




Оценка влияния предубойной голодной выдержки бычков на качественные характеристики мяса

© 2022. А. В. Харламов, А. Н. Фролов , О. А. Завьялов

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Российская Федерация

Целью исследования являлась оценка влияния технологической операции «предубойная голодная выдержка» на качественные характеристики мяса бычков. Исследования выполняли на 2 группах бычков айширской породы 18-месячного возраста, живой массой $435 \pm 3,25$ кг: I ($n = 10$) – убой без голодной выдержки на убойном пункте, II ($n = 10$) – убой с 24-часовой голодной выдержкой на убойном пункте. Общее расстояние от фермы до пункта взвешивания животных и уоя составляло 97 км, время в пути 1 час 43 минуты. Температура окружающей среды на момент транспортировки минус 13-15 °С, влажность воздуха 79 %, скорость ветра 6 м/с. Установлено, что технологическая операция в виде голодной выдержки после транспортировки в течение 24 часов повлияла на качественные показатели длиннейшего мускула спины – увеличилось содержание сухого вещества на 2,45 %, белка – на 2,64 %, олеиновой жирной кислоты – на 2,65 %, концентрация гликогена – на 38,9 %, влагоемкость – на 11,01 % при снижении содержания влаги – на 2,48 %, рН – на 3,5 % миристиновой жирной кислоты на 0,95 %, пальмитолеиновой – на 0,42 %, стеариновой – на 1,35 % по сравнению с группой бычков без голодной выдержки. Таким образом, предубойная 24-часовая голодная выдержка бычков улучшает качественные характеристики мяса по сравнению с животными, убитыми без выдержки.

Ключевые слова: айширская порода, стресс, качество мяса, жирнокислотный состав, гликоген

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (тема № 0761-2019-0006).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Харламов А. В., Фролов А. Н., Завьялов О. А. Влияние времени предубойной выдержки бычков на качественные характеристики мяса. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(6):912-919.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.912-919>

Поступила: 27.10.2022

Принята к публикации: 16.11.2022

Опубликована онлайн: 16.12.2022

Assessment of the effect of pre-slaughter fasting period of young bulls on the qualitative characteristics of meat

© 2022. Anatoly V. Kharlamov, Alexei N. Frolov , Oleg A. Zavyalov

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation

The purpose of the study was to evaluate the effect of the technological operation “pre-slaughter fasting period” on the qualitative characteristics of the meat of young bulls. The studies were carried out in two groups of Ayrshire bulls of 18 months of age, with a live weight of 435 ± 3.25 kg: I ($n = 10$) – slaughter without fasting period at the slaughter station, II ($n = 10$) – slaughter with 24-hour fasting period at the slaughter station. The total distance from the farm to the animal weighing and slaughter station was 97 km, and the travel time was 1 hour 43 minutes. The ambient temperature at the time of transportation was minus 13-15 °C, air humidity was 79 %, wind speed was 6 m/s. It has been established that the technological operation in the form of fasting period during 24 hours after transportation affected the qualitative indicators of the longissimus dorsi muscle, namely, there increased: the dry matter content by 2.45 %, protein – by 2.64 %, glycogen concentration – by 38.9 %, moisture capacity – by 11.01 %, oleic fatty acid – by 2.65 % with a decrease in moisture content – by 2.48 %, pH – by 3.5 %, myristic fatty acid by 0.95 %, palmitoleic acid – by 0.42 %, stearic acid – by 1.35 % compared to the group of bulls without fasting period. Thus, pre-slaughter 24-hour fasting period of young bulls improves the qualitative characteristics of meat compared to animals slaughtered without it.

Keywords: Ayrshire breed, stress, meat quality, fatty acid composition, glycogen

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0761-2019-0006).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Kharlamov A. V., Frolov A. N., Zavyalov O. A. Assessment of the effect of pre-slaughter fasting period of young bulls on the qualitative characteristics of meat. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(6):912-919. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.912-919>

Received: 27.10.2022

Accepted for publication: 16.11.2022

Published online: 16.12.2022

Обеспечение населения качественными, экологически безопасными продуктами питания является стратегической задачей агропромышленного комплекса страны. Без понимания биохимических явлений: метаболических, протеолитических, апоптотических и окислительных процессов, происходящих в период транспортировки и созревания мяса, невозможно добиться качественной мясной продукции [1, 2, 3, 4].

Предубойные манипуляции со скотом, включающие погрузку, разгрузку, транспортировку, выдержку на убойном пункте, нахождение в незнакомой обстановке и другие, неизбежно приводят животных в стрессовое состояние [5, 6].

Уровень стрессовой нагрузки на животное зависит от характера, интенсивности и продолжительности негативных раздражителей в сочетании с восприимчивостью самих животных [7, 8]. В конечном итоге это приводит к снижению качественных характеристик мяса: нежности, цветности, рН и других [9, 10, 11]. Пренебрежение такими факторами, как сезон года, время предубойной выдержки приводят к порокам мясной продукции, характеризующимся, в первую очередь, высоким рН (> 5,8) после 24-часового созревания за счет истощения запасов гликогена в мышечной ткани во время стрессовых нагрузок [12].

В связи с этим исследования, направленные на поиск решений улучшения качественных характеристик мяса, за счет определения оптимального срока предубойного содержания, являются актуальными и представляют большую практическую значимость.

Цель исследования – оценка влияния технологической операции «24-часовая предубойная голодная выдержка» на качественные характеристики мяса бычков айширской породы.

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые изучены качественные характеристики, включая жирнокислотный и минеральный состав мяса и печени крупного рогатого скота, в зависимости от технологической операции «предубойная голодная выдержка».

Материал и методы. Объект исследования – бычки, айширская порода, туша, длиннейшая мышца спины, печень.

Экспериментальные исследования проводили 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»¹), протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009²). Все процедуры над животными выполняли в соответствии с правилами Комитета по этике животных ФНЦ БСТ РАН.

Схема эксперимента. Оценка влияния технологических факторов (погрузка животных на скотовоз, транспортировка до пункта взвешивания скота, разгрузка, взвешивание, погрузка, транспортировка до убойного пункта) и время предубойной выдержки бычков на качественные характеристики мяса проведена в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская». Для этого было сформировано 2 группы 18-месячных бычков айширской породы, живой массой 435±3,25 кг: I (n = 10) – убой без голодной выдержки на убойном пункте; II (n = 10) – убой с голодной выдержкой в течение 24 часов на убойном пункте. Общее расстояние от фермы до взвешивания животных и убойного пункта составило 97 км, время в пути 1 час 43 минуты. Температура окружающей среды на момент транспортировки минус 13-15 °С, влажность воздуха 79 %, скорость ветра 6 м/с.

Для определения химического состава и качественных показателей длиннейшей мышцы спины от каждой левой полутуши после 24 часов охлаждения брали среднюю пробу массой 250 г на уровне 9-11 ребра. Оцениваемые показатели в образцах длиннейшей мышцы спины: влага, сухое вещество, белок, жир, зола, рН, триптофан и оксипролин, влагоемкость, белковый качественный показатель, гликоген, цветность, микроэлементы – Zn, Mn, Fe, Cu, Cd, Pb, жирнокислотный состав.

Печень отбирали от каждого животного сразу после убоя, весом не менее 150 грамм с одного и того же топографического места левой доли, в дальнейшем освобождая от соединительной ткани и кровеносных сосудов. Оцениваемые показатели в образцах печени: сухое вещество, влага, жир, зола, белок, микроэлементы – Zn, Mn, Fe, Cu, Cd, Pb, жирнокислотный состав.

¹Приказ Минздрава СССР от 12.08.1977 №755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» [Электронный ресурс].

URL: http://primatologia.ru/images/NI/GLP/3_2_prikaz_minzdrawa_o_merah_zhiwotnyh.pdf (дата обращения: 01.11.2022).

²Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075972> (дата обращения: 01.11.2022).

Величину рН определяли с помощью рН-метра. Количество гликогена определяли путем гидролиза белков щелочью, выделения гликогена из раствора этанолом, промывания гликогена и его растворения, реакции с антроном (развитие окраски) и измерения интенсивности окраски с помощью фотоэлектрочелюметра.

Определение качественных характеристик длинной мышцы спины и печени проводили в ЦКП БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>) с помощью следующего оборудования: весы лабораторные SE224-C; весы электронные Pioneer PA413; спектрометр атомно-абсорбционный КВАНТ-2АТ; хроматограф газовый «Кристалл 2000М».

Все статистические анализы выполнены с использованием программ Microsoft Excel 2016 (формирование базы данных) и Statistica 10.0.

(обработка данных). Нормальность распределения данных проверяли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Закон распределения исследуемых числовых показателей не отличался от нормального, поэтому достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), критический уровень значимости принимался $\leq 0,05$. Во всех приведенных таблицах показаны средние значения (M) и их стандартные отклонения (\pm STD).

Результаты и их обсуждение. Для объективной оценки качества мяса, полученного от бычков с различным временем предубойной голодной выдержки, нами изучен химический состав и качественные характеристики длинной мышцы спины (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние предубойной голодной выдержки на химический состав и качественные характеристики длинной мышцы спины бычков /

Table 1 – The effect of pre-slaughter fasting period on chemical composition and qualitative characteristics of longissimus dorsi muscle of young bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	I	II
Сухое вещество, % / Dry matter, %	21,01 \pm 0,40	23,46 \pm 0,57***
Влага, % / Moisture, %	78,99 \pm 0,40	76,51 \pm 0,57***
Жир, % / Fat, %	1,14 \pm 0,14	0,98 \pm 0,18
Белок, % / Protein, %	18,88 \pm 0,70	21,52 \pm 0,34***
Зола, % / Ash, %	0,99 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00
рН	5,78 \pm 0,09	5,58 \pm 0,03**
Гликоген, мг% / Glycogen, mg%	129,11 \pm 19,29	179,35 \pm 21,34*
Цветность, Ед. эксц / Chromaticity, Exc.	195,00 \pm 19,15	173,75 \pm 23,58
Влагоемкость, % / Moisture capacity, %	55,88 \pm 4,54	66,89 \pm 4,65*
Микроэлементы, мг/кг / Trace elements, mg/kg		
Zn	118,53 \pm 10,93	130,83 \pm 12,52
Mn	0,09 \pm 0,03	0,16 \pm 0,09
Fe	18,36 \pm 1,06	36,08 \pm 26,63
Cu	2,32 \pm 0,90	1,33 \pm 0,32
Cd	0,06 \pm 0,03	0,03 \pm 0,03
Pb	0,03 \pm 0,05	0,04 \pm 0,12

* P \leq 0,05, **P \leq 0,001 по сравнению с первой группой / * P \leq 0,05, **P \leq 0.001 compared to group I

Технологическая операция в виде голодной выдержки после транспортировки в течение 24 часов на убойном пункте позволила повысить в данном биосубстрате содержание сухого вещества на 2,45 % (P \leq 0,001), белка – на 2,64 % (P \leq 0,001), концентрацию гликогена – на 38,9 % (P \leq 0,05); влагоемкость

– на 11,01 % (P \leq 0,05) при снижении содержания влаги – на 2,48 %, рН – на 3,5 % по сравнению с группой без голодной выдержки. Изменения остальных показателей были не столь существенными и не имели статистически значимых различий между сравниваемыми группами.

В рамках оценки влияния голодной выдержки на жирнокислотный состав длин-

нейшего мускула спины, нами проведена оценка изменений основных жирных кислот (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние предубойной голодной выдержки на жирнокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков, % к сумме жирных кислот /

Table 2 – The effect of pre-slaughter fasting period on fatty acid composition of longissimus dorsi muscle of young bulls, % to the sum of fatty acids

Жирная кислота / Fatty acid	Группа / Group	
	I	II
Миристиновая (C14:0) / Myristic (C14:0)	2,98±0,17	2,03±0,13**
Пальмитиновая (C16:0) / Palmitic (C16:0)	26,48±0,22	26,15±1,05
Пальмитолеиновая (C16:1) / Palmitoleic (C16:1)	3,48±0,29	3,05±0,17*
Стеариновая (C18:0) / Stearic (C18:0)	22,65±0,40	21,30±0,14**
Олеиновая (C18:1) / Oleic (C18:1)	40,83±0,19	43,48±0,47**
Линолевая (C18:2) / Linoleic (C18:2)	3,60±0,08	3,50±0,18

* P≤0,05, **P≤0,001 по сравнению с первой группой / * P≤0.05, **P≤0.001 compared to group I

В длиннейшем мускуле спины бычков I группы больше содержалось жирных кислот: миристиновой на 0,95 % (P≤0,001), пальмитолеиновой – на 0,42 % (P≤0,05), стеариновой – на 1,35 % (P≤0,001) при меньшем содержании олеиновой – на 2,65 % (P≤0,001) по сравнению со II группой.

Для оценки качества белка в длиннейшем мускуле спины нами определено содержание заменимой аминокислоты – оксипролина и незаменимой – триптофана, на основании этих данных вычислен белково-качественный показатель (БКП) (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние предубойной голодной выдержки на биологическую ценность белка в длиннейшей мышце спины бычков /

Table 3 – The effect of pre-slaughter fasting period on biological value of protein in the of longissimus dorsi muscle of young bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	I	II
Триптофан, мг/% / Tryptophan, mg/%	342,16±6,78	361,53±9,77
Оксипролин, мг/% / Oxypoline, mg/%	46,03±1,14	45,08±1,31
БКП / Protein quality indicator	7,43	8,02

Анализ полученных данных показал, что время предубойной выдержки не оказывает существенного влияния на концентрацию оксипролина и триптофана, а также вычисленный на их основании белково-качественный показатель. При этом можно отметить тенденцию к улучшению соотношения аминокислот за счет технологической операции – 24-часовой голодной выдержки.

В связи с тем, что печень является важным центром для многочисленных физиологических процессов, включая метаболизм липидов, аминокислот, детоксикацию и иммунную

защиту [13], нами проведены исследования по изучению ее химического состава и качественных характеристик (табл. 4).

Как видно из полученных данных, 24-часовая голодная выдержка на убойном пункте не оказала заметного влияния на характеристики печени, исключением являлось только содержание меди, которое снизилось по сравнению с группой бычков, убитых без выдержки на 34,65 %.

В связи с тем, что в печени происходит метаболизм жирных кислот нами изучен ее жирнокислотный состав (табл. 5).

Таблица 4 – Влияние предубойной голодной выдержки на химический состав и качественные характеристики печени бычков /

Table 4 – The effect of pre-slaughter fasting period on chemical composition and qualitative characteristics of the liver of young bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	I	II
Сухое вещество, % / Dry matter, %	25,69±0,92	25,42±0,47
Влага, % / Moisture, %	74,31±0,92	74,58±0,47
Жир, % / Fat, %	1,76±0,11	1,84±0,23
Зола, % / Ash, %	1,06±0,00	1,04±0,00
Белок, % / Protein, %	22,87±1,04	22,54±0,25
Микроэлементы, мг/кг / Trace elements, mg/kg		
Zn	129,10±19,51	133,23±19,12
Mn	2,54±0,13	2,78±0,16
Fe	134,30±8,96	157,13±41,18
Cu	156,65±29,45	102,37±46,25*
Cd	0,14±0,013	0,12±0,015
Pb	0,18±0,13	0,38±0,13

* P≤0,05 по сравнению с I группой / * P≤0.05 compared to group I

Таблица 5 – Влияние предубойной голодной выдержки на жирнокислотный состав печени бычков, % к сумме жирных кислот /

Table 5 – The effect of pre-slaughter fasting period on fatty acid composition of liver of young bulls, % to the sum of fatty acids

Жирная кислота / Fatty acid	Группа / Group	
	I	II
Миристиновая (C14:0) / Myristic (C14:0)	1,08±0,21	1,18±0,13
Пальмитиновая (C16:0) / Palmitic (C16:0)	15,98±0,88	17,80±1,09*
Пальмитолеиновая (C16:1) / Palmitoleic (C16:1)	2,90±0,83	1,23±0,19**
Стеариновая (C18:0) / Stearic (C18:0)	37,60±0,48	37,30±1,89
Олеиновая (C18:1) / Oleic (C18:1)	27,55±1,14	26,65±2,20
Линолевая (C18:2) / Linoleic (C18:2)	15,50±1,86	15,50±1,49

* P≤0,05; ** P≤0,01 по сравнению с I группой / * P≤0.05; ** P≤0.01 compared to group I

В печени бычков I группы больше содержалось жирных кислот пальмитолеиновой на 1,68 %, пальмитиновой меньше – на 1,83 % по сравнению с показателями II группы.

Транспортировка и обращение с животными во время взвешивания, погрузки и разгрузки приводят к стрессовым нагрузкам на организм. Прежде всего это связано с физическим и психологическим стрессами: лишение пищи; усталость из-за транспортировки; применение специального оборудования; смешивание групп; предубойное содержание; незнакомая обстановка и другие вызывает поведенческие и физиологические изменения, которые

оказывают влияние на качественные характеристики мяса [14, 15, 16].

Имеющиеся данные по влиянию времени предубойного содержания на благополучие животных и качество мяса противоречивы и зависят от производственных систем и общего контекста цепочки производства мяса. Так, ряд авторов утверждают о положительном влиянии времени предубойного содержания [17, 18, 19], по их мнению, это позволяет крупному рогатому скоту пополнить концентрацию мышечного гликогена, уменьшить обезвоживание тканей тела и потерю веса туши, а также отдохнуть и восстановиться после транспортировки.

Другая часть авторов считает, что среда предубойного содержания сама по себе может подавлять способность крупного рогатого скота отдыхать или восстанавливаться после последствий ограничения корма и воды, и по этой причине поступивших животных на убойный пункт следует забивать сразу после их приемки на мясоперерабатывающем предприятии [20, 21, 22]. Такие противоречия возникают из-за различной подготовки животных к убою на ферме, погодных условий, расстояния и времени транспортировки, породных особенностей и темперамента [17].

В связи с этим нами проведена оценка влияния температурных факторов и времени предубойной выдержки на количественные и качественные характеристики мяса.

Предубойная 24-часовая голодная выдержка на убойном предприятии позволила увеличить в длиннейшей мышце спины процент сухого вещества на 2,45 %, за счет повышения содержания белка на 2,64 % по сравнению бычками без голодной выдержки, прежде всего это объяснимо снижением потребления воды и выводом ее из тканей и органов [23].

Аденозинтрифосфат (АТФ) является непосредственным источником энергии для процессов, происходящих в мышечных волокнах. Центральным результатом внутриклеточного энергетического метаболизма в мышцах является поддержание клеточной концентрации АТФ. После смерти животного производство АТФ продолжается посредством преобразования гликогена [24].

В нормальном процессе посмертного биохимического обмена после убоя продолжают биохимические реакции, но поскольку кровь уже не циркулирует, глюкоза и кислород не доставляются к мышце. В результате гликоген, хранящийся локально в мышцах, используется в качестве источника энергии и катаболизи-

руется анаэробно [25]. В связи с этим концентрация гликогена является важным показателем оценки качества говядины. Наши исследования показали, что технологическая операция, заключающаяся в 24-часовой предубойной выдержке в зимний период, позволяет увеличить концентрацию гликогена в мышечной ткани на 38,9 %, которая составила 179,35 мг% после 24 часов после убоя животных.

Еще одним важным показателем качества мяса является величина рН. На степень снижения рН влияет концентрация мышечного гликогена перед убоем. А поскольку повышенная физическая активность и психологический стресс за день или несколько часов до убоя требуют энергии и могут привести к истощению запасов гликогена в мышцах, что неминуемо приведет к высокому рН и, в конечном итоге, порокам мяса DFD ((Dark, Firm, Dry) темный, твердый и сухой) [26].

В наших исследованиях после 24 часов после убоя в опытных группах рН составил 5,58-5,78, что ниже рекомендуемых 5,8 [27, 28], отвечающих требованиям ГОСТ Р 55445-2013³, с более низким показателем у бычков после 24-часовой предубойной выдержки.

Заключение. Мясо, полученное от опытных животных, убитых в зимний период времени, при транспортировке на расстояние 97 км соответствует требованиям ГОСТ Р 55445-2013. Применение технологической операции в виде 24-часовой голодной выдержки при убое животных улучшает качественные характеристики мяса, а именно способствует повышению в длиннейшем мускуле спины содержание сухого вещества на 2,45 %, белка – на 2,64 %, гликогена – на 38,9 %, олеиновой жирной кислоты – на 2,65 %, влагоемкости – на 11,01 % при снижении содержания влаги – на 2,48 %, рН – на 3,5 по сравнению с животными, убитыми без выдержки.

References

1. Ажмулдинов Е. А., Харламов А. В., Кизаев М. А., Титов М. Г. Влияние транспортировки и сезона убоя на качество мяса животных (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2021;104(2):33-45.

DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-2-33>

Azhmudinov E. A., Kharlamov A. V., Kizaev M. A., Titov M. G. The impact of transportation and the slaughter season on beef quality (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* = Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(2):33-45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-2-33>

2. Казова А. М., Казова З. М. Агропромышленный комплекс и его роль в обеспечении национальной продовольственной безопасности. Обеспечение устойчивого и биобезопасного развития АПК: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 399-402.

³ГОСТ Р 55445-2013 Мясо говядина высококачественная. М.: Стандартиформ, 2013. 15 с.

URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293777/4293777686.pdf>

Kazova A. M., Kazova Z. M. Agro-industrial complex and its role in ensuring national food security. Ensuring sustainable and biosafety development of agro-industrial complex: All-Russian (National) scientific and practical Conference. Nal'chik: *FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU*, 2022. pp. 399-402.

3. Кудряшов Л. С., Кудряшова О. А. Влияние предубойного содержания крупного рогатого скота на качество мяса. *Мясная индустрия*. 2021;(2):14-16. DOI: <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2021-02-14-16>

Kudryashov L. S., Kudryashova O. A. An effect of pre-slaughter keeping of cattle on meat quality. *Myasnaya industriya* = Meat Industry Journal. 2021;(2):14-16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2021-02-14-16>

4. Ouali A., Gagaoua M., Boudida Y., Becila S., Boudjellal A., Herrera-Mendez C. H., Sentandreu M. A. Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science*. 2013;95(4):854-870. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.010>

5. Chulayo A. Y., Tada O., Muchenje V. Research on pre-slaughter stress and meat quality: a review of challenges faced under practical conditions. *Applied Animal Husbandry & Rural Developmen*. 2012;5:1-6. URL: <https://www.sasas.co.za/wp-content/uploads/2013/02/ChulayoAAHRD2013.pdf>

6. Gallo C., Schwartzkopf-Genswein K., Gibson T. Chapter 2: Cattle. *Preslaughter handling and slaughter of meat animals*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands, 2022. pp. 63-116. DOI: https://doi.org/10.3920/978-90-8686-924-4_2

7. Dalla Villa P., Marahrens M., Velarde Calvo A., Di Nardo A., Kleinschmidt N., Fuentes Alvarez C., Truar A., Di Fede E., Otero J. L., Müller-Graf C. Project to develop Animal welfare Risk Assessment Guidelines on Transport. Italy and World Organisation for Animal Health, Paris, France IZSAM G. Caporale Collaborating Centre for Veterinary Training, Epidemiology, Food Safety and Animal Welfare, TeramoInternet, 2009. Vol. 6. Iss. 9. 143 p. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-21>

8. Terlouw C., Bourguet C. Chapter 1: Quantifying animal welfare preslaughter using behavioural, physiological and carcass and meat quality measures. *Preslaughter handling and slaughter of meat animals*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands. 2022. pp. 13-61. DOI: https://doi.org/10.3920/978-90-8686-924-4_1

9. Ferguson D. M., Warner R. D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*. 2008;80(1):12-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>

10. Warner R. D., Ferguson D. M., Cottrell J. J., Knee B. W. Acute stress induced by the preslaughter use of electric prodders causes tougher beef meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2007;47(7):782-788. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA05155>

11. Hambrecht E., Eissen J. J., Versteegen M. W. Effect of processing plant on pork quality. *Meat Science*. 2003;64(2):125-131. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00166-3](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00166-3)

12. Warren L. A., Mandell I. B., Bateman K. G. Road transport conditions of slaughter cattle: effects on the prevalence of dark, firm and dry beef. *Canadian Journal of Animal Science*. 2010;90(4):471-482. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas09091>

13. Bionaz M., Loor J. J. Ruminant metabolic systems biology: reconstruction and integration of transcriptome dynamics underlying functional responses of tissues to nutrition and physiological state. *Gene Regulation and Systems Biology*. 2012;6:109-125. DOI: <https://doi.org/10.4137/GRSB.S9852>

14. Terlouw E. M. C., Picard B., Deiss V., Berri C., Hocquette J. F., 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>

15. Warriss P. D., Brown S. N., Knowles T. G., Kestin S. C., Edwards J. E., Dolan S. K., Phillips A. J. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *VetRecord*. 1995;136(13):319-323. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7604507/>

16. Del Campo Gigena M., Soares de Lima J. M., Brito G., Manteca X., Hernández P., Montossi F. Effect of Finishing Diet and Lairage Time on Steers Welfare in Uruguay. *Animals (Basel)*. 2021;11(5):1329. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11051329>

17. Costa F. O., Brito G., Soares de Lima J. M., Sant'Anna A. C., Paranhos da Costa M. J. R., 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>

18. Chulayo A. Y., Muchenje V. Activities of some stress enzymes as indicators of slaughter cattle welfare and their relationship with physico-chemical characteristics of beef. *Animal*. 2017;11(9):1645-1652. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731117000222>

19. Li X., Xia A. Q., Chen L. J., Du M. T., Chen L., Kang N., Zhang D. Q. 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)

20. Gallo C., Lizondo G., Knowles T. G. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *VetRecord*. 2003;152(12):361-364. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.152.12.361>

21. Loredo-Osti J., Sánchez-López E., Barreras-Serrano A., Figueroa-Saavedra F., Pérez-Linares C., Ruiz-Albarrán M., Domínguez-Muñoz M. A. 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>
22. Hultgren J., Segerkvist K. A., Berg Ch., Karlsson A. H., 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>
23. Clariget J., Bancho G., Luzardo S., Fernández E., Pérez E., La Manna A., Saravia A., Del Campo M., Ferrés A., Canozzi M. E. A. 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>
24. Kuffi K. D., Lescouhier S., Nicolai B. M., De Smet S., Geeraerd A., Verboven P. Modelling postmortem evolution of pH in beef M. biceps femoris under two different cooling regimes. *Journal of Food Science and Technology*. 2018;55(1):233-243. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2925-9>
25. Robergs R. A., Ghiasvand F., Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2004;287(3):R502-R516. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>
26. Offer G. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*. 1991;30(2):157-184. DOI: [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(91\)90005-B](https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90005-B)
27. Del Campo Gigena M., Soares de Lima J. M., Brito G., Manteca X., Hernández P., Montossi F. Effect of Finishing Diet and Lairage Time on Steers Welfare in Uruguay. *Animals (Basel)*. 2021;11(5):1329. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11051329>
28. Immonen K., Kauffman R.G., Schaefer D. M., Puolanne E. Glycogen concentrations in bovine longissimus dorsi muscle. *Meat Science*. 2000;54(2):163-167. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00090-x](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00090-x)

Сведения об авторах

Харламов Анатолий Васильевич, доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ул. 9 Января, д. 29, г. Оренбург, Оренбургская обл., Российская Федерация, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

✉ **Фролов Алексей Николаевич**, доктор биол. наук, зав. отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ул. 9 Января, д. 29, г. Оренбург, Оренбургская обл., Российская Федерация, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>, e-mail: forleh@mail.ru

Завьялов Олег Александрович, доктор биол. наук ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, Оренбургская обл., Российская Федерация, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

Information about the authors

Anatoly V. Kharlamov, DSc in Agricultural Science, professor, chief researcher, the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 9 Yanvarya St., 29, Orenburg, Orenburg region, Russian Federation, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9477-6568>

✉ **Alexei N. Frolov**, DSc in Biological Science, Head of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 9 Yanvarya St., 29, Orenburg, Orenburg region, Russian Federation, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>, e-mail: forleh@mail.ru

Oleg A. Zavyalov, DSc in Biological Science, leading researcher, the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 9 Yanvarya St., 29, Orenburg, Orenburg region, Russian Federation, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

✉ – Для контактов / Corresponding author