ткани крупного рогатого скота, а также амплитуду внутривидовой изменчивости мышечной ткани рассматриваемых животных.

Ключевые слова: бычки, длиннейшая мышца спины, двуглавая мышца бедра, морфометрия, мышечная ткань, соединительная ткань, эндомизий

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2021-0001).

Для цитирования: Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г., Третьякова Н.А. Морфофункциональная характеристика длиннейшей мышцы спины и двуглавой мышцы бедра бычков разных генотипов // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 89-97. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-89>

Original article

Morphofunctional characteristics of rib eye and biceps femoral muscle of bulls of different genotypes

Ruziya F Tretyakova¹, Foat G Kayumov², Nadezhda A Tretyakova³

^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5155-4295>

²nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-9228>

³nazkalms@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0755-3914>

Abstract. The Kalmyk cattle breed is one of the oldest Russian beef breeds, which is characterized by high adaptive properties, rapid growth, high beef productivity and excellent quality indicators of meat products. The diameter of muscle fibers, the size of the bundles, the size of the connective tissue layers are

of great importance in the formation of meat quality, therefore, with the help of morphological analysis, we examined the muscle tissue of 18-month-old bulls of different genotypes. According to the results of the study, it was revealed that the average diameter of muscle fibers in the biceps femoral muscle and rib eye in crossbred bulls of the newly created "Aduchi" type (crossbreeds of Aberdeen-Angus×Kalmyk breeds) was higher than in purebred Kalmyk animals. The thickness of the endomysium in the muscles of the studied animals was in the range of 6-13 microns and, as the results show, had practically no differences. Among the cellular elements of the endomysium, endotheliocytes predominated, the proportion of which was approximately 80%. In animals of the new type "Aduchi", the collagen content of type 1 was higher. The content of adipose tissue in the muscles of crossbred animals slightly exceeded analogues. The data obtained show patterns of structural and functional characteristics of bovine muscle tissue, as well as the amplitude of inbreeding variability of the muscle tissue of the bulls.

Keywords: bulls, rib eye, biceps femoral muscle, morphometry, muscle tissue, connective tissue, endomysium

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (No. 0526-2021-0001).

For citation: Tretyakova RF, Kayumov FG, Tretyakova NA. Morphofunctional characteristics of the longest back muscle and biceps femoris muscle of different bulls genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):89-97. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-89>

Введение.

Калмыцкая породы крупного рогатого скота – одна из самых распространённых пород, выращиваемых в условиях резко континентального климата на Юго-Востоке России, в Поволжье и на Урале. При этом известно, что абердин-ангусская порода выведена в Шотландии, а калмыцкая – в России.

Такая тема, как морфология мышечной ткани крупного рогатого скота, отражена в большом количестве научной литературы (Ложкин Э.Ф. и др., 2009; Kayumov F et al., 2021; Geir KT et al., 1991; Rowe RW, 1981). Независимо от этого многие аспекты морфофункциональной организации мышечной ткани этих животных изучены недостаточно глубоко и нуждаются в дальнейшем исследовании.

Результаты количественных параметров различных структур мышц животных разных генотипов, полученных разными учёными, варьируют (иногда в широких пределах), так как это может быть связано со многими показателями (возраст исследованных животных, масса, степень упитанности, продуктивность, климатические особенности региона выращивания) (Смакуев Д.Р. и др., 2021a; Laborde FL et al., 2001; Ellies-Oury MP et al., 2017; Maltin CA et al., 1998).

Цель исследования.

Выяснение морфофункциональных характеристик двуглавой мышцы бедра и длиннейшей мышцы спины бычков разных генотипов.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Двуглавая мышца бедра и длиннейшая мышца спины бычков нового мясного типа «Адучи» (помеси абердин-ангусской×калмыцкой пород) и аналогов чистопородной калмыцкой породы крупного рогатого скота.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Для проведения научно-исследовательской работы были взяты по 6 бычков от каждой породы, выращенных в ООО «Агрофирме Адучи» Республики Калмыкия, и сформированы две группы: I – новый мясной тип «Адучи» (помесь абердин-ангусской×калмыцкой пород), II – чистопородная калмыцкая порода. Выращивание исследованных животных проводили при одинаковых условиях кормления и содержания. В процессе выращивания определяли массу бычков после рождения, в возрасте 3, 8, 12, 15 и 18 месяцев (табл. 1). Образцы мышечной ткани для исследования были взяты у 18-месячных животных в январе 2021 года при убое бычков на мясокомбинате.

Таблица 1. Динамика живой массы бычков разных генотипов, кг ($X \pm Sx$)
Table 1. Dynamics of live weight of bulls of different genotypes, kg ($X \pm Sx$)

Группа / Group	Возраст в месяцах / Age in months				
	Новорождённые / Newborns	8	12	15	18
I	23,5±1,82	211,2 ±1,15	328,8±2,01	430,3±4,30	532,4±1,76
II	21,7±1,83	199,4±2,81*	302,7±2,12***	390,2±3,16**	485,2±2,14***

Примечание: здесь и далее * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Note: here and further * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Для гистологических исследований материал фиксировали в 12 % водном растворе формалина, обезвоживали в этаноле возрастающей концентрации, заливали в парафин. Парафиновые срезы толщиной 5-7 микрометров (мкм), изготовленные на ротационном микротоме, окрашивали обзорными гистологическими (гематоксилин Майера и эозин), гистохимическими (ШИК-реакция) и иммуногистохимическими методиками (на выявление коллагена I типа). Для выявления коллагена использовали поликлональные антитела к коллагену I типа (АВВИОТЕС, США, титр 1:150, инкубация 45 минут при комнатной температуре) и систему визуализации (BioGenex, США). На гистологических срезах проводили морфометрию структурных элементов мышц. На поперечных срезах определяли диаметр мышечных волокон, на продольных срезах – объём ядер миосимпластов. При этом ядра миосателлитов исключали из подсчёта. На срезах измеряли толщину эндомизия. На условной единице площади поперечных срезов мышц (4900 мкм²) определяли содержание мышечной и соединительной тканей, подсчитывали количество клеток соединительной ткани.

Оборудование и технические средства. Исследования проводились на кафедре гистологии, цитологии и эмбриологии Оренбургского государственного медицинского университета с помощью санного микротомы МС-2 (ООО «ЛЮМО-ЭЛТЭМ», Россия), светооптического микроскопа МТ 5300L («Meiji Techno Co., Ltd», Япония) с устройством захвата изображения (видеокамера САМ V 500) («WestMedica», Австрия) для микроскопии и программным обеспечением Vision Bio Pro («WestMedica», Австрия).

Статистическая обработка. Полученные цифровые показатели подвергали вариационному анализу (Плохинский Н.А., 1969) с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследования.

Мышечная ткань, представленная мышечными волокнами, образующими пучки 1-го, 2-го, 3-го и более высоких порядков, которые находятся в непосредственной близости от кровеносных и лимфатических сосудов, а также структурных элементов нервной системы – есть основа исследованных мышц.

По показателям животных всех изучаемых групп было заметно, что средний диаметр мышечных волокон в двуглавой мышце бедра превышает таковой в длиннейшей мышце спины (табл. 2, 3).

Таблица 2. Морфометрические показатели длиннейшей мышцы спины у бычков разных генотипов, ($X \pm Sx$)

Table 2. Morphometric parameters of rib eye in bulls of different genotypes, ($X \pm Sx$)

Наименование параметра / <i>Name of the parameter</i>	Группа / <i>Group</i>	
	I	II
Диаметр мышечных волокон, мкм / <i>Diameter of muscle fibers, microns</i>	43,4±2,4	40,9±2,1
Объём ядер миосимпластов, мкм ³ / <i>The volume of myosymplast nuclei, microns³</i>	124,9±4,7	120,3±5,2
Толщина эндомизия, мкм / <i>Endomysium thickness, microns</i>	8,5±0,1	8,1±0,5
Содержание мышечной ткани, % / <i>Muscle tissue content, %</i>	76,3±2,0	76,1±1,3
Содержание соединительной ткани, % / <i>Connective tissue content, %</i>	23,0±0,5	22,4±0,5

Таблица 3. Морфометрические показатели двуглавой мышцы бедра у подопытных бычков крупного рогатого скота, ($X \pm Sx$)

Table 3. Morphometric parameters of the biceps femoral muscle in experimental cattle bulls, ($X \pm Sx$)

Наименование параметра / <i>Name of the parameter</i>	Группа / <i>Group</i>	
	I	II
Диаметр мышечных волокон, мкм / <i>Diameter of muscle fibers, microns</i>	43,5±2,5	41,1±2,2
Объём ядер миосимпластов, мкм ³ / <i>The volume of myosymplast nuclei, microns³</i>	132,3±6,0	127,4±6,1
Толщина эндомизия, мкм / <i>Endomysium thickness, microns</i>	8,8±0,2	8,2±0,5
Содержание мышечной ткани, % / <i>Muscle tissue content, %</i>	76,2±1,1	77,3±2,5
Содержание соединительной ткани, % / <i>Connective tissue content, %</i>	23,6±0,6	22,2±0,3

Значительная часть мышечных волокон в мышцах, которые подвергались изучению, имели толщину около 20-50 мкм, но также были найдены некоторые различия по данным параметрам среди животных разных генотипов (табл. 4, 5). Если рассматривать анализ различий по толщине мышечных волокон в двуглавой мышце бедра и длиннейшей мышце спины, то можно сделать вывод что средний диаметр мышечных волокон в вышеупомянутых мышцах у животных мясного типа «Адучи» был выше, по сравнению с аналогами чистопородной калмыцкой породы. Однако в средних размерах ядер мышечных волокон не было выявлено множество различий. Важные отличия между животными разных генотипов особенно проявлялись только в соотношениях доли мышечных волокон различного диаметра в мышцах (табл. 4, 5).

Таблица 4. Распределение мышечных волокон по их размерам в длиннейшей мышце спины у 18-месячных подопытных бычков, % ($X \pm Sx$)

Table 4. Distribution of muscle fibers by their size in rib eye in 18-month-old experimental bulls, % ($X \pm Sx$)

Диаметр мышечных волокон (мкм) / <i>Diameter of muscle fibers, microns</i>	Группа/Group	
	I	II
До 20 мкм / <i>Before 20 microns</i>	7,3±1,4	14,9±1,5
21-30 мкм / <i>21-30 microns</i>	40,5±1,8	39,9±2,6
31-40 мкм / <i>31-40 microns</i>	32,3±2,3	36,1±2,9
41-50 мкм / <i>41-50 microns</i>	9,3±0,3	5,8±0,8
51-60 мкм / <i>51-60 microns</i>	7,2±0,5	3,8±0,6
Свыше 60 мкм / <i>More than 60 microns</i>	2,0±0,7	2,0±0,6

Таблица 5. Распределение мышечных волокон по их размерам в двуглавой мышце бедра у 18-месячных подопытных бычков, % ($X \pm Sx$) /Table 5. Distribution of muscle fibers by their size in the biceps femoral muscle in 18-month-old experimental bulls, % ($X \pm Sx$)

Наименование параметра / Name of the parameter	Группа / Group	
	I	II
До 20 мкм / Before 20 microns	10,3±0,4	11,1±0,7
21-30 мкм / 21-30 microns	33,2±2,7	34,1±3,1
31-40 мкм / 31-40 microns	39,0±3,0	39,2±3,0
41-50 мкм / 41-50 microns	10,5±0,7	7,5±0,8
51-60 мкм / 51-60 microns	6,6±0,7	5,3±0,7
Свыше 60 мкм / More than 60 microns	3,6±0,5	2,8±0,7

В ходе исследования установлено, что толщина эндомизия в мышцах животных была в пределах 7-11 мкм и не имела различий среди животных разных генотипов, а также среди двуглавой мышцы бедра и длиннейшей мышцы спины (табл. 2, 3). Практически весь объём эндомизия занимают кровеносные сосуды микроциркуляторного русла. В клеточных элементах эндомизия значительный перевес составляли эндотелиоциты, процентная доля приравнивалась к 80 %. Хотелось бы добавить, что в клетках содержание фибробластического дифферона изменялось в диапазоне 14-20 %, соответственно на долю остальных клеток приходится небольшое процентное соотношение.

Как известно, жировая ткань находится в прослойках соединительной ткани между пучками мышечных волокон 2-го и более высоких порядков. Среди пучков 1-го порядка прослоек жировой ткани не обнаружено, однако в эндомизии присутствовали одиночные жировые клетки. В мышцах бычков исследуемых групп у помесных животных масса жировой ткани немного превышала сверстников.

Анализ результатов иммуногистохимических исследований на выявление коллагена I типа показал более высокую экспрессию этого белка у животных созданного типа в сравнение с чистопородной калмыцкой породой. В соединительной ткани присутствует наличие высокой доли толстых коллагеновых волокон, рассматривая исследуемых бычков, существенных различий в содержании этого белка, выявлено не было. Также у животных разных генотипов различий в содержании гликогена не обнаружено.

Обсуждение полученных результатов.

Несмотря на выявленные различия, следует отметить, что структура мышечной ткани является достаточно стабильным и консервативным показателем, который сформировался в ходе эволюции и одомашнивания крупного рогатого скота.

В литературе, связанной с гистологическим строением мышечной ткани, делаются попытки объединить форму поперечных срезов мышечных волокон с породными особенностями (Ложкин Э.Ф. и др., 2009; Dransfield E et al., 2003; Geir KT et al., 1991). Авторами замечено, что в длиннейшей мышце спины мышечные пучки 1-го порядка имеют различные геометрические формы. Например, бычки калмыцкой породы имеют трапециевидную форму, у бычков костромской породы – треугольная и ромбовидная, бычки красной степной породы имеют ярко выраженную вертенообразную и треугольную форму. Неправильная форма мышечных пучков встречается у всех типов пород. Считается, что данное утверждение является недостаточно обоснованным. Присутствие мышечных волокон на срезах разных форм, связано с дефектами в подготовке материала для гистологических исследований. Наиболее распространёнными формами мышечного волокна на срезах являются: округлая, овальная и полигональная, так как эти формы мышечных волокон способны обеспечивать сокращение и расслабление мышц.

В результате исследований о различном соотношении волокон разного диаметра было показано, что в мышечной ткани животных калмыцкой породы находится большая часть волокон меньшего диаметра. Тонкие мышечные волокна относятся к медленным(красным) мышечным волокнам, а это означает, что высокое содержание тонких мышечных волокон косвенно свидетельствует о более высокой доле медленных (красных) волокон в исследуемых мышцах животных калмыцкой породы.

В ряде работ (Ложкин Э.Ф. и др., 2009; Каюмов Ф.Г. и др., 2021; Rusman et al., 2008) содержится информация о малых размерах мышечных волокон, некоторые авторы отмечают, что диаметр мышечных волокон бычков разных генотипов изменяется в пределах 7-80 мкм. Возникновение такого рода данных, а именно уточнение о столь небольших размерах, вероятно связано с измерением концевых участков волокон. Наличие мышечных волокон диаметром 7 мкм возможно только при их развитии в эмбриогенезе, потому что такие размеры у взрослых особей практически невозможны.

В ходе исследований был выявлен умеренный диапазон изменчивости мышечной ткани исследованных животных крупного рогатого скота, соответственно мы нашли ряд различий по некоторым параметрам исследованных мышц. Подробный анализ морфометрии структур изучаемых мышц на специальных препаратах показал, в диаметре мышечных волокон обнаружены значимые различия, в соотношении соединительной и мышечной ткани (в том числе жировой) в мышцах.

У животных мясных пород величина диаметра мышечных волокон выше, чем в сравнении у животных молочных пород, потому что диаметр мышечных волокон сильно отличается у животных различных генотипов. Хочется дополнить, что толщина мышечных волокон зависит от возраста, другими словами, когда животное становится старше и увеличивается в массе тела, то и диаметр мышечных волокон подвергается изменениям. Нет единства мнений о значимости такого показателя, как толщина мышечных волокон для оценки качества мясной продукции. Имеются указание на то, что качество мясной продукции повышается при уменьшенном диаметре мышечных волокон (Смакуев Д.Р. и др., 2021б; Maltin C et al., 2001; Therkildsen M et al., 2002; Dzhulamanov KM et al., 2019). Мы полагаем, что мясная продукция, отличающаяся более высоким содержанием тонких волокон, характеризуется и лучшими вкусовыми качествами.

Заключение.

Полученные результаты отражают типические закономерности структурно-функциональной характеристики мышечной ткани крупного рогатого скота, а также показывают диапазон внутрипородной изменчивости мышечной ткани. Выявленные результаты являются морфологическими эквивалентами высокого качества мясной продукции, полученной от животных разных генотипов. Результаты исследования могут учитываться при дальнейшем изучении интерьерных признаков крупного рогатого скота, а также в качестве фундаментальной основы при разработке критериев оценки качества мясной продукции.

Список источников

1. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф., Третьякова Н.А. Качественные и количественные показатели мясной продуктивности бычков разных генотипов по генам CAPN1 и TG5 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2(88). С. 242-245. [Kayumov FG, Tretyakova RF, Tretyakova NA. Qualitative and quantitative indicators of meat productivity of steers of different genotypes by CAPN1 and TG5 genes. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021;2(88):242-245. (In Russ)]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-242-245
2. Ложкин Э.Ф., Фириченков В.В., Фириченков И.В. О некоторых особенностях морфологии мышечной ткани пород крупного рогатого скота различного направления // Труды Кубанского аграрного университета. Серия: «Ветеринарные науки». 2009. № 1. Ч. 2. С. 48-49. [Lozhkin EF, Firichenkov VV, Firichenkov IV. O nekotorykh osobennostyakh morfologii myshechnoi tkani porod

krupnogo rogatogo skota razlichnogo napravleniya. Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta. Seriya: «Veterinarnyenuki». 2009;1(2):48-49. (*In Russ*).

3. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с. [Plokhinskii NA. Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov. Moscow: Kolos; 1969:256 p. (*In Russ*)].

4. Смакуев Д.Р., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Качество мяса бычков абердин-ангусской породы в зависимости от типа телосложения. Молочное и мясное скотоводство. 2021а. № 5. С. 18-21. [Smakuev DR, Shevkhuzhev AF, Pogodaev VA. The quality of the meat of the aberdeen angus bull calves depending on the body type. Dairy and Beef Cattle Farming. 2021a;5:18-21. (*In Russ*)]. doi: 10.33943/MMS.2021.24.65.004

5. Смакуев Д.Р., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Особенности развития мускулатуры бычков абердин-ангусской породы в зависимости от типа телосложения // Зоотехния. 2021б. № 5. С. 22-27. [Smakuev DR, Shevkhuzhev AF, Pogodaev VA. Features of the development of the muscles of aberdeen-angus breed steers depending on body build. Zootechniya. 2021b;5:22-27. (*In Russ*)]. doi: 10.25708/ZT.2021.45.70.007

6. Dransfield E, Martin J-F, Bauchart D, Abouelkaram S, Lepetit J, Culioli J, Jurie C, B. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. Animal Science. 2003;76(3):387-399. doi: 10.1017/S1357729800058616

7. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Ruchay AN, Kolpakov VL, Dzhulamanov EB. The assessment of morphological features in Hereford cattle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development 18-19 April 2019, Kurgan, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2019;341(1):012062. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012062

8. Ellies-Oury MP, Dumont R, Perrier G, Roux M, Micol D, Picard B. Effects of age and carcass weight on quality traits of m. rectus abdominis from Charolais heifers. Animal Science. 2017;11(4):720-727. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731116001907>

9. Geir KT, Harald K. Distribution patterns of muscle fibre types in major muscles of the bull (*Bos taurus*). Anatomy and Embryology. 1991;184(5):441-450. doi: 10.1007/BF01236050

10. Kayumov FG, Shevlyuk NN, Tretyakova RF. Comparative morphological and functional characteristics of the muscle tissue of gobies of cattle of three breeds (Hereford, Kazakh white-headed and Kalmyk). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International science and technology conference "Earth Science" 8-10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;666:052020. doi: 10.1088/1755-1315/666/5/052020

11. Laborde FL et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. Journal of Animal Science. 2001;79(2):355-365. doi: 10.2527/2001.792355x

12. Maltin C, Lobley G, Grant C, Miller L, Kyle D, Horgan G, Sinclair K. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. Animal Science. 2001;72(2):279-287. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055776>

13. Maltin CA, Sinclair KD, Warriss PD, Grant CM, Porter AD, Delday MI, Warkup CC. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. Animal Science. 1998;66(2):341-348. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800009462>

14. Rowe RW. Morphology of perimycial and endomycial connective tissue in skeletal muscle. Tissue Cell. 1981;13(4):681-690. doi: 10.1016/s0040-8166(81)80005-5

15. Rusman, Soeparno, Setiyono, Suzuki A. Characteristics of bicepsfemoris and longissimusthoracis muscles of five cattle breeds grown in a feedlot system. Animal Science Journal. 2003;74(1):59-65. doi: 10.1046/j.1344-3941.2003.00087.x

16. Therkildsen M, Melchior Larsen L, Vestergaard M. Influence of growth rate and muscle type on muscle fibre type characteristics, protein synthesis capacity and activity of the calpain system in Friesian calves. Animal Science. 2002;74(2):243-251. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800052413>

References

1. Kayumov FG, Tretyakova RF, Tretyakova NA. Qualitative and quantitative indicators of meat productivity of steers of different genotypes by CAPN1 and TG5 genes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;2(88):242-245. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-242-245
2. Lozhkin EF, Firichenkov VV, Firichenkov IV. About some features of morphology of muscle tissue of cattle breeds of various directions. *Proceedings of the Kuban Agrarian University. Series: "Veterinary Sciences"*. 2009;1(2):48-49.
3. Plokhinsky NA. A guide to biometrics for zootechnicians. Moscow: Kolos; 1969:256 p.
4. Smakuev DR, Shevkhuzhev AF, Pogodaev VA. The quality of the meat of the aberdeen angus bull calves depending on the body type. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2021a;5:18-21. doi: 10.33943/MMS.2021.24.65.004
5. Smakuev DR, Shevkhuzhev AF, Pogodaev VA. Features of the development of the muscles of aberdeen-angus breed steers depending on body build. *Zootechniya*. 2021b;5:22-27. doi: 10.25708/ZT.2021.45.70.007
6. Dransfield E, Martin J-F, Bauchart D, Abouelkaram S, Lepetit J, Culioli J, Jurie C, B. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Science*. 2003;76(3):387-399. doi: 10.1017/S1357729800058616
7. Dzhulamanov KM, Gerasimov NP, Ruchay AN, Kolpakov VL, Dzhulamanov EB. The assessment of morphological features in Hereford cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development 18-19 April 2019, Kurgan, Russian Federation*. Bristol, England: IOP Publishing; 2019;341(1):012062. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012062
8. Ellies-Oury MP, Dumont R, Perrier G, Roux M, Micol D, Picard B. Effects of age and carcass weight on quality traits of m. rectus abdominis from Charolais heifers. *Animal Science*. 2017;11(4):720-727. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731116001907>
9. Geir KT, Harald K. Distribution patterns of muscle fibre types in major muscles of the bull (*Bos taurus*). *Anatomy and Embryology*. 1991;184(5):441-450. doi: 10.1007/BF01236050
10. Kayumov FG, Shevlyuk NN, Tretyakova RF. Comparative morphological and functional characteristics of the muscle tissue of gobies of cattle of three breeds (Hereford, Kazakh white-headed and Kalmyk). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International science and technology conference "Earth Science" 8-10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation*. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;666:052020. doi: 10.1088/1755-1315/666/5/052020
11. Laborde FL et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *Journal of Animal Science*. 2001;79(2):355-365. doi: 10.2527/2001.792355x
12. Maltin C, Lobleby G, Grant C, Miller L, Kyle D, Horgan G, Sinclair K. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. *Animal Science*. 2001;72(2):279-287. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055776>
13. Maltin CA, Sinclair KD, Warriss PD, Grant CM, Porter AD, Delday MI, Warkup CC. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *Animal Science*. 1998;66(2):341-348. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800009462>
14. Rowe RW. Morphology of perimycial and endomycial connective tissue in skeletal muscle. *Tissue Cell*. 1981;13(4):681-690. doi: 10.1016/s0040-8166(81)80005-5
15. Rusman, Soeparno, Setiyono, Suzuki A. Characteristics of bicepsfemoris and longissimusthoracis muscles of five cattle breeds grown in a feedlot system. *Animal Science Journal*. 2003;74(1):59-65. doi: 10.1046/j.1344-3941.2003.00087.x

16. Therkildsen M, Melchior Larsen L, Vestergaard M. Influence of growth rate and muscle type on muscle fibre type characteristics, protein synthesis capacity and activity of the calpain system in Friesian calves. *Animal Science*. 2002;74(2):243-251. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800052413>

Информация об авторах:

Рузья Фоатовна Третьякова, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Фоат Галимович Каюмов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления, заведующий лабораторией новых пород и типов мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-76, сот. 8-987-341-75-80.

Надежда Андреевна Третьякова, специалист отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74.

Information about the authors:

Ruziya F Tretyakova, Cand. Sci. (Biology), Junior Researcher, Beef Cattle Breeding Department, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 9 Yanvary St., 29, tel.: 8(3532)30-81-74.

Foat G Kayumov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of Research, Head of the Laboratory for New Breeds and Types of Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 9 Yanvary St., 29, tel.: 8(3532)30-81-76, cell.:8-987-341-75-80.

Nadezhda A Tretyakova, Specialist, Beef Cattle Breeding Department, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 9 Yanvary St., 29, tel.: 8(3532)30-81-74.

Статья поступила в редакцию 21.09.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 21.09.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted for publication 13.12.2021.