

Научная статья
УДК 636.08
doi:10.33284/2658-3135-106-4-91

Влияние сезона года и продолжительности предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков

Алексей Николаевич Фролов¹, Елемес Ажмулдинович Ажмулдинов², Анатолий Васильевич Харламов³

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

¹forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

²fncbst@mail.ru

³harlamov52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

Аннотация. Согласно реализуемой «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» улучшение качественных характеристик говядины является приоритетным направлением исследований. В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния сезона года (зима, лето) и продолжительности предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков. Для этого в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» был проведён научно-хозяйственный эксперимент на 4 группах 18-месячных бычков айширской породы (n=40) живой массой 435,5±6,27 кг: I – убой в зимний период (февраль) без голодной выдержки, II – убой в зимний период с 24-часовой голодной выдержкой на мясоперерабатывающем предприятии, III – убой в летний период (июль) без голодной выдержки, IV – убой в летний период с 24-часовой голодной выдержкой на мясоперерабатывающем предприятии. Результаты эксперимента показали, что сезон проведения убоя животных оказывает существенное влияние на антиоксидантную защиту и окислительный стресс животного. Для бычков в летний период года характерны высокие концентрации малонового диальдегида на 105,9-150,8 % при снижении уровня каталазы – на 12,8-44,8 % по сравнению с зимним. Проведённые контрольные убои животных показали, что сезон года, а также продолжительность предубойной выдержки не оказывают существенного влияния на количественные убойные характеристики: массу парной туши, убойный выход. Оценка качественных характеристик мяса-фарша показала, что технологическая операция в виде голодной выдержки позволяет повысить сухое вещество на 0,62-0,82 % при снижении влаги на 0,62-0,83 %, цветности – на 15,7-16,5 % по сравнению с животными без выдержки. В зимний период времени в белках мяса-фарша больше содержалось незаменимых аминокислот: лизина, фенилаланина, гистидина, лейцина+изолейцина, валина по сравнению с летним.

Ключевые слова: бычки, айширская порода, антиоксидантный статус, убойная масса, мясо, химический состав мяса, pH

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FSZM-2019-0006).

Для цитирования: Фролов А.Н., Ажмулдинов Е.А., Харламов А.В. Влияние сезона года и продолжительности предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 4. С. 91-101. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-91>

Original article

Effect of season and duration of pre-slaughter handling on oxidative stress levels, slaughter performance, and quality traits of steer meat

Alexey N Frolov¹, Elemes A Azhmuldinov², Anatoly V Kharlamov³

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

¹forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

²fncbst@mail.ru

³harlamov52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

Abstract. According to the implemented strategy for the improvement of the quality of food products in the Russian Federation until 2030, the improvement of the quality characteristics of beef is a priori-

ty area of research. In this connection, the aim of the study was to investigate the effect of the season of the year (winter, summer) and the duration of pre-slaughter handling on oxidative stress level, slaughter traits and qualitative characteristics of beef. For this purpose, a scientific and economic experiment was conducted in the conditions of CJSC "Poultry factory Orenburgskaya" on 4 groups of 18-month-old Ayrshire steers (n=40), live weight 435,5±6,27 kg: I - slaughter in winter period (February) without starvation, II - slaughter in winter period with 24-hour starvation in meat processing plant, III - slaughter in summer period (July) without starvation, IV - slaughter in summer period with 24-hour starvation in meat processing plant. The results of the experiment showed that the season of slaughtering animals has a significant effect on antioxidant defenses and oxidative stress of the animal. In summer period steers were characterized by high concentrations of malonic dialdehyde by 105.9-150.8% with a decrease in the level of catalase - by 12.8-44.8% compared to winter. Control slaughters of animals showed that the season of the year and the duration of pre-slaughter handling had no a significant effect on quantitative slaughter traits: carcass weight and slaughter yield. Evaluation of qualitative characteristics of minced meat showed that technological operation in the form of starvation allows to increase dry matter by 0.62-0.82%, with a decrease in moisture by 0.62-0.83%, color - by 15.7-16.5%, in comparison with animals without starvation. In the winter period, the proteins of minced meat contained more essential amino acids: lysine, phenylalanine, histidine, leucine+isoleucine, and valine compared to the summer period.

Keywords: steers, Ayrshire breed, antioxidant status, slaughter weight, meat, chemical composition of meat, pH

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (FSZM-2019-0006).

For citation: Frolov AN, Azhmuldinov EA, Kharlamov AV. Effect of season and duration of pre-slaughter handling on oxidative stress levels, slaughter performance, and quality traits of steer meat. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):91-101. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-91>

Введение.

В последнее время всё большее значение приобретает не только количественные характеристики получаемого мяса, но и его качество (Третьякова Р.Ф. и др., 2021; Косилов В.И. и др., 2022). Такая ситуация возникла в результате возросшего сознания и спроса потребителей, которые ожидают, что приобретаемая ими мясная продукция будет обладать особыми диетическими или полезными для здоровья свойствами (Liu J et al., 2022). На качественные характеристики говядины влияет множество факторов, среди которых важное значение имеют погодные условия (температура окружающей среды, влажность, ветер), технология выращивания, транспортировка и убой животных (Сложенкина М.И. и др., 2021; Beltrán JA et al., 1997; Mach N et al., 2008; Mendonça FS et al., 2019). Сезонные изменения температуры оказывают влияние на уровень гликогена в мышцах после убоя и конечный pH, а следовательно, и на качество мяса. Увеличение гликолиза является результатом чрезмерного возбуждения, голодания и стресса, вызванных температурой окружающей среды, что, в свою очередь, приводит к высоким значениям pH мяса (Abril M et al., 2001; Honkavaara M et al., 2003).

Проведённые исследования (Mitlöhner FM et al., 2002; Davis MS et al., 2003; Kadim IT et al., 2004) по проблеме изучения сезонных изменений качества мяса, вызванные температурными колебаниями, показали, что даже незначительные отклонения от оптимальной температуры воздуха (+20 °C), нередко приводят к физиологическому стрессу.

Стресс является наиболее часто выявляемым фактором, отрицательно влияющим на качество мяса и приводящим к экономическим потерям. Стресс в предубойный период вызывает истощение запасов мышечного гликогена и, как следствие, недостаточную концентрацию молочной кислоты. Низкая кислотность в период созревания приводит к изменению цвета, структуры, вкуса и нежности мяса (Silva JA et al., 1999; Immonen K et al., 2000; Honkavaara M et al., 2003).

Цель исследования.

Изучить влияние сезона года (зима, лето) и продолжительности предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки айширской породы, мясо-фарш.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных»), «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996), протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). Все процедуры над животными выполняли в соответствии с правилами Комитета по этике животных ФНЦ БСТ РАН. При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Оценка влияния сезона года (зима, лето) и продолжительности предубойной выдержки на убойные и качественные показатели мяса бычков проведена в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская». Для этого были сформированы 4 группы (n=40) 18-месячных бычков айширской породы, живой массой $435,5 \pm 6,27$ кг: I – убой в зимний период (февраль) без голодной выдержки на мясоперерабатывающем предприятии, II – убой в зимний период (февраль) с 24-часовой голодной выдержкой, III – убой в летний период (июль) без голодной выдержки на мясоперерабатывающем предприятии, IV – убой в летний период (июль) с 24-часовой голодной выдержкой. Расстояние от фермы до мясоперерабатывающего предприятия составило 97 км, время в пути – 103-108 минут. Температура окружающей среды на момент транспортировки в зимний период – $-13...-15$ °С, влажность воздуха – 79 %, скорость ветра – 6 м/с, в летний – $+28...+30$ °С, влажность воздуха – 52 %, скорость ветра – 4 м/с.

Для определения антиоксидантного статуса производился отбор проб крови из хвостовой вены перед убоем утром на уровне средней трети тела 2-5 хвостовых позвонков.

Оцениваемые показатели при убое бычков: предубойная живая масса, масса туши, выход туши, масса внутреннего жира-сырца, выход жира, убойная масса и убойный выход.

Для определения химического состава мяса-фарша производился отбор проб жилованного (колбасная классификация) мяса трёх сортов: высшего, первого и второго по 10 % каждого от мякоти туши. Мясо измельчалось на волчке, затем перемешивалось, и отбирались средние пробы мяса-фарша массой 300 г. В мясо-фарше определяли: влагу, сухое вещество, белок, жир, золу, жирнокислотный и аминокислотный составы.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на приборной базе ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. При этом было задействовано следующее оборудование и наборы реагентов: хроматограф "Хроматэк-Кристалл 5000" (ЗАО СКБ "Хроматэк", Россия), система капиллярного электрофореза Капель-105М (ООО "Люмэкс-маркетинг", Россия), автоматический газовый хроматограф Кристалл-ЛЮКС-4000 (СКБ Хроматек, Россия), анализатор биохимический автоматический CS-T240 («DIRUI Industrial Co», Ltd; Китай), весы лабораторные CE224-C, пробирки вакуумные RusTech 7 мл, с активатором свертывания; пробирка вакуумная RusTech 6 мл с ЭДТА К3; игла инъекционная одноразовая стерильная 18G.

Статистическая обработка. Для обработки данных использовали офисный программный комплекс «Microsoft Office» с применением «Excel 2016» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) при этом уровень значимости различий по результатам сравнения выборок принимался меньшим или равным 0,05.

Результаты исследований.

Оценка маркеров окислительного стресса: малоновый диальдегид и ферменты антиоксидантной защиты каталаза и супероксиддисмутаза (СОД) показала на имеющиеся различия (табл. 1).

Таблица 1. Показатели антиоксидантного статуса и перекисного окисления липидов бычков
Table 1. Indicators of antioxidant status and lipid peroxidation in steers

Показатель / <i>Indicator</i>	Группы / <i>Groups</i>			
	I	II	III	IV
	зима / <i>winter</i>		лето / <i>summer</i>	
Малоновый диальдегид, нм/мл / <i>Malonic dialdehyde, nm/mL</i>	2,03±1,62	1,91±1,04	4,79±0,72	4,18±1,06*
Каталаза, мкМ H ₂ O ₂ /л×мин / <i>Catalase, μM H₂O₂/l×min</i>	326,27±68,91	364,57±219,83	201,3±42,31	284,3±28,7**
Супероксиддисмутаза, % / <i>Superoxide dismutase, %</i>	63,2±6,34	64,4±5,82	57,32±7,94	66,46±3,19**

Примечание: * – при P≤0,05; ** – при P≤0,01 II группа по сравнению со I; IV по сравнению с III
Note: At * – P≤0.05; ** – P≤0.01 the II group compared to I; IV compared to III

Так, для животных в летний период (температура окружающей среды в полдень доходила до +42 °С) технологическая операция в виде 24-часовой выдержки являлась решающим фактором для повышения ферментов детоксикации и мощных антиоксидантов в клетке: СОД и каталазы. По этим показателям бычки IV группы превосходили сверстников из III на 9,1 % (P≤0,01) и 41,23 % (P≤0,01).

В связи с тем, что оценка уровня малонового диальдегида косвенно указывает на перекисное окисление липидов, нами был изучен этот показатель. В нашем исследовании как сезон года, так и технологическая операция повлияли на его содержание с меньшим эффектом в зимний период. Так, в летний период характерно двукратно большее содержание МДА по сравнению с зимним. В летний период в свою очередь убой животных без голодной выдержки способствовал увеличению данного показателя на 14,6 % (P≤0,05) по сравнению с выдержкой.

Результаты контрольного убоя подопытных бычков показали, что применение разных технологических приёмов при убое животных на перерабатывающем предприятии существенно не влияют на выход продуктов убоя (табл. 2).

Таблица 2. Результаты контрольного убоя подопытных бычков
Table 2. Results of control slaughter of experimental steers

Показатель / <i>Indicator</i>	Группы / <i>Groups</i>			
	I	II	III	IV
	зима / <i>winter</i>		лето / <i>summer</i>	
Предубойная живая масса, кг / <i>Pre-slaughter live weight, kg</i>	424,1±1,4	419,6±1,9	426,4±1,4	421,8±1,7
Масса парной туши, кг / <i>Hot carcass weight, kg</i>	226,7±1,3	223,3±1,6	230,5±1,1	226,7±1,3
Выход туши, % / <i>Carcass yield, %</i>	53,46±0,18	53,21±0,21	54,06±0,16	53,76±0,18
Масса внутреннего жира, кг / <i>Internal fat weight, kg</i>	11,5±0,18	10,9±0,19	9,5±0,12	9,3±0,14
Выход внутреннего жира, % / <i>Internal fat yield, %</i>	2,71±0,08	2,5±0,11	2,23±0,06	2,20±0,07
Убойная масса, кг / <i>Slaughter weight, kg</i>	238,2±1,21	234,2±1,43	240,0±1,06	236,2±1,21
Убойный выход, % / <i>Slaughter yield, %</i>	56,17±0,24	55,82±0,28	56,28±0,22	56,00±0,26

При производстве мясных полуфабрикатов, колбас и других продуктов одним из важных показателей выступает химический состав мяса-фарша (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав и качественные характеристики мяса-фарша бычков
Table 3. Chemical composition and qualitative characteristics of minced meat of steers

Показатель / Indicator	Группы / Groups			
	I	II	III	IV
	зима / winter		лето / summer	
Сухое вещество, % / Dry matter, %	26,39±0,46	27,21±1,07*	26,8±0,89	27,42±0,73*
Влага, % / Moisture, %	73,62±0,46	72,79±1,07*	73,20±0,89	72,58±0,67*
Жир, % / Fat, %	7,39±3,18	7,43±1,87	5,43±2,24	5,63±1,94
Белок, % / Protein, %	18,08±1,43	18,85±1,02	20,40±0,59	20,80±0,83
Зола, % / Ash, %	0,93±0,03	0,93±0,02	0,97±0,02	0,99±0,04
pH	5,83±0,07	5,81±0,16	5,91±0,06	5,82±0,09
Цветность, ед.эксц / Chromaticity, Exc.	87,62±8,34	73,21±7,09	112,32±9,36	94,69±6,57*
Медь, мг/кг / Copper, mg/kg	2,26±0,63	1,85±0,54	2,21±0,49	2,29±0,67
Железо, мг/кг / Iron, mg/kg	20,74±2,00	22,75±12,24	31,28±3,52	33,62±6,37
Марганец, мг/кг / Manganese, mg/kg	0,09±0,01	0,12±0,02	0,16±0,02	0,14±0,01
Цинк, мг/кг / Zinc, mg/kg	123,08±20,83	122,70±26,07	152,63±18,37	164,23±23,42
Свинец, мг/кг / Lead, mg/kg	0,06±0,08	0,08±0,03	0,09±0,04	0,11±0,06
Кадмий, мг/кг / Cadmium, mg/kg	0,02±0,004	0,01±0,008	0,02±0,005	0,03±0,007

Примечание: * – при $P \leq 0,05$ II группа по сравнению с I; IV по сравнению с III
Note: At * – $P \leq 0,05$ the II group compared to I; IV compared to III

Полученные результаты показали, что технологическая операция в виде голодной выдержки позволяет повысить сухое вещество на 0,82 ($P \leq 0,05$) и 0,62 % ($P \leq 0,05$), при снижении влаги на 0,83 ($P \leq 0,05$) и 0,62 % ($P \leq 0,05$), цветности – на 16,5 и 15,7 % ($P \leq 0,05$).

Для нормального развития и жизнедеятельности человеку требуются белки, важным критерием оценки которых является количество незаменимых аминокислот. В связи с этим нами проведена оценка важнейших для организма человека аминокислот в мясо-фарше бычков в зависимости от сезона проведения убоя (табл. 4).

Таблица 4. Содержание аминокислот в белках мяса-фарша бычков в зависимости от сезона проведения убоя, %

Table 4. Amino acid content of ground beef proteins in steers by slaughter season, %

Наименование аминокислоты / Name of amino acid	Группы / Groups	
	I (зима) / I (winter)	III (лето) / III (summer)
Аланин / Alanine	5,19±0,42	4,60±0,25
Аргинин / Arginine	4,20±0,39	3,88±0,11
Валин / Valine	3,17±0,26	2,78±0,10*
Гистидин / Histidine	2,07±0,15	1,77±0,06*
Глицин / Glycine	4,12±0,38	3,72±0,37
Лейцин+Изолейцин / Leucine+Isoleucine	7,69±0,55	6,70±0,21*
Лизин / Lysine	5,30±0,39	4,65±0,10*
Метионин / Methionine	1,44±0,24	1,24±0,06
Пролин / Proline	3,05±0,25	2,73±0,18
Серин / Serine	2,22±0,17	2,12±0,08
Тирозин / Tyrosine	1,85±0,15	1,67±0,10
Треонин / Threonine	2,44±0,19	2,25±0,07
Фенилаланин / Phenylalanine	2,35±0,14	2,07±0,02**

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$ III группа по сравнению с I
Note: At * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ the III group compared to I

Результаты показали, что для мяса-фарша, полученного от бычков I группы характерно большее содержание лизина на 0,65 % ($P \leq 0,05$), фенилаланина – на 0,28 % ($P \leq 0,01$), гистидина – на 0,3 % ($P \leq 0,05$), лейцина+изолейцина – на 0,99 % ($P \leq 0,05$), валина – на 0,39 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с III.

Обсуждение полученных результатов.

Сезон года, технологические операции: взвешивание, погрузка, разгрузка, транспортировка, ограничение в пище, нахождение в новом не известном месте приводят животных к различным видам стрессов. Высокий уровень стресса животных перед убоем может полностью свести на нет всю тяжёлую работу по его выращиванию. Полученное мясо будет жёстким с плохой хранимоспособностью (высокое pH), иметь тёмный цвет (Terlouw EMC et al., 2021; Del Campo Gigena M et al., 2021).

Проведённый нами поиск имеющейся научной литературы по оценке влияния времени предубойной выдержки на количественные и качественные характеристики мяса, без оценки температурных факторов в отечественных и иностранных базах, показал на имеющиеся противоречивые данные. Так, ряд исследователей указывают на положительное влияние продолжительности предубойного содержания (Li X et al., 2018; Costa FO et al., 2019), которое позволяет бычкам отдохнуть и восстановиться после транспортировки, восстановить концентрацию мышечного гликогена и уменьшить обезвоживание тканей тела. Другая же часть исследователей придерживается другого мнения, обосновывая это тем, что нахождение животных в новых условиях (обстановке), с другими животными само по себе подавляет способность отдыхать или восстанавливаться и по той причине поступивших животных следует забивать сразу после их приёмки (Loredo-Osti J et al., 2018; Hultgren J et al., 2022). Это объясняется, по нашему мнению, отсутствием конкретных данных по температуре воздуха, влажности, расстоянию и времени транспортировки и других факторов, которые могли повлиять на организм животного. В связи с этим нами изучено влияние сезона года (зима, лето) и продолжительность предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков.

Оценка уровня малонового диальдегида выявила в нашем исследовании двукратное его увеличение в летний период по сравнению с зимним. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что бычки хуже переносят воздействие высоких температур, чем низких. Подтверждением полученных нами данных могут являться исследования Liu L с коллегами (2020), проведённые на бычках породы Jinjiang, у которых выявлены высокие уровни малонового диальдегида и кортизола под воздействием теплового стресса в течение 62 дней.

Изучение качественных характеристик мяса-фарша, полученного от бычков после предубойной 24-часовой голодной выдержки, показало увеличение содержания в нём сухого вещества при снижении влаги и цветности по сравнению бычками без голодной выдержки, что связано со снижением потребления воды и выводом её из тканей и органов, что согласуется с ранее проведёнными исследованиями (Clariget J et al., 2021).

Согласно данным ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи для нормального развития и жизнедеятельности, человеку требуются белки, а важным критерием их оценки является количество незаменимых аминокислот (Тутельян В.А. и др., 2019). Оценка влияния сезона года (зима, лето) проведения убоя на уровень важнейших для организма человека аминокислот в мясе-фарше бычков выявила большее содержание в зимний период лизина, фенилаланина, гистидина, лейцина+изолейцина и валина по сравнению с летним. Полученные нами данные подтверждают ранее проведённые исследования (Liang F et al., 2022), установившие большее содержание аминокислот в мышцах ног фазанов зимой, чем летом.

Заключение.

Сезон года проведения убоя животных оказывает существенное влияние на окислительный стресс и антиоксидантную защиту организма животного. В летний период в крови концентрация МДА была выше на 105,9-150,8 % при снижении уровня каталазы на 12,8-44,8 % по сравнению с зимним.

В зимний период года в белках мяса-фарша больше содержалось важнейших аминокислот: лизина, фенилаланина, гистидина, лейцина+изолейцина, валина по сравнению с летним.

Технологическая операция в виде 24-часовой голодной выдержки животных на мясоперерабатывающем предприятии позволяет повысить уровень ферментов антиоксидантной защиты, снизить окислительный стресс, улучшить качественные характеристики фарша с большим эффектом в летний сезон года.

Список источников

1. Влияние генотипа тёлочек на качество мясной продукции / В.И. Косилов, А.В. Харламов, Е.А. Никонова, И.А. Рахимжанова, Р.Ф. Третьякова, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 69-77. [Kosilov VI, Kharlamov AV, Nikonova EA, Rakhimzhanova IA, Tretyakova RF, Kayumov FG. The effect of heifers' genotype on quality of meat products. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):69-77. (In Russ.).] doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-69>
2. ГОСТ Р 53434-2009. Принципы надлежащей лабораторной практики. Введ. 2010-03-01. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с. [GOST P 53434-2009. Principy nadlezhshhej laboratornoj praktiki. Vved. 2010-03-01. Moscow: Standartinform; 2010:11 p. (In Russ.).]
3. Оптимальное питание – основа здорового образа жизни / В.А. Тутельян, Н.Ф. Герасименко, Д.Б. Никитюк, А.В. Погожева // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы: монография. Технологии снижения рисков здоровью. Профилактика и диспансеризация. Здоровое питание. М., 2019. С. 228-249. [Tutel'jan VA, Gerasimenko NF, Nikitjuk DB, Pogozheva AV. Optimal'noe pitanie – osnova zdorovogo obraza zhizni. Zdorov'e molodezhi: novye vyzovy i perspektivy: monografiya. T. 3. Tehnologii snizhenija riskov zdorov'ju. Profilaktika i dispanserizacija. Zdorovoe pitanie. Moscow, 2019;228-249. (In Russ.).]
4. Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г., Третьякова Н.А. Морфофункциональная характеристика длиннейшей мышцы спины и двуглавой мышцы бедра бычков разных генотипов // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 89-97. [Tretyakova RF, Kayumov FG, Tretyakova NA. Morphofunctional characteristics of the longest back muscle and biceps femoris muscle of different bulls genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):89-97. (In Russ.).] doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-89>
5. Формирование количественных и качественных характеристик говядины, полученной от бычков при использовании йодсодержащих кормовых добавок / М.И. Сложенкина, А.С. Мирошник, А.А. Мосолов, И.Ф. Горлов // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 98-107. [Slozhenkina MI, Miroshnik AS, Mosolov AA, Gorlov IF. Formation of quantitative and qualitative characteristics of beef from bulls after use of iodine-containing feed additives. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):98-107. (In Russ.).] doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-98>
6. Abril M, Campo MM, Önenç A, Sañudo C, Albertí P, Negueruela AI. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*. 2001;58(1):69-78. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00133-9
7. Beltrán JA, Jaime I, Santolaria P, Sañudo C, Albertí P, Roncalés P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*. 1997;45(2):201-207. doi: 10.1016/s0309-1740(96)00103-9

8. Clariget J, Banchero G, Luzardo S, Fernández E, Pérez E, La Manna A, Saravia A, Del Campo M, Ferrés A, Canozzi MEA. Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot. *Research in Veterinary Science*. 2021;136:158-165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.018>
9. Costa FO, Brito G, Soares de Lima JM, Sant'Anna AC, Paranhos da Costa MJR, del Campo M. Lairage time effect on meat quality in Hereford steers in rangeland conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019;48:e20180020. doi: <https://doi.org/10.1590/rbz4820180020>
10. Davis MS, Mader TL, Holt SM, Parkhurst AM. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: effects on tympanic temperature. *J Anim Sci*. 2003;81(3):649-661. doi: 10.2527/2003.813649x
11. Del Campo Gigena M, Soares de Lima JM, Brito G, Manteca X, Hernández P, Montossi F. Effect of finishing diet and lairage time on steers welfare in Uruguay. *Animals*. 2021;11(5):1329. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11051329>
12. Honkavaara M, Rintasalo E, Ylönen J, Pudas T. Meat quality and transport stress of cattle. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*. 2003;110(3):125-128.
13. Hultgren J, Segerkvist KA, Berg Ch, Karlsson AH, Öhgren C, Algers B. Preslaughter stress and beef quality in relation to slaughter transport of cattle. *Livestock Science*. 2022;264:105073. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105073>
14. Immonen K, Ruusunen M, Hissa K, Puolanne E. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*. 2000;55(1):25-31. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00121-7
15. Kadim IT, Mahgoub O, Al-Ajmi DS, Al-Maqbaly RS, Al-Mugheiry SM, Bartolome DY. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef *m. longissimus thoracis*. *Meat Science*. 2004;66(4):831-836. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.08.001
16. Li X, Xia AQ, Chen LJ, Du MT, Chen L, Kang N, Zhang DQ. Effects of lairage after transport on post mortem muscle glycolysis, protein phosphorylation and lamb meat quality. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018;17(10):2336-2344. doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61922-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61922-7)
17. Liang F, Yan L, Li Y, Jin Y, Zhang J, Che H, Diao J, Gao Y, He Z, Sun R, He Y, Zhou C. Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Anim Sci J*. 2022;93(1):e13735. doi: 10.1111/asj.13735
18. Liu J, Ellies-Oury MP, Stoyanchev T, Hocquette JF. Consumer perception of beef quality and how to control, improve and predict it? Focus on eating quality. *Foods*. 2022;11(12):1732. doi: 10.3390/foods11121732
19. Liu L, Zhang W, Yu H, Xu L, Qu M, Li Y. Improved antioxidant activity and rumen fermentation in beef cattle under heat stress by dietary supplementation with creatine pyruvate. *Anim Sci J*. 2020;91(1):e13486. doi: 10.1111/asj.13486
20. Loredó-Osti J, Sánchez-López E, Barreras-Serrano A, Figueroa-Saavedra F, Pérez-Linares C, Ruiz-Albarrán M, Domínguez-Muñoz MÁ. An evaluation of environmental, intrinsic and pre- and post-slaughter risk factors associated to dark-cutting beef in a Federal Inspected Type slaughter plant. *Meat Science*. 2019;150:85-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.007>
21. Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*. 2008;78(3):232-238. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.06.021
22. Mendonça FS, Vaz RZ, Vaz FN, Leal WS, Silveira IDB, Restle J, Boligon AA, Cardoso FF. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. *Anim Sci J*. 2019;90(2):288-296. doi: 10.1111/asj.13151
23. Mitlöhner FM, Galyean ML, McGlone JJ. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J Anim Sci*. 2002;80(8):2043-2050. doi: 10.2527/2002.8082043x
24. Silva JA, Patarata L, Martins C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*. 1999;52(4):453-459. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00029-7

25. Terlouw EMC, Picard B, Deiss V, Berri C, Hocquette JF, Lebreton B, Lefèvre F, Hamill R, Gagaoua M. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: stress at slaughter and other missing keys. *Foods*. 2021;10(1):84. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10010084>

References

1. Kosilov VI, Kharlamov AV, Nikonova EA, Rakhimzhanova IA, Tretyakova RF, Kayumov FG. The effect of heifers' genotype on quality of meat products. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):69-77. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-69>
2. GOST R 53434-2009. Principles of good laboratory practice. Enter 2010-03-01. Moscow: Standartinform, 2010;11 p.
3. Tutel'jan VA, Gerasimenko NF, Nikitjuk DB, Pogozheva AV. Optimal nutrition - the basis of a healthy lifestyle. Youth health: new challenges and prospects: a monograph. Vol. 3. Technologies of Health Risk Reduction. Prevention and clinical examination. Healthy nutrition. Moscow, 2019;228-249.
4. Tretyakova RF, Kayumov FG, Tretyakova NA. Morphofunctional characteristics of the longest back muscle and biceps femoris muscle of different bulls genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):89-97. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-89>
5. Slozhenkina MI, Miroshnik AS, Mosolov AA, Gorlov IF. Formation of quantitative and qualitative characteristics of beef from bulls after use of iodine-containing feed additives. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):98-107. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-98>
6. Abril M, Campo MM, Önenç A, Sañudo C, Albertí P, Negueruela AI. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*. 2001;58(1):69-78. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00133-9
7. Beltrán JA, Jaime I, Santolaria P, Sañudo C, Albertí P, Roncalés P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*. 1997;45(2):201-207. doi: 10.1016/s0309-1740(96)00103-9
8. Clariget J, Banchemo G, Luzardo S, Fernández E, Pérez E, La Manna A, Saravia A, Del Campo M, Ferrés A, Canozzi MEA. Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot. *Research in Veterinary Science*. 2021;136:158-165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.018>
9. Costa FO, Brito G, Soares de Lima JM, Sant'Anna AC, Paranhos da Costa MJR, del Campo M. Lairage time effect on meat quality in Hereford steers in rangeland conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019;48:e20180020. doi: <https://doi.org/10.1590/rbz4820180020>
10. Davis MS, Mader TL, Holt SM, Parkhurst AM. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: effects on tympanic temperature. *J Anim Sci*. 2003;81(3):649-661. doi: 10.2527/2003.813649x
11. Del Campo Gigena M, Soares de Lima JM, Brito G, Manteca X, Hernández P, Montossi F. Effect of finishing diet and lairage time on steers welfare in Uruguay. *Animals*. 2021;11(5):1329. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11051329>
12. Honkavaara M, Rintasalo E, Ylönen J, Pudas T. Meat quality and transport stress of cattle. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*. 2003;110(3):125-128.
13. Hultgren J, Segerkvist KA, Berg Ch, Karlsson AH, Öhgren C, Algers B. Preslaughter stress and beef quality in relation to slaughter transport of cattle. *Livestock Science*. 2022;264:105073. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105073>
14. Immonen K, Ruusunen M, Hissa K, Puolanne E. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*. 2000;55(1):25-31. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00121-7
15. Kadim IT, Mahgoub O, Al-Ajmi DS, Al-Maqbaly RS, Al-Mugheiry SM, Bartolome DY. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef *m. longissimus thoracis*. *Meat Science*. 2004;66(4):831-836. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.08.001

16. Li X, Xia AQ, Chen LJ, Du MT, Chen L, Kang N, Zhang DQ. Effects of lairage after transport on post mortem muscle glycolysis, protein phosphorylation and lamb meat quality. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018;17(10):2336-2344. doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61922-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61922-7)
17. Liang F, Yan L, Li Y, Jin Y, Zhang J, Che H, Diao J, Gao Y, He Z, Sun R, He Y, Zhou C. Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Anim Sci J*. 2022;93(1):e13735. doi: 10.1111/asj.13735
18. Liu J, Ellies-Oury MP, Stoyanchev T, Hocquette JF. Consumer perception of beef quality and how to control, improve and predict it? Focus on eating quality. *Foods*. 2022;11(12):1732. doi: 10.3390/foods11121732
19. Liu L, Zhang W, Yu H, Xu L, Qu M, Li Y. Improved antioxidant activity and rumen fermentation in beef cattle under heat stress by dietary supplementation with creatine pyruvate. *Anim Sci J*. 2020;91(1):e13486. doi: 10.1111/asj.13486
20. Loredó-Ostí J, Sánchez-López E, Barreras-Serrano A, Figueroa-Saavedra F, Pérez-Linares C, Ruiz-Albarrán M, Domínguez-Muñoz MÁ. An evaluation of environmental, intrinsic and pre- and post-slaughter risk factors associated to dark-cutting beef in a Federal Inspected Type slaughter plant. *Meat Science*. 2019;150:85-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.007>
21. Mach N, Bach A, Velarde A, Devant M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*. 2008;78(3):232-238. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.06.021
22. Mendonça FS, Vaz RZ, Vaz FN, Leal WS, Silveira IDB, Restle J, Boligon AA, Cardoso FF. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. *Anim Sci J*. 2019;90(2):288-296. doi: 10.1111/asj.13151
23. Mitlöhner FM, Galyean ML, McGlone JJ. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J Anim Sci*. 2002;80(8):2043-2050. doi: 10.2527/2002.8082043x
24. Silva JA, Patarata L, Martins C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*. 1999;52(4):453-459. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00029-7
25. Terlouw EMC, Picard B, Deiss V, Berri C, Hocquette JF, Lebret B, Lefèvre F, Hamill R, Gagaoua M. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: stress at slaughter and other missing keys. *Foods*. 2021;10(1):84. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10010084>

Информация об авторах:

Алексей Николаевич Фролов, доктор биологических наук, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Елемес Ажмулдинович Ажмулдинов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Анатолий Васильевич Харламов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Information about the authors:

Alexey N Frolov, Dr. Sci. (Biology), Head of Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-78.

Elemes A Azhmuldinov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher, Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-78.

Anatoly V Kharlamov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher, Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8(3532)30-81-78.

Статья поступила в редакцию 21.11.2023; одобрена после рецензирования 01.12.2023; принята к публикации 11.12.2023.

The article was submitted 21.11.2023; approved after reviewing 01.12.2023; accepted for publication 11.12.2023.