

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ / FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЯСНОГО СЫРЬЯ С ПРИЗНАКАМИ PSE В ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Научная статья

Юнусов Э.Ш.<sup>1,\*</sup>, Пономарев В.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7847-7229;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1320-4881;

<sup>1,2</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (ed.yunusov[at]gmail.com)

**Аннотация**

Целью данного исследования являлось изучение перспектив использования мясного сырья с признаками PSE для производства эмульгированных мясопродуктов. Для коррекции свойств мясного сырья с отклонениями в характере автолиза предложено воздействовать на основные белковые структуры протеолитическим ферментным препаратом микробного происхождения. В ходе исследования установлено, что ферментативная обработка мяса PSE позволила увеличить показатели функционально-технологических свойств данного сырья, а также получить мясной продукт, обладающий высокими качественными показателями. Проведена оценка показателей текстуры, которая подтвердила эффективность ферментативной обработки сырья с признаками PSE. Результаты исследования позволяют эффективно применять биотехнологические приемы в мясной отрасли.

**Ключевые слова:** мясное сырье, мясо PSE, автолиз, колбасные изделия, протеолитические ферменты.

USE OF MEAT RAW MATERIALS WITH PSE TRAITS IN THE TECHNOLOGY OF EMULSIFIED MEAT PRODUCTS

Research article

Yunusov E.S.<sup>1,\*</sup>, Ponomarev V.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7847-7229;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1320-4881;

<sup>1,2</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation

\* Corresponding author (ed.yunusov[at]gmail.com)

**Abstract**

The aim of this research was to study the prospects of using meat raw materials with PSE characteristics for the production of emulsified meat products. To correct the properties of meat raw materials with deviations in the character of autolysis, it was proposed to influence the main protein structures by proteolytic enzyme preparation of microbial origin. In the course of the research, it was established that enzymatic treatment of PSE meat allowed to increase the indicators of functional and technological properties of this raw material, as well as to obtain a meat product with high quality indicators. Texture indicators were evaluated, which confirmed the effectiveness of enzymatic treatment of raw materials with PSE traits. The results of the study will allow the effective application of biotechnological techniques in the meat industry.

**Keywords:** meat raw materials, PSE meat, autolysis, sausages, proteolytic enzymes.

**Введение**

Интенсификация производства продуктов питания напрямую связана с более полной конверсией сырьевых ресурсов, в том числе и обладающих низкими технологическими свойствами. Данная проблема является характерной не только для отечественного производителя, но и имеет место в зарубежной практике [1]. Одним из подобных видов ресурсов является мясное сырье с отклонениями в характере течения автолитических процессов. Идентификация этих отклонений производится по величине pH [2]. Для мясного сырья PSE характерна величина pH 5,5-5,7, для мяса DFD – 6,4-6,8. Также существует рекомендация по делению мяса на группы качества по показателю цветности (по изменению величины L – яркость образца). Установлено, что данный показатель хорошо коррелирует с величиной pH [3].

Считается, что основным фактором, приводящим к появлению признаков PSE и DFD, является предубойный стресс у животных. Наиболее часто стресс приводит к появлению признаков PSE [4].

При использовании мяса с признаками PSE отмечается снижение влагосвязывающей и эмульгирующей способностей, а также выхода готовой продукции [5].

Одним из предлагаемых путей решения проблемы возникновения и развития отклонений в характере автолиза является минимизация стрессовых состояний за счет совершенствования технологий уоя и применения антистрессовых препаратов [6]. Однако данный подход требует существенных капитальных вложений и зачастую является экономически нецелесообразным [1], [7].

Перспективным путем представляется селекционная работа с целью выведения стрессоустойчивых пород, однако именно селекция свиней для максимальной мясной продуктивности приводит к увеличению мяса с признаками PSE [8].

Для коррекции свойств сырья с признаками PSE применяют регулирование режима тепловой обработки для снижения денатурационных изменений белков, использование гидроколлоидов, растительных белков и регуляторов pH среды. Однако данные методы не решают проблем, связанных с эмульгирующей способностью белков мяса PSE [9].

Одним из перспективных методов целенаправленного воздействия на белковую составляющую мясного сырья является использование протеолитических ферментов [10], под воздействием которых происходит деструкция белков с образованием высоко- и низкомолекулярных продуктов гидролиза, образующих пространственный каркас в структуре мяса и фарша и приводящих к разрыхлению белковой структуры, что положительно влияет на технологические свойства сырья [11].

Целью работы являлось обоснование применения протеолитического ферментного препарата мегатерин для обработки мясного сырья с признаками PSE в технологии производства эмульгированных мясных продуктов с оценкой функционально-технологических свойств сырья на всех стадиях технологической обработки и качественных показателей готового продукта.

#### Методы и принципы исследования

В качестве объектов исследования использовались модельные фарши, а также опытные образцы вареных колбасных изделий, полученные с применением биотехнологически обработанного мясного сырья с отклонениями в характере автолиза. Отбор проб и дифференцирование мясного сырья проводили, опираясь на значения pH мясного сырья с помощью pH-метра.

Обработку мясного сырья проводили путем кратковременного ферментирования свинины с признаками PSE протеолитическим ферментным препаратом мегатерин. Мегатерин является протеолитическим ферментом микробного происхождения, продуцируемым микроорганизмами *Bacillus Megaterium*.

Выбор фермента для обработки обусловлен ранее проведенными исследованиями о влиянии протеаз на свойства мясного сырья с пониженными функциональными свойствами. Ферментный препарат Мегатерин обладает рядом преимуществ, обусловленных его свойствами (температурный и кислотный оптимумы действия) [12].

В качестве основы рецептуры была принята рецептура вареной колбасы «Новорусская» (ТУ 9213-035-52924334), представленная в таблице 1.

Таблица 1 - Рецептура вареной колбасы «Новоадмиралтейская»

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8.1>

Наименование сырья и материалов	Количество
Основное сырье, кг на 100 кг сырья	
Говядина высшего сорта	45
Говядина первого сорта	25
Свинина полужирная	30
Пряности и материалы, г на 100 кг сырья	
Нитритно-посолочная смесь	1800
Комплексная пищевая добавка «Премикс»	700

Примечание: ТУ 9213-035-52924334

Продукты изготавливали по технологии производства вареных колбас, предусматривающей разделку, обвалку и жиловку сырья, измельчение мяса на волчке, посол при температуре 2-4°C в течение 12-24 ч, приготовление фарша в куттере в течение 6-10 мин, наполнение в полимерную оболочку, вязку батонов, кратковременную осадку, термообработку батонов, включающую варку и охлаждение.

Фермент вносили в количестве 0,07% к массе мясного сырья на первой стадии куттерования вместе с водой. Процесс ферментации осуществлялся на стадии осадки в течение 60 мин при температуре 8-10 °С. Выбор дозировки фермента и условий обработки обусловлен необходимостью провести ферментацию за короткий промежуток времени, осуществляемый на стадии кратковременной осадки.

В модельных образцах фарша, полученных в процессе приготовления вареных колбас, и в готовых изделиях определяли следующие показатели: органолептические показатели – по ГОСТ 9959, показатели функционально-технологических свойств – согласно методике [13]; содержание белка, влаги, жира – методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12» [14]. Анализ профиля текстуры (ТРА) образцов проводился на анализаторе текстуры «Структурометр СТ-2» [15], [16].

Все исследования проводились минимум в трех повторностях, с последующей статистической обработкой данных.

#### Результаты и обсуждение

Функционально-технологические свойства мясного сырья во многом зависят от структуры белковых комплексов мяса, что особенно ярко проявляется в мясном сырье с отклонениями в характере автолиза. Экспериментальные данные по оценке влагосвязывающей (ВСС) и влагоудерживающей (ВУС) способностей модельных фаршевых систем представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Функционально-технологические показатели модельных фаршей

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8.2>

Наименование показателя	Контроль	Опыт
ВСС, %	69,4±1,2	78,3±1,2
ВУС, %	73,1±1,3	86,2±1,1
Выход после термообработки, %	108±2,1	116±2,0

Ферментативная обработка сырья с признаками PSE препаратом Мегатерин привела к увеличению показателей как влагосвязывающей, так и влагоудерживающей способностей модельных фаршей, а также выхода продукта после термообработки.

Наблюдаемые явления в опытных образцах можно объяснить тем, что в процессе гидролитического расщепления белковых фракций происходит формирование пространственной сетки белков, в которой продукты гидролиза притягивают диполи воды, образуя сольватную оболочку. В результате происходит образование непрочных гелеобразных вязко-пластичных тиксотропных структур с высокой влагоемкостью [17].

На следующем этапе исследований были оценены качественные показатели образцов вареных колбасных изделий, выработанных с применением мяса PSE, прошедшего ферментативную обработку. Результаты органолептической оценки продуктов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Органолептические показатели вареных колбасных изделий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8.3>

Образцы	Органолептические показатели					
	Цвет	Аромат	Вкус	Консистенция	Вид на разрезе	Общая оценка
Контроль	6,8±0,15	8,2±0,17	8,7±0,15	7,5±0,21	7,8±0,16	7,80±0,17
Опыт	7,8±0,18	8,4±0,22	8,8±0,15	8,9±0,16	8,4±0,19	8,46±0,15

В контрольных образцах было отмечено образование бульонно-жировых отеков, крошливая консистенция и некоторая зернистость поверхности на разрезе, что является характерным при применении мяса PSE в технологии вареных колбас [1].

Опытные образцы отличались лучшим цветом, консистенцией и видом на разрезе по сравнению с контрольными образцами, при этом вкус и аромат опытных и контрольных образцов существенно не отличались. Полученные результаты коррелируют с данными по изучению функционально-технологических свойств и объясняются теми же механизмами.

Цвет колбасных изделий обусловлен содержанием нитрозопигмента, являющегося продуктом взаимодействия миоглобина и окиси азота, образующейся в результате распада нитрита натрия, входящего в состав посолочной смеси [18].

Светлая окраска мяса PSE объясняется тем, что при низких значениях pH происходит окисление гемовых пигментов с изменением окраски с красного на более желтый оттенок, устойчивый к воздействию окиси азота [4]. Ферментативная обработка позволяет за счет изменения структуры продуктов окисления гемовых пигментов повысить количество образующейся нитрозоформы миоглобина, что повышает интенсивность красной окраски продукта.

Результаты анализа физико-химических показателей представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-химические показатели вареных колбасных изделий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8.4>

Наименование показателя	Контроль	Опыт
Содержание влаги, %	68±2,4	70±2,2
Содержание белка, %	16,8±0,5	18,1±0,5
Содержание жиров, %	12,3±0,2	11,8±0,2

В опытных образцах было отмечено увеличение влагосодержания, обусловленное более высокой влагоудерживающей способностью ферментированного мясного сырья.

В контрольных образцах было отмечено более низкое содержание белка, что, вероятно, связано с потерями в контрольных образцах водорастворимой белковой фракции при термообработке в виде бульонно-жировых отеков.

Содержание жира в контрольных и опытных образцах было сопоставимо и отличалось незначительно.

В ходе исследования был проведен анализ текстуры полученных образцов вареных колбасных изделий. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Анализ профиля текстуры образцов вареных колбасных изделий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.8.5>

Наименование показателя	Контроль	Опыт
Твердость (Hardness), г	2229,68±19,07	2095,24±21,17
Упругость (Springiness), %	94,642±0,77	96,526±0,94
Когезия (Cohesiveness), %	93,232±0,87	93,712±0,93
Пережевываемость (Chewiness), г	1969,494±22,93	1895,67±25,78
Липкость (Gumminess), г	2079,302±15,02	1963,61±19,30

В опытных образцах продуктов наблюдалось снижение твердости, а также понижение усилия пережевываемости, что свидетельствует о более нежной консистенции продукта и коррелирует с результатами органолептической оценки. При общей мягкости опытных образцов они не были рыхлыми и крошащимися, проявляли связность и однородность структуры.

Более высокие значения показателя липкости контрольных образцов продуктов были обусловлены меньшей влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью данных образцов, в результате чего несвязанная влага проступала на поверхность и придавала большую липкость поверхности.

#### Заключение

Проведенные исследования показали перспективность применения ферментного препарата Мегатерин для повышения функционально технологических свойств мясного сырья с признаками PSE и выработки из него эмульгированных мясных продуктов. Применение данного препарата позволяет снизить потери массы при термообработке и повысить выход готовой продукции, а также улучшить ее органолептические показатели. По совокупности проведенных исследований можно рекомендовать ферментативную обработку мяса PSE при производстве эмульгированных мясопродуктов.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

#### Список литературы / References

1. Пономарев В.Я. Биотехнологические основы применения препаратов микробиологического синтеза для обработки мясного сырья с пониженными функционально-технологическими свойствами : монография / В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов, Г.О. Ежкова [и др.]. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 193 с.
2. Бажов Г.М. Технологическая характеристика свинины с пороками PSE и DFD / Г.М. Бажов, Е.А. Крыштоп, А.И. Бараников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 89. — С. 973–984.
3. Ву Т.А. Взаимозависимость цветовых и спектральных характеристик NOR-, PSE- и DFD- свинины / Т.А. Ву, А.Н. Габараев, Т.Т. Фам // Мясная индустрия. — 2009. — № 6. — С. 33–34.
4. Van de Perre V. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham — Effects of season and lairage time / V. Van de Perre, A. Ceustermans, J. Leyten [et al.] // Meat Science. — 2010. — P. 391–397.
5. Poznyakovskiy V. About the quality of meat with PSE and DFD properties / V. Poznyakovskiy, I. Gorlov, S. Tihonov // Foods and Raw Materials. — 2015. — № 3. — P. 104–110. — DOI: 10.12737/11244.
6. Albrecht V. The NAF domain defines a novel protein interaction module conserved in Ca<sup>2+</sup>-regulated kinases / V. Albrecht, O. Ritz, S. Linder [et al.] // Kudla J. — 2001. — P. 89–90.
7. Adzitey F. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences— A mini review / F. Adzitey, N. Huda // International Food Research Journal. — 2011. — № 18. — P. 11–20.
8. Татулов Ю.В. Влияние стресса свиней на качество мясного сырья / Ю.В. Татулов, Т.В. Косачева, С.А. Кузнецова [и др.] // Мясная индустрия. — 2009. — № 7. — С. 54–56.
9. Бульчев И.Н. Пищевые ингредиенты для использования мясного сырья с признаками PSE и DFD / И.Н. Бульчев // Мясная индустрия. — 2010. — № 5. — С. 52–53.
10. Пономарев В.Я. Методологические аспекты разработки рецептур и совершенствования технологии мясных продуктов с учетом рационального использования сырьевых ресурсов / В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов // Социально-

экономическое развитие: вопросы теории и практики : Монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. — Пенза : Наука и Просвещение, 2020. — С. 119–129.

11. Меренкова С.П. Формирование функционально-технологических свойств мясного фарша под воздействием комплекса ферментов / С.П. Меренкова, О.В. Зинина, С.И. Якимов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. — 2019. — № 2. — С. 44–53.

12. Пономарев В.Я. Использование препаратов микробного синтеза для трансформации коллагенсодержащего сырья / В.Я. Пономарев, С.А. Морозова, Т.Н. Юнусова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. — 2015. — № 18 (14). — С. 217–219.

13. Ponomarev V. Biotechnological transformation of raw materials with reduced technological properties by proteolytic preparations of various origins / V. Ponomarev, E. Yunusov, G. Ezhkova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — № 978. — P. 012051. — DOI: 10.1088/1755-1315/978/1/012051.

14. М 04-89-2019 Мясо и мясная продукция. Методика измерений массовой доли жира, белка и влаги методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «ИнфРАЛЮМ ФТ-12». ООО "ЛЮМЭКС-МАРКЕТИНГ", № 021/RA.RU.311278/2019. — URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/667925> (дата обращения: 23.09.2024).

15. Черных В.Я. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ-2» для контроля реологических характеристик пищевых сред / В.Я. Черных // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов. Четвертая научно-практическая конференция с международным участием. — М.: ФГБНУ НИИХП, 2015. — С. 24–29.

16. Sorapukdee S. Application of Collagenolytic Proteases from *Bacillus subtilis* B13 and *Bacillus siamensis* S6 for Tenderizing Goat Meat during Wet Aging / S. Sorapukdee, W. Samritphol, P. Sangsawad [et al.] // Food Sci Anim Resour. — 2024. — № 44 (2). — P. 430–442. — DOI: 10.5851/kosfa.2023.e79.

17. Нестеренко А.А. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов / А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 101 (07). — С. 1719–1738.

18. Кудряшов Л.С. Качество и безопасность вареных колбас длительного хранения [влияние внесения нитрата и нитрита натрия] / Л.С. Кудряшов, А.Б. Лисицын // Мясная индустрия. — 2018. — № 10. — С. 12–16.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Ponomarev V.Ja. Biotechnologicheskie osnovy primenenija preparatov mikrobiologicheskogo sinteza dlja obrabotki mjasnogo syr'ja s ponizhennymi funkcional'no-tehnologicheskimi svojstvami : monografija [Biotechnological bases of application of drugs of microbiological synthesis for processing of meat raw materials with reduced functional and technological properties : monograph] / V.Ja. Ponomarev, Je.Sh. Junusov, G.O. Ezhkova [et al.]. — Kazan : Kazan National Research Technological University, 2009. — 193 p. [in Russian]

2. Bazhov G.M. Tehnologicheskaja karakteristika svininy s porokami PSE i DFD [Technological characteristics of pork with PSE and DFD malformations] / G.M. Bazhov, E.A. Kryshchop, A.I. Baranikov // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University]. — 2013. — № 89. — P. 973–984. [in Russian]

3. By T.A. Vzaimozavisimost' cvetovyh i spektral'nyh karakteristik NOR-, PSE- i DFD- svininy [Interdependence of colour and spectral characteristics of NOR-, PSE- and DFD-pork] / T.A. By, A.N. Gabaraev, T.T. Fam // Mjasnaja industrija [Meat Industry]. — 2009. — № 6. — P. 33–34. [in Russian]

4. Van de Perre V. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham — Effects of season and lairage time / V. Van de Perre, A. Ceustermans, J. Leyten [et al.] // Meat Science. — 2010. — P. 391–397.

5. Poznyakovskiy V. About the quality of meat with PSE and DFD properties / V. Poznyakovskiy, I. Gorlov, S. Tihonov // Foods and Raw Materials. — 2015. — № 3. — P. 104–110. — DOI: 10.12737/11244.

6. Albrecht V. The NAF domain defines a novel protein interaction module conserved in Ca<sup>2+</sup>-regulated kinases / V. Albrecht, O. Ritz, S. Linder [et al.] // Kudla J. — 2001. — P. 89–90.

7. Adzitey F. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences— A mini review / F. Adzitey, N. Huda // International Food Research Journal. — 2011. — № 18. — P. 11–20.

8. Tatulov Ju.V. Vlijanie stressa svinej na kachestvo mjasnogo syr'ja [Influence of pig stress on the quality of meat raw material] / Ju.V. Tatulov, T.V. Kosacheva, S.A. Kuznecova [et al.] // Mjasnaja industrija [Meat Industry]. — 2009. — № 7. — P. 54–56. [in Russian]

9. Bulychev I.N. Pishhevye ingredienty dlja ispol'zovanija mjasnogo syr'ja s priznakami PSE i DFD [Food ingredients for the use of meat raw materials with PSE and DFD traits] / I.N. Bulychev // Mjasnaja industrija [Meat Industry]. — 2010. — № 5. — P. 52–53. [in Russian]

10. Ponomarev V.Ja. Metodologicheskie aspekty razrabotki receptur i sovershenstvovanija tehnologij mjasnyh produktov s uchetom racional'nogo ispol'zovanija syr'evykh resursov [Methodological aspects of formulation development and improvement of meat products technology taking into account the rational use of raw materials] / V.Ja. Ponomarev, Je.Sh. Junusov // Social'no-jekonomicheskoe razvitie: voprosy teorii i praktiki : Monografija [Socio-economic Development: Issues of Theory and Practice : Monograph] / Under gen. ed. of G.Ju. Guljaev. — Penza : Nauka i Prosveshhenie, 2020. — P. 119–129. [in Russian]

11. Merenkova S.P. Formirovanie funkcional'no-tehnologicheskikh svojstv mjasnogo farsha pod vozdejstviem kompleksa fermentov [Formation of functional and technological properties of minced meat under the influence of a complex of enzymes] / S.P. Merenkova, O.V. Zinina, S.I. Jakimov // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Pishhevye i

biotehnologii [Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology]. — 2019. — № 2. — P. 44–53. [in Russian]

12. Ponomarev V.Ja. Ispol'zovanie preparatov mikrobnogo sinteza dlja transformacii kollagensoderzhashhego syr'ja [Use of microbial synthesis preparations for transformation of collagen-containing raw materials] / V.Ja. Ponomarev, S.A. Morozova, T.N. Junusova [et al.] // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. — 2015. — № 18 (14). — P. 217–219. [in Russian]

13. Ponomarev V. Biotechnological transformation of raw materials with reduced technological properties by proteolytic preparations of various origins / V. Ponomarev, E. Yunusov, G. Ezhkova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — № 978. — P. 012051. — DOI: 10.1088/1755-1315/978/1/012051.

14. М 04-89-2019 Мjaso i mjasnaja produkcija. Metodika izmerenij massovoj doli zhira, belka i vlagi metodom spektroskopii v blizhnej infrakrasnoj oblasti s ispol'zovaniem analizatora «InfraLJuM FT-12» [M 04-89-2019 Meat and meat products. Methods of measuring the mass fraction of fat, protein and moisture by near infrared spectroscopy using the analyser 'Infralum FT-12']. 'LUMEX-MARKETING' LTD, № 021/RA.RU.311278/2019. — URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16/items/667925> (accessed: 23.09.2024). [in Russian]

15. Chernyh V.Ja. Informacionno-izmeritel'naja sistema na baze pribora «Strukturoometr ST-2» dlja kontrolja reologicheskikh harakteristik pishhevyh sred [Information-measuring system based on the device 'Structurometer ST-2' for control of rheological characteristics of food media] / V.Ja. Chernyh // Upravlenie reologicheskimi svojstvami pishhevyh produktov. Chetvertaja nauchno-prakticheskaja konferencija s mezhdunarodnym uchastiem [Management of rheological properties of food products. Fourth Scientific and Practical Conference with International Participation]. — M.: FSBSI NIIHP, 2015. — P. 24–29. [in Russian]

16. Sorapukdee S. Application of Collagenolytic Proteases from *Bacillus subtilis* B13 and *Bacillus siamensis* S6 for Tenderizing Goat Meat during Wet Aging / S. Sorapukdee, W. Samritphol, P. Sangsawad [et al.] // Food Sci Anim Resour. — 2024. — № 44 (2). — P. 430–442. — DOI: 10.5851/kosfa.2023.e79.

17. Nesterenko A.A. Biomodifikacija mjasnogo syr'ja s cel'ju poluchenija funkcional'nyh produktov [Biomodification of meat raw material in order to obtain functional products] / A.A. Nesterenko, K.V. Akopjan // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University]. — 2014. — № 101 (07). — P. 1719–1738. [in Russian]

18. Kudrjashov L.S. Kachestvo i bezopasnost' varenyh kolbas dlitel'nogo hranenija [vlijanie vnesenija nitrata i nitrita natrija] [Quality and safety of cooked sausages of long storage [influence of sodium nitrate and nitrite introduction]] / L.S. Kudrjashov, A.B. Lisicyn // Mjasnaja industrija [Meat Industry]. — 2018. — № 10. — P. 12–16. [in Russian]