



УДК: 577.112.3:637.5'64.06

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.2.154

ДИНАМИКА АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА СВИНИНЫ С ДЕФЕКТАМИ КАЧЕСТВА ПРИ ХРАНЕНИИ

Калужная Т.В.* - канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы (ORCID 0000-0002-8682-1840).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

*tomagafk087@mail.ru

Ключевые слова: свинина, категория качества мяса, аминокислотный состав, свинина PSE и DFD, свинина RSE, свинина RFN, свинина PFN, пороки и дефекты качества мяса.

Keywords: pork, meat quality category, amino acid composition, pork PSE and DFD, pork PSE, pork RFN, pork PDF, vices and defects of meat quality.

Поступила: 10.02.2025

Принята к публикации: 06.06.2025

Опубликована онлайн: 20.06.2025



РЕФЕРАТ

Мясо служит ключевым источником полноценного белка, чья питательная и биологическая ценность определяется содержанием незаменимых и заменимых аминокислот. На это влияют многочисленные факторы, в том числе условия хранения. Одним из методов увеличения сроков годности является низкотемпературное консервирование — охлаждение и заморозка при определённых температурно-влажностных параметрах, что способствует сохранению структуры тканей и частичному замедлению автолиза, но приводит к трансформации показателей безопасности, питательной ценности и аминокислотного профиля. Целью исследования стал анализ динамики аминокислотного состава свинины разных категорий качества в зависимости от температурно-влажностных условий хранения. Исследования проводили поэтапно на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». В качестве объектов выступили 102 образца свинины (по 17 проб с дефектами PSE, DFD, RSE, RFN, PFN и без дефектов). Проведенный анализ динамики содержания незаменимых и заменимых аминокислот в свинине с различными дефектами в ходе хранения выявил зависимость их количества от вида дефекта и продолжительности хранения. Наиболее значительные колебания в содержании незаменимых аминокислот установлены на 5-е, 6-е, 8-е, 10-е и 12-е сутки хранения, а для заменимых аминокислот — на 3-и, 7-е и 11-е. Полученные результаты, отражающие закономерности изменения аминокислотного профиля свинины с качественными дефектами в условиях температуры -1°C и относительной влажности 85%, имеют ключевое значение для оптимизации технологических процессов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мясо служит ключевым источником полноценного белка, чья питательная и биологическая ценность определяется балансом незаменимых и заменимых аминокислот [1; 2]. На эти характеристики влияют многочисленные факторы: вид и порода животных, их пол и возраст, рацион питания, методы хранения и упаковки [3; 4].

В контексте реализации Доктрины продовольственной безопасности РФ (утвержденной Указом Президента № 20 от 21.01.2020) особое внимание уделяется совершенствованию качества и эффективному использованию мясной продукции, включая оптимизацию хранения. Одним из методов увеличения сроков годности является низкотемпературное консервирование — охлаждение и заморозка при определённых температурно-влажностных параметрах. Хотя такие технологии сохраняют структуру тканей и замедляют автолиз, но не полностью останавливают биохимические изменения, что приводит к трансформации показателей безопасности, питательной ценности и аминокислотного профиля продукта [5; 6; 7].

Анализируя научные данные по изучению аминокислотного состава мяса, установили, что в большинстве работ описана динамика лишь части аминокислот, например, отсутствуют данные по тирозину. Кроме того, для идентификации аминокислот преимущественно применяются жидкостная хроматография или автоматические анализаторы, тогда как использование метода капиллярного электрофореза практически не изучено. Отдельный дефицит информации наблюдается в изучении мяса с дефектами PSE (бледное, мягкое, водянистое) и DFD (тёмное, плотное, сухое), особенно в контексте влияния условий хранения на их аминокислотный состав [8; 9; 10].

Таким образом, оценка изменений аминокислотного профиля мяса с дефектами при различных режимах хранения представляет значительный научно-практический интерес.

Целью исследования стал анализ динамики аминокислотного состава свинины разных категорий качества в зависимости от температурно-влажностных условий хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальная работа осуществлялась в 2023–2024 гг. на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины». В качестве объектов исследования выступили 102 образца свинины, разделённые на группы по качественным характеристикам: по 17 проб с дефектами PSE, DFD, RSE, RFN, PFN и без дефектов. Точечные пробы отбирали из различных мышечных групп, после чего формировали объединённые образцы для дальнейшего анализа.

Работа включала два этапа. Первый этап предполагал оценку аминокислотного профиля мяса через 24 часа после убоя и завершения процесса созревания. Эти данные в дальнейших исследованиях принимали за контроль. На втором этапе образцы помещали в условия хранения при температуре -1°C и относительной влажности 85%. Мониторинг показателей осуществляли ежедневно в течение периода, соответствующего нормативным требованиям к сроку годности свинины.

Для определения аминокислот применяли методику М-04-94-2021 с использованием капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М» (ГК «ЛЮМЭК»), оснащённом автосемплером и системой автоматического переключения полярности. Использовалась кварцевая кассета с капилляром длиной 75 см и внутренним диаметром 50 мкм. Температура термостата поддерживалась на уровне 30°C . Детектирование проводили при длине волны 254 нм (основные аминокислоты) и 219 нм (триптофан), с напряжением 25 кВ. В качестве электролитов применяли фосфатный буфер с β -циклодекстрином (для большинства аминокислот) и раствор тетрабората натрия

(для триптофана).

Интерпретацию электрофореграмм выполняли с помощью программного обеспечения «Эльфоран®» версии 3.2.5 (ГК «ЛЮМЭКС»), что позволило автоматизировать расчёт концентраций аминокислот и минимизировать погрешности измерений.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Проведенный анализ изменений содержания незаменимых и заменимых аминокислот в свинине с различными дефектами в ходе хранения выявил зависимость их количества от вида дефекта и продолжительности хранения.

Исследование показало, что содержание незаменимых аминокислот изменялось постепенно, коррелируя со сроком хранения. Например, на 5-й и 8-й дни во всех образцах, независимо от дефекта, наблюдался рост валина и метионина при одновременном снижении триптофана по сравнению с контролем. Однако степень изменений варьировалась в зависимости от типа дефекта. Так, в свинине без дефектов к 5-му дню валин увеличился на 0,13%, а метионин — на 0,09%. В свинине с дефектом RFN количество валина увеличилось на 0,08%, а метионина — 0,1%. Аналогичное увеличение в свинине с дефектом PSE составляло для валина — 0,06% и метионина — 0,07%. Характеризуя такие изменения в свинине DFD определили, что количество валина и метионина увеличилось на 0,07%. В свинине с дефектами RSE и PFN содержание валина увеличивалось на 0,11%, а метионина — 0,12% и 0,1% соответственно. При этом снижение триптофана варьировало от 0,14% в свинине без дефектов до 0,08% в свинине с пороками RSE и PFN.

К 6-му дню хранения установлено увеличение количественного содержания не только валина и метионина, но и треонина. Например, в образцах свинины без дефектов валин вырос на 0,16%, метионин — на 0,15%, треонин — на 0,07%. Для свинины с дефектом RFN показатели составили 0,12%, 0,13% и 0,09%, а для свинины с дефектом PSE — 0,11%, 0,17% и 0,08% соответственно (рисунок 1).

На 8-й день тенденция увеличения валина, метионина и треонина сохранялась, но отмечено снижение содержания триптофана. Так, максимальный прирост валина отмечен в образцах свинины без дефектов - 0,17%, а метионина — в свинине с дефектом PSE 0,18%. Содержание триптофана в свинине без пороков уменьшилось на 0,16%, в свинине RFN на 0,13%, в свинине PSE — на 0,12%, в свинине DFD — на 0,11%, в свинине RSE и PFN — на 0,1%.

К 10-му дню увеличивалось содержание валина и метионина, но снижалось фенилаланина. Например, в свинине без дефектов содержание фенилаланина уменьшилось на 0,09%, в свинине RFN и PSE на 0,06%, в свинине DFD — на 0,11%, в свинине RSE и PFN — на 0,08% (рисунок 2).

На 12-е сутки установлено увеличение валина, метионина, фенилаланина и снижение лизина. Так, количество валина в свинине без пороков увеличилось на 0,21%, в свинине RFN и PSE на 0,19%, в свинине DFD — на 0,2%, в свинине RSE и PFN — на 0,16%. Количество метионина в свинине без пороков возросло на 0,19%, в свинине RFN и DFD на 0,21%, свинине PSE — на 0,23 %, свинину RSE и PFN — на 0,22%. Количество фенилаланина в свинине без пороков возросло на 0,17%, в свинине RFN и DFD на 0,16%, в свинине PSE — на 0,15 %, в свинине RSE и PFN — на 0,19%. Содержание лизина в свинине без пороков уменьшилось на 0,16%, в свинине RFN и PSE на 0,13%, в свинине DFD — на 0,15%, в свинине RSE и PFN — на 0,14% (рисунок 3).

Содержание заменимых аминокислот в свинине также зависело от вида дефекта и срока хранения. На 3-й, 7-й и 11-й дни хранения наблюдался рост аргинина и глицина. Кроме того, снижение гидроксипролина установлено на 3 и 11 сутки, аспарагиновой кислоты и аспарагина на 3-й день, пролина на 7-й день, а цистина и гидроксипролина на 11-й день. При этом на 7 сутки увеличивалось еще и содержание суммы глутаминовой кислоты и глутамина. Так, на 3-й день количество арги-

нина в образцах свинины без дефектов выросло на 0,07%, а глицина — на 0,1%. В свинине с пороком RFN содержание этих аминокислот увеличивалось на 0,05 и 0,09% соответственно. В свинине с пороком PSE аналогичный показатель составлял 0,06 и 0,08% соответственно. Количество аргинина в свинине DFD увеличилось на 0,11%, в свинине RSE и PFN — на 0,1%. Содержание глицина при этом в пробах свинины с этими пороками увеличивалось на 0,07%, 0,09% и 0,06% соответственно. Содержание гидрооксипролина в свинине без пороков уменьшилось на 0,11%, в свинине RFN и PSE на 0,09%, в свинине DFD — на 0,08%, в свинине RSE и PFN — на 0,12%. Для суммы аспарагиновой кислоты и аспарагина эти показатели составляли в свинине без пороков 0,14%, в свинине RFN — 0,15%, в свинине PSE и DFD — 0,13%, в свинине RSE и PFN — 0,07% (рисунок 4).

На 7 сутки хранения максимальное увеличение содержания аргинина установлено в свинине RSE и PFN — на 0,17%, а минимально в свинине без пороков — на 0,13%. Количество глицина в свинине без пороков возросло на 0,14%, в свинине RFN и DFD на 0,15%, в свинине PSE — на 0,19 %, в свинине RSE и PFN — на 0,13%.

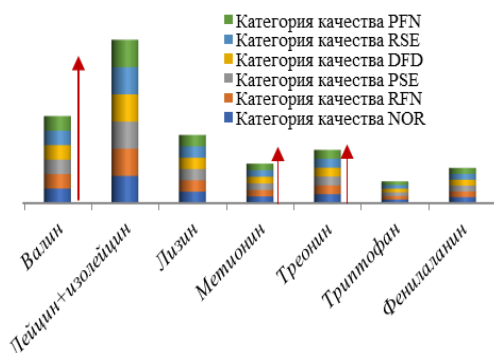


Рисунок 1 – Динамика незаменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 6 сутки.

Содержание суммы глутаминовой кислоты и глутамина в свинине без пороков увеличилось на 0,11%, в свинине RFN на 0,09%, свинине PSE — на 0,13%, свинине DFD — на 0,12%, свинине RSE и PFN — на 0,1% (рисунок 5).

На 11 сутки хранения содержание аргинина в свинине без пороков и с дефектом PSE увеличилось на 0,13%, в свинине RFN на 0,12%, в свинине DFD — на 0,14%, в свинине RSE и PFN — на 0,19%. Наибольшее увеличение количества глицина установлено в свинине с дефектом PSE — на 0,21 %, а наименьшее — в свинине без пороков — на 0,15%. Количество цистина и гидрооксипролина уменьшалось в свинине без пороков на 0,15% и 0,14% соответственно. Эти же показатели для свинины RFN составили 0,18% и 0,2%, для свинины PSE — на 0,16% и 0,19%, для свинины DFD — на 0,15% и 0,19%, для свинины RSE и PFN — на 0,17 и 0,13 % соответственно (рисунок 6).

Таким образом, исследование подтвердило, что аминокислотный профиль свинины определяется как временным фактором, так и спецификой дефектов, что важно для оптимизации условий хранения.

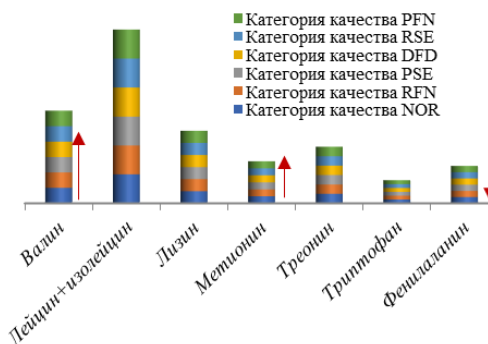


Рисунок 2 – Динамика незаменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 10 сутки.

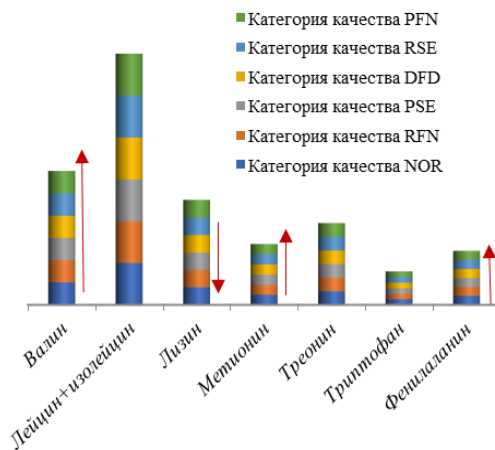


Рисунок 3 – Динамика незаменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 12 сутки.

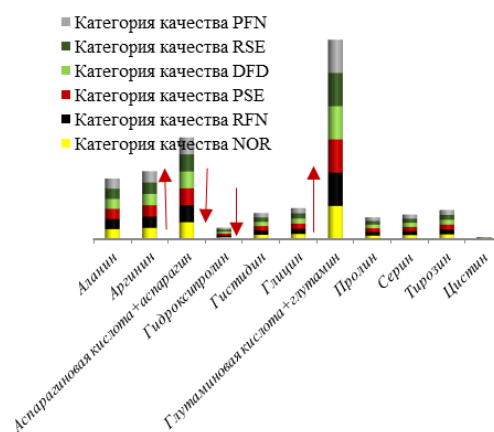


Рисунок 4 – Динамика заменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 3 сутки.

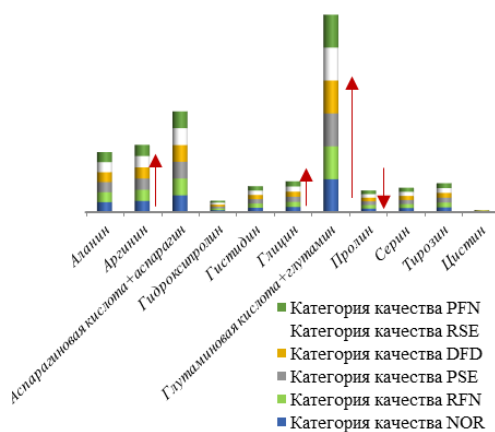


Рисунок 5 – Динамика заменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 7 сутки.

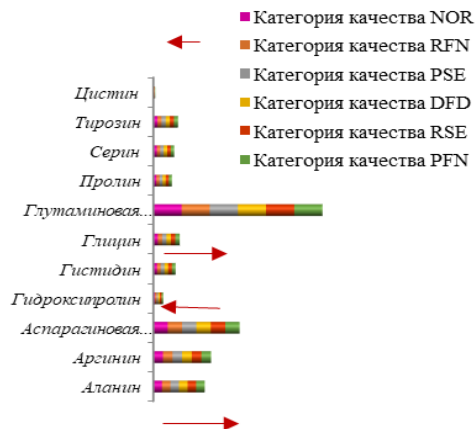


Рисунок 6 – Динамика заменимых аминокислот в пробах свинины разных категорий качества, % на 11 сутки.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В результате исследований была выявлена взаимосвязь между количественным содержанием аминокислот, видом дефекта свинины и сроком его хранения. Анализ данных показал, что наиболее значительные колебания в содержании незаменимых аминокислот фиксировались на 5-е, 6-е, 8-е, 10-е и 12-е сутки, тогда как для заменимых аминокислот пиковые измене-

ния приходились на 3-й, 7-й и 11-й дни хранения.

Полученные результаты, отражающие закономерности изменения аминокислотного профиля свинины с качественными дефектами в условиях температуры -1°C и относительной влажности 85%, имеют ключевое значение для оптимизации технологических процессов. Эти данные необходимо интегрировать в стандарты

производства и логистики мясной продукции, чтобы минимизировать потери питательной ценности и обеспечить соблюдение нормативов качества на всех этапах хранения.

Таким образом, мониторинг динамики аминокислотного состава следует рассматривать как обязательный элемент системы управления качеством в мясоперерабатывающей отрасли.

DYNAMICS OF AMINO ACID COMPOSITION OF PORK WITH QUALITY DEFECTS DURING STORAGE

Kalyuzhnaya T.V.* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise (ORCID 0000-0002-8682-1840).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

*tomagafk087@mail.ru

ABSTRACT

Meat is a key source of complete protein, whose nutritional and biological value is determined by the content of essential and non-essential amino acids. This is influenced by numerous factors, including storage conditions. One of the methods of increasing shelf life is low—temperature canning - cooling and freezing at certain temperature and humidity parameters, which helps preserve the structure of tissues and partially slow down autolysis, but leads to a transformation of safety indicators, nutritional value and amino acid profile. The aim of the study was to analyze the dynamics of the amino acid composition of pork of different quality categories depending on the temperature and humidity conditions of storage. The research was conducted in stages on the basis of the Educational and Research Center for Food and Animal Feed Expertise of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 102 pork samples were used as objects (17 samples each with defects of PSE, DFD, RSE, RFN, PFN and without defects). The analysis of the dynamics of the content of essential and non-essential amino acids in

pork with various defects during storage revealed the dependence of their quantity on the type of defect and the duration of storage. The most significant fluctuations in the content of essential amino acids were established on the 5th, 6th, 8th, 10th and 12th days of storage, and for non-essential amino acids - on the 3rd, 7th and 11th. The results obtained, reflecting the patterns of changes in the amino acid profile of pork with qualitative defects at a temperature of -1°C and a relative humidity of 85%, are of key importance for optimizing technological processes.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Овсянников, А. Г. Анализ мониторинга качества и безопасности мяса и мясопродуктов в рамках государственных закупок / А. Г. Овсянников, Д. А. Орлова, Т. В. Калюжная // *Международный вестник ветеринарии*. – 2021. – № 2. – С. 83-87. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46322817>
2. Василевич, Ф. И. Влияние витаминно-микроэлементного комплекса на биологическую полноценность мяса / Ф. И. Василевич, В. М. Бачинская, Ю. В. Петрова // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. – 2022. – № 7. – С. 28-35. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49239624>
3. Изменение аминокислотного состава говядины при концентратном откорме крупного рогатого скота / В. Д. Кабанов, П. И. Тищенко, Ю. И. Тимошенко [и др.] // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2019. – № 3. – С. 63-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38319801>
4. Калюжная, Т. В. Зависимость пищевой ценности мяса от категории качества / Т. В. Калюжная, Д. А. Орлова, Л. Ю. Карпенко // *Международный вестник ветеринарии*. – 2023. – № 2. – С. 156-160. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54145549>
5. Калюжная, Т. В. К вопросу об аминокислотном составе свинины с дефектами качества / Т. В. Калюжная, Д. А. Орлова // *Нормативно-правовое регулирование в*

ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 149-153. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54116415>

6. Донецких, А. Г. Изучение биологической ценности мяса, полученного от бычков черно-пестрой породы / А. Г. Донецких // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева: Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 402-407. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=62498449>

7. Ревуцкая, Н. М. Анализ пищевой и биологической ценности мяса некастрированных и кастрированных свиней / Н. М. Ревуцкая, В. В. Насонова, Т. Г. Кузнецова // Все о мясе. – 2020. – № 5S. – С. 297-299. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44283055>

8. Емельянов, А. М. Исследования аминокислотного состава мышечной ткани свинины / А. М. Емельянов, Г. В. Емельянова // Совершенствование технологий производства, переработки и экспертизы качества пищевой продукции : материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, пос. Персиановский, 20 декабря 2019 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2019. – С. 122-124. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42597800>

9. Аминокислотный состав мышечной ткани различных отрубов туш свиней / А. Л. Алексеев, В. А. Бараников, О. Р. Барило, С. Р. Баскакова // Селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства : материалы международной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 05 февраля 2015 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального

образования "Донской государственный аграрный университет", 2015. – С. 3-6. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23729623>

10. Зачесова, И. А. Сравнительная оценка потребительских свойств оленины и традиционного мясного сырья / И. А. Зачесова, С. В. Колобов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2018. – № 1. – С. 82-85. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36498785>

REFERENCES

1. Ovsyannikov, A.G. et al. Analysis of monitoring the quality and safety of meat and meat products in the framework of state procurement / A.G. Ovsyannikov, D.A. Orlova, T.V. Kalyuzhnaya // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2021; (2):83-87. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46322817> (In Russ.)

2. Vasilevich, F.I. et al. Effect of a vitamin-microelement complex on the biological completeness of meat / F.I. Vasilevich, V.M. Bachinskaya, Y.V. Petrova // Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnology. 2022;(7):28-35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49239624> (In Russ.)

3. Kabakov, V.D., et al. Changes in the amino acid composition of beef during concentrate fattening of cattle / V.D. Kabakov, P.I. Tishenkov, Y.I. Timoshenko, et al // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2019;(3):63-37. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38319801> (In Russ.)

4. Kalyuzhnaya, T.V. et al. Dependence of the nutritional value of meat on quality category / T.V. Kalyuzhnaya, D.A. Orlova, L.Y. Karpenko // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2023;(2):156-160. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54145549> (In Russ.)

5. Kalyuzhnaya, T.V., Orlova D.A. On the amino acid composition of pork with quality defects/ T.V. Kalyuzhnaya, D.A. Orlova // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2023;(2):149-153. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54145549>

www.elibrary.ru/item.asp?id=54116415 (In Russ.)

6. Donetskikh AG. Study of the biological value of meat from Black Pied bulls / International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists Dedicated to the 180th Anniversary of K.A. Timiryazev. 2023 Jun 5-7; Moscow, Russia. Moscow: Russian State Agrarian University - MTAA; 2023. p. 402-407. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=62498449> (In Russ.)

7. Revutskaya NM et al., Analysis of the nutritional and biological value of meat from non-castrated and castrated pigs / N.M. Revutskaya, V.V. Nasonova, T.G. Kuznetsova // All About Meat. 2020;5S:297-299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44283055> (In Russ.)

8. Emelyanov A M., Emelyanova G. V. Studies of the amino acid composition of pork muscle tissue / A M. Emelyanov, G. V. Emelyanova // Improvement of Production, Processing, and Quality Examination Tech-

nologies for Food Products. 2019 Dec 20; Persianovksy, Russia. Persianovksy: Don State Agrarian University; 2019. p. 122-124. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42597800> (In Russ.)

9. Alekseev A.L. et al., Amino acid composition of muscle tissue in different pork cuts / A.L. Alekseev, V.A. Baranikov, O.R. Barilo, S.R. Baskakova // Breeding of Farm Animals and Technology of Livestock Production; 2015 Feb 5; Persianovksy, Russia. Persianovksy: Don State Agrarian University; 2015. p. 3-6. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23729623> (In Russ.)

10. Zachesova I.A., Kolobov S.V. Comparative assessment of consumer properties of venison and traditional meat raw materials / I.A. Zachesova, S.V. Kolobov // International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Memory of Vasily Matveevich Gorbатов. 2018;(1):82-85. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36498785> (In Russ.).