

*На правах рукописи*

**САМИГУЛЛИН ДИНАР ИЛЬСУРОВИЧ**

**САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНЫХ  
ПРОДУКТОВ С ЗАМЕНИТЕЛЕМ МОЛОЧНОГО ЖИРА И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА ОРГАНИЗМ БЕЛЫХ МЫШЕЙ**

06.02.05 – ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-  
санитарная экспертиза

03.01.04 – биохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Казань – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»

**Научные руководители:**

**Волков Ренат Алиевич**

кандидат биологических наук, доцент;

**Ежкова Асия Мазетдиновна**

доктор биологических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Смоленцев Сергей Юрьевич**

доктор биологических наук, доцент,  
профессор кафедры технологии производства  
продукции животноводства ФГБОУ ВО  
«Марийский государственный университет»

**Выштакалюк Александра Борисовна**

доктор биологических наук, старший научный  
сотрудник лаборатории химико-  
биологических исследований Института  
органической и физической химии им. А.Е.  
Арбузова – обособленного структурного  
подразделения ФГБУН «Федеральный  
исследовательский центр «Казанский научный  
центр Российской академии наук»

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Ульяновский государственный  
аграрный университет имени П.А.  
Столыпина»

Защита диссертации состоится «25» ноября 2021 года в «15<sup>00</sup>» часов на заседании диссертационного совета Д 220.034.01 на базе ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» по адресу: 420029, г. Казань, ул. Сибирский тракт, 35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана и на сайте <https://kazanveterinary.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г и размещен на сайтах <http://www.vak.ed.gov.ru> и <https://kazanveterinary.ru>

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Асия Мазетдиновна Ежкова

## 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** На современном этапе большое внимание уделяется обеспечению населения страны качественными и полноценными продуктами питания (Е.А. Юрова, 2015; Н.И. Дунченко, С.В. Денисов, 2018; А.В. Горбатов и др., 2018). Особое внимание заслуживает сектор по производству молока и молочной продукции, объемы которого ежегодно увеличиваются. В связи с этим одной из основных задач является контроль качества и безопасности продуктов (Распоряжение Правительства Российской Федерации, 2016).

Значительная доля научных трудов посвящена исследованиям молочных продуктов, комбинированных различными компонентами, улучшающих как их вкусовые свойства, так и насыщающих пищевую ценность. Большой объем исследований направлен на определение качества молочных продуктов насыщенных микронутриентами, изготовленных с применением заменителей молочного жира с содержанием в составе фитостеринов и не молочных жиров животного происхождения (А.А. Круглякова и др., 2015; Н.А. Жижин и др., 2020).

На сегодняшний день отсутствует единое мнение в вопросе замены молочного жира растительными маслами, в том числе и пальмовым, и не молочными жирами животного происхождения (О.С. Медведев, З.О. Медведева 2017). Ряд исследователей описывают пагубное влияние их на живые организмы, в то же время имеются публикации, где показан положительный биологический эффект при комбинировании или введении их в состав молочной продукции (З.В. Ловкис, 2016; Л.В. Янковская и др., 2016; А.Ю. Куликова и др. 2020).

Введение комбинирующих заменителей молочного жира в молочную продукцию сказывается не только на его потребительских свойствах, но и на здоровье населения. В связи с чем, исследования санитарного качества и безопасности молочных продуктов, изготовленных с использованием заменителей молочного жира, изучение их влияния на живые организмы является актуальным.

**Степень разработанности темы.** В научных публикациях зарубежных авторов в последнее десятилетие показано положительное влияние на живые организмы молочных продуктов, растительных масел и маргаринов, обогащенных фитостеринами (J.M. Bard, 2015; F.L. Wang et al., 2019). В исследованиях авторов показано, что подобные продукты профилактируют болезни органов сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта и проявляют противоопухолевые действия в организме (Angela Oliveira Godoy, 2020).

В исследованиях отечественных авторов показано, что на российском рынке имеет место оборот продуктов, не отвечающих потребностям большинства населения, а также фальсифицированной пищевой продукции до 8% от общего объема продукции (Е.Ю. Лобач, 2015; Т.А. Петрова и др. 2020). Работы многих авторов посвящены исследованию качества молочных продуктов, произведенных с использованием молочных заменителей, а так же контролю качества заменителей сырья и количества компонентов. Имеются разрозненные и противоречивые исследования по влиянию молочных продуктов с содержанием разных видов заменителей молочного жира, в том числе и пальмовых масел, на живые организмы (Л.Н. Буданина, 2015; Н.В. Гончаров и др., 2019).

Проведенные нами исследования являются частью плановых научно-исследовательских работ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана» (ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ) по теме «Безопасность растениеводческой и животноводческой продукции».

**Цель и задачи исследований.** Цель – исследование свойств молочных продуктов с заменителем молочного жира и изучение их влияния на живые организмы.

Задачи исследований:

1. Изучить потребительский рынок молочных продуктов и выявить качественные и количественные показатели нестандартной продукции.
2. Провести сравнительную оценку биобезопасности, стерильного и жирно кислотного составов стандартных и нестандартных молочных продуктов, пальмового масла и не молочных жиров животного происхождения.
3. Исследовать органолептические, физико-химические свойства, фитостериновый и жирно кислотный составы сметаны с массовой долей молочного жира 15% и молоко содержащего продукта с заменителем молочного жира (ЗМЖ) произведенного по технологии сметаны с заявленной жирностью 15% в гарантийный и постгарантийный сроки хранения.
4. Изучить влияние разных количеств сметаны с содержанием молочного жира, молоко содержащего продукта с ЗМЖ изготовленного по технологии сметаны и пальмовых масел для пищевых и технических целей на

морфометрические показатели роста, развития белых мышей, морфологические и биохимические показатели крови.

5. Изучить комплексное действие кисломолочного продукта и агросорбента на организм белых мышей.

**Научная новизна исследований.** На основании проведенных исследований установлен объем нестандартной молочной продукции на современном потребительском рынке и выделены основные модификаторы-фальсификаторы – растительные масла и не молочные жиры животного происхождения. Впервые установлена возможность и адаптирована методика исследования стеринового состава жидких кисломолочных продуктов газожидкостной хроматографией.

Дана сравнительная оценка санитарно-гигиенических показателей пальмовых масел для пищевых и технических целей и биологического эффекта в организме белых мышей. Впервые изучена динамика и установлены различия фитостеринового и жирно-кислотного составов сметаны с массовой долей молочных жиров 15% и молокосодержащего продукта с ЗМЖ изготовленного по технологии сметаны с заявленной жирностью 15% (молокосодержащий продукт с ЗЖМ) в гарантийный и постгарантийный сроки хранения.

В результате длительного применения в кормлении белых мышей сметаны с массовой долей молочного жира 15%, молокосодержащего продукта с ЗМЖ, пальмовых масел для пищевых и технических целей получены новые знания об влиянии их на общее состояние, рост и развитие и гематологические показатели животных. Показана синергическая эффективность комплексного применения кисломолочных продуктов с агросорбентами в отношении сорбции солей свинца в организме белых мышей.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные результаты расширяют теоретические представления о вариабельности составов, количеств и свойств молочных продуктов на основе растительных масел и не молочных жиров животного происхождения и механизмах их воздействия на живые организмы в условиях длительного поступления в организм с рационом. В теоретическом аспекте обоснована возможность исследования стеринового состава жидких кисломолочных продуктов с применением метода газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Практическая значимость работы представлена разработкой и внедрением в производство методической рекомендации «Определение стеринов в жидкой

кисломолочной продукции методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием», утвержденных научно-техническим советом ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ (протокол 1 от 11.03.2021).

Результаты диссертационной работы возможны к использованию в учебном процессе при преподавании курсов ветеринарно-санитарной экспертизы и биохимии в ветеринарных и сельскохозяйственных высших учебных заведениях РФ, и в государственных лабораториях продовольственных рынков.

**Методология и методы исследований.** Методологические подходы обоснованы анализом отечественных и зарубежных публикаций по тематике исследований, современности используемых методов и оборудования, анализе полученных результатов.

В работе использовали методы газожидкостной и газовой хромато-масс-спектрометрии, органолептические, физико-химические, биохимические бактериологические, технологические методы исследования молочных продуктов и пальмового масла, клинико-физиологические методы исследования животных, гематологические, токсикологические, морфологические методы исследований органов и тканей. Часть исследований по определению фитостеринов и жирнокислотного состава продуктов проводили в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)», г. Казань, за что им признательны и благодарны.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Анализ потребительского молочного рынка на нестандартную продукцию. В нестандартной молочной продукции присутствуют фитостерины и не молочные жиры животного происхождения.

2. Состав и свойства пальмового масла для пищевых целей отличаются от пальмового масла для технических целей. Введение технического масла в рацион белых мышей способствует снижению массы тела, при увеличении массы паренхиматозных органов.

3. Результаты исследования состава и свойств сметаны с массовой долей молочного жира 15% и молокосодержащего продукта с ЗМЖ в гарантийный и пост гарантийный сроки хранения.

4. Использование пальмового масла для пищевых целей и кисломолочных продуктов с ЗМЖ в кормлении белых мышей не оказывает отрицательного

влияния на общее состояние животных, массу тела и внутренних органов, улучшает морфологические и биохимические показатели крови.

5. Введение в рацион белых мышей кисломолочного продукта и агро-сорбента способствует уменьшению содержания свинца.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов обусловлена значительным объемом экспериментального материала – 3 687 проб, постановкой экспериментов с применением животных, подобранных по принципу аналогов, использованием современных методов и оборудования. Полученные цифровые данные обработаны биометрически с применением программных комплектов Microsoft Office Excel – 2016, используя методы вариационной статистики.

Основные результаты научных исследований доложены, обсуждены и одобрены на годовых отчетах по итогам НИР на заседаниях межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ» в период с 2019 по 2021 гг.; на Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК» (Казань, 2019); на XVI Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии», посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов (Казань, 2019); Международной научно-практической конференции «Инновационные разработки и цифровизация АПК» (Казань, 2020); на XVII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань, 2020); Международной научно-практической конференции «Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения» (Пенза, 2020-2021).

**Личный вклад автора.** Планирование, подготовка, проведение экспериментов, статистическая обработка результатов, формулирование выводов, основных положений, выносимых на защиту и оформление диссертации, проведены диссертантом лично. Доля участия автора в выполнении работ составила 85%.

**Публикация результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 10 работ, из которых 3 в ведущих рецензируемых научных

журналах и изданиях в соответствии с перечнем ВАК при Министерстве образования и науки РФ; в международных базах цитирования Web of Science и Scopus – 1, коллективная монография – 2, методическая рекомендация для внедрения в производство – 1.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация содержит разделы: введение (8 с.), обзор литературы (19 с.), материалы и методы исследований (9 с.), результаты собственных исследований (64 с.), заключение (3 с.), предложение производству (1 с.), список литературы (32 с.), список иллюстративного материала и таблиц (5 с.), список сокращений наименований (1 с.) и приложения (2 с.). Работа изложена на 148 страницах компьютерного текста, содержит 28 таблиц, 33 рисунка. Список литературы включает 267 источников, в том числе 196 зарубежных.

## **2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Материалы и методы исследований**

Работа выполнена в ФГБОУ ВО Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана в межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии. Объектами исследования стали: 1123 проб молока, 32 пробы йогурта, 598 проб кисломолочных продуктов (сметана, творог, твороженная масса, сырки, твороженные продукты), 468 проб жидких кисломолочных продуктов (айран, ацидофилин, кефир, кумыс, простокваша и ряженка), 1338 проб твёрдых молочных продуктов (масло, сыр), 6 проб пальмового масла для пищевых целей и пальмового масла для технических целей, 12 проб куриного, бараньего, гусиного, говяжьего жиров. В экспериментах были использованы 252 нелинейные белые мыши.

Определение фитостеринов в продукции проводили по ГОСТ 33490-2015 методом хромато-масс-спектрометрии на хроматографе Agilent 7890В (*США*). Определение жирно-кислотного состава и массовой доли трансизомеров жирных кислот проводили методом газожидкостной хроматографии на комплексе хроматографическом Хромос «ГХ-1000» (*Россия*) по ГОСТ 32915-2014, ГОСТ 31754-2012. Исследования на содержание токсичных элементов проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной атомизацией на спектрометре Perkin Elmer «PinAAcle900F» (*США*) по ГОСТ 30178-96. Исследования пальмового масла для идентификации фракций были проведены по



показателям: органолептические – по ГОСТ 5472-50, кислотное число – ГОСТ 31933, ГОСТ 33441, ГОСТ Р 50457; перекисное число – ГОСТ ISO 3960, ГОСТ ISO 27107, ГОСТ 26593, ГОСТ 33441, ГОСТ Р 51487; влага – ГОСТ 11812, ГОСТ Р 50456; жир – расчетным методом; фитостерины – ГОСТ 33490; транс-изомеры жирных кислот – ГОСТ 31754-2012. Часть испытаний проводили на газовом хроматографическом комплексе «Хромос ГХ-1000» (Россия) и газовом хромато-масс-спектрометре Agilent 7890В (США). Содержание жирных кислот в жирах животного происхождения определяли по ГОСТ 32261-2013; ГОСТ 31663-2012 и ГОСТ 32915-2014, ГОСТ 31754-2012 методом газовой хроматографии на средстве измерения «Хромос ГХ-1000» (Россия).

## 2.2 Результаты исследований

### 2.2.1 Исследование молочной продукции и анализ состояния потребительского рынка Республики Татарстан на содержание фитостеринов

В период с 2017 по 2019 годы удельный объем нестандартных проб молочной продукции потребительского рынка Республики Татарстан (РТ) уменьшился с 8,17 до 6,88 % (табл. 1).

Таблица 1 – Исследование молочных продуктов на содержание стеридов

Показатели	Период исследований, гг			Итого за 2017-2019 гг
	2017	2018	2019	
Общее количество проб	868	868	1018	2754
Количество нестандартных проб	71	69	70	210
% нестандартных проб	8,17	7,94	6,88	7,63

Долевое содержание нестандартных проб по видам молочных продуктов колебалось в пределах: по молоку – 5,2-8,1%, творога – 5,5-16,6%, сметаны – 11,3-15,4%, масла – 3,4-12,6% и сыра – 9,3-10,3%. В нестандартных пробах молочных продуктов установлены основные фитостериновые фракции – кампестерин, стигмастерин, бета-ситостерин и брассикостерин, и не выявлены жирные кислоты молочного жира.

В хроматограммах нестандартных проб молока кроме содержания холестерина в доле  $78,3 \pm 3,4\%$ , были обнаружены фитостерины: кампестерин, стигмастерин и бета-ситостерин с долевым их содержанием  $4,1 \pm 0,6$ ;  $3,1 \pm 0,5$  и  $12,9 \pm 1,2\%$ , соответственно.

В твердых молочных продуктах – масле и сыре – доля нестандартных проб, содержащих фитостерины, составила 8,01 и 6,56%. В масле – единственном продукте, кроме холестерина в доле  $59,6 \pm 5,1\%$  присутствовали четыре вида фитостеринов: брассикостерин, кампестерин, стигмастерин и бета-ситостерин соответственно,  $0,4 \pm 0,1\%$ ;  $0,8 \pm 0,1\%$ ;  $9,1 \pm 1,7\%$  и  $24,1 \pm 3,2\%$ . В хроматограммах нестандартных проб сыра кроме холестерина в доле  $3,1 \pm 0,7\%$ , были обнаружены фитостерины: кампестерин, стигмастерин и бета-ситостерин с долевым соотношением  $17,4 \pm 2,8\%$ ;  $2,4 \pm 1,1$  и  $74,3 \pm 5,4\%$ , соответственно.

Проведённый анализ присутствующих на потребительском рынке молочных продуктов показал наличие фальсифицированной продукции по содержанию фитостеринов и неполную разработанность нормативно-методических документов. В связи с чем, разработаны методические рекомендации, позволяющие расширить область применения и проводить качественное определение стерин в жидких кисломолочных продуктах. Подобранные параметры температурных режимов хромато-масс-спектрометра позволили сократить время проведения анализа с 45 минут до 20 минут. Процесс подготовки пробы от выделения жира до получения свободных стерин был унифицирован и сокращён по времени в 2 раза.

В кисломолочных продуктах доля нестандартных проб, содержащих фитостерины, составила 4,95%. В йогурте и жидких кисломолочных продуктах (айран, ацидофиллин, кефир, простокваша, ряженка, кумыс и кумысный продукт) за исследованный период фитостерины не обнаружены. Наибольшей модификации растительными стеринами подверглись сметана и продукты на ее основе, что составило 3,71% от общей доли кисломолочных продуктов. В хроматограммах нестандартных проб сметаны и продуктах на ее основе кроме холестерина в доле  $70,4 \pm 4,6\%$ , были обнаружены фитостерины: кампестерин –  $3,9 \pm 0,9\%$ , стигмастерин –  $2,4 \pm 0,8\%$  и бета-ситостерин –  $17,9 \pm 2,1\%$ . В меньшей доле отмечали фитостерины в твороге и творожной продукции, что составило 1,24% от общего количества модифицированной кисломолочной продукции. В хроматограммах нестандартных проб творога, твороженной массы, зернёного творога, сырков и творожных продуктов кроме холестериновой фракции в доле  $2,1 \pm 0,8\%$ , были обнаружены фитостерины: кампестерин –  $15,8 \pm 2,4\%$ , стигмастерин –  $2,5 \pm 0,7\%$  и бета-ситостерин –  $72,4 \pm 5,6\%$ .

### 2.2.2 Характеристика пальмового масла

Одним из самых распространенных видов растительного сырья, которое широко используется в пищевой промышленности во всем мире, является пальмовое масло. Из общего количества мирового потребления растительных масел объем пальмового масла составляет 75%. При анализе объемов поступления пальмового масла на территорию Российской Федерации можно проследить тенденцию увеличения импорта в период с 2014 по 2018 годы (рис. 1).

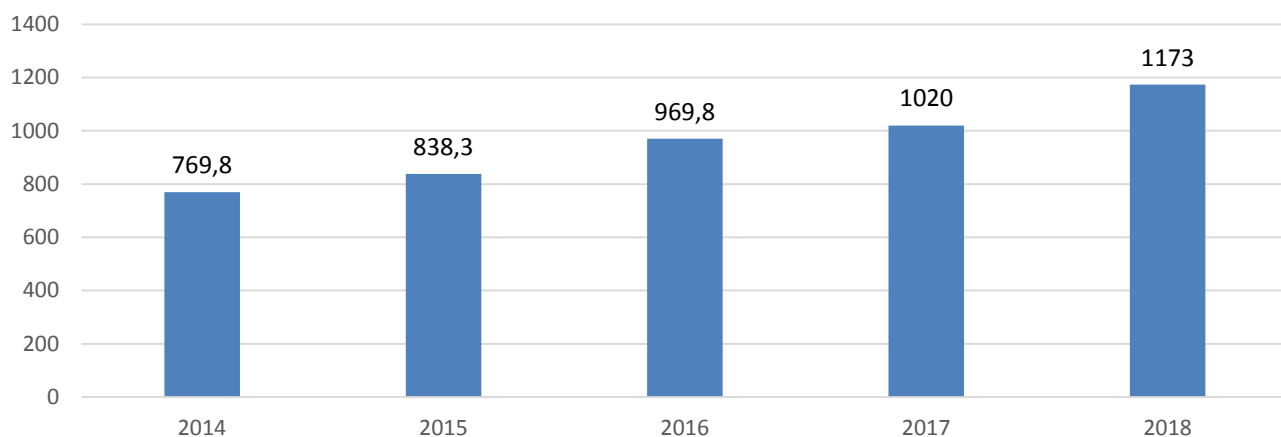


Рисунок 1 – Количество импортированного пальмового масла на территорию Российской Федерации, тыс. тонн

За этот период в Республику Татарстан было ввезено 555,5 тонн, что составило 0,016 % от общего импортированного объема пальмового масла в РФ.

Сравнительная оценка органолептических показателей масел для пищевых и технических целей выявила, что масла не имели посторонних вкусов и запахов, но существенно отличались по цвету и прозрачности в расплавленном состоянии - для пищевых целей – желтое и температура плавления 52,5°C, для технических – интенсивно оранжевое и 53,0°C. При исследовании физико-химических показателей установлено, что по показателям кислотного числа, содержания влаги и жира пальмовые масла для пищевых и технических целей существенно не различались. Выявлена значительная разница показателей перекисного числа – в масле для технических целей его значение составило 3,9 мэквО<sup>2</sup>/кг и превышало аналог для пищевых пальмовых масел в 3 раза.

Исследование пальмового масла на содержание фитостеринов показало, что долевое соотношение кампестерина масел для пищевых и технических целей существенно не различались. Содержание стигмастерина в масле для пищевого использования было больше на 26,3%, чем в масле для технических целей.

Количество бета-ситостерина в масле для пищевых целей было меньше, чем в техническом аналоге на 13,1% (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительное содержание фитостеринов в продукции, %

Показатели	Наименование продукта (n=5)		
	пальмовое масло для пищевых целей	пальмовое масло для технических целей	рапсовое масло (объект сравнения)
Брассикастерин	0	0	8,1±1,0
Кампестерин	29,8±1,2	32,0±2,1	55,9±4,3
Стигмастерин	28,9±1,1	21,3±1,4	0
Бета-ситостерин	41,3±3,4	46,7±2,9	36,0±2,6

Провели сравнительное изучение содержания жирных кислот в составе пальмовых масел для пищевых и технических целей. В долевом соотношении в пальмовом масле для пищевых целей было больше линолевой кислоты на 33,6%, стеариновой – на 18,9%, линоленовой – в 3,6 раза и меньше пальмитиновой кислоты на 11,7%, миристиновой – на 22,2% и олеиновой – на 4,8%, содержание трансизомеров было выше на 3,5% в сравнении с пальмовым маслом для технических целей.

При использовании в кормление белых мышей в течение 15 суток пальмовых масел в количестве 10% к рациону опытные животные по клинико-физиологическому состоянию и поведению существенно не отличались от контрольных. Введение пальмового масла для пищевых целей в рационы белых мышей способствовало повышению их живой массы на 5,7 %, у мышей, потреблявших техническое масло, отмечали снижение на 4,1 %, в сравнении с контролем (табл. 3).

Таблица 3 – Масса тела и органов мышей при применении пальмового масла, г

Орган	Группы мышей (n=8)		
	I – контр.	II – ОП + пищевое	III – ОП + техническое
Живая масса	29,5±2,4	31,2±4,3	28,3±4,4
Сердце	0,15±0,01	0,15±0,01	0,17±0,02
Печень	1,55±0,15	1,63±0,91	2,12±0,26*
Селезенка	0,10±0,01	0,11±0,02	0,12±0,02
Почки	0,21±0,02	0,58±0,04*	0,61±0,10*

\* $P \leq 0,05$

Масса внутренних органов у мышей, получавших в кормлении пальмовое пищевое масло, повысилась на 5,1-10,0 %, получавших пальмовое техническое

масло – на 13,7-36,7 %, в сравнении с контролем. При этом масса почек у мышей обеих опытных групп увеличилась в 2,7 и 2,9 раза.

### **2.2.3 Исследование санитарно-гигиенических показателей сметаны с массовой долей молочного жира 15% и молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии сметаны**

Проведены сравнительные исследования качественных показателей сметаны с массовой долей молочного жира 15% и молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира, произведенного по технологии сметаны с заявленной жирностью 15% (молокосодержащий продукт с ЗМЖ).

Состав сметаны с массовой долей жира 15% представлен нормализованными сливками и закваской молочнокислых микроорганизмов. Молокосодержащий продукт с ЗМЖ имел массовую долю жира 15%, в том числе заявленного растительного жира 7,5%. Состав продукта представлен восстановленным молоком из сухого молока, сливочным маслом, заменителем молочного жира, молочно-белковым концентратом (пастеризованное обезжиренное молоко), закваской молочнокислых микроорганизмов. Заменитель молочного жира в молокосодержащем продукте с ЗМЖ представлен составом: масла растительные, пальмовое и подсолнечное; пищевые добавки эмульгаторы Е471 и Е322 (лецитин соевый), краситель Е160а (натуральный бета-каротин). Составы сметан различались по показателям содержания белка и энергетической ценности в сторону уменьшения у молокосодержащего продукта с ЗМЖ на 11,5 и 2,8%, соответственно.

Проведены исследования продуктов на содержание стерина с их дифференциацией по животному и растительному происхождению (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание стерина в кисломолочных продуктах, %

Показатели (n=3)	Стерины, %			
	холестерин	кампестерин	стигмастерин	бета-ситостерин
Сметана с содержанием 15% молочного жира				
Норма*	наличие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Сметана с массовой долей молочного жира 15%	100,0	0	0	0
Молокосодержащий продукт с ЗМЖ				
Норма*	наличие	наличие	наличие	наличие
Молокосодержащий продукт с ЗМЖ	8,2±1,2	21,7±2,2	17,9±1,4	52,2±3,1

\* ГОСТ 33490-2015

В сметане с массовой долей молочного жира 15% содержание холестерина было 100 %. Исследование молокосодержащего продукта с ЗМЖ показало, что содержание холестерина составило  $8,2 \pm 1,2$ , а содержание фитостеринов составило 91,8 %, из них дифференцированы: кампестерин –  $21,7 \pm 2,2\%$ , ситостерин –  $17,9 \pm 1,4\%$  и бета-ситостерин –  $52,2 \pm 3,1\%$ . Содержание фитостеринов в составе молокосодержащего продукта с ЗМЖ варьируется между значениями пальмового масла для технических и пищевых целей. Что указывает на возможность использования в заменителе молочного жира обеих фракций пальмового масла.

При исследовании жировой фракции молокосодержащего продукта с ЗМЖ на жирно-кислотный состав установлено отсутствие основных кислот, содержащихся в молочном жире – масляной, капроновой, каприловой, каприновой, деценовой и миристиолеиновой кислот, что указывает на замену в молокосодержащем продукте молочного жира на менее дешевое сырье животного происхождения, такое как говяжий, бараний, птичий и др. жиры (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание жирных кислот в кисломолочной продукции, %

Показатели	Допустимое содержание*	Группы продуктов (n=3)	
		сметана с содержанием 15% молочного жира	молокосодержащий продукт с ЗМЖ
1	2	3	4
Масляная кислота ( $C_{4:0}$ )	2,0-4,2	$3,6 \pm 0,4$	–
Капроновая кислота ( $C_{6:0}$ )	1,5-3,0	$3,0 \pm 0,4$	–
Каприловая кислота ( $C_{8:0}$ )	1,0-2,0	$1,6 \pm 0,4$	–
Каприновая кислота ( $C_{10:0}$ )	2,0-3,5	$3,5 \pm 0,4$	–
Деценовая кислота ( $C_{10:1}$ )	0,2-0,4	$0,4 \pm 0,2$	–
Лауриновая кислота ( $C_{12:0}$ )	2,0-4,0	$3,8 \pm 0,4$	$0,2 \pm 0,1$
Миристиновая кислота ( $C_{14:0}$ )	8,0-13,0	$11,2 \pm 2,2$	$1,0 \pm 0,2$
Миристолеиновая кислота ( $C_{14:1}$ )	0,6-1,5	$1,0 \pm 0,4$	–
Пальмитиновая кислота ( $C_{16:0}$ )	22,0-33,0	$33,0 \pm 2,2$	$35,8 \pm 2,2$
Пальмитолеиновая кислота ( $C_{16:1}$ )	1,5-2,0	$1,9 \pm 0,4$	$0,1 \pm 0,05$
Стеариновая кислота ( $C_{18:0}$ )	9,0-14,0	$10,6 \pm 2,2$	$4,4 \pm 0,4$
Олеиновая кислота ( $C_{18:1}$ )	22,0-33,0	$22,1 \pm 2,2$	$38,4 \pm 2,2$
Линолевая кислота ( $C_{18:2}$ )	2,0-4,5	$2,8 \pm 0,4$	$19,2 \pm 2,2$

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Линоленовая кислота (C <sub>18:3</sub> )	0-1,5	1,2±0,4	0,3±0,15
Арахидовая кислота (C <sub>20:0</sub> )	0-0,3	0,2±0,1	0,3±0,15
Бегеновая кислота (C <sub>22:0</sub> )	0-0,1	0,1±0,05	0,1±0,05
Трансизомеры жирных кислот**	не более 2	0,075±0,01	0,48±0,14
C <sub>16</sub> /C <sub>12</sub>	5,8-14,4	8,68	179
C <sub>18</sub> /C <sub>12</sub>	1,9-5,9	2,79	22

\* ГОСТ 32915-2014

\*\* ГОСТ 31754-2012

Сметану с массовой долей молочного жира 15% и молокосодержащий продукт с ЗМЖ исследовали на изменение органолептических свойств, физико-химических показателей, стеринового и жирнокислотного составов в гарантийный и постгарантийный периоды хранения. Оба продукта сохраняли регламентируемые органолептические свойства в гарантийный период хранения, и их показатели соответствовали нормативным требованиям к качеству молочнокислых продуктов. В постгарантийные периоды исследования качество продуктов существенно ухудшилось.

По физико-химическим свойствам сметана с массовой долей молочного жира 15% имела лучшие показатели в сравнении с молокосодержащим продуктом с ЗМЖ по показателям кислотности, содержанию белка, СОМО и перекисному числу. Оба молочнокислых продукта соответствовали показателям нормы в период гарантийного срока хранения.

В сметане с массовой долей молочного жира 15% содержание холестерина составляло 100% и оставалось неизменным во все периоды хранения. В молокосодержащем продукте с ЗМЖ содержание холестерина было 8,0-8,4% и зоостеринов 91,6-92,0%, их количество существенно не изменялось в зависимости от периодов хранения.

При исследовании жирно-кислотного составов молочнокислых продуктов установлено, что в период гарантийного срока хранения показатели большинства жирных кислот варьировали в пределах нормы. В постгарантийный период хранения продуктов увеличилось содержание лауриновой кислоты на 4,25% в обоих продуктах и пальмитиновой – на 9,69% в молокосодержащем продукте с содержанием ЗМЖ.

#### 2.2.4 Влияние различных видов и доз молочнокислых продуктов и пальмового масла на организм белых мышей (*Mus musculus*)

Проведены исследования влияния на организм белых мышей сметаны с массовой долей жирности 15%, молокосодержащего продукта с ЗМЖ произведенного по технологии сметаны с заявленной жирностью 15% (молокосодержащий продукт с ЗМЖ), пальмовых масел для пищевых и технических целей (табл. 6).

Таблица 6 – Группы животных и условия кормления

Группы животных (n=12)	Условия кормления
I – контр.	ОР – основной рацион
II – опыт	ОР + сметаны (15% жирности) в количестве 2 %
III – опыт	ОР + сметаны (15% жирности) в количестве 7 %
IV – опыт	ОР + сметана (15% жирности) в количестве 13 %
V – опыт	ОР + молокосодержащий продукт с ЗМЖ в количестве 2 %
VI – опыт	ОР + молокосодержащий продукт с ЗМЖ в количестве 7 %
VII – опыт	ОР + молокосодержащий продукт с ЗМЖ в количестве 13 %
VIII – опыт	ОР + пальмовое масло для пищевых целей в количестве 2 %
IX – опыт	ОР + пальмовое масло для технических целей в количестве 2 %

В период эксперимента внешний вид и поведение мышей в II-VIII опытных группах не отличались от контрольных аналогов. Мыши IX опытной группы, получавшей в рационе пальмовое масло для технических целей, по визуализируемым размерам были меньше сверстников контрольной и II-VIII опытных групп, а по состоянию шерстного покрова существенно отличались. Волосы животных IX группы имели сальный вид и сероватый оттенок, реакция на внешние раздражители была менее выражена в отличие от сверстников.

Установлено, что молодняк белых мышей II, V и VIII опытных групп, получивших по 2% к основному рациону сметану с массовой долей молочного жира 15%, молокосодержащий продукт с ЗМЖ и пальмовое масло для пищевых целей, имел массу тела на 6,1; 3,5 и 5,2% больше контрольных (табл. 7).

Дополнительный прирост живой массы на 3,1% получен у белых мышей III опытной группы в сравнении с контрольными аналогами. Масса животных IV группы, получивших к основному рациону 13% сметаны, существенно не отличалась от показателей контроля.



Таблица 7 – Динамика живой массы и внутренних органов молодняка белых мышей при применении в кормлении кисломолочных продуктов и пальмового масла, г

Возраст животных, сут.	Группы животных (n=12)								
	I – контр. Основ. рацион (ОР)	II ОР + 2 % сметаны	III ОР + 7 % сметаны	IV ОР + 13 % сметаны	V ОР + 2% молоко содержащий продукт с ЗМЖ	VI ОР + 7% молоко содержащий продукт с ЗМЖ	VII ОР + 13% молоко содержащий продукт с ЗМЖ	VIII ОР + 2% пальмовое масло для пищевых целей	IX ОР + 2% пальмовое масло для технических целей
60	7,1±0,5	7,0±0,9	7,0±1,1	7,1±0,8	6,5±0,7	6,8±1,2	7,2±0,5	7,0±0,9	6,7±0,6
Прирост за 10 суток, г	5,6±0,3	5,8±0,2	5,6±0,1	5,4±0,2	6,4±0,4	6,3±0,3	5,8±0,3	5,8±0,2	3,9±0,1
70	12,7±1,2	12,8±1,1	12,6±0,6	12,5±0,8	12,9±1,3	13,1±1,2	13,0±1,1	12,8±1,3	10,6±0,9
Прирост за 10 суток, г	6,0±0,2	6,6±0,4	6,3±0,1	6,0±0,3	6,7±0,2	6,6±0,4	5,8±0,5	6,5±0,4	4,4±0,1
80	18,8±1,5	19,4±1,3	18,9±2,0	18,5±1,2	19,6±2,1	19,7±1,0	18,8±2,2	19,3±1,8	15,0±2,4
Прирост за 10 суток, г	4,2±0,7	4,9±0,6	4,7±1,2	4,6±1,1	4,1±0,5	3,0±1,3	2,4±0,8	4,8±1,0	1,3±0,4
<b>90</b>	<b>22,9±1,6</b>	<b>24,3±1,4</b>	<b>23,6±2,1</b>	<b>23,1±2,3</b>	<b>23,7±2,6</b>	<b>22,7±1,8</b>	<b>21,2±2,0</b>	<b>24,1±2,1</b>	<b>16,3±2,0</b>
Абсолютный прирост, г	15,8±1,4	17,3±2,0	16,6±2,1	16,0±1,8	17,2±2,2	15,9±2,0	14,0±1,5	17,1±2,0	9,6±1,1
Относительный прирост, %	100,0	106,1	103,1	100,1	103,5	– 99,1	– 92,6	105,2	– 70,9
Печень	1,1±0,1	1,1±0,2	1,2±0,2	1,3±0,1	1,0±0,3	1,1±0,2	1,2±0,1	1,1±0,2	1,4±0,1*
Почки:									
правая	0,15±0,1	0,14±0,2	0,14±0,1	0,16±0,1	0,15±0,2	0,15±0,2	0,17±0,1	0,15±0,1	0,17±0,1
левая	0,16±0,1	0,16±0,1	0,16±0,1	0,17±0,2	0,15±0,1	0,16±0,1	0,17±0,2	0,16±0,2	0,18±0,2
Сердце	0,35±0,2	0,36±0,1	0,37±0,2	0,36±0,2	0,34±0,1	0,36±0,4	0,37±0,3	0,35±0,2	0,38±0,1
Селезенка	0,45±0,1	0,48±0,2	0,47±0,3	0,50±0,2*	0,46±0,3	0,48±0,4	0,49±0,1*	0,46±0,2	0,51±0,3*

\*P≤0,05

Длительное введение в рацион мышам VI и VII опытных групп повышенного количества молокосодержащего продукта с ЗМЖ, обусловило снижение их живой массы на 0,8 и 7,4%, в сравнении с контрольными аналогами. Существенное снижение на 29,1% прироста живой массы выявлено у молодняка мышей IX опытной группы, длительно получавших в рационе 2% пальмового масла для технических целей.

Увеличение количества сметаны до 13% в рационе мышей обусловило увеличение массы печени на 18,2% и селезёнки на 11,1% ( $P \leq 0,05$ ). При увеличении молокосодержащего продукта с ЗМЖ до 13% в рационе мышей наблюдали увеличение массы селезёнки на 6,6% ( $P \leq 0,05$ ). Использование в рационе технического пальмового масла привело к увеличению массы всех внутренних органов: печени – на 27,3%, почки правой – на 13,3, почки левой – на 12,5, сердца – на 8,6 и селезенки – на 13,3%, в сравнении с контрольными аналогами. Увеличение массы органов на фоне снижения живой массы мышей свидетельствует о развитии патологического процесса при длительном применении в кормлении животных пальмового масла для технических целей.

Таким образом, применение в кормлении животных пальмового масла для технических целей и избыточное поступление молочнокислых продуктов, содержащих натуральный молочный жир и ЗМЖ, обусловили снижение среднесуточного прироста массы мышей и патологическое увеличение массы некоторых внутренних органов.

В крови мышей, получивших в кормлении разные количества молочнокислых продуктов и разные виды пальмового масла морфологические показатели крови, находились в пределах физиологических значений нормы. Установлено достоверное увеличение количества лейкоцитов на 2,7; 13,5 и 3,4%, лимфоцитов на 36,2; 53,3 и 55,17%, эритроцитов на 15,3; 15,4 и 11,2%, содержания гемоглобина на 11,6; 7,7 и 0,07% и суммы (нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов, базофилов) на 38,1; 7 и 21,9% у мышей получавших в кормление сметану с долевым содержанием молочного жира 15%, молокосодержащего продукта с ЗМЖ и пальмового масла для пищевых целей в количестве 2%. Введение в рацион 7 и 13% молокосодержащего продукта с ЗМЖ и 2% пальмового масла для технических целей снизило содержание гемоглобина на 2,3-3,5%, суммы (нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов, базофилов) на 32,5; 58,6 и 20,8%, но увеличило содержание лейкоцитов на 29,7; 41,2 и 63,7%, лимфоцитов на 74,7; 70,7 и 74,9%, в сравнении с контролем.

### 2.2.5 Влияние сметаны, наноструктурного бентонита и добавки на их основе на содержание свинца в организме белых мышей

Проведены сравнительные исследования длительного влияния сметаны, наноструктурного сорбента (бентонит) и добавки на их основе в составе рациона на содержание солей свинца в организме белых мышей. Длительность эксперимента составила 30 суток (табл. 8).

Таблица 8 – Группы животных и условия кормления

Группы животных (n=12)	Условия кормления
I – контр.	ОР – основной рацион
II – опыт	ОР + 2% сметаны с массовой долей жира 15%
III – опыт	ОР + 0,6% наноструктурного бентонита
IV – опыт	ОР + 2% сметаны с массовой долей жира 15% + 0,6% наноструктурного бентонита
V – опыт	ОР + 1 МДУ свинца
VI – опыт	ОР + 1 МДУ свинца + 2% сметаны с массовой долей жира 15%
VII – опыт	ОР + 1 МДУ свинца + 0,6% наноструктурного бентонита
VIII - опыт	ОР + 1 МДУ свинца + 2% сметаны с массовой долей жира 15% + 0,6% наноструктурного бентонита

Введение в корма мышей 1 МДУ свинца обусловило повышение его количества в мышечной ткани, печени и почках в 1,3 раза от допустимой концентрации ( $P \leq 0,05$ ).

Применение сметаны в кормлении белых мышей, получавших 1МДУ свинца в рационе, способствовало незначительному снижению его уровня в мышечной ткани на 3,3%, в печени – на 25,0% и почках – 27,7%, в сравнении с затравленными аналогами.

Введение в рацион наноструктурного сорбента обусловило снижение концентрации свинца в мышечной ткани на 16,7%, печени – на 50,0 и почках – на 53,8% в сравнении с показателями мышей, получивших в корма свинец в 1 МДУ. Существенное снижение отмечали у мышей при комбинированном использовании сметаны и наноструктурного бентонита: в мышечной ткани – на 25,0%, в печени – на 50,0 и почках – на 61,5% в сравнении с экспериментально затравленными мышами.

### 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Анализ данных потребительского рынка показал, что объемная доля нестандартной молочной продукции в 2017-2019 годы оставила 6,8-8,1%, из которых молока – 5,2-8,1%, творога – 5,5-16,6%, сметаны – 11,3-15,4%, масла – 3,4-12,6% и сыра – 9,3-10,3%. В нестандартных пробах установлены основные фитостериновые фракции – кампестерин, стигмастерин, бета-ситостерин и брассикостерин, и не выявлены жирные кислоты молочного жира.

2. Пальмовое масло для пищевых целей отличалось от пальмового масла для технических целей по органолептическим, физико-химическим свойствам и содержанию фитостеринов. В долевом соотношении в пальмовом масле для пищевых целей было больше линолевой кислоты на 33,6%, стеариновой – на 18,9%, линоленовой – в 3,6 раза и меньше пальмитиновой кислоты на 11,7%, миристиновой – на 22,2% и олеиновой – на 4,8%, содержание трансизомеров было выше на 3,5% в сравнении с пальмовым маслом для технических целей. Введение в рацион мышей 10% пальмового масла для пищевых целей способствовало увеличению массы тела на 5,7%, для технических целей – снижению на 4,1%. Масса печени, селезенки и сердца у мышей, получивших пищевое пальмовое масло, увеличилась на 5,1-10,0 %, получавших пальмовое техническое масло – на 13,7-36,7 %, в сравнении с контролем. Масса почек у мышей обеих опытных групп увеличилась в 2,7-2,9 раза.

3. Сметана с долевым содержанием молочного жира 15% и молокосодержащий продукт с ЗМЖ по органолептическим, физико-химическим показателям, фито-, зоостериновому и жирно кислотному составам в гарантийный период хранения соответствовали показателям нормы. В постгарантийный период хранения продуктов увеличилось содержание лауриновой кислоты на 4,25% в обоих продуктах и пальмитиновой – на 9,69% в молокосодержащем продукте с содержанием ЗМЖ.

4. Применение в кормлении белых мышей сметаны с долевым содержанием молочного жира 15%, молокосодержащего продукта с ЗМЖ и пальмового масла для пищевых целей в количестве 2% к рациону обусловило повышение их живой массы на 6,1; 3,5 и 5,2% и массы внутренних органов на 2,9-6,6; 2,2-9,1 и 2,2%, соответственно. Введение в рацион 7 и 13% молокосодержащего продукта с ЗМЖ

и 2% пальмового масла для технических целей снизило живую массу молодняка белых мышей на 0,9; 7,4 и 29,1% с увеличением массы внутренних органов на 2,8-6,6; 5,7-13,3 и 8,6-27,3%, соответственно. В крови мышей, получивших в кормлении разные количества молочнокислых продуктов и разные виды пальмового масла морфологические показатели крови, находились в пределах физиологических значений нормы. Установлено достоверное увеличение количества лейкоцитов на 2,7; 13,5 и 3,4%, лимфоцитов на 36,2; 53,3 и 55,17%, эритроцитов на 15,3; 15,4 и 11,2%, содержания гемоглобина на 11,6; 7,7 и 0,07% и суммы (нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов, базофилов) на 38,1; 7 и 21,9% у мышей получавших в кормление сметану с долевым содержанием молочного жира 15%, молокосодержащего продукта с ЗМЖ и пальмового масла для пищевых целей в количестве 2%. Введение в рацион 7 и 13% молокосодержащего продукта с ЗМЖ изготовленного по технологии сметаны и 2% пальмового масла для технических целей снизило содержание гемоглобина на 2,3; 2,3 и 3,5%, суммы (нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов, базофилов) на 32,5; 58,6 и 20,8%, но увеличило содержание лейкоцитов на 29,7; 41,2 и 63,7%, лимфоцитов на 74,7; 70,7 и 74,9%, в сравнении с контрольными аналогами.

5. У мышей, экспериментально затравленных 1 МДУ свинца, длительное введение в рацион сметаны (содержание молочного жира 15%) в количестве 2% в сочетании с наноструктурным бентонитом в количестве 0,6% снизило содержание свинца в мышечной ткани на 8,3%, почках – на 7,7% больше в сравнении с использованием наносорбента. Показатели уменьшения концентрации свинца в печени оставались идентичными в обеих группах мышей.

#### **4 ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

1. На основании проведенных исследований разработаны методические рекомендации «Определение стерина в кисломолочной продукции методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» для определения содержания фитостерина в йогурте и жидких молочнокислых продуктах (кефире, ряженке, ацидофиле, простокваше, айране, кумысе и кумысном продукте).

2. Научные положения, выводы диссертационной работы предлагаются к использованию в учебном процессе высших учебных заведений биологического и ветеринарного профиля, а также при написании учебников и учебных пособий.

## 5 СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Самигуллин, Д.И. Обнаружение фальсификации молока и молочных продуктов методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием / Д.И. Самигуллин, А.М. Ежкова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. -2019.- Т.238. -№ 2. - С.182-184.\*

2. Самигуллин, Д.И. Метод газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием для определения подлинности и выявления фальсификации молока / Д.И. Самигуллин, А.М. Ежкова // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК. Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи. -2019. – С.420-422.

3. Ежкова, А.М. Качественные и количественные показатели молока по содержанию стерина при его фальсификации растительными жирами / А.М. Ежкова, Д.И. Самигуллин, Р.А. Волков, В.О. Ежков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. -2020. – Т.241. -№.1. –С.76-79.\*

4. Синельникова, А.О. Влияние пальмового масла на организм белых мышей / А.О. Синельникова, Д.И. Самигуллин, А.М. Ежкова // В сборнике: Инновационные разработки и цифровизация в АПК РФ. Сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Татарского НИИ АХП - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН и 75-летию Казанского научного центра Российской Академии наук. -2020. - С. 298-303.

5. Волков, Р.А. Определение коэффициентов перехода химических элементов в системе «почва-растение-животное» в регионах техногенеза для прогнозирования качества животноводческой продукции / Р.А. Волков, Д.И. Самигуллин, А.М. Ежкова // В сборнике: Инновационные разработки и цифровизация в АПК РФ. Сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Татарского НИИ АХП - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН и 75-летию Казанского научного центра Российской Академии наук. -2020. -С. 336-341.

6. Самигуллин, Д.И. Влияние молокосодержащего продукта с заменителем молочного жира на организм белых мышей / Д.И. Самигуллин, А.О.

Синельникова, Р.А. Волков, А.М. Ежкова, В.О. Ежков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. - 2020. -Т. 243. -№ 3. -С.219-223.\*

7. Самигуллин, Д.И. Идентификация кисломолочных продуктов на содержание стертинов / Д.И. Самигуллин // В сборнике: Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК. Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 90-летию образования казанской зоотехнической школы (факультет биотехнологии и стандартизации). -2020. -С.135-138.

8. Волков, Р.А. Цифровизация агропромышленного сектора экономики России: пути развития / Р.А. Волков, Д.И. Самигуллин // В книге: Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения. Межотраслевой научно-информационный центр ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» (МНИЦ). Пенза, 2020. - С.15-26.

9. Volkov, R. Heavy metal uptake and transition across the links of soil-plant-animal-food chain/ R. Volkov, D. Samigullin // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. IOP Publishing, 2021. -Vol. 715. -№ 1. - P. 012023.\*\*

10. Самигуллин, Д.И. Пальмовое масло в пищевой промышленности. Проблемы и перспективы применения / Д.И. Самигуллин, Р.А. Волков, А.М. Ежкова //В книге: Проблемы и основные направления повышения эффективности функционирования АПК региона в условиях глобализации и импортозамещения. Межотраслевой научно-информационный центр ФГБОУ ВО «Пензенского государственного аграрного университета» (МНИЦ). Пенза, 2021. - С. 102-112.

\* – статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ;

\*\* - статьи в изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science.