

А.А. Сермягин¹ ✉
 Н.В. Боголюбова¹
 А.А. Белоус¹
 Г.К. Петрякова¹
 Н.П. Елаткин²
 Н.А. Зиновьева¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

²ООО «Мираторг-Генетика», Домодедово, Московская обл., Россия

✉ alex_sermyagin85@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.10.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73

Alexander A. Sermyagin¹ ✉
 Nadezhda V. Bogolyubova¹
 Anna A. Belous¹
 Galina K. Petryakova¹
 Nikolay P. Elatkin²
 Natalia A. Zinovieva¹

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Podolsk, Moscow Region, Russia

²“Miratorg-Genetics” LLC, Domodedovo, Moscow region, Russia

✉ alex_sermyagin85@mail.ru

Received by the editorial office:
20.10.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Показатели мясной продуктивности, эффективности использования корма и химического состава мяса бычков абердин-ангусской породы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Оценка мясной продуктивности скота нуждается в трансформации путем привлечения всё большего массива фенотипической информации для повышения точности прогноза генотипа животных. Это может быть достигнуто через использование данных по изменению живой массы особей и расходу корма за период их выращивания. В связи с этим применение автоматических кормовых станций, фиксирующих данные параметры для комплексной оценки генотипа бычков абердин-ангусской породы, является важной задачей данных исследований.

Методы. Была использована информация по 212 головам бычков абердин-ангусской породы, проходивших финальный откорм продолжительностью 60–65 дней на кормовых станциях GrowSafe в условиях Брянской области. Используются данные по убойным качествам животных, эффективности использования корма и химического состава мяса. Интегральной величиной разделения бычков на четыре группы сравнения являлся показатель остаточного потребления корма (RFI).

Результаты. Лучшее сочетание показателей конверсии корма (4,95 кг/кг), среднесуточного прироста (1,67 кг/сут) и потребленного сухого вещества рациона (8,25 кг) за период откорма на площадке показали бычки с отрицательным значением RFI и приростом выше 1495 г относительно других групп сравнения. Аналогичную тенденцию имели сверстники из второй группы, однако потребление сухого вещества корма у них было самым высоким (8,96 кг). Более высокой влагоудерживающей способностью мяса (60,87% и 60,39%) и суммарным количеством водорастворимых антиоксидантов (0,147 мг/г и 0,148 мг/г) в нем показали животные из второй и четвертой групп сравнения. Значимых различий в химическом составе мяса не установлено.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, мясная продуктивность, конверсия корма, химический состав мяса

Для цитирования: Сермягин А.А., Боголюбова Н.В., Белоус А.А., Петрякова Г.К., Елаткин Н.П., Зиновьева Н.А. Показатели мясной продуктивности, эффективности использования корма и химического состава мяса бычков абердин-ангусской породы. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 67–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73>

© Сермягин А.А., Боголюбова Н.В., Белоус А.А., Петрякова Г.К., Елаткин Н.П., Зиновьева Н.А.

Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls

ABSTRACT

Relevance. Assessing the meat production of beef cattle to be transformed by involving an ever-increasing phenotypic data to improve the accuracy of genotype estimation of animals. This can be achieved through the use of live weight changes for individuals and feed consumption during the period of their rearing in feedlots. In this regard, the use of automatic feeding stations that record these parameters for a comprehensive assessment of the genotype of Aberdeen-Angus bulls is an important task of these studies.

Methods. Information by 212 individuals was used for Aberdeen Angus bulls that underwent final fattening lasting 60–65 days at GrowSafe feeding stations in the Bryansk region (Russia). Data on the slaughter quality of animals, the efficiency of feed using and the chemical composition of meat were studied. The integral value for dividing bulls into four comparison groups was the residual feed intake trait (RFI).

Results. The best combination of feed conversion rates (4.95 kg/kg), average daily gain (1.67 kg/day) and consumed dry matter of the diet (8.25 kg) during the fattening period at the site was shown by bulls with a negative RFI value and an increase above 1495 g relative to other comparison groups. The peers from the second group had a similar tendency, but their consumption of dry matter of feed was the highest (8.96 kg). The animals from the second and fourth comparison groups showed a higher moisture-retaining capacity of meat (60.87% and 60.39%) and the total amount of water-soluble antioxidants (0.147 mg/g and 0.148 mg/g) in it. Significant differences in the chemical composition of meat have not been established.

Key words: cattle, meat production, feed conversion, chemical composition of meat

For citation: Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A. Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 67–73 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73>

© Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A.

Введение/Introduction

Главная цель мясного скотоводства — производство максимального количества высококачественной говядины. Важным составляющим такого процесса являются племенные организации (племенные заводы и репродукторы, станции по искусственному осеменению сельскохозяйственных животных, крупные агрохолдинги), где проводятся селекционно-племенная работа и ее планирование, в задачу которой входят получение животных с наилучшей комбинацией генов на основе расчета племенной ценности предков, собственной продуктивности, геномного прогноза и по качеству потомства для последующего комплектования стада или популяции высокопродуктивными особями, размножение и накопление ценных генотипов [1, 2].

Начиная с 2017 г. в Российской Федерации стартовала Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства¹, которая должна способствовать обеспечению стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции через импортозамещение и должна быть направлена на улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота, что предусматривает создание научно-технических проектов в отраслях мясного и молочного животноводства².

На сегодняшний момент Правительством России утверждена Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»³, в которой значительную роль играет ООО «Агропромышленный холдинг «Мираторг»» (Домодедово, Московская обл., Россия).

Общие объемы производства говядины и телятины в Российской Федерации за 2019–2020 годы составляют около 1,37 млн т в год (примерно 2% мирового производства). Однако объемы производства говядины в России недостаточно полно покрывают потребности внутреннего рынка, которые в 2014–2020 годах варьировались в диапазоне 2,0–2,3 млн т, что составляло 14–16 кг на душу населения в год⁴.

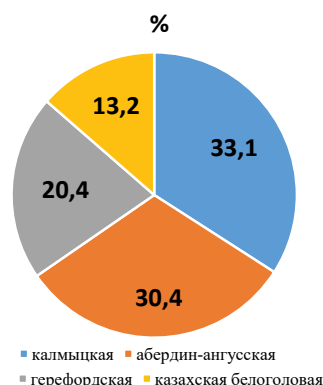
С точки зрения породного разнообразия наибольшая доля быков в мясном скотоводстве сосредоточена в калмыцкой, абердин-ангусской, герефордской и казахской белоголовой породах (рис. 1).

Для реализации принципов крупномасштабной селекции необходим максимальный охват искусственным осеменением, что в условиях России на сегодняшний день возможно только для одной трансграничной породы — абердин-ангусской⁵. В связи с этим необходима разработка собственной методологии генетической оценки быков по качеству потомства (в том числе с применением элементов геномной селекции) при умеренном использовании лучших зарубежных племенных ресурсов (до 10% от поголовья производителей). При этом немаловажную роль играет переход от бонитировочной шкалы оценки к точным методам фенотипирования и генотипирования животных [3].

Основными критериями селекции на сегодняшний момент в мясном скотоводстве России являются: среднесуточный привес (либо чистый — нетто-привес);

Рис. 1. Наибольшая доля быков в мясном скотоводстве России (по основным породам)

Fig. 1. The largest share of bulls in beef cattle breeding in Russia (by main breeds)



живая масса при рождении, в 7-, 12-, 15- и 18-месячном возрасте; средняя высота в крестце; показатель выращивания телят к отъему на 100 коров 1–3-го отелов и их живая масса (оценка молочности маток)³.

Однако считать это достаточным для ускорения и повышения качества селекционного процесса нельзя, поэтому дополнительными критериями отбора животных, которые учитываются в рутинном процессе, могут служить оценка убойного выхода, товарный класс туши по европейской классификации (SEUROP)⁶, эффективность использования корма (*RFI* и др.), мраморность мяса, количественные и качественные параметры мясных отрубов (площадь мышечного глазка и др.) [4–6].

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 [7–10].

Проблемам качества и свойствам мясного сырья посвящено достаточное количество исследований отечественных и зарубежных специалистов [11–15].

В то же время пищевая ценность мясных продуктов определяется химическим составом — содержанием белков, жиров, углеводов, экстрактивных веществ, витаминов, минеральных соединений, аминокислот [16, 17].

Говядина, в частности, является хорошим источником белка высокой биологической ценности и незаменимых аминокислот, витаминов (витамин А, витамин B_2 , витамин B_6 , витамин B_{12} , пантотеновая кислота, ниацин) и минеральных веществ (железо, цинк, фосфор, селен) [18–20]. 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 Q_{10} , глутатион, липоевая кислота, и т. д.) [21].

¹ Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 года № 996.

² Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

³ Постановление Правительства РФ от 30 сентября 2023 г. № 1614 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы».

⁴ Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

⁵ Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

⁶ Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:337:0003:0030:EN:PDF> (accessed: October 31 2023). SEUROP — европейская классификация туш КРС, свиней, коз и овец, учитывающая выход постного мяса. Каждая буква означает «класс» мяса: S (superior) — высокое качество, E (excellent) — отличное, U (very good) — очень хорошее, R (good) — хорошее, O (fair) — среднее, P (poor) — плохое.

Контроль содержания этих веществ в мясе сельскохозяйственных животных является важным ввиду огромной роли этих веществ в питании человека.

Вышеприведенные примеры исследований в некоторой части противоречивы, поэтому существует целесообразность в дополнительном поиске и изучении фенотипических, биохимических, молекулярно-генетических и других биомаркеров, позволяющих проводить как прижизненную, так и послеубойную оценку качества получаемой мясной продукции от крупного рогатого скота.

Цель исследований — изучение влияния показателя остаточного потребления корма скота абердин-ангусской породы на признаки откормочной и мясной продуктивности, качества конечностей, химического состава и цветовых характеристик мышечной и жировой ткани животных для определения перспектив их использования в селекции.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на племенном стаде крупного рогатого скота абердин-ангусской породы, локализованном в Брянской области России (Севский р-н, 2022 г.). Для оценки эффективности использования корма применялись автоматические кормовые станции GrowSafe Systems Ltd. (Канада) (рис. 2).

Размер группы животных на откорме в среднем составлял 60–65 голов на клетку автоматической станции, оборудованную семью кормушками с тензометрическими датчиками и транспондерами для считывания индивидуальных номеров животных.

Продолжительность откорма составляла в среднем 60–65 дней с учетом периода приучения к кормовой станции (14 дней). Возраст на момент убоя варьировал от 527 до 600 дней.

Для исследований были использованы данные первичного племенного учета 212 голов бычков 2021 года рождения («стирсов»).

В дополнение к этому были получены результаты оценки эффективности использования корма животными, убойные характеристики, а также физико-химический состав мяса.

Интегральной величиной для разделения животных на условные подопытные группы по эффективности использования корма являлся показатель RFI (residual feed intake) или прогнозируемое остаточное потребление корма, расчет которого осуществлялся методом множественного регрессионного анализа:

$$RFI = DMI(obs) - DMI(exp) = DMI(obs) - (-2,2632 + 1,010ADG + 0,113MWT), \quad (1)$$

где $DMI(obs/exp)$ — наблюдаемое (ожидаемое) потребление сухого вещества, ADG — среднесуточный привес (ССП), MWT — средняя метаболическая масса животного (представляет активную массу тканей тела организма, которые нуждаются в обеспечении энергией).

Рис. 2. Откормочная площадка, оборудованная автоматическими кормовыми станциями GrowSafe (Брянская обл.) (слева), и группа бычков абердин-ангусской породы (справа)

Fig. 2. Feedlot equipped with GrowSafe automatic feeding stations (Bryansk region) (left), and a group of Aberdeen Angus bulls (right)



Группы формировались исходя из соотношения величин среднесуточного привеса животных (больше или меньше среднего значения по выборке особей) и остаточного потребления корма (отрицательные и положительные значения). В связи с этим были сформированы эмпирическим путем четыре подвыборки с примерно равным числом бычков, данные по которым легли в основу изучения откормочной и мясной продуктивности абердин-ангусского скота, в прижизненной оценке конечностей, а также количественной характеристике химического состава мышечной ткани животных (табл. 1).

Убой животных проводился согласно ИТС43-2017⁷ и согласно комиссии по биозтике Федерального исследовательского центра животноводства им. Л.К. Эрнста (протокол от 14 ноября 2022 г. № 2022-11/1).

Послеубойные характеристики животных оценивались на базе мясоперерабатывающего завода ООО «Брянская мясная компания» (Брянская обл., Россия) по следующим показателям: вес туши, мраморность⁸, площадь мышечного глазка (рибая)⁹, толщина жира над 12-м ребром. Линейную оценку конечностей и копыт мясного скота проводили по шкале, предложенной А. Radke¹⁰ и D.L. Daniel¹¹ (2018).

Отбор средних проб мяса для анализа химического состава проводился по ГОСТ 7269¹². Измерение температуры и pH мышечных тканей проведено с использованием прибора Testo 205 (Testo SE & Co. KGaA, Германия). Значения кислотности (pH) через 24 часа после убоя животного определяли в охлажденном мясе¹³.

В образцах мяса определена влагоудерживающая способность методом прессования Грау-Гамма¹⁴ в модификации.

Химический состав мяса определен по следующим методикам: воздушно-сухое вещество¹⁵, жир¹⁶, зола¹⁷,

Таблица 1. Схема формирования выборок исследуемых животных

Table 1. Scheme for forming samples of studied animals

Показатель	Группа бычков			
	I	II	III	IV
n , голов	56	51	50	55
RFI , кг/кг	< 0	> 0	> 0	< 0
ADG* , кг	> 1,5	> 1,5	< 1,5	< 1,5

* Исходя из среднего арифметического значения по изучаемой выборке.

⁷ ИТС 43-2017 Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства. М.: Бюро НДТ. 2017; 481.

⁸ Available from: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/LSStandPrimer.pdf> (accessed: October 31 2023).

⁹ Available from: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Method_for_Grid_Assessment_of_Beef_Carcass_Ribeye_Area%5B1%5D.pdf (accessed: October 31 2023).

¹⁰ Available from: <https://www.tsln.com/news/collecting-foot-scores-for-improved-structure/> (accessed: October 31 2023).

¹¹ Available from: https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/09/ANR-1452.REV_3.pdf (accessed: October 31 2023).

¹² ГОСТ 7269-2015 Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести. М.: Стандартинформ. 2016; 13.

¹³ ГОСТ Р 51478-99 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH). М.: Стандартинформ. 2018; 7.

¹⁴ Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос. 2001; 230–234.

протеин (методом Кьельдаля — расчетным методом по ГОСТ 25011¹⁸). Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА) проведено амперометрическим методом на приборе «ЦветЯуза-01-АА» с амперометрическим детектором («Химавтоматика», Россия).

Содержание кальция¹⁹ и фосфора²⁰ в мясе определяли по соответствующим методам.

Для измерения цветовых характеристик мяса использовался спектрофотометр CM-700d (Konica Minolta, Япония). При помощи прибора были определены цветовые характеристики в пяти точках «мышечного глазка».

Исследования по изучению химического состава мяса, пробы которого были получены из длиннейшей мышцы спины бычков ($n = 102$), выполнялись в отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Математическую и статистическую обработку результатов проводили с применением программных пакетов Microsoft Office Excel 2013, STATISTICA 10 (StatSoft, США) с использованием методов описательной статистики. Множественный регрессионный анализ осуществляли путем применения языка программирования Python (Python Software Foundation, США).

Таблица 2. Зависимость фенотипических показателей мясной продуктивности и эффективности использования корма бычками абердин-ангусской породы в группах в связи с соотношением признаков *RFI* и *ADG*

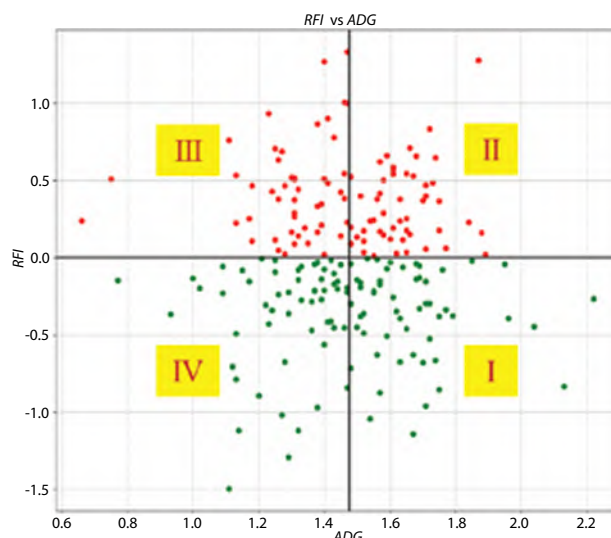
Table 1. Dependence of phenotypic traits for meat production and feed efficiency by Aberdeen Angus bulls in groups by connection with the ratio of *RFI* and *ADG*

Показатель	Группа признаков <i>RFI/ADG</i>			
	I ($n = 56$)	II ($n = 51$)	III ($n = 50$)	IV ($n = 55$)
Мясная продуктивность				
Возраст убоя, дней	557,0 ± 2,0	555,0 ± 2,0	550,0 ± 2,0	548,0 ± 2,0
Вес туши, кг	385,5 ± 3,2 ^c *	387,4 ± 4,0	381,0 ± 3,6	374,6 ± 3,4
Мраморность, балл	660,0 ± 15,0	694,0 ± 16,0	702,0 ± 18,0	674,0 ± 17,0
Площадь ребная, in ² (дюйм)	11,94 ± 0,20	12,00 ± 0,15	12,00 ± 0,16	12,16 ± 0,18
Толщина жира, см	0,69 ± 0,03	0,66 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,67 ± 0,03
Откормочная продуктивность и эффективность использования корма				
<i>RFI</i> , кг	-0,37 ± 0,04 ^{ab} ***	0,35 ± 0,04 ^d *	0,47 ± 0,04	-0,36 ± 0,05 ^{ef} ***
Конверсия корма по сухому веществу, кг/кг	4,95 ± 0,06	5,43 ± 0,05 ^a ***	6,53 ± 0,09 ^{bdf} ***	6,07 ± 0,11 ^{ce} ***
Живая масса при постановке на откорм, кг	302,5 ± 2,3	303,6 ± 3,1	306,2 ± 2,7	307,4 ± 2,4
Живая масса при снятии с откорма, кг	404,7 ± 2,8 ^b ***	404,2 ± 3,7 ^{de} ***/**	387,0 ± 3,1	388,5 ± 2,7
Среднесуточный прирост (ССП), кг	1,67 ± 0,02 ^{bc} ***	1,65 ± 0,02 ^{de} ***	1,30 ± 0,02	1,29 ± 0,02
Потребление сухого вещества, кг	8,25 ± 0,07 ^c ***	8,96 ± 0,08 ^{ade} ***/**	8,58 ± 0,08 ^{bf} ***	7,76 ± 0,07
Метаболический вес, кг	81,5 ± 0,4	81,6 ± 0,6	80,3 ± 0,5	80,5 ± 0,4
Линейная оценка конечностей, балл				
Угол передних копыт	4,29 ± 0,10 ^c *	4,02 ± 0,11	4,02 ± 0,12	3,95 ± 0,10
Строение передних копыт	4,52 ± 0,07	4,43 ± 0,07	4,48 ± 0,07	4,36 ± 0,08
Угол задних копыт	4,32 ± 0,15	4,55 ± 0,15	4,24 ± 0,15	4,56 ± 0,14
Строение заднего копыта	4,50 ± 0,07	4,47 ± 0,07	4,68 ± 0,07 ^d *	4,51 ± 0,07
Постановка задних конечностей (вид сзади)	5,45 ± 0,10 ^c *	5,33 ± 0,09	5,32 ± 0,09	5,18 ± 0,09
Постановка задних конечностей (вид сбоку)	4,16 ± 0,12	4,08 ± 0,13	4,08 ± 0,12	4,00 ± 0,13

Примечание: *, **, *** различия между группами (^a) I и II, (^b) I и III, (^c) I и IV, (^d) II и III, (^e) II и IV, (^f) III и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы, соответственно, при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

Рис. 3. Распределение животных, прошедших оценку на кормовых станциях, на 4 группы по соотношению показателей *RFI* и среднесуточного прироста ($ADG = 1495$ г)

Fig. 3. Distribution of animals assessed at feeding stations into 4 groups according to the ratio of *RFI* and average daily gain ($ADG = 1495$ g)



Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследования проводились с использованием автоматических кормовых станций GrowSafe (Канада) по результатам оценки, на которых была сформирована экспериментальная группа бычков абердин-ангусской породы для изучения изменчивости показателей их мясной продуктивности.

Животные были разделены на четыре группы путем расчета индивидуальных показателей остаточного потребления корма (рис. 3).

Первая и четвертая группы особей являются наиболее ценными с точки зрения селекции, так как отрицательные значения *RFI* говорят о ожидаемо меньшем потреблении корма на единицу прироста живой массы относительно наблюдаемых параметров потребления сухого вещества рациона. В то же время вторая и третья группы бычков напротив расходуют больше корма (имеют положительные значения *RFI*) на аналогичную единицу прироста веса.

В связи с этим было проведено сравнительное изучение мясной продуктивности при убое бычков (путем проведения послеубойной характеристики), а также прижизненных показателей: откормочных качеств и эффективности использования корма, линейной оценки конечностей животных (табл. 2).

Для мясной продуктивности достоверные различия при попарном сравнении обнаружены по весу туши при разнице между первой и четвертой группами в +10,9 кг. Однако для показателей мраморности и площади мышечного глазка (ребная) первая группа бычков уступала остальным.

¹⁵ ГОСТ 33319-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. М.: Стандартинформ. 2019; 9.

¹⁶ ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ. 2019; 16.

¹⁷ ГОСТ 31727-2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. М.: Стандартинформ. 2009; 12.

¹⁸ ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Метод определения белка. М.: Стандартинформ. 2018; 16.

¹⁹ ГОСТ Р 55573-2013 Мясо и мясные продукты. Определение кальция атомно-абсорбционным и титриметрическим методами. М.: Стандартинформ. 2014; 12.

²⁰ ГОСТ 9794-2015 Продукты мясные. Методы определения содержания общего фосфора. М.: Стандартинформ. 2019; 12.

Таблица 2. Химический состав мяса бычков абердин-ангусской породы, % (n = 102)

Table 2. Chemical meat composition for Aberdeen Angus bulls, % (n = 102)

Показатель	Среднее значение	min	max	Стандартная ошибка средней	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Влага	66,98	61,85	71,13	0,17	0,76	2,6
Протеин	21,69	20,23	23,36	0,07	0,67	3,1
Жир	10,34	5,49	16,51	0,20	2,05	19,8
Зола	0,98	0,77	1,15	0,007	0,07	7,1
Кальций	0,037	0,030	0,050	0,0006	0,006	15,2
Фосфор	0,15	0,12	0,17	0,001	0,017	6,9
Магний	0,021	0,016	0,025	0,0002	0,002	7,9

Таблица 3. Антиоксидантный состав и ВУС мяса бычков абердин-ангусской породы

Table 3. Antioxidant composition of meat and water-holding capacity of muscle tissue for Aberdeen Angus bulls

Показатель	Среднее значение	min	max	Стандартная ошибка средней	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
СКВА, мг/г (n = 172)	0,13	0,05	0,23	0,003	0,04	32,98
ВУС, % (n = 176)	60,11	52,32	65,49	0,20	2,62	4,36

Показатель *RFI* при наилучшем сочетании конверсии корма (4,95 кг / кг сухого вещества, стандартный параметр оценки), ССП (1,67 кг) и потреблении сухого вещества суточного рациона (8,25 кг) был более выгодным у бычков первой группы относительно трех остальных при практически равном метаболическом весе всех особей. В то же время вторая группа животных имела высокие показатели ССП (1,65 кг), однако для потребления сухого вещества ими отмечались наибольшие затраты корма, при сопоставимой живой массе на момент постановки на стацию откорма (302,5–307,4 кг).

Отметим, что несмотря на лучшие показатели расхода сухого вещества рациона для четвертой группы животных, которые также имели отрицательные (желательные) значения *RFI*, были получены более низкие результаты по конверсии корма, и по живой массе при снятии с откорма даже в сравнении со второй группой бычков. В связи с этим отбор особей по *RFI* в селекционную группу можно рекомендовать из первой группы скота, а также для товарной части стада — выборочно из второй группы.

Линейная оценка конечностей имеет важное значение для приспособленности скота к промышленному высокоинтенсивному откорму на крупных feedlot (откормочных площадках), так как крепкие конечности являются залогом здоровья животных и их адаптацией к способности костяка нести большую мышечную массу.

Для угла передних копыт ($p < 0,05$), постановки задних конечностей (вид сзади) ($p < 0,05$) бычки первой группы превосходили сверстников из четвертой группы, при этом для строения передних копыт, постановки задних конечностей (вид

сбоку) они также имели более высокие баллы за оценку (недостовечно).

Параллельно изучению откормочных и мясных качеств были проанализированы пробы мышечной ткани бычков на содержание влаги, жира, протеина и золы, кальция, фосфора и магния (102 образца длиннейшей мышцы спины), а также суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (172 образца длиннейшей мышцы спины). Был определен показатель влагоудерживающей способности мышечной ткани (176 образцов).

Полученные данные отражены в таблицах 2, 3.

Изучение химического и антиоксидантного состава мышечной ткани важно в плане его высокой биологической роли в питании человека. Богатый нутриентный состав мяса положительно влияет на здоровье его основного потребителя, поэтому данной стороне вопроса была уделена важная роль в исследованиях.

Одним из элементов характеристики пищевой ценности мяса является химический состав мышечной ткани, который определяется содержанием белка, жира и влаги. Изучение химического состава средней пробы мышечной ткани показало, что содержание влаги в мясе животных составило 66,98%, протеина — 21,69%, жира — 10,34%, золы — 0,98%.

Из данных таблиц 2, 3 видно, что наибольший разброс значений наблюдался в содержании жира (коэффициент вариации 19,84%) и СКВА (коэффициент вариации 32,98%) в мышечной ткани бычков. Остальные показатели химического состава и качества мяса имели низкую степень изменчивости.

В таблице 4 приведены результаты сопоставления показателей мясной и откормочной продуктивности

Таблица 4. Зависимость фенотипических показателей качественного и химического состава, цветовых характеристик мяса бычков абердин-ангусской породы в группах в зависимости от соотношения признаков *RFI* и *ADG*Table 4. Dependence of phenotypic traits for qualitative and chemical composition, meat color characteristics of Aberdeen Angus bulls by groups depending on the ratio of *RFI* and *ADG*

Показатель	Группа признаков <i>RFI/ADG</i>			
	I	II	III	IV
Качественный состав мяса				
Количество образцов, ед.	45	45	37	43
Возраст убоя, дни	557 ± 2 ^{bc} **	554 ± 2	548 ± 2	546 ± 3
Кислотность мяса, pH	5,28 ± 0,05	5,37 ± 0,07	5,46 ± 0,09	5,30 ± 0,07
Кислотность жира, pH	6,17 ± 0,08	6,23 ± 0,07	6,33 ± 0,10	6,28 ± 0,10
ВУС, %	59,60 ± 0,40	60,87 ± 0,38 ^{ad} *	59,47 ± 0,45	60,39 ± 0,38
СКВА, мг/г	0,115 ± 0,007	0,147 ± 0,006 ^{ad} ***	0,127 ± 0,008	0,148 ± 0,006 ^{cd} ***
Химический состав мяса				
Количество образцов, ед.	24	26	28	21
Влага, %	67,05 ± 0,35	67,27 ± 0,35	66,81 ± 0,33	66,74 ± 0,42
Протеин, %	21,74 ± 0,16	21,62 ± 0,13	21,66 ± 0,12	21,73 ± 0,13
Жир, %	10,21 ± 0,45	10,14 ± 0,36	10,54 ± 0,38	10,54 ± 0,51
Зола, %	0,960 ± 0,014	0,968 ± 0,017	0,988 ± 0,010	0,987 ± 0,015
Кальций, %	0,035 ± 0,001	0,038 ± 0,001 ^a *	0,038 ± 0,001	0,038 ± 0,001
Фосфор, %	0,149 ± 0,002	0,149 ± 0,003	0,153 ± 0,002	0,151 ± 0,002
Магний, %	0,021 ± 0,000	0,021 ± 0,000	0,022 ± 0,000 ^b *	0,021 ± 0,000
Цветовая характеристика мяса				
Количество образцов, ед.	45	45	37	43
Цветовая шкала мяса L*	41,78 ± 0,45	41,59 ± 0,49	42,19 ± 0,46	42,29 ± 0,53
Цветовая шкала мяса a*	16,01 ± 0,30	16,04 ± 0,43	16,41 ± 0,42	16,06 ± 0,40
Цветовая шкала мяса b*	14,36 ± 0,26	14,14 ± 0,29	14,49 ± 0,28	14,58 ± 0,33
Цветовая шкала жира L*	65,45 ± 0,64	67,84 ± 0,67 ^a *	66,94 ± 0,64	67,41 ± 0,92
Цветовая шкала жира a*	7,38 ± 0,43 ^a *	5,98 ± 0,38	7,46 ± 0,46 ^d *	6,42 ± 0,49
Цветовая шкала жира b*	17,49 ± 0,34 ^a *	16,30 ± 0,38	17,81 ± 0,44 ^d *	16,67 ± 0,42

Примечание: СКВА — суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, *, **, *** различия между группами (^a) I и II, (^b) I и III, (^c) I и IV, (^d) II и III, (^e) II и IV, (^f) III и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы, соответственно, при $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

бычков в связи с распределением *RFI* и *ADG*. Наилучшей водоудерживающей способностью (ВУС) характеризовались животные второй (60,84%, $p < 0,05$) и четвертой (60,39%) групп относительно первой и третьей (59,60% и 59,47% соответственно).

Суммарное количество водорастворимых антиоксидантов также достоверно превалировало во второй и четвертой группах. По показателю кислотности мяса отмечены пониженные значения для желательных (первой и четвертой) групп, соответственно, 5,28 pH и 5,30 pH.

По химическому составу мяса достоверных различий практически не установлено, за исключением повышенного содержания кальция у животных второй группы относительно первой (на +0,003%, $p < 0,05$) и большей доли магния в мясе бычков третьей группы в сравнении с первой (на +0,001%, $p < 0,05$).

Отметим, что доля жира, зола и фосфора была наименьшей в первой и второй группах особей по эффективности использования корма (*RFI/ADG*). Процент протеина мяса, согласно химическому анализу мяса, был несколько выше в первой и четвертой группах, соответственно, 21,74% и 21,73%, то есть в мясе бычков, показавших отрицательные значения *RFI*.

Исследования в данном направлении будут продолжены через увеличение объема выборки животных.

Цветовую характеристику мяса проводили по стандартным шкалам L^* , a^* , b^* , где L^* — яркость (светлота), a^* — диапазон красного и зеленого, b^* — диапазон желтого и синего цвета.

Достоверные отличия были установлены для первой и третьей групп при характеристике послеубойных качеств бычков с желательным соотношением оценок *RFI* и *ADG* по цвету жира (то есть уклонение находилось в диапазоне цвета, приближающегося к светлым оттенкам розового (a^*) и голубого (b^*)). Более светлый жир имели животные второй группы в сравнении с первой, соответственно, 67,84 против 65,45 ($p < 0,05$).

Полученные результаты по индивидуальной характеристике показателей мясной продуктивности, качеству и химическому составу, а также цветовой гамме мяса бычков, прошедших интенсивный откорм,

в зависимости от эффективности использования ими корма, позволяют говорить о целесообразности проведения дальнейших исследований по поиску новых селекционных критериев повышения мясной продуктивности скота абердин-ангусской породы.

Выводы/Conclusion

Показаны результаты исследований по расчету значений остаточного потребления корма в сформированной экспериментальной группе животных абердин-ангусской породы, принадлежащих популяции скота России, прошедших оценку на автоматических кормовых станциях.

Установлено, что наибольшими показателями откормочной продуктивности и эффективности использования корма отличались бычки с отрицательными оценками *RFI*, однако по уровню мраморности они достоверно уступали другим группам сравнения и площади ребая.

Изучены показатели качественного и количественного состава мяса и жира бычков в связи с распределением на группы по соотношению *RFI* и *ADG*. Установлены различия в водоудерживающей способности мяса, а также по суммарному количеству водорастворимых антиоксидантов.

Значимой разницы в химическом составе мяса для групп сравнения животных не обнаружено, за исключением доли кальция и магния в нем.

Для цветовой характеристики жира были показаны большие значения для шкалы a^* и b^* в первой и третьей группах образцов, полученных от бычков абердин-ангусской породы.

Использование ранжирования животных по остаточному потреблению корма во взаимосвязи с показателем среднесуточного привеса позволяет проводить отбор особей, обладающих более выгодными значениями конверсии корма и потребления сухого вещества рациона при оптимальных величинах убойного веса туши, площади ребая (мышечного глазка) и жира, а также имеющих более крепкие конечности, при наилучшей влагоудерживающей способности мяса и содержании суммарного количества водорастворимых антиоксидантов.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России в рамках НИР ГЗ № FGGN-2022-0011.

FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Research Work Project No. FGGN-2022-0011.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ибрагимова З.Р., Кумалагова З.Х. Сравнительный анализ пищевой ценности и биологических свойств импортной и отечественной говядины. *Владикавказский медико-биологический вестник*. 2010; 10: 71–75. <https://elibrary.ru/lulygb>
- Лисицын А.Б., Розенталь О.М., Чернуха И.М., Вострикова Н.Л. Состав и безопасность пищевой продукции. *Контроль качества продукции*. 2020; (2): 26–31. <https://elibrary.ru/mqkgznz>
- Калашников А.Е., Голубков А.И., Щегольков Н.Ф., Гостева Е.Р. Проблемы и вопросы при прогнозировании генетической племенной ценности сельскохозяйственных животных. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (4): 77–96. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Белос А.А., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Система оценки мясного скота по показателям эффективности использования корма и энергии роста на основе применения цифровых и геномных технологий (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(6): 1055–1070. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.6.1055rus>
- Белос А.А., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Генетическая оценка прогнозируемого остаточного потребления корма и экспрессия значимых генов-кандидатов свиней породы дорк и товарных помесей второго поколения. *Генетика*. 2023; 59(11): 1253–1269. <https://www.elibrary.ru/nnvfqi>

REFERENCES

- Ibragimova Z.R., Kumalagova Z.Kh. Comparative analyses of nutritional value and biological properties of imported and native beef. *Vladikavkaz Medico-Biological Bulletin*. 2010; 10: 71–75 (In Russian). <https://elibrary.ru/lulygb>
- Lisitsyn A.B., Rosental O.M., Chernukha I.M., Vostrikova N.L. The composition and safety of food products. *Production Quality Control*. 2020; (2): 26–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/mqkgznz>
- Kalashnikov A.E., Golubkov A.I., Schegolkov N.F., Gosteva E.R. Problems and issues in forecasting the genetic breeding value of agricultural animals. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022; (4): 77–96 (In Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Belous A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Beef cattle evaluation by feeding efficiency and growth energy indicators based on bioinformatic and genomic technologies (review). *Agricultural Biology*. 2022; 57(6): 1055–1070. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.6.1055eng>
- Belous A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Genetic assessment of projected residual feed consumption and expression of significant candidate genes in Duroc pigs and second-generation commercial blends. *Genetika*. 2023; 59(11): 1253–1269 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nnvfqi>

6. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Кузнецова Т.Г., Пчелкина В.А., Спиридонов К.И., Лисицын А.Б. Влияние степени мраморности говядины на показатели качества в процессе созревания. *Пищевые системы*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
7. Багиров В.А., Чернуха И.М., Лисицын А.Б., Зиновьева Н.А. Исследование биологической ценности говядины, полученной от межвидовых гибридов яка и крупного рогатого скота. *Вопросы питания*. 2014; 83(6): 81–85. <https://elibrary.ru/teqrzx>
8. Liang F. *et al.* Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Animal Science Journal*. 2022; 9(1): e13735. <https://doi.org/10.1111/asj.13735>
9. Лисицын А.Б., Миттельштейн Т.М., Козырев И.В. Российская система оценки говядины по цвету мышечной и жировой тканей и мраморности. *Мясные технологии*. 2020; (1): 34–39. <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-01-34-39>
10. Smakuyev D. *et al.* Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20(7): 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.011>
11. Кажалиев Н.Ж., Кулмагамбетов Т.И., Титанов Ж. Мясная продуктивность бычков третьей генерации импортированных мясных пород в условиях северного региона Казахстана. *Наука и мир*. 2020; (8–2): 8–13. <https://elibrary.ru/hkykga>
12. Семенова А.А., Юрчак З.А., Белоусова Е.В., Смагина Е.М. Обеспечение качества мясной продукции в ЕАЭС. *Контроль качества продукции*. 2020; (2): 14–20. <https://elibrary.ru/raahdo>
13. Алексеева Е.И. Аминокислотный состав мяса молодняка абердин-ангусской породы. *Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия. 2018; 3–5. <https://elibrary.ru/yxijnb>
14. Zinina O. *et al.* Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. *Agronomy Research*. 2019; 17(4): 1808–1822. <https://doi.org/10.15159/AR.19.163>
15. Smaoui S. *et al.* Beyond Conventional Meat Preservation: Saddling the Control of Bacteriocin and Lactic Acid Bacteria for Clean Label and Functional Meat Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2023; Published: 24 August. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
16. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Кузнецова Т.Г., Пчелкина В.А., Спиридонов К.И., Лисицын А.Б. Влияние степени мраморности говядины на показатели качества в процессе созревания. *Пищевые системы*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
17. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Лисицын А.Б. Использование эталонов цвета мышечной ткани для оценки качества говядины в производственных условиях. *Всё о мясе*. 2019; (4): 58–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-4-58-60>
18. Вострикова Н.Л., Князева А.С., Устьянов Д.А., Иванкин А.Н., Леонтьев П.К. Изменение биологической ценности мяса: динамика изменений аминокислотного, жирнокислотного состава и минеральных компонентов. *Всё о мясе*. 2019; (2): 54–57. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-2-54-57>
19. Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
20. Okuskhanova E. *et al.* Development of minced meatball composition for the population from unfavorable ecological regions. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 13(3): 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33337>
21. Alam M.K., Rana Z.H., Akhtaruzzaman M. Chemical composition and fatty acid profile of Bangladeshi beef at retail. *International Food Research Journal*. 2017; 24(5): 1897–1902.
6. Kozirev I.A., Mittelshtein T.M., Kuznetsova T.G., Pchelkina V.A., Spiridonov K.I., Lisitsyn A.B. Influence of beef marbling score on quality indicators during meat aging. *Food systems*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
7. Bagirov V.A., Chernukha I.M., Lisitsyn A.B., Zinovieva N.A. Study of biological value of beef produced by interspecies hybrids of domestic cattle and wild yaks. *Problems of Nutrition*. 2014; 83(6): 81–85 (In Russian). <https://elibrary.ru/teqrzx>
8. Liang F. *et al.* Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Animal Science Journal*. 2022; 9(1): e13735. <https://doi.org/10.1111/asj.13735>
9. Lisitsyn A.B., Mittelshtein T.M., Kozirev I.V. Russian system for evaluating beef based on the color of muscle and fat tissue and marbling. *Meat Technology*. 2020; (1): 34–39 (In Russian). <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-01-34-39>
10. Smakuyev D. *et al.* Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20(7): 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.011>
11. Kazhgaliev N.Zh., Kulmagambetov T.I., Titanov Zh. Meat productivity of third-generation bullock imported meat breeds in the conditions of the Northern region of Kazakhstan. *Science and World*. 2020; (8–2): 8–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/hkykga>
12. Semenova A.A., Yurchak Z.A., Belousova E.V., Smagina E.M. Ensuring the quality of meat products in the EAEU. *Production Quality Control*. 2020; (2): 14–20 (In Russian). <https://elibrary.ru/raahdo>
13. Alekseeva E.I. Amino acid composition of meat of young Aberdeen-Angus breed. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference*. Kinel: Samara State Agricultural Academy. 2018; 3–5 (In Russian). <https://elibrary.ru/yxijnb>
14. Zinina O. *et al.* Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. *Agronomy Research*. 2019; 17(4): 1808–1822. <https://doi.org/10.15159/AR.19.163>
15. Smaoui S. *et al.* Beyond Conventional Meat Preservation: Saddling the Control of Bacteriocin and Lactic Acid Bacteria for Clean Label and Functional Meat Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2023; Published: 24 August. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
16. Kozirev I.V., Mittelshtein T.M., Kuznetsova T.G., Pchelkina V.A., Spiridonov K.I., Lisitsyn A.B. Influence of beef marbling score on quality indicators during meat aging. *Food systems*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
17. Kozirev I.V., Mittelshtein T.M., Lisitsyn A.B. The use of meat color standards to assess beef quality in production conditions. *Vsyo o myase*. 2019; (4): 58–60 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-4-58-60>
18. Vostrikova N.L., Kryazeva A.S., Utyanov D.A., Ivankin A.N., Leontyev P.K. Changing the biological value of meat: dynamics of amino acid changes, fatty acid composition and mineral components. *Vsyo o myase*. 2019; (2): 54–57 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-2-54-57>
19. Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
20. Okuskhanova E. *et al.* Development of minced meatball composition for the population from unfavorable ecological regions. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 13(3): 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33337>
21. Alam M.K., Rana Z.H., Akhtaruzzaman M. Chemical composition and fatty acid profile of Bangladeshi beef at retail. *International Food Research Journal*. 2017; 24(5): 1897–1902.

ОБ АВТОРАХ

Александр Александрович Сермягин¹

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом популяционной генетики и генетических основ разведения животных <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

Надежда Владимировна Боголюбова¹

доктор биологических наук, заведующая отделом физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Анна Александровна Белоус¹

кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Галина Константиновна Петрякова¹

ведущий программист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

Николай Павлович Елаткин²

кандидат биологических наук, руководитель лаборатории генетики n.elatkin@agrohold.ru

Наталья Анатольевна Зиновьева¹

доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, директор <https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

¹Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

²ООО «Мираторг-Генетика», территория Трио-Инвест-Ям, стр. 3, мкр-н Центральный, Домодедово, Московская обл., 142000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Alexandrovich Sermyagin¹

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

Nadezhda Vladimirovna Bogolyubova¹

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Anna Alexandrovna Belous¹

Candidate of Biological Sciences <https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Galina Konstantinovna Petryakova¹

Leading programmer of the Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

Nikolay Pavlovich Yelatkin²

Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Genetics n.elatkin@agrohold.ru

Natalia Anatolyevna Zinovieva¹

Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director <https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

¹ Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

²“Miratorg-Genetics” LLC, Trio-Invest-Yam territory, building 3, Tsentralny microdistrict, Domodedovo, Moscow region, 142000, Russia