

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 637.5

doi:10.33284/2658-3135-107-4-120

**Взаимосвязь некоторых показателей состава и качества мяса бычков
абердин-ангусской породы**

**Надежда Владимировна Боголюбова¹, Никита Сергеевич Колесник², Павел Дмитриевич Лахонин³,
Николай Петрович Елаткин⁴, Александр Александрович Николаев⁵**

^{1,2,3,5}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
Московская область, п. Дубровицы, Россия

⁴ООО «Мираторг-генетика», Москва, Россия

¹652202@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

²kominisiko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

³Lakhonin.99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7354-0337>

⁴n.elatkin@agrohold.ru

⁵alexandraces@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9355-3285>

Аннотация. Научно-практическое значение имеет изучение вопросов формирования состава и качества животноводческой продукции. В связи с этим целью исследований являлось определение биологических маркеров, характеризующих качественные показатели мышечной ткани крупного рогатого скота абердин-ангусской породы. Объектом исследований являлись пробы мышечной ткани длиннейшей мышцы спины бычков (n=157). Определены показатели химического, минерального, аминокислотного составов, качественные показатели мяса и подсчитаны корреляции между ними. Показатель кислотности (рН 24) положительно коррелировал с содержанием в мясе хрома. Отмечены положительные корреляции влагоудерживающей способности (ВУС) с содержанием влаги, протеина, золы, кальция, фосфора, хрома, фенилаланина и отрицательные – с содержанием жира и аргинина. Суммарное количество водорастворимых антиоксидантов (СКВА) положительно коррелирует с содержанием влаги, золы, макро- и микроэлементов, цистеина, пролина и отрицательно – с содержанием жира и некоторых аминокислот. Полученные результаты позволяют делать вывод о формировании качественных показателей сырья, что поможет в разработке способов регуляции и прижизненного формирования качественной продукции отечественного скотоводства.

Ключевые слова: бычки, абердин-ангусская порода, химический состав, аминокислотный состав, качество мяса, корреляции

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2022-2024 гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (№ FGGN-2022-0011).

Для цитирования: Взаимосвязь некоторых показателей состава и качества мяса бычков абердин-ангусской породы / Н.В. Боголюбова, Н.С. Колесник, П.Д. Лахонин, Н.П. Елаткин, А.А. Николаев // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 120-132. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-120>

**Nadezhda V Bogolyubova¹, Nikita S Kolesnik², Pavel D Lakhonin³, Nikolai P Elatkin⁴,
Alexander A Nikolaev⁵**

^{1,2,3,5}Federal Research Center for Animal Husbandry - VIZh named after Academician L.K. Ernst,
Moscow region, Dubrovitsy, Russia

⁴Miratorg-Genetics LLC, Moscow, Russia

¹652202@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

²kominisiko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

³Lakhonin.99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7354-0337>

⁴n.elatkin@agrohold.ru

⁵alexandraces@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9355-3285>

Abstract. The study of the formation of the composition and quality of livestock products is of scientific and practical importance. In this regard, the aim of the research was to determine the biological markers characterizing the quality indicators of muscle tissue of the Angus cattle. The object of the study was muscle samples of the rib eye of the Angus bulls (n = 157). The indicators of chemical, mineral, amino acid composition, quality indicators of meat were determined and correlations between them were calculated. pH 24 positively correlated with the content of chromium in meat. Positive correlations of water-holding capacity of meat (WHC) with the content of moisture, protein, ash, calcium, phosphorus, chromium, phenylalanine and negative ones with the content of fat and arginine were noted. Total amount of water-soluble antioxidants (TAWSA) positively correlates with the content of moisture, ash, macro- and microelements, cysteine, proline and negatively with the content of fat and some amino acids. The obtained results allow us to draw a conclusion about the formation of quality indicators of raw materials, which will help in developing methods for regulating and intravital formation of high-quality products of domestic cattle breeding.

Keywords: bulls, Angus breed, chemical, amino acid composition, meat quality, correlations

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2022-2024 L.K. Ernst Federal Research Center Directorate (No. FGGN-2022-0011).

For citation: Bogolyubova NV, Kolesnik NS, Lakhonin PD, Elatkin NP, Nikolaev AA. The relationship of some indicators of composition and quality of meat of the Angus bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):120-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-120>

Введение.

На сегодняшний день наблюдается рост потребления мяса во всех странах мира, включая Россию, что приводит к интенсификации животноводства (Karau A and Grayson I, 2014). В этих условиях всё большее значение приобретает усиление контроля за качеством получаемой продукции. Это вызвано и ускорением роста животных под влиянием различных биологически активных веществ (БАВ), и применением новых технологий производства (Кабанов В.Д. и др., 2019; Отаров А.И. и др., 2023). Проблемам качества и свойствам мясного сырья посвящено достаточное количество исследований отечественных и зарубежных специалистов (Алексеева Е.И. и др., 2022; Алексеева Е.И. и Суханова С.Ф., 2017; Zhang Y et al., 2024; Abou-Kassem DE et al., 2022).

Пищевая ценность мясных продуктов определяется химическим составом – содержанием белков, жиров, углеводов, экстрактивных веществ, витаминов, минеральных соединений (Калюжная Т.В. и др., 2023; Вострикова Н.Л. и др., 2013). В частности, говядина служит хорошим источником белка высокой биологической ценности и незаменимых аминокислот (АК), витаминов (А, В2, В6, В12, пантотеновая кислота и ниацин) и минеральных веществ (железо, цинк, фосфор и селен) (Бородина О.В. и Шмат Е.В., 2017; Фролов А. Н. и др., 2022). Кроме того, говядина является

источником других биологически активных веществ (таких как конъюгированная линолевая кислота и незаменимые омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты) и содержит эндогенные антиоксиданты (такие как кофермент Q10, глутатион, липоевая кислота и т.д.) (Salami SA et al., 2021). Наличие в мясных продуктах полиненасыщенных жирных кислот, которые организм человека синтезировать не способен, позволяет отнести говядину к важным компонентам сбалансированного питания.

Однако биологическая и пищевая ценность мяса в большей степени определяется содержанием в его составе незаменимых аминокислот (Джуламанов К.М. и др., 2020). Белки мяса являются наиболее ценным компонентом, составляющим 95 % всех азотистых веществ в организме. Аминокислотный состав белков говядины по своей биологической ценности превосходит все виды мясного сырья, и в первую очередь, по сбалансированности состава незаменимых аминокислот и уровню усвоения белка (Алексеева Е.И. и Лещук Т.Л., 2022). Кроме того, количественное содержание и физико-химические свойства белковых веществ под воздействием воды, электролитов, pH среды, окислителей и восстановителей, температурного фактора и т. д. определяют поведение пищевых систем, что играет важную роль в формировании функционально-технологических свойств сырья и готовых мясных продуктов. Технологическое значение белков в производстве мясных продуктов тесно связано с особенностями их химического строения, в том числе аминокислотного состава.

Более того, белки мышечной ткани обуславливают также важнейшие свойства мяса в целом (консистенцию, вкус, цвет). Вкус высококачественной спелой говядины является результатом ферментативных реакций, которые происходят во время гидролиза белков и распада липидов (Dong F et al., 2024). После гидролиза белка полипептиды или свободные аминокислоты приобретают характерный пищевой вкус и могут непосредственно усваиваться организмом человека с образованием таких питательных веществ, как токоферол и фолиевая кислота (Vi YZ et al., 2022). Свободные АК как важный показатель оценки пищевой ценности и вкусовых характеристик мяса синергически обогащают общие вкусовые характеристики мяса за счёт своего состава, разнообразия и содержания (Jiang S et al., 2023). Например, белковые аминокислоты аланин, серин, треонин обладают слегка сладким вкусом, тогда как глицин, валин и пролин – более сладким. Аргинин, метионин, лейцин, фенилаланин обладают слегка горьким, а изолейцин, триптофан, гистидин и лизин – горьким вкусом. В составе мышц больше всего содержится глутаминовой кислоты и глутамина, которые и придают «мясной вкус» мясу (Dong F et al., 2024). Стоит отметить, что различные соотношения аминокислот могут привести к синергетическому усилению или подавлению вкуса (Pal Choudhuri S et al., 2015).

Актуальной научной проблемой является фундаментальное изучение факторов, способствующих формированию качества мясной продукции, посредством комплексного подхода, включающего поиск новых функциональных элементов питания, консолидации фенотипических, молекулярно-генетических, биохимических, микробиологических, гормональных механизмов гомеостаза в организме сельскохозяйственных животных. Проблемам качества и свойствам мяса посвящено достаточное количество исследований отечественных и зарубежных специалистов (Abubakar AA et al., 2021; Семенова А.А. и др., 2023; Белоус А.А. и др., 2024), но недостаточно данных о взаимосвязи химического, минерального и аминокислотного составов с качественными характеристиками мышечной ткани бычков абердин-ангусской породы, что имеет научно-практическое значение в вопросе прижизненного формирования качества животноводческой продукции.

Цель исследования.

Определение биологических маркеров, характеризующих качественные показатели мышечной ткани крупного рогатого скота абердин-ангусской породы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследований. Пробы мышечной ткани, полученные из длиннейшей мышцы спины бычков абердин-ангусской породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов, протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов. Исследование одобрено комиссией по биоэтике Федерального исследовательского центра животноводства им. Л.К. Эрнста (протокол № 2022-11/1 от 14 ноября 2022 г.).

Схема эксперимента. Отбор средних проб мышечной ткани проводился на базе мясоперерабатывающего комбината ООО «Мираторг-генетика». Пробы мяса (n=157) подвергались исследованию химического состава и качества по нижеприведённым методикам.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнялись в отделе физиологии и биохимии с/х животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Измерение температуры и pH мышечных тканей проведено с помощью прибора Testo 205 («Testo SE & Co. KGaA», Германия). Значения кислотности (pH) через 24 часа после убоя животного определяли в охлажденном мясе. В образцах мяса установлена влагоудерживающая способность методом прессования Грау-Гамма в модификации В. Воловиной. Химический состав мяса определен по следующим методикам: воздушно-сухое вещество (по ГОСТ 33319-2015), содержание жира (по ГОСТ 23042-2015), содержание золы (по ГОСТ 31727-2012), содержание протеина (расчетным методом), содержание кальция (по ГОСТ Р 55573-2013), фосфора (по ГОСТ 9794-2015), магния (по ГОСТ 33424-2015), суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА) проведено амперометрическим методом на приборе «ЦветЯуза-01-АА» с амперометрическим детектором («Химавтоматика», Россия).

Содержание меди, цинка и хрома в образцах ткани определяли на атомно-адсорбционном спектрометре (с электротермической атомизацией) ZEE nit 650 P (AnalytikJena AG). Пробоподготовку осуществляли с помощью системы микроволновой пробоподготовки Milestone Ethos Easy.

Определение общего содержания аминокислот проводилось методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Для подготовки проб использовали кислотный гидролиз (за исключением триптофана) в растворе 6 молярной соляной кислоты, с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Гидролиз производили при +110 °С в течение 24 ч. Анализ выполняли на системе высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC) Shimadzu LC-20 Prominence (Япония), с реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином APM-1000 (Sevko&Co, Россия), оснащенный абсорбционным детектором (λ_{abs} = 440 нм, 570 нм) и колонкой с ионообменной смолой 4,6×150 мм (Sevko&Co, Россия). Использованы готовые буферные растворы (Sevko&Co, Россия). Расчет концентрации выполнялся по стандартному образцу аминокислот (Sykam, Германия).

Статистическая обработка. Математическую и статистическую обработку результатов проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel 2013» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) с использованием методов однофакторного дисперсионного, корреляционного анализов. Данные проверялись на нормальность распределения по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Рассчитывались коэффициенты корреляции по Пирсону, t- критерий Стьюдента. Различия считали значимыми при P ≤ 0,05.

Результаты исследования.

Проведённый анализ полученных данных показывает, что химический состав мышечной ткани коррелирует с некоторыми индикаторами качества (табл. 1). Так, установлена положительная корреляция средней степени между влагоудерживающей способностью мяса и содержанием влаги (0,529), очень слабые корреляции – между ВУС и содержанием протеина (0,230) и золы (0,295) в мышцах. Отрицательная корреляция средней степени найдена между ВУС и содержанием жира (-0,533). СКВА положительно коррелирует с содержанием влаги (0,284), золы (0,472) и отрицательно – с содержанием жира (-0,298).

Таблица 1. Корреляции химического состава и некоторых качественных показателей мышечной ткани (n=157)

Table 1. Correlations of chemical composition and some qualitative indicators of muscle tissue (n=157)

Показатель/ Indicator	pH-24	p-value	ВУС, % /WHC, %	p-value	СКВА, мг/г/ TAWSA, mg/g	p-value
Содержание влаги, %/ Moisture content, %	0,088	0,245	0,529	0,0001	0,284	0,0001
Содержание жира, %/ Fat content, %	-0,087	0,253	-0,533	0,001	-0,298	0,0002
Содержание протеина, %/ Protein content, %	0,027	0,719	0,230	0,002	0,127	0,098
Содержание золы, %/ Ash content, %	0,077	0,311	0,295	0,0001	0,472	0,0001

Примечание: ВУС – влагоудерживающая способность мяса, СКВА – суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов. Здесь и далее – полужирным курсивом выделены статистически значимые корреляции

Note: WHC – water-holding capacity of meat, TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants.

From here on, statistically significant correlations are highlighted in bold italics

Обнаружены корреляции некоторых показателей качества мяса и содержания в нём минеральных компонентов (табл. 2). Так, pH 24 и содержание хрома достоверно и положительно коррелируют между собой (0,171). Положительные корреляции обнаружены между ВУС и содержанием кальция (0,358), фосфора (0,319), магния (0,329) и хрома (0,242). Установлено, что уровень СКВА положительно коррелировал практически со всеми определяемыми макро- и микроэлементами в мышечной ткани, кроме цинка: корреляция СКВА и содержание кальция составила 0,425, фосфора – 0,256, магния – 0,195, меди – 0,294 и хрома – 0,227.

Таблица 2. Корреляции минерального состава и некоторых качественных показателей мышечной ткани (n=157)

Table 2. Correlations of mineral composition and some qualitative indicators of muscle tissue (n=157)

Показатель/ Indicator	pH-24	p-value	ВУС, %/ WHC, %	p-value	СКВА, мг/г/ TAWSA, mg/g	p-value
Содержание кальция, %/ Calcium content, %	0,0397	0,601	0,358	0,0001	0,425	0,0001
Содержание фосфора, %/ Phosphorus content, %	0,124	0,10	0,319	0,0002	0,256	0,001
Содержание магния, %/ Magnesium content, %	0,065	0,391	0,329	0,0001	0,195	0,011
Содержание цинка, мг/кг СВ/ Zinc content, mg/kg DM	-0,029	0,700	-0,01	0,858	-0,010	0,898
Содержание меди, мг/кг СВ/ Copper content, mg/kg DM	-0,081	0,286	-0,004	0,957	0,294	0,0002
Содержание хрома, мг/кг СВ / Chromium content, mg/kg DM	0,171	0,023	0,242	0,001	0,227	0,003

Примечание: ВУС – влагоудерживающая способность мяса, СКВА – суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов, СВ – сухое вещество

Note: WHC – water-holding capacity of meat, TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants,

DM - dry matter

Интересными, на наш взгляд, являются установленные корреляции между содержанием в мышечной ткани отдельных аминокислот и уровнем СКВА (табл. 3). Все обнаруженные достоверные корреляции носили отрицательный характер, кроме таковой между СКВА и содержанием пролина (0,540), цистеина (0,273). Заслуживают внимания корреляции между СКВА и содержанием в мясе аспарагиновой (-0,216), глутаминовой (-0,347) кислот, глицина (-0,361), аланина (-0,310), валина (-0,415), изолейцина (-0,331), лейцина (-0,473), гистидина (-0,376), лизина (-0,484), аргинина (-0,440).

Таблица 3. Корреляции аминокислотного состава и некоторых качественных показателей мышечной ткани (n=157)

Table 3. Correlations of amino acid composition and some qualitative indicators of muscle tissue (n=157)

Показатель/ Indicator	pH-24	p-value	ВУС, %/ WHC, %	p-value	СКВА, мг/г/ TAWSA, mg/g	p-value
Аспарагиновая кислота, г/ 100 г белка/ <i>Aspartic acid</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,228	0,003	-0,022	0,781	-0,216	0,004
Треонин, г/100 г белка/ <i>Threonine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,037	0,638	0,057	0,465	-0,116	0,139
Серин, г/100 г белка/ <i>Serine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,04	0,653	-0,080	0,338	-0,079	0,316
Глутаминовая кислота, г/ 100г белка/ <i>Glutamic</i> <i>acid</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,057	0,466	-0,028	0,718	-0,347	0,0001
Глицин, г/100 г белка/ <i>Glycine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,0028	0,972	-0,076	0,334	-0,361	0,0001
Аланин, г/100 г белка/ <i>Alanine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,029	0,712	-0,061	0,437	-0,310	0,0001
Цистеин, г/100 г белка/ <i>Cysteine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,073	0,351	0,085	0,269	0,273	0,0001
Валин, г/100 г белка/ <i>Valine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,011	0,887	-0,102	0,193	-0,415	0,0001
Метионин, г/100 г белка/ <i>Methionine</i> , <i>g/100 g</i> <i>protein</i>	0,470	0,0001	-0,027	0,736	0,016	0,839
Изолейцин, г/100 г белка/ <i>Isoleucine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,011	0,989	-0,079	0,316	-0,331	0,0001
Лейцин, г/100 г белка/ <i>Leucine</i> , <i>g/100 g protein</i>	0,016	0,984	-0,059	0,454	-0,473	0,0001
Тирозин, г/100 г белка/ <i>Tyrosine</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,038	0,628	-0,071	0,365	-0,006	0,936
Фенилаланин, г/100 г белка/ <i>Phenylalanine</i> , <i>g/100 g</i> <i>protein</i>	0,043	0,588	0,191	0,014	0,142	0,069
Гистидин, г/100 г белка/ <i>Histidine</i> , <i>g/100 g protein</i>	0,032	0,682	0,100	0,202	-0,376	0,0001
Лизин, г/100 г белка/ <i>Lysine</i> , <i>g/100 g protein</i>	0,01	0,899	-0,039	0,617	-0,484	0,0001
Аргинин, г/100 г белка/ <i>Arginine</i> , <i>g/100 g protein</i>	0,038	0,63	-0,193	0,013	-0,440	0,0001
Пролин, г/100 г белка/ <i>Proline</i> , <i>g/100 g protein</i>	-0,013	0,867	0,122	0,877	0,540	0,0001

В меньшей степени обнаружены значимые корреляции между другими определяемыми показателями качества мяса. Так, в отношении ВУС обнаружены корреляции между этим показателем и содержанием фенилаланина (0,191) и аргинина (-0,193).

Обсуждение полученных результатов.

В описании качественных показателей мышечной ткани мы остановили свой выбор на рН 24, влагоудерживающей способности и суммарном содержании водорастворимых антиоксидантов (СКВА).

Известно, что рН мышечной ткани определяет технологические, микробиологические и товарные характеристики продуктов из мяса (Кудряшов Л.С. и Кудряшова О.А., 2012) и является показателем для выявления сырья с аномальным характером автолиза (Кудряшов Л.С., 1992). При этом конечное значение рН – наиболее убедительный показатель качества мяса (Горлов Н.Ф. и др., 2016). Мясо с конечным рН в диапазоне 5,5-5,7 демонстрирует наиболее желательные качественные характеристики среди большинства видов мясных животных, и отклонение от этого диапазона в любом направлении наносит ущерб качеству (Matarneh SK et al., 2021). Таким образом, понимание механизмов, контролирующих рН в тканях мышцы после созревания, является ключом к производству высококачественного мяса. Кроме этого, есть мнение, что данный показатель следует рассматривать в совокупности с ВУС, цветом и консистенцией. По мнению некоторых исследователей, существует высокая степень корреляции между рН 24 и водосвязывающей способностью (Горлов Н.Ф. и др., 2016).

В наших исследованиях рН через 24 часа после убоя положительно коррелировал с содержанием в мясе хрома. Другие авторы также отмечали снижение кислотности мышечной ткани при скармливании наночастиц хрома. Химический состав мышечной ткани определяет её общие биохимические и функциональные свойства и, следовательно, её качество.

Влагоудерживающая способность мяса наряду с рН является одним из основных показателей качества мяса, который характеризует способность удерживать воду в мышечных волокнах при созревании и последующей переработке. Важность этого показателя заключается в определении функционально-технологических и кулинарных свойств мяса (Козликин А.В. и др., 2019). В наших исследованиях отмечены положительные корреляции ВУС с содержанием влаги, протеина, золы, кальция, фосфора, хрома, фенилаланина и отрицательные – с содержанием жира и аргинина. На ВУС наибольшее влияние оказало содержание влаги, протеина и минеральных компонентов. Белки за счёт большого количества гидрофильных групп в своём составе активно связывают молекулы воды, чем и объясняется положительная взаимосвязь между ВУС и содержанием протеина, а также ВУС и содержанием влаги в мышечной ткани. По мере развития окоченения влагосвязывающая способность мяса уменьшается за счёт накопления кислых продуктов (молочной, пировиноградной, ортофосфорной кислот и пр.), что приводит к значительному снижению рН. Интервал между рН среды и изоэлектрической точкой белков мяса уменьшается, вследствие чего уменьшается число ионизированных групп и влагоудерживающая способность белков.

СКВА относится к комплексным совокупным показателям, характеризующим общее содержание в мышечной ткани водорастворимых антиоксидантов. К последним относятся те компоненты, которые осуществляют свою защитную функцию в цитозоле клеток, межклеточной жидкости. Это, в частности, аскорбиновая, лимонная, никотиновая кислоты, серосодержащие соединения (цистеин, гомоцистеин, липоевая кислота, бензойная кислота), фенольные соединения, флавоноиды и др. Изучение антиоксидантного потенциала мясных продуктов актуально, поскольку они являются важным источником бионутриентов для человека и определяют здоровье основного потребителя. Мясо и мясные продукты в составе рациона питания современного человека вносят важный вклад в антиоксидантный статус организма. При этом актуальным является выявление биомаркеров химического состава мышечной ткани, которые связаны с содержанием антиоксидантов, что и определило одну из задач наших исследований. Проведённый Лебедевой С.Н. и Жамсарановой С.Д. (2016) анализ показал, что максимальное содержание СКВА отмечено в баранине, на 2 месте – конина, на 3 – свинина, на 4 – говядина.

В наших исследованиях СКВА положительно коррелирует с содержанием влаги, золы, макро- и микроэлементов, цистеина, пролина и отрицательно – с содержанием жира и некоторых аминокислот. По мнению некоторых авторов, цистеин обладает заметной антиоксидантной активностью, что объясняет прямую зависимость содержания этой аминокислоты в мышечной ткани и СКВА (Арутюнянц А.А. и др., 2012). Пролин также способен окисляться несколько лучше других аминокислот, поскольку содержит вторичный азот в алифатическом цикле (Савина А.А. и др., 2020), что также объясняет найденную положительную корреляцию со СКВА (0,540). По мнению Арутюнянц А.А. с коллегами (2012), гистидин и лизин также являются растворимыми аминокислотами, имеющими высокую антиоксидантную активность. Такой вывод авторы сделали на основании изучения циклических вольтамперограмм. Согласно нашим результатам, корреляция между количеством гистидина и лизина и СКВА отрицательная. Возможно, амперометрический метод определения антиоксидантов не позволяет в полной мере оценить весь спектр составляющих водорастворимых антиокислительных компонентов и требует использование дополнительных методов. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Медь играет важную роль в антиоксидантной защите организма, являясь составной частью церулоплазмينا, входящего в состав СКВА, что определяет положительную корреляцию между этими показателями (0,294).

Заключение.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что химический, минеральный и аминокислотный составы мышечной ткани оказывают заметное влияние на качество сырья, определяющего функционально-технологические и кулинарные свойства говядины.

Отмечены положительные корреляции ВУС с содержанием влаги, протеина, золы, кальция, фосфора, хрома, фенилаланина и отрицательные – с содержанием жира и аргинина. СКВА положительно коррелирует с содержанием влаги, золы, макро- и микроэлементов, цистеина, пролина и отрицательно – с содержанием жира и некоторых аминокислот.

Полученные результаты позволяют делать вывод о формировании качественных показателей сырья, что поможет в разработке способов регуляции и прижизненного формирования качественной продукции отечественного скотоводства.

Список источников

1. Алексеева Е.И., Суханова С.Ф. Качество мяса, полученного от животных герефордской и абердин-ангусской пород // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 4. С. 20-25. [Alekseeva EI, Sukhanova SF. The quality of meat obtained from animals of the Gereford and Aberdin-angus breeds. Innovations and Food Security. 2017;4:20-25. (In Russ.)].
2. Аминокислотный состав говядины, полученной от скота специализированных мясных пород / Е.И. Алексеева, Т.Л. Лещук, Н.А. Лушников, Н.М. Костомахин // Главный зоотехник. 2022. № 8 (229). С. 3-10. [Alekseeva EI, Leshchuk TL, Lushnikov NA, Kostomakhin NM. Amino acid composition of beef obtained from cattle of beef breeds. Glavnij zootehnik. 2022;8(229):3-10. (In Russ.)]. doi: 10.33920/sel-03-2208-01
3. Амперометрическое детектирование антиоксидантной активности модельных и биологических жидкостей / А.А. Савина и др. // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2020. Т. 61. № 6. С. 429-437. [Savina AA, et al. Amperometric detection of antioxidant activity of model and biological fluids. Moscow University Chemistry Bulletin. 2020;61(6):429-437. (In Russ.)].
4. Арутюнянц А.А., Лохов Р.Е., Саламова Н.А. Изучение антиоксидантной активности аминокислот // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19. № 1. С. 169-171. [Arutyunyants AA, Lokhov RE, Salamova NA. The study of antioxidant activity of amino acids. Bashkir Chemical Journal. 2012;19(1):169-171. (In Russ.)].

5. Бородина О.В., Шмат Е.В. Характеристика пищевой ценности говядины и свинины // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., (г. Омск, 13-14 апр. 2017 г.). Омск: ОГАУ им. П.А. Столыпина, 2017. С. 524-526. [Borodina OV, Shmat EV. Characteristics of nutrition value of beef and pork (Conference proceedings). Perspektivy proizvodstva produktov pitaniya novogo pokoleniya: materialy Vserossijskoj nauch.-prakt. konf., (g. Omsk, 13-14 apr. 2017 g.). Omsk: OGAU im. P.A. Stolypina; 2017:524-526. (*In Russ.*)].
6. Влияние разных технологий содержания на качественные показатели мяса чистопородных и помесных бычков / А.И. Отаров и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 52-62. [Otarov AI et al. The influence of different keeping technologies on meat quality indicators of purebred and crossbred bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023; 106(2):52-62. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-52
7. Горлов Н.Ф., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Стрессоустойчивость как фактор формирования качества мяса с нехарактерным ходом автолиза // Индустрия питания. 2016. № 1(1). С. 44-53. [Gorlov NF, Tikhonov SL, Tikhonova NV. The quality of the meat from an uncharacteristic course of autolysis and stress. Food Industry. 2016;1(1):44-53. (*In Russ.*)].
8. ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. Введ. 2016-07-01. М.: Стандартинформ, 2018. 9 с. [GOST 33319-2015. Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoj doli vlagi; vved. 2016-07-01. Moscow: Standartinform; 2018:9. (*In Russ.*)].
9. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. Введ. 2017-01-01. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с. [GOST 23042-2015. Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya zhira; vved. 2017-01-01. Moscow: Standartinform; 2016:11. (*In Russ.*)].
10. ГОСТ 31727-2012. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с. [GOST 31727-2012. Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoj doli obshchej zoly; vved. 2013-07-01. Moscow: Standartinform; 2013:12. (*In Russ.*)].
11. ГОСТ Р 55573-2013 Мясо и мясные продукты. Определение кальция атомно-абсорбционным и титриметрическим методами. Введ. 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с. [GOST R 55573-2013 Myaso i myasnye produkty. Opredelenie kal'ciya atomno-absorbcionnym i titrimetricheskimi metodami; vved. 2015-01-01. Moscow: Standartinform; 2014:12. (*In Russ.*)].
12. ГОСТ 9794-2015. Продукты мясные. Методы определения содержания общего фосфора. Введ. 2017-01-01. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с. [GOST 9794-2015. Produkty myasnye. Metody opredeleniya sodержaniya obshchego fosfora; vved. 2017-01-01. Moscow: Standartinform; 2019:12. (*In Russ.*)].
13. ГОСТ 33424-2015. Мясо и мясные продукты. Определение магния методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Введ. 2016-07-01. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с. [GOST 33424-2015. Myaso i myasnye produkty. Opredelenie magniya metodom plamennoj atomno-absorbcionnoj spektrometrii; vved. 2016-07-01. Moscow: Standartinform; 2016:11. (*In Russ.*)].
14. Джуламанов К.М., Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипов быков по генам CAPN1, CAST и TG5 на аминокислотный и жирнокислотный составы мяса у потомков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 74-84. [Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh white-headed breed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):74-84. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
15. Динамика химического состава и технологических свойств мяса / А.В. Козликин и др. // Ветеринарная патология. 2019. № 2(68). С. 80-85. [Kozlikin AV, et al. Dynamics of chemical composition and technological properties of meats. Russian Journal of Veterinary Pathology. 2019;2(68):80-85. (*In Russ.*)].

16. Идентификация генов, ассоциированных с цветовыми характеристиками мясной и жировой ткани скота абердин-ангусской породы / А.А. Белоус и др. // Аграрная наука. 2024. № 6. С. 68-76. [Belous AA, et al. Identification of genes associated with color characteristics of meat and fat tissue of aberdeen-angus cattle. Agrarian Science. 2024;6:68-76. (*In Russ.*)]. doi: 10.32634/0869-8155-2024-383-6-68-76
17. Изменение аминокислотного состава говядины при концентратном откорме крупного рогатого скота / В.Д. Кабанов и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 63-37. [Kabanov VD, et al. Change in amino acids compositions of beef with concentrated fattening of cattle. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2019;3:63-67. (*In Russ.*)]. doi: 10.30850/vrsn/2019/3/63-67
18. Изучение полноценности белков в разных типах мышц говядины / Н. Л. Вострикова и др. // Все о мясе. 2013. № 2. С. 34-38. [Vostrikova NL, et al. Investigations of proteins' usefulness in the different types of beef's muscles. Vsyo o Myase. 2013;2:34-38. (*In Russ.*)].
19. Калюжная Т.В., Орлова Д.А., Карпенко Л.Ю. Зависимость пищевой ценности мяса от категории качества // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 2. С. 156-160. [Kalyuzhnaya TV, Orlova DA, Karpenko LYu. Dependence of the nutritional value of meat on the quality category. International Bulletin of Veterinary Science. 2023;2:156-160. (*In Russ.*)]. doi: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.156
20. Кудряшов Л.С. Созревание и посол мяса. Кемерово: Кузбассвуиздат, 1992. 206 с. [Kudryashov LS. Sozrevanie i posol mjasa. Kemerovo: Kuzbassvuzdat; 1992:206 p. (*In Russ.*)].
21. Кудряшов Л.С., Кудряшова О.А. Влияние стресса животных на качество мяса // Мясная индустрия. 2012;1:8-11. [Kudryashov LS, Kudryashova OA. Vlijanie stressa zhitotnyh na kachestvo mjasa. Meat Industry. 2012;1:8-11. (*In Russ.*)].
22. Лебедева С.Н., Жамсаранова С.Д. Оценка антиоксидантного потенциала мясных продуктов и сырья // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2016. № 3(60). С. 39-45. [Lebedeva SN, Zhamsaranova SD. The assessment of antioxidant potential of meat products. Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management. 2016;3(60):39-45. (*In Russ.*)].
23. Микроструктура мышечной ткани у гибридных свиней (*Sus scrofa domesticus* L.) при интенсивном откорме под влиянием адаптогенов / А.А. Семенова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. №2. С. 355-372. [Semenova AA, et al. Effect of adaptogens on muscle tissue microstructure of hybrid pigs (*Sus scrofa domesticus* L.) during intensive fattening. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2023;58(2):355-372. (*In Russ.*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2023.2.355rus doi: 10.15389/agrobiology.2023.2.355eng
24. Оценка продуктивных качеств и элементного статуса бычков калмыцкой породы различных генотипов по гену гормона роста / А.Н. Фролов и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 62-73. [Frolov AN et al. Assessment of the productive qualities and elemental status of bulls (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(1):62-73. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-62
25. Abou-Kassem DE, et al. Influences of total sulfur amino acids and photoperiod on growth, carcass traits, blood parameters, meat quality and cecal microbial load of broilers. Saudi Journal of Biological Sciences. 2022;29(3):1683-1693. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.10.063
26. Abubakar AA, et al. Effects of stocking and transport conditions on physicochemical properties of meat and acute-phase proteins in cattle. Foods. 2021;10(2):252. doi: 10.3390/foods10020252
27. Bi YZ, et al. High freezing rate improves flavor fidelity effect of hand grab mutton after short-term frozen storage. Frontiers in Nutrition. 2022;9:959824. doi: 10.3389/fnut.2022.959824
28. Dong F, et al. Fusion of spectra and texture features of hyperspectral imaging for quantification and visualization of characteristic amino acid contents in beef. LWT. 2024;206:116576. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116576

29. Jiang S, et al. Characterization of stewed beef by sensory evaluation and multiple intelligent sensory technologies combined with chemometrics methods. *Food Chemistry*. 2023;408:135193. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135193
30. Karau A, Grayson I. Amino acids in human and animal nutrition. In: Zorn H, Czermak P (editors). *Biotechnology of food and feed additives*. 2014;143:189-228. doi: 10.1007/10_2014_269
31. Matarneh SK, Silva SL, Gerrard DE. New insights in muscle biology that alter meat quality. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2021;9(1):355-377. doi: 10.1146/annurev-animal-021419-083902
32. Pal Choudhuri S, Delay RJ, Delay ER. L-amino acids elicit diverse response patterns in taste sensory cells: a role for multiple receptors. *PLoS One*. 2015;10(6):e0130088. doi: 10.1371/journal.pone.0130088
33. Salami SA, et al. Fatty acid composition, shelf-life and eating quality of beef from steers fed corn or wheat dried distillers' grains with solubles in a concentrate supplement to grass silage. *Meat Science*. 2021;173:108381. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108381
34. Zhang Y, et al. Effects of protein grass hay as alternative feed resource on lamb's fattening performance and meat quality. *Meat Science*. 2024;218:109644. doi: 10.1016/j.meatsci.2024.109644

References

1. Alekseeva EI, Sukhanova SF. The quality of meat obtained from animals of the Gereford and Aberdin-angus breeds. *Innovations and food security*. 2017;4:20-25.
2. Alekseeva EI, Leshchuk TL, Lushnikov NA, Kostomakhin NM. Amino acid composition of beef obtained from cattle of beef breeds. *Chief Zootechnician*. 2022;8(229):3-10. doi: 10.33920/sel-03-2208-01
3. Savina AA, et al. Amperometric detection of antioxidant activity of model and biological fluids. *Moscow University Chemistry Bulletin*. 2020;61(6):429-437.
4. Arutyunyants AA, Lokhov RE, Salamova NA. The study of antioxidant activity of amino acids. *Bashkir Chemical Journal*. 2012;19(1):169-171.
5. Borodina OV, Shmat EV. Prospects for the production of new generation food products: (Conference proceedings) Proc. of the All-Russian scientific and practical conf., (Omsk, April 13-14, 2017). Omsk: OGAU named after P.A. Stolypin; 2017:524-526.
6. Otarov AI et al. The influence of different keeping technologies on meat quality indicators of purebred and crossbred bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):52-62. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-52
7. Gorlov NF, Tikhonov SL, Tikhonova NV. The quality of the meat from an uncharacteristic course of autolysis and stress. *Food Industry*. 2016;1(1):44-53.
8. State Standard 33319-2015. Meat and meat products. Method for determining the mass fraction of moisture. Implementation date 2016-07-01. Moscow: Standartinform; 2018:9.
9. State Standard 23042-2015. Meat and meat products. Methods for determining fat. Implementation date 2017-01-01. M.: Standartinform; 2016:11.
10. State Standard 31727-2012. Meat and meat products. Method determination of the mass fraction of total ash. Implementation date 2013-07-01. Moscow: Standartinform; 2013:12.
11. State Standard R 55573-2013 Meat and meat products. Determination of calcium by atomic absorption and titrimetric methods. Implementation date 2015-01-01. Moscow: Standartinform; 2014:12.
12. State Standard 9794-2015. Meat products. Methods for determining the content of total phosphorus. Implementation date 2017-01-01. Moscow: Standartinform; 2019:12.
13. State Standard 33424-2015. Meat and meat products. Determination of magnesium by flame atomic absorption spectrometry. Implementation date 2016-07-01. Moscow: Standartinform; 2016:11.

14. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh white-headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):74-84. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
15. Kozlikin AV, et al. Dynamics of chemical composition and technological properties of meats. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2019;2(68):80-85.
16. Belous AA, et al. Identification of genes associated with color characteristics of meat and fat tissue of aberdeen-angus cattle. *Agrarian science*. 2024;6:68-76. doi: 10.32634/0869-8155-2024-383-6-68-76
17. Kabanov VD, et al. Change in amino acids compositions of beef with concentrated fattening of cattle. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2019;3:63-67. doi: 10.30850/vrsn/2019/3/63-67
18. Vostrikova NL, et al. Investigations of proteins' usefulness in the different types of beef's muscles. *All About Meat*. 2013;2:34-38.
19. Kalyuzhnaya TV, Orlova DA, Karpenko LYu. Dependence of the nutritional value of meat on the quality category. *International Bulletin of Veterinary Science*. 2023;2:156-160. doi: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.156
20. Kudryashov LS. Ageing and salting of meat. Kemerovo: Kuzbassvuzdat; 1992:206 p.
21. Kudryashov LS, Kudryashova OA. Effect of animal stress on meat quality. *Meat Industry*. 2012;1:8-11.
22. Lebedeva SN, Zhamsaranova SD. The assessment of antioxidant potential of meat products. *Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management*. 2016;3(60):39-45.
23. Semenova AA, et al. Effect of adaptogens on muscle tissue microstructure of hybrid pigs (*Sus scrofa domestica* L.) during intensive fattening. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2023;58(2):355-372. doi: 10.15389/agrobiology.2023.2.355eng
24. Frolov AN et al. Assessment of the productive qualities and elemental status of bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105(1):62-73. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-62
25. Abou-Kassem DE, et al. Influences of total sulfur amino acids and photoperiod on growth, carcass traits, blood parameters, meat quality and cecal microbial load of broilers. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29(3):1683-1693. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.10.063
26. Abubakar AA, et al. Effects of stocking and transport conditions on physicochemical properties of meat and acute-phase proteins in cattle. *Foods*. 2021;10(2):252. doi: 10.3390/foods10020252
27. Bi YZ, et al. High freezing rate improves flavor fidelity effect of hand grab mutton after short-term frozen storage. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9:959824. doi: 10.3389/fnut.2022.959824
28. Dong F, et al. Fusion of spectra and texture features of hyperspectral imaging for quantification and visualization of characteristic amino acid contents in beef. *LWT*. 2024;206:116576. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116576
29. Jiang S, et al. Characterization of stewed beef by sensory evaluation and multiple intelligent sensory technologies combined with chemometrics methods. *Food Chemistry*. 2023;408:135193. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135193
30. Karau A, Grayson I. Amino acids in human and animal nutrition. In: Zorn H, Czermak P (editors). *Biotechnology of food and feed additives*. 2014;143:189-228. doi: 10.1007/10_2014_269
31. Matarneh SK, Silva SL, Gerrard DE. New insights in muscle biology that alter meat quality. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2021;9(1):355-377. doi: 10.1146/annurev-animal-021419-083902
32. Pal Choudhuri S, Delay RJ, Delay ER. L-amino acids elicit diverse response patterns in taste sensory cells: a role for multiple receptors. *PLoS One*. 2015;10(6):e0130088. doi: 10.1371/journal.pone.0130088
33. Salami SA, et al. Fatty acid composition, shelf-life and eating quality of beef from steers fed corn or wheat dried distillers' grains with solubles in a concentrate supplement to grass silage. *Meat Science*. 2021;173:108381. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108381

34. Zhang Y, et al. Effects of protein grass hay as alternative feed resource on lamb's fattening performance and meat quality. *Meat Science*. 2024;218:109644. doi: 10.1016/j.meatsci.2024.109644

Информация об авторах:

Надежда Владимировна Боголюбова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60, сот.: 8-915-320-24-39.

Никита Сергеевич Колесник, младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60, сот.: 8-915-320-24-39.

Павел Дмитриевич Лахонин, младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60, сот. 8-915-320-24-39.

Николай Павлович Елаткин, кандидат биологических наук, генеральный директор ООО «Мираторг-генетика», 121205, г. Москва, ул. Нобеля (инновационного центра Сколково Тер), дом 5, сот.: 8-915-320-24-39.

Александр Александрович Николаев, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории ДНК-технологий в животноводстве, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60, сот.: 8-915-320-24-39.

Information about the authors:

Nadezhda V Bogolyubova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry – VIJ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy Podolsk Municipal District, 142132, Moscow Region, cell. 8-915-320-24-39.

Nikita S Kolesnik, Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of farm animals and Fish, Federal Research Center of Animal Husbandry – VIJ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy Podolsk Municipal District, 142132, Moscow Region, cell. 8-915-320-24-39.

Pavel D Lakhonin, Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of farm Animals and Fish, Federal Research Center for Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy Podolsk Municipal District, 142132, Moscow Region, cell. 8-915-320-24-39.

Nikolai P Elatkin, Cand. Sci. (Biology), General Director of Miratorg-Genetics LLC, Moscow, Nobelya St. (Skolkovo Innovation Centre ter), 5 building, 121205, cell. 8-915-320-24-39.

Alexander A Nikolaev, post-graduate student, Junior researcher at the Laboratory of DNA Technologies in Animal Husbandry, Federal Research Center of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy Podolsk Municipal District, 142132, Moscow Region, cell. 8-915-320-24-39.

Статья поступила в редакцию 28.10.2024; одобрена после рецензирования 08.11.2024; принята к публикации 16.12.2024.

The article was submitted 28.10.2024; approved after reviewing 08.11.2024; accepted for publication 16.12.2024.