

УДК 636.08

DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-19-29

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АГРАРНО-ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

INNOVATIVE CREATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL AND FOOD TECHNOLOGIES

Горлов И.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН
Сложенкина М.И., доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН
Анисимова Е.Ю., кандидат биологических наук
Княжеченко О.А., младший научный сотрудник

Gorlov I.F., doctor of agricultural sciences, professor, academician of RAS
Slozhenkina M.I., doctor of biological sciences, professor, correspondent member of RAS
Anisimova E.Yu., candidate of biological sciences
Knyazhechenko O.A., junior researcher

Поволжский научно-исследовательский институт
производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

Продовольственное обеспечение является важнейшим элементом жизнедеятельности общества, состояние которого в значительной мере определяет национальную и экономическую безопасность. Согласно Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы, предусматривается обеспечение стабильного роста производства продукции животноводства за счет применения новых племенных ресурсов, технологий производства высококачественных кормов и кормовых добавок, переработки, хранения и методов контроля качества сельскохозяйственного сырья, продукции и продовольствия. В статье представлены результаты научных изысканий ученых института, выполненные за период с 2015 по 2019 гг. в рамках гранта Российского научного фонда. Так, в ходе проведенных исследований были разработаны высокоэффективные подходы к повышению эффективности производства животноводческого сырья на основе внедрения современных молекулярно-генетических методов исследования ДНК, оптимизации паратипических факторов и биотехнологических приемов повышения продуктивного действия кормов. В ходе целенаправленной работы были разработаны методы управления механизмами целенаправленного формирования мясной и молочной продуктивности сельскохозяйственных животных; научно и практически обоснована рациональность использования территориально и экономически доступных сырьевых ресурсов при производстве конкурентоспособной продукции животноводства. Дана оценка технологическим и физиологически функциональным свойствам перспективных видов регионального животноводческого и растительного сырья. Проведен подбор ингредиентов рецептурных композиций и разработаны технологии создания новых молочных и мясных продуктов в соответствии с принципами нутрициологии и пищевой комбинаторики и выявлены критерии совместимости компонентов пищевых систем на всех этапах технологического процесса. Также были разработаны рациональные технологические приемы

обработки сырьевых ингредиентов для обеспечения максимальной сохранности полезных свойств рецептурных композиций в производственном процессе. Таким образом, фундаментальные исследования и научно-технические разработки включают в себя результаты современных молекулярно-генетических, селекционных, биотехнологических, физиолого-биохимических и зоотехнических исследований. Результаты проведенных научно-исследовательских работ будут способствовать развитию системных аграрно-пищевых технологий при производстве и переработке отечественной продукции животноводства, созданию высококачественной мясной и молочной продукции.

Food security is the most important element of the life of society, the state of which largely determines the national and economic security. According to the Federal scientific and technical program of agricultural development for 2017-2025, it is envisaged to ensure stable growth of livestock production through the use of new breeding resources, technologies for the production of high-quality feed and feed additives, processing, storage and quality control methods of agricultural raw materials, products and food. The article presents the results of scientific research carried out by scientists of the Institute for the period from 2015 to 2019 within the grant of the Russian scientific Foundation. So, in the course of studies was developed highly effective approaches to improve production efficiency of livestock feed through the introduction of modern molecular genetic techniques, DNA studies, optimization of paratypical factors and biotechnological methods of increasing productive action of forages. In the course of purposeful work methods of management of mechanisms of purposeful formation of meat and dairy productivity of agricultural animals were developed; rationality of use of territorially and economically available raw resources at production of competitive products of animal husbandry is scientifically and practically proved. The estimation of technological and physiologically functional properties of perspective types of regional animal and vegetable raw materials is given. Selection of ingredients of compounding compositions is carried out and technologies of creation of new dairy and meat products according to the principles of nutritiology and food combinatorics are developed; criteria of compatibility of components of food systems at all stages of technological process are revealed. Rational technological methods of processing raw ingredients were also developed to ensure maximum preservation of useful properties of prescription compositions in the production process. Thus, fundamental research and scientific and technical developments include the results of modern molecular genetic, breeding, biotechnological, physiological-biochemical and zootechnical studies. The results of the research will contribute to the development of systemic agricultural and food technologies in the production and processing of livestock products, the creation of high-quality meat and milk products.

Ключевые слова: животноводческая продукция, молекулярно-генетические исследования, аграрно-пищевые технологии.

Key words: livestock products, molecular genetic research, agricultural and food technologies.

Введение. Как показывают результаты исследований отечественных и зарубежных ученых, внедрение инновационных технологий в животноводстве предполагает зачастую не только техническое перевооружение, но и использование принципиально новых подходов с учетом генетического потенциала животных, агроэкологических условий зон их разведения, создания оптимальных условий содержания и кормления, оптимизации рационов кормления.

Представленные результаты научных изысканий посвящены прежде всего изучению особенностей региональных породных ресурсов и разработку рекомендаций по эффективному их использованию, что подтверждает актуальность исследований.

Материалы и методы. В ходе исследований проведены лабораторные, научно-хозяйственные и физиологические опыты. В процессе исследований использовались материалы бонитировки, первичного зоотехнического учета, производственного отчета хозяйств, планы селекционно-племенной работы. Объектами исследований являлись: бычки калмыцкой, казахской белоголовой, русской комолой породы; баранчики эдильбаевской, сальской, волгоградской пород; молодняк свиней крупной белой породы; ремонтный молодняк и куры родительского стада кроссов РОСС 308 и «Хайсекс коричневый»; инновационные кормовые добавки и препараты; синтетические аминокислоты (лизин и метионин); белково-витаминно-минеральная добавка с комплексом антибактериальных препаратов; биофлавоноиды и водорастворимые полисахариды – дегидрохверцетин и арабиногалактан. Исследования проводились в условиях промышленных комплексов Волгоградской, Саратовской, Ростовской областей, республики Калмыкия.

Генетический анализ проводился методом ПЦР-ПДРФ (полимеразной цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов). ПЦР-ПДРФ-анализ фрагмента гена GH выполняли с использованием эндонуклеазы. Рестрикционные фрагменты разделяли в агарозном геле. Визуализацию электрофореграмм проводили на трансиллюминаторе в УФ свете. По результатам молекулярно-генетического анализа устанавливали наличие и частоту аллелей и генотипов.

Лабораторные исследования кормов, получаемого сырья, пищевых добавок и продуктов проводили в аккредитованных лабораториях, в том числе комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП, полученные данные обрабатывали математическими и статистическими методами с определением критерия достоверности разности по Стьюденту и Фишеру при трех уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение. Дана оценка актуальности исследований, направленных на разработку высокоэффективных подходов к повышению эффективности производства продукции животноводства применительно к агроэкологическим условиям Юга России. Проведена оптимизация метода мультилокусного межмикросателлитного ПЦР-анализа ДНК (ISSR-фингерпринтинга) для оценки консолидированности стад сельскохозяйственных животных и раннего прогнозирования перспективности и чистопородности животных. Разработан комплексный подход для оценки генетического потенциала отечественных мясных пород скота и их помесей с одновременным использованием нескольких биотехнологических приемов, позволяющих оценивать генетическое разнообразие пород (ISSR и микросателлитный анализ), уровень полиморфизма генома у исследуемых животных и их чистопородность (ISSR и микросателлитный анализ) и однонуклеотидный полиморфизм (SNP) генов, ассоциированных с хозяйственно-ценными признаками. Проведен сравнительный анализ генофондов разводимых в России пород крупного рогатого скота разного направления продуктивности (20 выборок – 5 молочных пород, 9 мясных и 6 пород двойной продуктивности) на основе данных ISSR-анализа. На основе микросателлитного анализа определены генотипы по каждому из микросателлитных локусов и их частоты. На основе анализа SNP-генов определены частоты аллелей и генотипов по генам RORC, bGH, bGHR, LEP, LEPR, описаны комплексные генотипы.

На основе моделирования качественных показателей говядины определены направления и величины коррелятивных связей между изучаемыми признаками и выявлены основные факторные показатели (маркеры) для прогноза мясной продуктивности бычков казахской белоголовой и калмыцкой пород; разработаны модели для прогноза мясной продуктивности бычков и качественных показателей говядины. Обоснована научно-практическая значимость разведения крупного рогатого скота калмыцкой породы. Учитывая, что в формирование данной породы внесли вклад киргизская (кавказская), монгольская, якутская, тувинская и сибирская породы скота, а также отсутствие научных данных о калмыцкой породе на молекулярно-генетическом уровне, значительный интерес представляет дальнейшее детальное изучение ДНК животных. Проведено геномное сканирование племенного поголовья калмыцкой породы с использованием чипа illumina SNP IDV3 BeadChip с целью идентификации SNP-профилей и оценки племенной ценности животных, разработаны рекомендации по применению ДНК-маркеров и использованию результатов при создании селекционных программ совершенствования существующих и выведения новых пород и внутривидовых типов, разработаны рекомендации по ведению селекционной работы в направлении создания племенных стад с высоким генетическим потенциалом, формированию их оптимальной генеалогической структуры на основе современных молекулярно-генетических методов исследования ДНК. Изучены внутривидовые типы (генофонд) отдельной популяции калмыцкой породы крупного рогатого скота трех генеалогических линий, чистота которых подтверждена на основе молекулярно-генетической оценки уровня инбридинга, что позволяет оценить точность распределения потомков по линиям и подобрать будущую селекционную стратегию. Селекционная работа и разведение животных должны быть построены с учетом особенностей происхождения животных. При необходимости ведения селекционной работы по линиям возможно также учитывать пространственное расположение индивидуумов по линиям. Выявлены SNP-полиморфизмы с высокой долей вероятности, связанные с такими хозяйственно-полезными признаками, как «живая масса» и «среднесуточный прирост». Увеличение численности анализируемых образцов позволит повысить достоверность ассоциативного анализа. Впервые сформулированы и научно обоснованы методы, принципы и механизмы повышения генетического потенциала продуктивности скота калмыцкой породы за счет традиционных и современных методов селекции (разведения по линиям, типам телосложения и по генетическим маркерам, ассоциированным с уровнем и качеством мясной продуктивности). Изучены показатели интенсивности роста, мясной продуктивности, аминокислотного и жирнокислотного состава сырья, функционально-технологических свойств говядины, полученной от бычков калмыцкой породы при использовании новых кормовых добавок [10].

Изучены генетическое сходство и дистанции русской комолой породы крупного рогатого скота с современной ангусской породой. Научно обосновано, что в степных и сухостепных регионах страны с резко континентальным климатом, с экономической точки зрения, на мясо более выгодно выращивать молодняк русской комолой породы. В результате иммуногенетического типирования по группам крови выявлены особенности фонда популяций крупного рогатого скота русской комолой, абердин-ангусской и калмыцкой пород, выразившиеся в различной встречаемости антигенных факторов. Наименьшее генетическое расстояние имелось у популяций абердин-ангусской и русской комолой пород. В 1,4 раза большее генетическое удаление имели породы калмыцкая – русская комолой и в

1,7 раза породы калмыцкая – абердин-ангусская. Результаты молекулярно-генетических исследований генофонда скота ангусской (австралийской селекции) и русской комолой пород показали, что генофонд этих популяций имеет довольно высокое сходство. Однако суммарное содержание наиболее желательных GG/AA, AG/AA и AA/AA генотипов по генам RORC, GH и Ler по популяции русской комолой породы составило 47,5% и было больше, чем в ангусской, на 6,2% [7].

Получены сведения о темпах прироста живой массы, массы полутуш, показателях упитанности мясного скота при реализации травяного откорма с различными вариантами обогащения растительными маслами, изучен жирнокислотный состав говядины в нейтральных липидах и фосфолипидных фракциях, установлены наиболее перспективные схемы кормления мясного скота с позиции максимального накопления n-3 ПНЖК в мясе, рассмотрена взаимосвязь изменения цветовых характеристик мяса от его окислительной стабильности, проведена оценка формирования кулинарных качеств стейков говядины (вкус, сочность) [14].

Проведены молекулярно-генетические исследования ДНК овец сальской, волгоградской пород и породы «Советский меринос». Изучен полиморфизм генов GDF9, GH, CASP и MC4R. Отсутствие полиморфизма в генах BMPR1B и BMP15 не позволяет рассматривать их как генетические маркеры. Разработаны рекомендации по совершенствованию селекционной работы племенных хозяйств на основе выявления взаимосвязи генетических маркеров с формированием продуктивных качеств мелкого рогатого скота. Для изучения генетической структуры популяции волгоградской породы овец проведено тестирование по микросателлитным локусам. Проведенные исследования нуклеотидной последовательности D-петли мтДНК показали наличие одного корня волгоградской породы овец с мериносами австралийской селекции, но в дальнейшем дифференцированное развитие определило уникальные особенности этих пород. Проведенный анализ показал, что все мериносовые и тонкорунные породы отечественной селекции относятся к гаплогруппе В, мериносы австралийской селекции – к гаплогруппе А и алтайская порода овец относится к группе С.

Оптимизированы температурные режимы ПЦР для определения полиморфизма гена FABP4 и CLPG, изучено разнообразие аллельных вариантов гена FABP4, связанного с нежностью мяса у овец волгоградской и эдильбаевской пород, изучен полиморфизм гена CLPG, увеличивающего размеры каудальных мышц и поджарость овец волгоградской и эдильбаевской пород, даны рекомендации по совершенствованию селекционной работы в племенных хозяйствах на основе выявления взаимосвязи генетических маркеров с формированием продуктивных качеств сельскохозяйственных животных. Впервые изучен полиморфизм гена GH у овец карачаевской, эдильбаевской и калмыцкой пород. Дана характеристика аллелофонда по гену GH, определены желательные генотипы. Изучено воздействие генотипов гена GH на продуктивные качества овец. Изучена нуклеотидная последовательность D-петли мтДНК калмыцкой курдючной породы, а также исходного и нового внутривидового типа эдильбаевской породы. Изучен фрагмент мтДНК области D-петли, определена первичная структура нуклеотидов у овец калмыцкой и эдильбаевской пород исходного и нового типов. Установлены вариабельные нуклеотидные позиции участка D-петли мтДНК, которые могут быть использованы в качестве маркеров для сравнительного анализа пород овец отечественной и зарубежной селекций. Выполнена характеристика поголовья овец различных генотипов по молекулярно-генетическим параметрам на основе полногеномного анализа. В сравнительном аспекте изучены показатели роста, развития и

продуктивности овец эдильбаевской породы (исходного и нового типов), качественные и функционально-технологические характеристики полученной от них баранины [5, 6].

Разработаны модели на основе анализа взаимосвязи интерьерных и хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных животных разных генотипов с применением экономико-математических методов. Проведена аттестация по десяти системам групп крови племенного поголовья свиней крупной белой породы, разработаны способы прогнозирования откормочной и мясной продуктивности [3].

Научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования в свиноводстве системы расчета племенной ценности на основе молекулярно-генетического тестирования по ДНК-маркерам откормочной и мясной продуктивности (MC4R, IGF2, ROU1F1). Моделирование генетической структуры путем расчета аллельных комбинаций позволяет прогнозировать племенную ценность будущего потомства, значительно сокращая селекционный процесс, формировать продуктивные качества животных, функционально-технологические свойства животноводческого сырья, повышая рентабельность производства [12].

Научно обоснована и экспериментально подтверждена высокая эффективность применения в рационах цыплят-бройлеров микроэлементных комплексов (ОМЭК) на основе L-аспарагиновой аминокислоты, содержащей в своем составе железо, цинк, медь и марганец в органической форме, положительное влияние на продуктивность, потребление, переваримость и использование питательных веществ рационов. Проведены исследования по использованию ОМЭК и в рационах кормления молодняка крупного рогатого скота. Учитывая положительные результаты исследований, рекомендуется использовать изученную добавку и в сельхозпредприятиях, специализирующихся на производстве говядины.

Разработаны новые кормовые добавки с использованием антиоксидантного комплекса дигидрокверцетина и арабиногалактана, изучена эффективность его использования в комбикормах для птицы. Проведено сравнительное изучение яичной продуктивности, сохранности, конверсии питательных веществ и энергии кормов. Изучено качество инкубационных яиц (морфологические показатели, содержание витаминов А, Е, В₂, химический состав яиц, содержание дигидрокверцетина и арабиногалактана в яйцах), проанализированы результаты инкубации (анализ отходов инкубации, определение вывода здоровых цыплят и выводимость инкубационных яиц). Определена напряженность иммунитета после вакцинаций. Рассчитана экономическая эффективность применения премиксов с дигидрокверцетином и арабиногалактаном в кормлении кур родительского стада.

Установлено, что использование в питании крысят-отъемышей белково-витаминно-минеральной добавки, содержащей комплекс антибактериальных препаратов (тилозин, алаквиндокс, цинкбацитрацин) для свиней, приводит к токсическому поражению слизистой оболочки тонкого кишечника, нефротелия в проксимальном отделе нефронов почек, а также к развитию гиперплазии белой пульпы селезенки и микровезикулярной жировой трансформации большей части гепатоцитов в виде стеатоза печени. Изучено влияние говядины травяного и зернового откорма на липидный обмен и уровень накопления ПНЖК организмом при кормлении опытных мышей. Выполнен анализ влияния α -линоленовой и линолевой кислот на развитие атеросклероза у опытных мышей. Изучен способ снижения развития атеросклероза у опытных мышей за счет дополнительного введения в рацион ПНЖК в виде различных масел [9, 16].

Разработаны рекомендации по использованию новых ресурсосберегающих биотехнологических приемов повышения продуктивного действия кормов для сельскохозяйственных животных и птицы, научно обоснованы инновационные технологии получения и применения белоксодержащих продуктов из нута различных селекций при производстве пищевых изделий и кормовых средств с учетом генетических особенностей и функционально-технологических свойств белков. С учетом требований подбора трав на пастбищных угодьях Юга России рекомендован следующий травостой: райграс+ежа+клевер+многолетнее сорго. Скармливание данных видов трав в свежем и консервированном виде с добавлением деодоразы, в качестве источника сапонинов, наиболее перспективно для благоприятного изменения липидного метаболизма рубца [1, 15]. Рационы, включающие экструдаты нута, способствуют интенсификации процессов метаболизма в организме, что позволяет повысить продуктивные качества сельскохозяйственных животных и птицы, а также снизить затраты кормов, что способствует повышению экономической эффективности производства животноводческого сырья.

Разработана технология получения экструдированного корма высокого качества за счет использования при его приготовлении отходов масличного производства (нетрадиционных культур) и крупки зерна нута новых селекций. Предложенный способ откорма молодняка крупного рогатого скота мясного направления позволяет в значительной степени увеличить производство высококачественной говядины.

Разработано научно-методическое сопровождение, раскрывающее практические аспекты применения современного аналитического оборудования для идентификации количественного и качественного состава сырья и пищевых продуктов с обнаружением следовых количеств специфичных физиологически активных компонентов; исследования физико-химических и структурно-механических свойств пищевых систем; проектирования новых приемов технологических воздействий и обоснования возможности их применения в перспективных способах производства.

Разработан новый эффективный способ мониторинга содержания тяжелых металлов в регионах с различной антропогенной нагрузкой на основе использования цветочной пыльцы в качестве критерия уровня загрязнения окружающей среды.

Разработаны общие методы получения проколлагена и коллагена, химерных коллагенов. Проведен анализ пептидного профиля и содержания аминокислот в органах свиньи (тимус, селезенка и лимфатические узлы). Получены трансгенные, рекомбинантные коллагены и их цепи [2]. Проведены комплексные исследования веществ копильного дыма, проницаемости дымных компонентов распада термолизированной древесины, исследования модельных мясных систем с введением веществ, обладающих антирадикальной активностью, комплексообразователей и ингибиторов, исследования возможностей использования защитных оболочек и анализ технологических приемов снижения канцерогенных веществ в копченой мясной продукции. Проведены мониторинговые исследования накопления канцерогенных веществ, отбор основных онкоассоциированных веществ различной химической природы. Разработаны методики определения биогенных аминов и гетероциклических аминов с помощью ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектированием, выполнен анализ степени извлечения и чувствительности при обнаружении следовых количеств. Получены результаты исследований накопления биогенных аминов и гетероциклических аминов в процессе производства мясных продуктов.

Проведена оценка технологического потенциала использования новых сырьевых ингредиентов в производстве кормовых средств и социально значимой пищевой продукции, научно обоснована функционально-технологическая совместимость компонентов в составе новых пищевых систем, разработаны технологии и изучены потребительские свойства новых мясо-молочных продуктов для разных групп населения. Разработаны и научно обоснованы рецептуры, проведена экспериментальная выработка новых видов мясной и молочной продукции повышенной биологической ценности, изучены функционально-технологические свойства и аминокислотный состав выработанных продуктов. Разработаны и научно обоснованы инновационные подходы к биотрансформации белковых компонентов мясного сырья с использованием ферментов для обработки сырья с целью последующего выделения коллагеноподобных соединений и фракций коллагена. Предложены механико-экстракционные методы выделения коллагена, описаны процессы получения порошкообразного коллагена, методы получения коллагенов экстракцией органическими растворителями, предложены методы получения гидролизатов из смеси мышечной и костной тканей животного происхождения. Предложены режимы ускоренной подготовки коллагенсодержащего сырья, подходы к получению фракций коллагена с заданным молекулярно-массовым распределением.

Дано научное обоснование рецептурного состава новых мясных и молочных продуктов. Выполнена оценка функционально-технологической совместимости компонентов в составе новых пищевых систем с целью повышения технологической адекватности разработанных рецептур. Разработаны технологии производства новых мясных и молочных продуктов повышенной пищевой и биологической ценности [4, 8, 11].

Выявлены закономерности остаточного содержания ПАУ от типа копчения, упаковочного материала, рецептуры мясного продукта. Установлено повышенное образование ПАУ из древесины ореха, что объясняется повышенным содержанием веществ хиноидной структуры, характерное для ореховых пород. Установлено, что содержание ПАУ в продукте прямо пропорционально длительности процесса нагревания древесины, температуре образования дыма и концентрации СО и СО₂, при этом обратно пропорционально концентрации кислорода. Обосновано, что контроль только за одним из 15 ПАУ (содержание бенз[а]пирена, токсичность которого условно принята за 1) является недостаточным, так как наличие остальных ПАУ с учетом фактора их относительной опасности является нежелательным. В мясных изделиях дымного копчения, без оболочки, суммарное содержание 15 ПАУ в среднем на 25% выше, чем в продуктах, изготовленных в натуральной (черевы, синюги) и искусственных (белковая и фиброузная) оболочках, вне зависимости от типа копчения. Наиболее проницаемой для ПАУ является натуральная оболочка, которую традиционно изготавливают из кишок сельскохозяйственных животных. Натуральные оболочки наиболее проницаемы для низкомолекулярных наименее канцерогенных ПАУ. Остаточное же содержание высокомолекулярных более канцерогенных дибенз(а)пиренов в белковой оболочке сравнимо с натуральной. Несмотря на то что остаточное количество ПАУ в белковой оболочке в среднем на 30% ниже, чем в натуральной, общая канцерогенность продукта в натуральной и белковой оболочках не столь различна. В продукте без оболочки содержание ПАУ в значительной степени зависит от толщины продукта, которая в свою очередь влияет на степень проникновения копильных веществ. Существенное влияние на уровень поглощения ПАУ из паро-газовой фазы при термоллизе древесины оказывает содержание жира в обрабатываемой продукции, которое при прочих равных условиях увеличивает степень

абсорбции ПАУ более чем в десять раз, особенно наиболее канцерогенных. В продуктах, изготовленных по технологии бездымного копчения, по результатам исследований, остаточное содержание ПАУ до 10 раз ниже по сравнению с продукцией традиционного копчения. Следует отметить значительное содержание бенз[а]пирена в полуфабрикатах, жареных при 393°C, количество которого выше в 8-10 раз по сравнению с полуфабрикатами жареными при 360°C. Кратное увеличение остаточного содержания других ПАУ так же наблюдается при увеличении температуры, однако индикаторная роль бенз[а]пирена для жареных продуктов очевидна. Таким образом, традиционное предпочтение потребления копченых продуктов фактически может приводить к дальнейшим неблагоприятным последствиям, вызванным кумулятивным накоплением опасных веществ в организме человека. Получены результаты сравнительных испытаний методик определения содержания токсичных веществ в животноводческом сырье и пищевых продуктах, дана оценка возможностям химико-аналитического оборудования, сформированы и научно обоснованы методические подходы к подготовке проб и инструментальному анализу токсичных веществ, разработаны аппаратно-программные параметры и оптимизированная методика определения токсичных веществ «Определение содержания полициклических ароматических углеводородов методом тандемной жидкостной хромато-масс-спектрометрии» [13].

По результатам выполнения исследований подготовлено и успешно защищено 9 диссертационных работ (на соискание ученой степени доктора наук – 3, на соискание ученой степени кандидата наук – 6), получено 5 патентов РФ на изобретения, опубликовано 23 работы в международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus (в том числе Q4 – 4, Q3 – 9, Q2 – 2) с общим числом цитирований 88.

Результаты выполненных работ были представлены в СМИ, на международных и всероссийских конференциях, в том числе Агропромышленной выставке «Золотая осень», и удостоены положительных оценок, дипломов и медалей.

Заключение. Все результаты, полученные благодаря финансированию РФФИ, обладают научной новизной (получены впервые), актуальны (признаны научным сообществом на сегодняшний день фундаментальными, передовыми и наукоемкими), имеют мировой уровень значимости (опубликованы в изданиях, индексируемых международными базами научного цитирования Web of Science Core Collection и Scopus), в том числе гармонично вписываются в рамки целевых государственных программ Российской Федерации, разработанных для удовлетворения потребностей российской экономики и общества. Высокий уровень приоритетности полученных результатов был обеспечен наличием и дополнительным созданием за счет средств гранта следующих условий: современная экспериментальная база и сотрудничество с ведущими исследовательскими организациями, совместная работа коллектива с приглашенными молодыми учеными, кандидатами наук, ведущими учеными России, а также перспективными студентами и аспирантами, что в дальнейшем создает возможность их становления как молодых исследователей, развития научных коллективов, формирует умения и навыки работать на современном высокотехнологичном оборудовании с использованием прогрессивных методов анализа; привлечение в науку новых исследователей, подходов, компетенций, что в перспективе обеспечивает развитие современной науки, формирует обратную связь с научным сообществом. В прикладном аспекте завершённый проект является высоко значимым для развития агропромышленного комплекса страны, большинство результатов успешно внедрены на сельхозпредприятиях Юга России и республики Калмыкия, занимающих лидирующие позиции среди предприятий-конкурентов, что способствует повышению

региональных экономических показателей, интенсивности производства животноводческой продукции.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Библиографический список / Reference

1. Gorlov, I.F. Assessment of the influence of herb fattening on the productivity and quality of beef cattle meat / I.F. Gorlov, R.S. Omarov, M.I. Slozhenkina, E.Yu. Zlobina, N.I. Mosolova, S.N. Shlykov // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2018. – № 9 (4). – P. 1088-1094.
2. Gorlov, I.F. Collagen from porcine skin: a method of extraction and structural properties / I.F. Gorlov, E.I. Titov, G.V. Semenov, M.I. Slozhenkina, A.Yu. Sokolov, R.S. Omarov, A.I. Goncharov, E.Yu. Zlobina, E.V. Litvinova, E.V. Karpenko // International journal of food properties. – 2018. – № 21. – P. 1031-1042.
3. Gorlov, I.F., Chemical composition, biological values and processing properties of meat from pigs fed with a new biologically active supplement in their rations / I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, Z.B. Komarova, E.S. Heruvimskikh, O.E. Krotova, V.G. Friesen, S.M. Ivanov, A.V. Rudkovskaya, Yu.D. Danilov // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. – 2018. – № 9 (6). – P. 1497-1503.
4. Gorlov, I.F. Chemical processing characteristics of protein sludge / M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, L.F. Grigoryan, D.V. Murzagaliyeva, O.A. Knyazhechenko, N.A. Prom, D.A. Mosolova // Dusunen Adam. – 2019. – № 10 (1). – P. 2086-2091.
5. Gorlov, I.F. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two russian sheep breeds / I.F. Gorlov, Y.A. Kolosov, N.V. Shirokova, L.V. Getmantseva, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Yu. Kolosov, E.Yu. Zlobina // Rendiconti lincei. – 2018. – № 29 (1). – P. 61-66.
6. Gorlov, I.F. Polymorphism of CLPG gene in three sheep breeds grown in the steppe zone of the Russian Federation / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, Yu.A. Kolosov, A.Yu. Kolosov, L.V. Getmantseva, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Yu. Anisimova, V.V. Ponomariov // Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. – 2020. – № 7 (1). – P. 51-55.
7. Gorlov, I. Productivity and Qualitative Meat Indicators of Angus Steers of Various GH Genotypes / I. Gorlov, A. Randelin, M. Slozhenkina, N. Mosolova, V. Randelina, O. Sutorma, Y. Fedorov, Y. Danilov // Advances in Animal and Veterinary Sciences. – 2019. – № 7 (5). – P. 427-433.
8. Gorlov, I.F. Physical factors relevant for efficient Hawthorn fruit extraction / I.F. Gorlov, O.V. Drucker, V.V. Kryuchkova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, O.A. Knyazhechenko // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2019. – № 13 (1). – P. 651-657.
9. Gorlov, I.F. Study of the influence of beef with an improved fatty acid composition on the development of atherosclerosis in animal experiments / I.F. Gorlov, R.S. Omarov, M.I. Slozhenkina, E.Yu. Zlobina, N.I. Mosolova, S.N. Shlykov // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2018. – № 9 (4). – P. 1159-1162.
10. [Gorlov, I.F. The effectiveness and advantages of sapropel in feeding steers / I.F. Gorlov, V.F. Radchikov, V.P. Tsai, M.I. Slozhenkina, E.Yu. Zlobina, E.V. Karpenko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – № 9. – P. 583-592.](#)
11. Gorlov, I.F. The effect of melon and watermelon concentrates on consumer properties of polycomponent dairy dessert / I.F. Gorlov, I.V. Mgebrishvili, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, I.A. Tarasova // Potravinarstvo: Slovak Journal of Food Sciences. – 2019. – № 13 (1). – P. 438-442.
12. Gorlov, I.F. The evaluation of combining ability of lines in hybridization of pigs / I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, O.L. Tretyakova, O.P. Shahbazova, D.A. Mosolova // Dusunen Adam. – 2019. – № 10 (1). – P. 1164-1171.

13. Kulikovskii, A.V. Determination of Nitrofuran Metabolites in Muscular Tissue by High-Performance Liquid Chromatography with Mass Spectrometric Detection / A.V. Kulikovskii, I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, N.L. Vostrikova, A.N. Ivankin, O.A. Kuznetsova // Journal of analytical chemistry. – 2019. – № 74 (9). – P. 906-912.
14. Omarov, R. Applying methods of mathematical modeling in cattle breeding / R. Omarov, I. Gorlov, M. Slozhenkina, N. Mosolova, S. Shlykov // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – № 8 (12). – P. 185-187.
15. Omarov, R Development of A Technology for the Directed Modification of Fatty Acid Composition of Beef in Grass-Fed Feeding / R. Omarov, I. Gorlov, M. Slozhenkina, N. Mosolova, S. Shlykov // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – № 8 (4). – P. 5969-5972.
16. Omarov, R.S. Effect of Use in the Diet of α -Linoleic and Linoleic Acids on the Development of Atherosclerosis in Experimental Mice / I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, E.Yu. Zlobina, N.I. Mosolova, S.N. Shlykov // Indo american journal of pharmaceutical sciences. – 2019. – № 6 (3). – P. 5651-5653.

E-mail: niimmp@mail.ru