4. Забашта Н. Н. Мониторинг производства, безопасности и питательной ценности мясного сырья для детского и функционального питания / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головко, И. А. Синельщикова [и др.]. – Краснодар : [б.и.], 2020. – 292 с. – DOI: 10.34617/17cp-0v85.

5. Коваленко Н. А. Рост, развитие и откормочные качества молодняка свиней породы ландрас австрийской селекции в процессе адаптации к условиям Северного Кавказа / Н. А. Коваленко // Ветеринария Кубани. – 2012. – № 4. – С. 19–20.

6. Козырев И. В. Факторы, влияющие на качество свинины. Часть 1 / И. В. Козырев // Все о мясе. – 2020. – № 3. – С. 20–26.

7. Комлацкий В. И. Селекция свиней : учебное пособие / В. И. Комлацкий, Л. Ф. Величко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 192 с.

8. Левина Е. Ю. Опыт применения кормовой добавки «Бонака-АПК-N» для молодняка свиней / Е. Ю. Левина, Н. Н. Забашта, Е. Н. Головко [и др.] // Аграрная наука. – 2023. – Т. 373, № 8. – С. 58–64. – DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-58-64.

9. Некрасов Р. В. Питательные свойства личинок Hermetia illucens L. – нового кормового продукта для молодняка свиней (Sus scrofa domesticus Erxleben) / Р. В. Некрасов, М. Г. Чабаев, А. А. Зеленченкова // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 2. – С. 316–325. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.316rus.

10. Сорокин О. В. Бифидобактерии: механизм действия, классификация, медико-биологическое значение и перспективы исследования / О. В. Сорокин, А. А. Запорожченко, М. А. Суботялов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2025. – Т. 11 (77), № 2. – С. 204–223. – DOI: 10.29039/2413-1725-2025-11-2-204-223.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-107
УДК 619:616.99:577.1]:637.5.07

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЯСЕ ПОСЛЕ УБОЯ ЖИВОТНОГО

Кощаев Андрей Георгиевич, д-р биол. наук, академик РАН
Лихоман Александр Владимирович, канд. биол. наук
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация

Нарушение режимов хранения продуктов убоя животных приводит к порче: образование цветных пятен в результате развития пигментообразующих микроорганизмов, поражение плесенями, растущими по поверхности, наличие затхлого или специфического неприятного запаха; в процессе гниения мяса образуются токсичные летучие органические вещества: жирные кислоты, фенол, крезол, индол, скатол, альдегиды, спирты, сероводород, аммиак, амины, углекислый газ и т.д., в зависимости от степени поражения продукты убоя направляют на промышленную переработку после зачистки поверхности, а при необратимых процессах туши направляют на техническую утилизацию.

Ключевые слова: продукты убоя животных; летучие органические вещества; утилизация; промышленная переработка; режим хранения

BIOCHEMICAL PROCESSES IN MEAT AFTER SLAUGHTERING

Koshchaev Andrey Georgievich, Dr. Biol. Sci., academician of the Russian Academy of Sciences
Likhoman Alexander Vladimirovich, PhD Biol. Sci.
Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

Failure to properly store slaughtered animal products results in spoilage: the formation of col-

ored spots due to the development of pigment-forming microorganisms, damage from mold growing on the surface, and the presence of a musty or specific unpleasant odor. During the process of meat rotting, toxic volatile organic compounds are formed: fatty acids, phenol, cresol, indole, skatole, aldehydes, alcohols, hydrogen sulfide, ammonia, amines, carbon dioxide, etc. Depending on the degree of spoilage, slaughter products are sent for industrial processing after surface cleaning, and in case of irreversible processes, the carcasses are sent for technical disposal.

Keywords: animal slaughter products; volatile organic substances; utilization; industrial processing; storage conditions

Одним из важнейших продуктов питания является мясо, которое содержит полноценные белки, липиды, углеводы, витамины, минеральные вещества и другие соединения. Для полноценного питания человеку необходимо ежесуточно получать с пищей более сорока различных незаменимых веществ. К ним относятся десять аминокислот, тринадцать витаминов, двадцать или более неорганических элементов (в виде растворимых солей) и одна или несколько полиненасыщенных жирных кислот. В состав мяса входят все незаменимые аминокислоты: аргинин, гистидин изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, валин. Мясо является важным источником минеральных веществ (1,5 %). Так, содержание фосфора составляет около 150 мг на 100 г съедобной части продукта. В мясе содержатся различные витамины: тиамин, рибофлавин, пиридоксин, никотиновая и пантотеновая кислоты, а также холин. В мышечной ткани – в среднем 1–3 % жиров. Основной особенностью жиров мяса является их тугоплавкость, поскольку они относятся к насыщенным жирным кислотам. Со снижением упитанности существенные изменения возникают в составе жира: уменьшается содержание полиненасыщенных жирных кислот и резко повышается содержание насыщенных жирных кислот. Жир мяса тощего животного обладает меньшей биологической ценностью и характеризуется низкой усвояемостью. Углеводы являются основными источниками энергии, они содержатся во всех тканях мяса. Особенно много их в мышечной и соединительной тканях [1–7].

Методика исследований. Для определения свежести мяса и его доброкачественности в условиях лабораторий ветсанэкспертизы рынков проводят органолептические исследования (ГОСТ 7269–79), используют методы химического и микроскопического анализа (ГОСТ 23392–78).

Отбор образцов от каждой исследуемой мясной туши или ее части целым куском массой не менее 200 г из 3-х мест туши: в области зареза, против 4 и 5-го шейных позвонков; из толстых слоев мышц бедра; из мышц в области лопатки.

Результаты исследований и их обсуждение. Все биохимические процессы, происходящие в мясе после убоя животного, условно разделяют на три последовательные фазы: окоченение, созревание и глубокий автолиз.

Окоченение. Спустя некоторое время после смерти в мышцах животного развивается посмертное окоченение. Мышцы становятся твердыми, оказывают значительное сопротивление попытке изменить их положение. Реакция мышц становится кислой вследствие образования молочной кислоты. Посмертное окоченение при менее кислой реакции в мышце быстрее наступает и скорее прекращается. В мышцах, богатых плазмой, окоченение проявляется резче. Причиной мышечного окоченения, по-видимому, является распад АТФ.

Созревание мяса. Созреванием мяса называется автолитический процесс, протекающий после прекращения жизни животного, в результате которого мясо крупного рогатого скота приобретает нежность, сочность, специфический приятный вкус и запах.

В производственных условиях созревание мяса происходит при выдерживании туш в остывочных камерах при температуре 2–4 ºС в течение 2–3 суток.

При созревании мяса под действием ферментов самого мяса происходит ряд химических, физико-химических и коллоидных процессов, которые приводят к появлению нежного и сочного специфического приятного вкуса и запаха.

Чтобы лучше оценить значение процесса созревания, следует сравнить качество пищи, приготовленной из несозревшего и созревшего мяса (таблица 1).

Таблица 1 – Качество созревшего и несозревшего мяса

Несозревшее мясо	Созревшее мясо
1. Вареное мясо: жесткое, сухое, отсутствует специфический приятный вкус и запах мяса 2. Бульон: мутный отсутствует специфический приятный вкус и запах мясного бульона	1. Вареное мясо: нежное, сочное, со специфическим приятным вкусом и запахом мяса. 2. Бульон: прозрачный со специфическим приятным вкусом и запахом мясного бульона

Вкус пищи, приготовленной из несозревшего мяса, не может вызвать аппетита, который имеет большое значение в усвоении пищи.

Пища, не вызывающая аппетита, не может быть хорошо усвоена. Следовательно, хорошее пищеварение зависит от вкусно и аппетитно приготовленной пищи.

Согласно взглядам И. А. Смородинцева, созревание мяса представляет собой начальную стадию автолиза, т. е. обусловливается деятельность ферментов самого мяса.

При жизни животного распад составных частей клетки и синтез их происходит непрерывно. Синтез протекает за счет энергии, выделяющейся при окислительно-восстановительных реакциях, происходящих с участием кислорода. После смерти животного прекращается доставка кислорода кровью к клеткам тканей (прекращается цикл трикарбоновых кислот Кребса), в результате чего не происходят окислительные процессы и протекают необратимо только в одну сторону процессы анаэробного распада.

Прежде всего, происходят изменения в углеводной системе, которая играет большую роль в процессах, происходящих в мышечной ткани при жизни и после смерти животного. При созревании мяса особенно интенсивно действуют ферменты гликолиза, в то время как протеазы неактивны. Процесс превращения углеводов при созревании мяса, в отличие от процесса, происходящего в живой мышце, является необратимым. Гликоген через ряд промежуточных реакций переходит в молочную кислоту, которая накапливается в мышечной ткани. Одновременно из промежуточных фосфорных соединений освобождается и накапливается фосфорная кислота.

В результате накопления в мясе молочной и фосфорной кислот в среде увеличивается концентрация ионов водорода, вследствие чего к 24-му часу созревания pH снижается до 5,6. Молочная кислота играет существенную роль в процессе созревания мяса и для ее образования необходимым условием является достаточное содержание гликогена (рисунок).

При созревании мяса изменяется его коллоидно-химическое состояние, которое в значительной степени зависит от химических продуктов, накапливающихся в мясе под влиянием ферментов.

Прогрессирующее при созревании размягчение мяса (нежность) обусловлено, по-видимому, набуханием белков стромы, главным образом коллагеновых волокон, под воздействием кислот.

Нежность сырого мяса непрерывно увеличивается в процессе созревания. Изменение нежности мяса происходит во время созревания в течение пяти суток при 2–4 ºС в камерах охлаждения и при 36 ºС в термостате.

Образование аромата мяса происходит параллельно накоплению летучих редуцирующих веществ, начиная со вторых суток созревания. В процессе созревания мяса уменьшается ферментативная активность миозина, достигая 1/3 активности миозина парного мяса (таблица 2).

Мясо птицы созревает настолько быстро, что его не требуется выдерживать.

При нарушении режимов хранения мяса происходит его порча – изменения, связанные с ухудшением его качества – вкуса, цвета, запаха и консистенции.

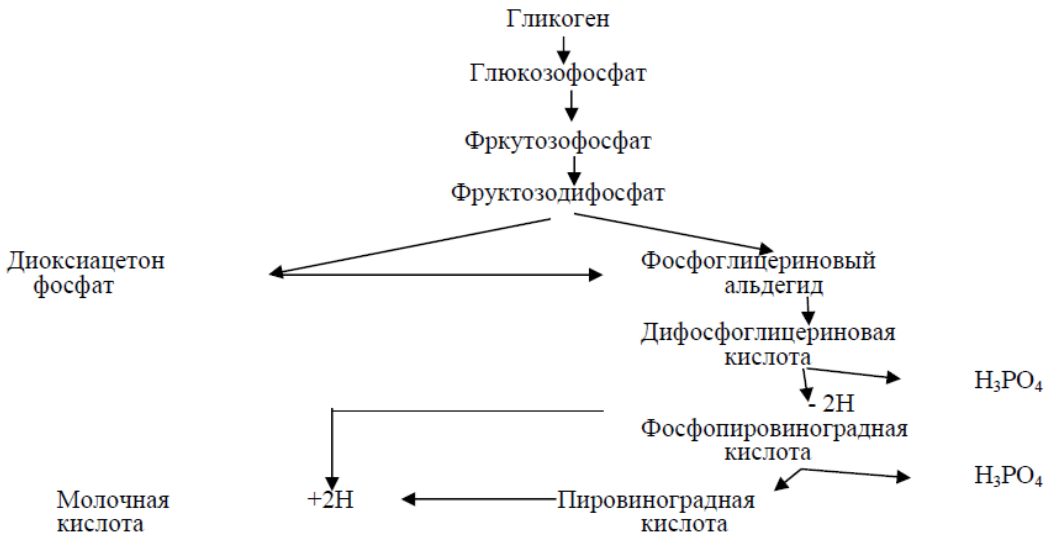

Рисунок – Изменения углеводов в процессе созревания мяса

Таблица 2 – Содержание гликогена, глюкозы, молочной и фосфорной кислот в процессе созревания мяса

Продолжительность созревания (в часах)	pH	Содержание, мг %			
		Гликогена	Глюкозы	Молочной кислоты	Неорганического фосфора
1	6,2	634	160	319	52
12	5,9	462	171	609	92
24	5,6	274	202	700	107
48	5,6	183	222	692	114
120	5,6	121	219	661	137

Изменение цвета мяса при хранении довольно редкое явление и может происходить под влиянием различных микроорганизмов. Образование сине-голубых пятен и посинение обусловлено развитием на тушах колоний *Pseudomonas pyocyanea, Bacillus cyanogenes*. Появление розово-красного или красно-ржавого цвета связано с развитием на поверхности туш или кусков мяса *Chromobacterium prodigiosum* (чудесной палочки). Свечение мяса происходит при обсеменении и развитии на тушах фотобактерий. Указанные пигментообразующие бактерии для человека нетоксичны, они не обладают протеолитическими свойствами и развиваются только на поверхности мяса, снижая его товарный вид.

Санитарная оценка. Цветные пятна и участки, обнаруженные при развитии пигментообразующих микроорганизмов, подвергают зачистке, после чего туши направляют на промышленную переработку или свободно реализуют.

При длительном хранении мяса цвет его темнеет. Изменение цвета наблюдается в первую очередь в области зареза вследствие распада гемоглобина. На свету мясо обесцвечивается под влиянием ультрафиолетовых лучей. Иногда оно приобретает ярко-алый цвет, что объясняется усилением активности ферментов, способствующих окислению гемоглобина и миоглобина.

Санитарная оценка. С указанными изменениями мясо не выпускают в свободную реализацию, а используют для промышленной переработки.

Ослизнение мяса связано с развитием на поверхности туш слизеобразующих микроорганизмов (молочнокислых бактерий, дрожжей и микрококков) и частичным их отмиранием. Ослизнению способствует недостаточное охлаждение туш и последующее хранение их в помещении при сравнительно

высокой температуре (18–25 ºС) и повышенной влажности. Некоторые микроорганизмы, вызывающие образование слизи, могут развиваться даже при минусовых температурах. Данные микроорганизмы не проникают в глубокие слои мяса, поэтому ослизнению подвергается только поверхностный слой. Мясо на поверхности становится липким, серо-зеленоватого цвета, с неприятным кисловато-затхлым запахом; pH мяса в поверхностных слоях резко кислый (5,2–5,3).

От ослизнения, вызываемого молочнокислыми бактериями и дрожжами, следует отличать начальную стадию гниения, при которой на поверхности мяса развиваются кокки и палочки, обусловливающие распад мышечной, соединительной и жировой тканей. При гниении поверхность мяса ослизняется, запах становится затхло-гнилостным или прогорклым, pH 6,4–6,6 и выше.

Санитарная оценка. При ослизнении, вызванном молочнокислыми бактериями и дрожжами, производят зачистку поверхностного слоя, и мясо немедленно реализуют в системе общественного питания или для промышленной переработки. Если ослизнение возникло вследствие гниения, то мясо оценивают по результатам органолептического и бактериологического исследований.

Плесневение мяса. Данный процесс связан с развитием на поверхности мяса плесневых грибов. В отличие от гнилостных микроорганизмов плесени могут развиваться в кислой среде (pH 5,0–6,0), при сравнительно низкой влажности воздуха (75 %) и низких температурах. Одни виды плесеней растут при температуре 1–2 ºС, а другие при минус 8 ºС и даже ниже.

Развиваются плесени довольно медленно, поэтому плесневение мяса происходит при продолжительном его хранении в остывочных камерах или холодильниках. Сопровождается плесневение сдвигом pH в щелочную сторону, изменением внешнего вида мяса и появлением затхлого или специфического неприятного запаха. При этом создаются благоприятные условия для развития в мясе гнилостных микроорганизмов.

Различают четыре вида плесеней, чаще встречающихся на мясе при холодильном хранении: круглые, белые, бархатистые колонии величиной от булавочной головки до чечевицы (мукор и др.), которые растут на поверхности мяса и легко удаляются; колонии темно-серо-коричневого или зеленовато-голубоватого цвета (пенициллиум и др.), проникающие в глубь мяса до 4 мм; колонии сине-зеленой или черной плесени *Aspergillus glaucus, Aspergillus niger*; крупные черные колонии (пятна) *Cladosporium herbarum*, проникающие в толщу мяса до 1 см. Среди этого множества микроскопических грибов имеются такие, которые образуют микотоксины, опасные для здоровья человека и животных. Установлено, что наиболее часто они (афлатоксины, охратоксины, микотоксин – пеницилловая кислота и др.) образуют грибы из родов *Aspergillus* и *Penicillum*, сильным токсическим действием обладает плесень *Cladosporium herbarum*.

Санитарная оценка. При плесневении она зависит от вида плесеней и изменения органолептических показателей мяса. Если мясо поражено плесенями, растущими по поверхности (аспергиллы, мукор и др.), то его поверхность протирают тряпками или щетками, смоченными крепким рассолом или 5%-ным раствором уксусной кислоты, и немедленно реализуют. При росте проникающих плесеней (пенициллы, кладоспориум и др.) срезают поверхностные слои мяса на глубину 1–1,5 см. Туши после зачистки направляют в промышленную переработку. При наличии затхлого или специфического неприятного запаха, не исчезающего при проветривании и улавливаемого пробой варки, мясо бракуют.

Гниение – процесс разложения белковых веществ, вызываемый микроорганизмами.

Клетки микроорганизмов непроницаемы для белков, т. к. являются высокомолекулярными коллоидными веществами, неспособными диффундировать через клеточные оболочки.

Микроорганизмы могут усваивать белки только после их расщепления, которое осуществляется с помощью ферментов, выделяемых ими. Продукты расщепления белков усваиваются клетками микроорганизмов.

В зависимости от состава белков продукты гниения будут различны. Легче поддаются действию микроорганизмов растворимые белки: желатин, белки крови, белки яиц.

Гниение может происходить при доступе кислорода (аэробное гниение) и в отсутствии кислорода (анаэробное гниение).

В протоплазме клеток мышечной и других тканей липоиды содержатся большей ча-

стью в виде липопротеидов – нестойких соединений с белками.

При гниении от липопротеидов прежде всего отщепляется липоидная часть. Составной частью фосфатида лецитина, содержащегося в мясе, мозге, яичном желтке, является холин, который в процессе гниения превращается в триметиламин, диметиламин и метиламин. При окислении триметиламина образуется его окись, имеющая рыбный запах.

Таким образом, характерными продуктами гниения мяса являются аммиак, углекислый газ, сероводород, летучие жирные кислоты, фенол, крезол, индол, скатол, амины, альдегиды, спирты и т.д. Все эти продукты можно обнаружить химическим путем.

Санитарная оценка. В зависимости от органолептических, бактериологических и физико-химических показателей мясо после проварки допускается к использованию на кормовые цели (в корм пушным зверям и др.) или подвергается технической утилизации.

Под загаром понимается своеобразная порча мяса, возникающая при неправильном хранении туш в течение первых суток с момента убоя.

После убоя в течение первых 20–30 минут наблюдается повышение температуры тела животного в пределах 0,9–2 ºС, обусловленное процессами расщепления богатых энергией связей аденозинтрифосфорной (АТФ) кислоты, креатинфосфорной кислоты и других фосфорных соединений.

Повышение температуры тела животного после убоя может быть связано с явлениями загара. Загар обычно наблюдается у туш большой массы, у которых температура после убоя повышается наиболее интенсивно и на большую величину в тех случаях, когда затруднены нормальное охлаждение мяса и свободная циркуляция воздуха.

При загаре в некоторых участках туши появляется специфический неприятный запах и часто изменяется окраска мяса. Чаще всего этот вид порчи обнаруживается в глубине мышечной ткани, около костей. Загар наблюдается не только в свежем мясе, но и в мясе посоленном и копченом.

В настоящее время существуют две точки зрения о сущности процесса загара мяса. Согласно первой, загар мяса считают ферментативным, автолитическим процессом, возникающим при довольно высоких положительных температурах и при недостатке воздуха, совершенно не связывая его с бактериальной порчей.

Согласно второй точке зрения загар мяса связывают с наличием микроорганизмов и рассматривают его как очаговый бактериальный процесс, протекающий в глубинных слоях мышечной ткани, где имеются наиболее благоприятные условия для развития анаэробных микроорганизмов. Это объяснение согласуется с имеющимися наблюдениями о том, что загар чаще всего появляется на мясе, полученном от утомленных и вынужденно убитых животных.

Мясо птицы очень подвержено загару. Обычно он возникает при плотной укладке тушек птицы, сохранивших животную теплоту, и при замораживании такой птицы. Тушки птицы с загаром имеют влажную, большей частью зеленовато-серую, мягкую кожу.

Санитарная оценка. Мясо с признаками загара разрубают на мелкие куски и проветривают не менее 24 ч. Если при проветривании исчезают неприятный запах и измененный цвет, то мясо используют на пищевые цели. При необратимости процесса туши (тушки) подлежат технической утилизации.

Выводы. На основании изложенного материала, установлено, что при нарушении режимов хранения продуктов убоя животных на их поверхности образуются цветные пятна в результате развития пигментообразующих микроорганизмов, подвергают зачистке, после чего туши направляют на промышленную переработку или свободно реализуют. При поражении мяса плесенями, растущими по поверхности (аспергиллы, мукор и др.), протирают тряпками или щетками, смоченными крепким рассолом или 5%-ным раствором уксусной кислоты, и немедленно реализуют. При росте проникающих плесеней (пенициллы, кладоспориум и др.) срезают поверхностные слои мяса на глубину 1–1,5 см. Туши после зачистки направляют в промышленную переработку. При наличии затхлого или специфического неприятного запаха, не исчезающего при проветривании и улавливаемого пробой варки, мясо утилизируют. В процессе гниения мяса образуются токсичные летучие органические вещества: жирные кислоты, фенол, крезол, индол, скатол, альдегиды, спирты, сероводород, аммиак, амины, углекислый газ и т.д. Поэтому такое мясо необходимо направлять на утилизацию. Мясо с признаками загара разрубают на мелкие куски и про-

ветривают не менее 24 ч. Если при проветривании исчезают неприятный запах и измененный цвет, то мясо используют на пищевые цели. При необратимости процесса туши (тушки) подлежат технической утилизации.

Список литературы

1. Бурменская Г. А. Контроль качества и безопасности пищевых продуктов / Г. А. Бурменская, А. М. Бат // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции : сборник статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием (19 ноября 2021 г, г. Краснодар). – Краснодар, 2021. – С. 265–267.
2. Ветеринарная санитария как основа обеспечения безопасности производства пищевых продуктов / И. В. Сердюченко, Н. Н. Гугушвили, А. А. Шевченко, А. С. Козубов [и др.] // Сб. ст. по материалам Всерос. конф. с междунар. участием «Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции» (19 ноября 2021 г., г. Краснодар). – Краснодар : КубГАУ, 2021. – С. 287–289.
3. Гугушвили Н. Н. Влияние сроков и условий хранения на качество мясных продуктов / Н. Н. Гугушвили, Т. А. Инюкина, А. Ф. Инюкин // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. Краснодар. 2023. – Т. 12, № 1. – С. 131–135.
4. Инюкина Т. А. Оценка качества мяса на субклеточном уровне / Т. А. Инюкина, А. Г. Кощаев, Н. Н. Гугушвили // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. Краснодар, 2024. – Т. 13, № 1. – С. 181–186.
5. Кравцов А. О. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов убоя крупного рогатого скота на мясокомбинате / А. О. Кравцов, Н. Н. Гугушвили, Н. В. Меренкова // АгроПоколение: наука, практика, инновации сб. ст. по материалам научно-практической конференция. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – С. 441–443.
6. Микробиология : учебное пособие / И. В. Сердюченко, А. А. Шевченко, А. С. Тищенко, Н. Н. Гугушвили // Краснодар : КубГАУ – 2023. – 272 с.
7. Мурзалина А. Д. Качество и безопасность мяса и мясной продукции / А. Д. Мурзалина // Наука и мир. – 2016. – Т. 2. – №5(33). – С. 80–81.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-108
УДК 637.517.4:664.923

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КОПЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И САНИТАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕЛЬНОМЫШЕЧНОГО ИЗДЕЛИЯ ИЗ СВИНИНЫ

Крыгин Владимир Александрович, канд. вет. наук
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, г. Троицк,Челябинская область, Российская Федерация

В статье представлены результаты ветеринарно-санитарной экспертизы цельномышечного варено-копчёного изделия из свинины, изготовленного с применением разных способов копчения. Установлено, что по качеству продукт, изготовленный с применением дымового копчения, превосходит изделие-аналог, выработанный с использованием бездымного копчения. Однако, продукт, выработанный с использованием технологии «жидкий дым», характеризовался отсутствием бенз(а)пирена и пониженным содержанием нитрозаминов.

Ключевые слова: варёно-копчёное изделие из свинины; дымовое, бездымное копчение; показатели качества и санитарной безопасности

THE INFLUENCE OF THE SMOKING METHOD ON THE QUALITY AND SANITARY SAFETY OF WHOLE-MUSCLE PORK PRODUCTS

Krygin Vlfdimir Alexandrovich, PhD Vet. Sci.
South Ural State University, Troitsk, Chelyabinsk region, Russian Federation