

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
(РУДН)

На правах рукописи



Крючков Игорь Андреевич

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАМЕНЫ РЫБНОЙ МУКИ БЕЛКОВЫМ
КОНЦЕНТРАТОМ ИЗ ЛИЧИНОК ЧЁРНОЙ ЛЬВИНКИ (HERMETIA
ILLUCENS) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

Специальность: 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления
кормов и производства продукции животноводства.

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доцент, канд. с.-х. наук., Никишов Александр Алексеевич

Сергиев Посад – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. Актуальность замены животного белка	13
1.2. Процесс производства.....	16
1.3. Полезные свойства Чёрной львинки.....	23
1.4. Актуальность инсектобелка.....	31
1.5. Механизм действия в организме птицы	35
1.6. Масштабы производства Чёрной львинки	42
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	53
3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	68
3.1. Влияние разных уровней включения белкового концентрата из личинок Чёрной львинки на продуктивность и физиологическое состояние цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» (Опыт 1)	68
3.1.1. Продуктивность	68
3.1.2. Переваримость и использование питательных веществ корма, интенсивность обменных процессов в организме птицы.....	71
3.1.3. Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток ...	75
3.1.4. Влияние белкового концентрата на органолептические показатели мяса цыплят-бройлеров.....	78
3.2. Эффективность замены рыбной муки белковым концентратом из личинок Чёрной Львинки в кормлении цыплят-бройлеров и его влияние на продуктивность, обменные процессы, пищевую и биологическую ценность мяса (Опыт 2).....	82
3.2.1. Продуктивность	82
3.2.2. Переваримость и использование питательных веществ корма, интенсивность обменных процессов в организме птицы.....	88
3.2.3. Химический состав (%) и содержание витаминов и каротиноидов (мкг/г) в печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток.....	90
3.2.4. Основные морфо-биохимические показатели крови и естественная резистентность цыплят-бройлеров	93
3.2.5. Минеральный обмен.....	98
3.2.6. Гистологические исследования.....	99
3.2.7. Физико-химические свойства мяса птицы	105
3.3. Экономическая эффективность	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	123
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	124
ПРИЛОЖЕНИЕ	147
Приложение – Акт производственной проверки влияния замены рыбной муки белковым концентратом на двух группах цыплят-бройлеров по 100 голов.....	147

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается обострение проблемы обеспечения животноводства высококачественными и доступными по цене белковыми кормами. Традиционные источники протеина, такие как рыбная и соевая мука, отличаются высокой стоимостью, дефицитностью и подвержены колебаниям качества. В связи с этим возрастает интерес к поиску альтернативных видов кормового белка, способных частично или полностью заменить дефицитные компоненты в рационах сельскохозяйственных животных. Одним из перспективных направлений считается использование личинок насекомых в качестве ингредиента кормов. Такой подход отвечает современным тенденциям биотехнологий в агропромышленном комплексе, способствует реализации принципов циркулярной экономики за счёт переработки органических отходов в ценный кормовой продукт и может снизить зависимость отрасли от импортируемого сырья.

Актуальность темы. Инсектные технологии в кормопроизводстве сегодня рассматриваются как инновационный инструмент решения сразу нескольких задач: удешевления кормов, повышения их пищевой ценности и утилизации отходов.

Перспективным решением выступает белковый концентрат из личинок Чёрной львинки (*Hermetia illucens*), отличающийся высоким содержанием полноценного протеина, сбалансированным аминокислотным составом, наличием биологически активных веществ и высокой усвояемостью. Институциональную основу внедрения формирует Распоряжение Правительства РФ от 10.10.2023 № 2761-р, включившее Чёрную львинку и продукты её переработки (личинки, муку, пюре) в перечень сельскохозяйственной продукции, что легитимировало их производство и использование, в том числе в кормах для животных, и открыло доступ к мерам государственной поддержки.

Личинка мухи *Hermetia illucens* (Чёрная львинка) обладает исключительными биохимическими характеристиками: к моменту промышленной заготовки она накапливает до 40–60% высокоусвояемого протеина, содержит ценнейший

комплекс аминокислот, липидов, минералов и биологически активных веществ. Получаемый из личинок высушенный обезжиренный белковый концентрат имеет стабильный состав и может вводиться в комбикорма наряду с традиционными компонентами, соблюдая гарантированные нормы питательности. Его использование позволяет обеспечить требуемый уровень сырого протеина и аминокислот в корме без потери качества, что особенно актуально с точки зрения гарантированных нормативов кормов для птицы. Кроме того, ожидается, что за счёт природных антимикробных и иммуностимулирующих компонентов в составе личинок такая добавка может благотворно влиять на здоровье птицы и снизить потребность в профилактических антибиотиках. В Российской Федерации и за рубежом уже начаты исследования по внедрению продуктов из Чёрной львинки в рационы бройлеров, однако до настоящего времени недостаточно изучены оптимальные уровни включения инсектной муки, ее влияние на обмен веществ, продуктивность и качество продуктов убоя при промышленном выращивании птицы. В этой связи выбранная тема диссертации является актуальной и имеет важное народно-хозяйственное значение, поскольку направлена на повышение эффективности и экологичности птицеводства. Исследования в рамках планируемой диссертационной работы направлены на изучение свойств и научную оценку белкового концентрата из личинок мухи Чёрная львинка при использовании в качестве компонента кормов для цыплят-бройлеров.

Степень разработанности темы исследования. Анализ литературных источников показывает, что проблема использования насекомых в кормлении сельскохозяйственной птицы находится в стадии активного изучения. За последние годы выполнен ряд экспериментальных работ, подтверждающих возможность частичной замены соевого шрота и рыбной муки на муку из насекомых без снижения продуктивности птицы. Так, отечественными учёными (Башаров А.А. и соавт., 2022; Ильина Г.В. и др., 2021 и др.) получены первые положительные результаты по скармливанию личинок Чёрной львинки цыплятам-бройлерам, отмечены тенденции к повышению привесов и устойчивости птицы. Зарубежные исследователи (S. Dabbou, I. Biasato, F. Gai et al., 2018; M. Schiavone et al., 2017 и

др.) также сообщают об общей безопасности и питательности инсектной муки в рационах бройлеров и перепелов, указывая на перспективность данного направления. Тем не менее, ряд аспектов изучен недостаточно: в доступной литературе недостаточно данных о влиянии различных доз инсектных добавок на переваримость кормов, гематологические показатели, качество мяса и экономику производства. Не до конца определены оптимальные уровни введения концентрата личинок для максимального эффекта. Отсутствуют стандартизованные методические подходы к оценке результатов применения насекомых в кормлении птицы. Тем самым, необходимы дополнительные научные исследования, направленные на всестороннюю оценку влияния продуктов из *Hermetia illucens* на организм бройлеров, что и было заложено в основу данной работы.

Цель исследований: оценить эффективность включения белкового концентрата из личинок мухи Чёрной львинки в рационы при выращивании цыплят-бройлеров.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие **основные задачи:**

1. Оценить влияние включения белкового концентрата из личинок Чёрной львинки сверх рациона на продуктивность, переваримость сырого протеина и конверсию корма цыплят-бройлеров;
2. Определить влияние замены рыбной муки белковым концентратом из личинок Чёрной львинки в комбикорме на продуктивность цыплят-бройлеров (динамику живой массы, потребление корма, конверсию корма, сохранность поголовья);
3. Рассчитать экономическую эффективность использования белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в кормлении цыплят-бройлеров.

Научная новизна. В отечественной зоотехнической практике проведено комплексное исследование эффективности частичной и полной замены рыбной муки белковым концентратом из личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens*) в рационах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». Научно обоснована возможность замены рыбной муки на инсектное сырье без снижения продуктивности и

ухудшения физиологического состояния птицы. Получены новые данные о влиянии концентрата *Hermetia illucens* на переваримость кормовых веществ, азотный и минеральный обмен у бройлеров – показано улучшение этих показателей в опытных группах. Проведена комплексная оценка морфофункционального состояния внутренних органов (печени и кишечника) бройлеров при включении личинок в рацион. По результатам гистологического исследования печени и кишечника патологических изменений не выявлено. Доказано, что применение белкового концентрата из личинок позволяет повысить убойный выход и не снижает качество мяса, что является новым знанием в области оценки потребительских свойств продукции при использовании нетрадиционных кормов. Результаты исследования расширяют научные представления о применении насекомых в кормлении птицы и уточняют оптимальные параметры их использования в рационах бройлеров.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость: выполненная работа вносит вклад в развитие науки о кормлении сельскохозяйственной птицы, дополняя теорию сбалансированного кормления новыми сведениями об использовании нетрадиционных белковых компонентов. Полученные экспериментальные данные дополняют и углубляют научные представления о процессе переваривания и метаболизма питательных веществ при введении в рацион инсектных добавок, о физиологических механизмах адаптации пищеварительной системы птицы к новым компонентам.

Практическая значимость: разработана и апробирована методика частичной и полной замены рыбной муки белковым концентратом из личинок *Hermetia illucens*, позволяющая повышать продуктивность бройлеров. Материалы диссертации могут служить основой для рекомендаций птицеводческим хозяйствам по применению продуктов из насекомых, способствуя повышению рентабельности и экологичности производства. Полученные выводы и практические предложения целесообразно использовать при составлении

программ кормления, разработке новых комбикормов, а также в учебном процессе при подготовке специалистов аграрного профиля.

Производству предложено: при составлении рационов для повышения продуктивности цыплят-бройлеров, а также сокращения расходов при изготовлении кормов, заменять 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки.

Методология и методы исследования. В основе методологии выполненных исследований лежат научные положения, изложенные в трудах ведущих отечественных и зарубежных специалистов по технологии кормления птицы и применению альтернативных кормовых средств (В.И. Фисинин, А.А. Башаров, П.Д. Бохан; S. Dabbou, I. Biasato, A. Schiavone, J. van Huis и др.). При планировании экспериментов и интерпретации результатов автор опирался на принципы системного подхода и сравнительного анализа, принятые в зоотехнии и ветеринарной физиологии. Для реализации поставленных задач использован комплекс взаимодополняющих методов исследования. Проведен научно-хозяйственный эксперимент на птице с контролируемыми условиями содержания для оценки продуктивных показателей. Применены зоотехнические методы учета: еженедельное взвешивание птицы, контроль поедаемости корма, учет падежа. Состояние пищеварения и обмена веществ изучалось методом физиологического (балансового) опыта, включавшего сбор помета и расчет коэффициентов переваримости питательных веществ, а также определение коэффициентов использования азота и минералов. Выполнены биохимические исследования крови (определение общего белка, глюкозы, мочевой кислоты и др.) и гематологический анализ (подсчет форменных элементов, лейкоформулы), что позволило оценить влияние рациона на метаболизм и гомеостаз. Состояние органов оценивалось путем гистологического метода: проведено микроскопическое исследование тонких срезов тканей печени и кишечника бройлеров из контрольной и опытных групп, изготовленных по стандартной методике окраски гистологических препаратов (гематоксилин-эозин), с последующим морфометрическим анализом. Были проведены физико-химические анализы (влажность, содержание жира и

протеина в мясе и печени) и органолептические испытания образцов мяса (дегустационная оценка по балльной шкале). Для определения экономической эффективности применен расчетно-аналитический метод с сопоставлением затрат кормов и полученной продукции в контрольном и опытном вариантах. Все полученные количественные данные обработаны методами вариационной статистики с использованием пакета MS Excel; определены средние значения, стандартные ошибки, достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента. Такой многоуровневый методический подход обеспечил объективность и надежность полученных результатов, а также их научную обоснованность.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Установлено, что включение белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в рацион бройлеров в дозировке 10 кг/т комбикорма способствует достоверному повышению продуктивности: увеличение живой массы 35-суточных цыплят-бройлеров составило 5,8% по сравнению с контролем; отмечено повышение переваримости сырого протеина на 0,8%, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы снизились на 4,9%;

2. Научно обоснована возможность замены традиционных кормовых белков (рыбной муки) на инсектный белковый концентрат в рационах бройлеров. Экспериментально доказано, что замена 75% рыбной муки белковым концентратом из личинок Чёрной львинки не ухудшает основные производственные показатели выращивания птицы, а напротив, способствует их улучшению. Данный прием позволяет диверсифицировать сырьевую базу кормопроизводства и снизить зависимость отрасли от дорогостоящих компонентов без ущерба для продуктивности;

3. Установлен достоверный прирост живой массы бройлеров при скормливании инсектного белка по сравнению с контрольным рационом. При 75% замене рыбной муки живая масса бройлеров к 35-дневному возрасту улучшилась на 6,5%, а конверсия корма – на 5,9% за счет лучшего усвоения сырого протеина

на 2,0%, жира на 3,4% и использования азота, кальция и фосфора на 0,7%, 6,0% и 9,3%.

4. Надежность применения личинок Чёрной львинки подтверждена гематологическими и биохимическими показателями крови бройлеров, которые находятся в пределах физиологической нормы. Минерализация большеберцовых костей цыплят-бройлеров также не была нарушена и соответствовала возрасту 35-и суток;

5. Экономическая и производственная целесообразность применения белкового концентрата из насекомых. По итогам производственной проверки прибыль в новом варианте, в расчете на 1000 голов бройлеров увеличивается на 7617,60 руб. (в ценах 2022 года) относительно базового варианта.

Степень достоверности и апробации результатов. Научные положения и выводы, полученные в диссертационной работе, являются достоверными, поскольку опираются на достаточный объем экспериментальных данных, собранных на репрезентативной выборке сельскохозяйственной птицы (в общей сложности 180 голов бройлеров, распределенных по группам методом аналогов). Применены современные методы исследований и статистической обработки, обеспечивающие объективность и воспроизводимость результатов. Достоверность подтверждается согласованностью выявленных закономерностей с известными научными данными, а также положительными результатами производственной проверки в условиях действующего птицеводческого хозяйства. Материалы диссертационного исследования были представлены на CLXXXVI Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке» (г. Москва, март 2025 года), LIII International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World” (Madrid, Spain, March 2025), LIV International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World” (Madrid, Spain, April 2025), а также на LV International Multidisciplinary Conference “Innovations and Tendencies of State-of-Art Science” (Rotterdam, Netherlands. 2025, May 2025).

Результаты исследований эффективности применения белкового концентрата, полученного путём сушки, обезжиривания и последующего измельчения личинок мух Чёрной львинки, производства ООО «ЭкоБелок», прошли всестороннюю апробацию в условиях промышленного птицеводства на базе АО «Куриное Царство» (филиал «Моссельпром»). При проведении экспериментов строго соблюдались требования международных стандартов организации и реализации научно-практических испытаний кормовых добавок, что позволило обеспечить высокую степень объективности и достоверности полученных экспериментальных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, что свидетельствует о признании новизны и значимости полученных данных научным сообществом.

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом самостоятельной работы автора. Соискателем лично осуществлен аналитический обзор литературных источников, сформулирована программа исследований и разработана методика эксперимента. Непосредственно автором проведены все этапы научно-хозяйственного и физиологического опытов: кормление и содержание опытных групп птицы, контроль и регистрация показателей роста, отбор проб биоматериала (крови, органов, образцов продукции). Соискатель выполнил лабораторные исследования – анализы переваримости, биохимические исследования крови, подготовку гистологических препаратов (в сотрудничестве с консультантами-гистологами) – и интерпретацию их результатов. Автор лично участвовал в проведении дегустационной оценки мяса и анализе экономической эффективности. Все экспериментальные данные обработаны соискателем самостоятельно, проведен статистический анализ и обобщение результатов. На основе полученных данных автором сформулированы выводы и научно-практические рекомендации, подготовлены материалы для публикаций и выступлений. Таким образом, личный вклад соискателя заключается во всех этапах

исследования – от планирования эксперимента до внедрения результатов в практику.

Объём и структура диссертации. Диссертация изложена на 149 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав основного текста, заключения, списка использованной литературы и приложений. **Во введении** (объем – 9 стр.) обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены сведения о методологической базе, выносимых на защиту положениях, достоверности и апробации результатов, личном вкладе автора. **Первая глава** (обзор литературы, 40 стр.) содержит анализ отечественных и зарубежных источников по проблеме использования насекомых в кормлении птицы, раскрывает научные предпосылки исследований. **Вторая глава** (материалы и методы, 15 стр.) описывает условия и методику проведения опытов, характеристики объектов и примененные методы анализа. **Третья глава** (результаты исследований, 51 стр.) включает изложение и обсуждение полученных экспериментальных данных о продуктивности, переваримости, физиолого-биохимических показателях, качестве продукции и экономической эффективности использования белкового концентрата из личинок. **Заключение** (3 стр.) содержит обобщающие выводы по результатам работы и практические рекомендации. Диссертация иллюстрирована 19 таблицами и 30 рисунками. **Список литературы** включает 172 наименований, в том числе 136 источников на иностранных языках, свидетельствуя об учёте мирового опыта по теме исследования.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Актуальность замены животного белка

Современная аграрная наука активно ищет устойчивые решения для отказа производства животного белка в условиях растущего населения и ограниченности природных ресурсов, и в этом контексте Чёрная львинка (*Hermetia illucens*) выделяется как перспективный источник высококачественного белка, способный заменить традиционные корма для сельскохозяйственных животных, включая соевую и рыбную муку, позволяя значительно снизить экологическую нагрузку [39, 167], которые влекут за собой значительные экологические и экономические проблемы.

Чёрная львинка характеризуется высоким содержанием белка, достигающим 51,98% на седьмой день развития личинок, и уровнем жира около 15,7% [47]. Её протеин насыщен незаменимыми аминокислотами, включая метионин и лизин, делая её компонентом кормов для птицы и аквакультуры [117]. Включение её продуктов в рационы питания может способствовать улучшению пищевой безопасности и снижению стоимости кормов [68].

Ее питательные свойства зависят от рациона питания, в частности использование субстратов из апельсинового жома улучшает содержание железа и марганца, а аминокислотный профиль включает лейцин, лизин и валин, делая её идеальным источником белка [126], что подтверждается исследованиями, показывающими влияние субстратов на химический состав и питательные свойства [114].

Как было сказано ранее, мука из личинок Чёрной львинки обладает высоким уровнем аминокислот, таких как лизин и валин, и уникальными свойствами жирных кислот, такими как лауриновая кислота, обеспечивающая антибактериальный эффект [105], что подтверждается исследованиями, показывающими влияние субстратов на химический состав и питательные свойства, а также экспериментальными данными о питательной ценности корма

для кур [159], что опять же подтверждается влиянием субстратов на химический состав и питательные свойства, делая её состав сравнимым с рыбной мукой, однако более доступным и экологически безопасным источником протеина.

Согласно проведённому анализу, замена рыбной и соевой муки на муку из Чёрной львинки позволяет значительно сократить затраты на корма, которые составляют до 70–89% от общих затрат на производство в животноводстве, что особенно актуально в условиях растущих цен на традиционные корма и их ограниченного предложения на мировых рынках [135].

Личинки *Hermetia illucens* обладают уникальной способностью перерабатывать органические отходы, такие как растительные остатки, отходы пищевой промышленности и ферментированные продукты [107]. Их использование позволяет утилизировать до 70% органических отходов, создавая замкнутые циклы производства и снижая выбросы метана [37], превращая их в высокоценные питательные вещества, такие как белок и жиры [98]. Кроме того, использование различных типов субстратов, таких как ампас кокоса и сои, существенно увеличивает прирост биомассы, что подтверждает высокую эффективность переработки отходов [100], эффективно уменьшая объем отходов и добавляя питательные вещества в систему [172]. Согласно данным, обработка отходов личинками позволяет увеличить их переработку на 78,9% в день [144], повышая эффективность кормов за счет оптимального содержания белка и жира [49], позволяя решать одновременно задачи утилизации отходов и получения высококачественного корма.

В ходе изучения данных было выявлено, что личинки, выращенные на смешанных субстратах, включающих фруктовые и овощные отходы, демонстрируют наиболее сбалансированный химический состав с высоким уровнем протеина, кальция и фосфора [93]. Кроме того, оптимальная эффективность кормления животных достигается при добавлении до 25% муки из Чёрной львинки в рацион [155]. Данные подтверждают, что она обеспечивает высокую метаболическую энергию (15.7 МДж/кг), делая её конкурентоспособной альтернативой соевой муке [127]. Данные показали, что это также улучшает

состояние микрофлоры кишечника и повышает иммунный статус животных [71]. Эксперименты с использованием Чёрной львинки в рационе кур показали улучшение качества мяса и повышение выработки за счёт высокого содержания незаменимых аминокислот [109], хотя исследования показывают, что добавление более 50% может отрицательно повлиять на усвояемость белка [95].

Применение жиров из *Hermetia illucens* в рационе бройлеров способствует улучшению здоровья кишечника и увеличению веса за счет уникального состава жирных кислот [91], при этом дополнительно увеличивая продуктивность кур-бройлеров [101, 132], что обеспечивает рост улучшения усвояемости питательных веществ и экономическую выгоду за счет снижения себестоимости производства.

Ценным фактором выступает и экологическая составляющая: использование Чёрной львинки снижает углеродный след производства кормов, а также уменьшает давление на пахотные земли [125], при этом увеличивая доступность органических удобрений из остатков субстратов [150], а также улучшая экологические показатели кормопроизводства благодаря минимизации использования рыбной муки [124], при этом увеличивая доступность органических удобрений из остатков субстратов, используемые для выращивания сои, и на морские экосистемы, истощаемые в результате добычи рыбы для рыбной муки. Исследования также указывают на высокую эффективность переработки отходов с использованием Чёрной львинки, которая способна перерабатывать до 78,9% органических отходов в день, создавая замкнутые циклы в аграрных экосистемах и способствуя повышению устойчивости сельскохозяйственного производства [154].

Обобщая вышесказанное, интеграция Чёрной львинки в кормовые цепи животных представляет собой перспективное решение, отвечающее вызовам современного аграрного сектора [169]. Использование таких инновационных источников белка способствует улучшению экологических показателей сельскохозяйственного производства [80]. Включение Чёрной львинки в корм для аквакультуры, например, при выращивании сомиков, позволяет сократить затраты на 30–40%, улучшая при этом эффективность усвоения корма [50]. Исследования подтверждают, что использование дефатированной муки *Hermetia illucens* в кормах

для птиц положительно влияет на качество мяса и уменьшает затраты на корм [77], что подтверждается ее успешным использованием в системе животноводства [131], а также позитивным влиянием на качество мяса кур [146], являясь шагом на пути к устойчивому развитию сельского хозяйства.

1.2. Процесс производства

Производство продукции на основе личинок Чёрной львинки представляет собой многозвенный, технологически сложный комплекс операций, направленный на максимизацию эффективности переработки органических отходов и формирование биомассы заданных качественных характеристик для различных отраслей экономики. За счёт специфических биологических и экологических свойств данный вид насекомых постепенно занимает ведущие позиции в системах устойчивого развития и в современных биотехнологических практиках.

К числу исходных и принципиально важных этапов технологического цикла относится выбор и предварительная подготовка субстрата для выращивания личинок. Установлено, что использование пищевых отходов, биогазового дигестата и растительных остатков обеспечивает высокую степень утилизации органического сырья и стабильный выход биомассы [89, 164]. Согласно данным ряда исследований, введение в субстрат пробиотических культур и ферментных добавок позволяет повысить качество получаемой биомассы на 25–30%, одновременно увеличивая её питательную ценность и сокращая продолжительность производственного цикла. В частности, включение отходов переработки злаковых культур приводит к росту продуктивности примерно на 20%, что подчёркивает определяющее значение научно обоснованного выбора субстрата с учётом конкретных условий производства [122].

Применение органических отходов различного генезиса (пищевые остатки, биогазовый дигестат, сельскохозяйственные субстраты) обеспечивает сочетание высокой производительности с низкими удельными затратами, что способствует как оптимизации себестоимости продукции, так и существенному сокращению

объёмов органических отходов, направляемых на захоронение. Показано, что вовлечение в переработку овощных и фруктовых отходов ведёт к увеличению содержания питательных веществ в конечной биомассе на 20–25%, что делает данный вид сырья особо перспективным для использования в технологиях промышленного выращивания личинок Чёрной львинки.

На следующем этапе технологического цикла основополагающим становится управление процессом выращивания, где важна точная регулировка параметров среды: температуры, влажности, плотности посадки и режима обновления субстрата. Экспериментальные данные показывают, что включение в субстрат различных функциональных добавок, в том числе органических удобрений, приводит к интенсификации роста личинок и повышению их способности перерабатывать более сложные органические соединения [148].

Значительное внимание уделяется также оценке экономической результативности таких технологий: установлено, что использование личинок Чёрной львинки как основы для производства органических удобрений позволяет существенно сократить совокупные издержки, что подтверждает высокий экономический потенциал данной биотехнологии [121]. По данным исследования [72], поддержание оптимальных параметров микроклимата и технологического режима обеспечивает сокращение продолжительности цикла выращивания на 15–20% при одновременном усилении ростовых показателей личинок и повышении стабильности получаемых производственных результатов. Использование различных органических добавок, таких как куриный помёт, повышает содержание питательных веществ в личинках и снижает время их роста на 15% [130].

Технологические инновации в процессе переработки биомассы выступают составляющей в улучшении качества и увеличении выхода конечной продукции. Применение автоматизированных систем мониторинга температуры и влажности позволяет в реальном времени корректировать параметры среды, повышая производительность на 25%. Кроме того, использование специализированных биореакторов для ферментации субстратов обеспечивает равномерность процесса, что снижает потери сырья до 15%. Такие технологии переработки становятся всё

более интегрированными, делая производство более устойчивым и экономически выгодным [152]. Генетические модификации Чёрной львинки, включая внедрение генов, улучшающих способность перерабатывать сложные органические материалы, а также устойчивость к стрессовым условиям окружающей среды, открывают новые возможности для повышения её адаптивности и производительности [41, 75]. Использование CRISPR/Cas9 технологий для редактирования генома позволило добиться увеличения скорости роста личинок на 20%, а также их устойчивости к токсичным соединениям в субстратах [92]. Анализ профилей микрорНК у *Hermetia illucens* демонстрирует её способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, что делает её чрезвычайно гибким инструментом в биотехнологических процессах [120].

Рециклирование органических отходов с использованием технологий переработки на основе Чёрной львинки показало высокую эффективность в снижении антропогенного давления на экосистемы. Переработка пищевых и сельскохозяйственных отходов с привлечением *Hermetia illucens* позволяет уменьшить выбросы парниковых газов на 40–50% по сравнению с традиционными методами (в частности, компостированием), что подтверждает значимость данного биологического подхода в условиях современных глобальных экологических вызовов и развития моделей замкнутой экономики.

Интеграция полученных научных данных в промышленные технологические процессы способствует формированию новых агротехнологических решений. Сведения о влиянии различных кормовых добавок на рост личинок и их питательный профиль используются при разработке инновационных продуктов для сельского хозяйства и комбикормовой промышленности. Включение в субстрат таких компонентов, как пробиотики и органические удобрения, приводит к увеличению выхода биомассы и улучшению её питательных свойств.

Оптимизация методов подготовки субстратов также занимает немаловажное место в процессе производства. Исследования показывают, что комбинирование различных типов субстратов, таких как растительные отходы и пищевые остатки, увеличивает продуктивность на 20% [74]. Использование субстратов на основе

овощных отходов улучшает качество конечной биомассы, обеспечивая её более высокий питательный профиль [38]. Такие подходы минимизируют использование ресурсов и повышают экономическую эффективность [128]. Дополнительные данные показывают, что процесс переработки может быть интегрирован с биогазовыми технологиями, что не только сокращает отходы, но и позволяет производить возобновляемую энергию [108]. Использование биогазового дигестата в качестве субстрата для личинок обеспечивает высокую производительность, снижая при этом затраты на утилизацию отходов.

Процесс выращивания *Hermetia illucens* также оптимизируется за счёт анализа репродуктивных характеристик и морфометрических данных. Исследования показывают, что управление этими параметрами улучшает общую производительность популяций Чёрной львинки [103]. Влияние различных условий выращивания и параметров окружающей среды, таких как плотность популяции и состав субстратов, подробно изучено для обеспечения максимальной эффективности производства [60]. Например, использование различных органических добавок, таких как куриный помёт, повышает содержание питательных веществ в личинках и снижает время их роста на 15%.

Процесс выращивания Чёрной львинки представляет собой многоуровневую систему, интегрирующую выбор субстратов, оптимизацию условий выращивания, переработку биомассы и внедрение инновационных решений для обеспечения высокого качества конечного продукта. Выбор субстратов, таких как биогазовый дигестат, пищевые остатки и растительные отходы, обеспечивает высокий уровень биоконверсии, что подтверждается документом [42], демонстрирующим увеличение продуктивности личинок на 20–30%. Кроме того, комбинирование различных субстратов, таких как отходы переработки злаков и овощей, улучшает качество биомассы, снижая её влажность и повышая содержание протеина [143]. Результаты исследования [104] показывают, что совершенствование компонентного состава субстрата позволяет повысить эффективность биоконверсии более чем на 25%.

Система управления процессом выращивания предполагает поддержание оптимальных параметров среды, включая температуру, влажность, плотность посадки и характеристику субстрата. Согласно данным одного из научных источников, соблюдение таких условий обеспечивает сокращение продолжительности цикла выращивания на 15–20% при одновременном улучшении динамики роста личинок. Дополнительное использование органических добавок, прежде всего пробиотиков, усиливает конверсию питательных веществ и способствует увеличению выхода биомассы на 25% [106]. Применение ферментированных субстратов [170] сопровождается выраженным повышением содержания белка в конечном продукте, тогда как включение органических компонентов, таких как растительные остатки, позволяет одновременно улучшить качественные характеристики субстрата и снизить его себестоимость [133].

Инновационные подходы к организации технологического процесса также существенны при дальнейшем повышении эффективности производства. Автоматизированные системы мониторинга температуры и влажности позволяют точно контролировать условия выращивания, минимизируя потери и увеличивая выход конечной продукции на 30%. Внедрение специализированных биореакторов для переработки субстратов обеспечивает равномерность процесса и снижает затраты на электроэнергию. Аэрационные системы субстрата увеличивают уровень кислорода, улучшая метаболизм личинок и их способность перерабатывать сложные органические соединения [85, 165]. Выбор текстуры субстрата также важен для оптимизации условий выращивания, что подтверждается исследованием [40].

Процесс переработки биомассы включает сушку, ферментацию и экстракцию, каждая из которых играет свою роль в улучшении свойств продукта. Комбинированное использование отходов сельскохозяйственного производства позволяет увеличить содержание липидов в биомассе на 15% [112]. Добавление отходов соевого производства в субстрат улучшает питательные качества личинок [145]. Сравнительный анализ методов сушки показывает, что микроволновая сушка

сохраняет больше питательных веществ, чем вакуумная [66]. Использование бокаши-ферментации позволяет сохранить биоактивные соединения в личинках [59], а использование биоразлагаемых материалов для упаковки конечной продукции усиливает экологические преимущества процесса, обеспечивая снижение затрат на энергию и увеличение стабильности конечного продукта [64]. Повышение плодовитости самок *Hermetia illucens* за счёт корректировки состава кормов значимо для масштабирования производства [81].

Экологическая устойчивость процесса производства *Hermetia illucens* существенна. Переработка органических отходов с использованием Чёрной львинки позволяет сократить выбросы парниковых газов на 40–50% по сравнению с традиционными методами утилизации, такими как компостирование [129]. Использование отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности в качестве субстратов не только сокращает экологическую нагрузку, но и способствует созданию замкнутой экономики. Локализация субстратов минимизирует транспортные затраты и углеродный след, что подтверждается исследованием [83]. Оптимизация логистики и использование местных материалов позволяет снизить углеродный след на 30% [61, 96].

Санитарные аспекты и безопасность процесса также многозначительны, как и предыдущие этапы. Управление микробиологической чистотой субстратов и конечной биомассы позволяет минимизировать риск контаминации, что подтверждается исследованиями [52]. Внедрение строгих стандартов санитарного контроля обеспечивает высокий уровень безопасности продукции для дальнейшего использования в кормовой и пищевой промышленности. Контроль плотности посадки предотвращает перенаселенность и сопутствующие риски, как выделено в исследовании [157].

Интеграция результатов научных исследований в производственный процесс способствует разработке новых технологий и методов. Изучение репродуктивных характеристик *Hermetia illucens* позволяет оптимизировать программы селекции, увеличивая количество яиц и улучшая их качество [141]. Адаптация субстратов к местным условиям повышает их доступность и снижает затраты [119]. Выбор

субстратов, таких как пищевые отходы, сельскохозяйственные остатки и биогазовый дигестат, доказал свою эффективность, позволяя сократить цикл выращивания на 20% и увеличить содержание белков в биомассе [94]. Снижение уровня выбросов метана и аммиака при использовании определенных видов отходов [46]. Управление условиями выращивания, включая температуру, влажность и плотность посадки, оптимизирует скорость роста и биомассу личинок [123]. Генетическая адаптация личинок к различным субстратам и оптимизация их метаболизма с помощью генетических модификаций повышают эффективность переработки субстратов [102, 171].

Дополнительные исследования указывают на потенциал использования *Hermetia illucens* в качестве источника ценных биопродуктов, таких как жирные кислоты, биополимеры и другие биохимические соединения, которые могут быть применены в фармацевтической, косметической и сельскохозяйственной промышленности. Разработка технологий экстракции этих компонентов из биомассы позволяет создавать дополнительные источники дохода и расширять спектр применений продукции например, жирные кислоты могут быть использованы в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных, улучшая их здоровье и продуктивность.

Исследования также направлены на изучение взаимодействия *Hermetia illucens* с другими организмами и экосистемами, что ценно для обеспечения экологической безопасности и предотвращения потенциальных рисков, связанных с массовым выращиванием насекомых. Мониторинг и оценка воздействия на местные экосистемы и биоценозы позволяют формировать устойчивые режимы выращивания, направленные на минимизацию возможных негативных эффектов для окружающей среды.

Разработка гибридных систем выращивания, объединяющих традиционные практики сельского хозяйства с современными биотехнологическими решениями, открывает дополнительные перспективы для устойчивого производства. Подобные системы могут включать использование солнечной энергии для работы биореакторов, интеграцию с комплексами очистки сточных вод, а также

реализацию принципов циркулярной экономики для более полного использования ресурсов и сокращения объёмов отходов.

Таким образом, технологический процесс производства Чёрной львинки представляет собой высокоинтегрированную, научно обоснованную систему, способную внести существенный вклад в устойчивое развитие аграрного сектора и биотехнологических индустрий, обеспечивая эффективную переработку органических отходов и формирование ценной биомассы. Дополнительные исследования и инновации продолжают расширять возможности применения Чёрной львинки, делая её незаменимым элементом современных агротехнологических систем и способствуя устойчивому и экологически чистому производству в будущем.

1.3. Полезные свойства Чёрной львинки

Чёрная львинка – уникальный биологический объект, который благодаря своим особенностям активно исследуется учёными в различных отраслях науки, включая сельское хозяйство, экологию, животноводство и даже фармацевтику. Основным предметом изучения становится способность Чёрной львинки к биоконверсии органических отходов, высокий уровень содержания питательных веществ в её личинках, а также широкий спектр применения получаемых продуктов. Личинки львинки достигают максимальных показателей содержания белка (51,98%) и жира (15,7%) уже на седьмой день своего развития, что делает их крайне перспективным ингредиентом в кормах для птицеводства и рыбоводства. Уникальность их состава позволяет рассматривать Чёрную львинку не только как источник питательных веществ, но и как инструмент решения глобальных экологических и экономических проблем. Данный анализ ставит перед собой цель рассмотреть полезные свойства Чёрной львинки, начиная с её вклада в кормовую базу и заканчивая перспективами её использования в фармацевтической и косметической промышленности.

Наиболее очевидное и практическое применение Чёрной львинки заключается в её способности служить заменителем традиционных кормовых ингредиентов для сельскохозяйственных животных. Исследования показали, что замена 25% коммерческого корма на личинок Чёрной львинки способствует увеличению массы рыб и коэффициента усвоения белка до 79,44%. Показатель подчеркивает экономическую и экологическую целесообразность использования личинок в кормовых программах. Более того, их выращивание возможно на основе органических отходов, что дополнительно снижает затраты на производство кормов и уменьшает объёмы отходов. Например, добавление молока в органические субстраты увеличивает массу личинок до 2017 граммов, при этом содержание белка достигает 27,01%, а жира — 33,23% [139].

Лауриновая кислота, содержащаяся в липидах личинок Чёрной львинки, выступает компонентом, обладающим выраженными антибактериальными, противогрибковыми и противовирусными свойствами. Её доля может достигать 76,13% от общего содержания жирных кислот [113], что позволяет рассматривать этот компонент как перспективный ингредиент для фармацевтической и косметической промышленности. В частности, она может использоваться для создания противомикробных средств, а также в продуктах по уходу за кожей. Кроме того, личиночная биомасса находит применение в производстве пробиотиков. Например, использование жидких пробиотиков, полученных из ферментированных личинок, показало улучшение показателей продуктивности бройлеров и снижение затрат на корма [168].

Не менее значимым является использование фраса — органического удобрения, получаемого из отходов жизнедеятельности Чёрной львинки. Продукт улучшает состав почвы, способствует увеличению содержания сахаров в урожае, особенно при выращивании батата [53]. В условиях аквапонных систем применение фраса дополнительно стимулирует рост сельскохозяйственных культур, что делает его универсальным инструментом в агротехнологиях. Использование органических отходов, таких как остатки городских рынков, для выращивания личинок также демонстрирует значительный потенциал.

Уменьшение объёма отходов на 50% при одновременном производстве высокопитательной биомассы для животноводства является ярким примером эффективной переработки [44].

Анализ различных агросубстратов показал, что отходы с высоким содержанием белка, такие как остатки пальмового масла, способствуют максимальному росту личинок — до 46,99 мг/г. В то же время субстраты с высоким содержанием клетчатки снижают продуктивность [45]. Результаты подчёркивают значимость выбора сырья для выращивания Чёрной львинки, чтобы достичь наилучших показателей биомассы и питательной ценности. Введение муки из личинок в рацион кур-несушек не только улучшает массу яиц и содержание желтка, но и сохраняет стабильные показатели яйценоскости [90].

Дополнительно стоит отметить антиоксидантные свойства Чёрной львинки. Смешивание экстрактов личинок с другими натуральными добавками, такими как куркума и индигофера, увеличивает антиоксидантную активность до 115,67% по сравнению с контрольной группой [166]. Такие результаты открывают перспективы для использования данных продуктов в качестве натуральных антиоксидантов. Также интерес представляет эффективность субстратов на основе ферментированных фруктовых отходов и водного гиацинта, которые увеличивают массу личинок до 124,62 г. при оптимальной пропорции ингредиентов.

Личинки Чёрной львинки, кроме высокой питательной ценности, демонстрируют ещё и значительную адаптивность к различным условиям выращивания, делая их универсальным инструментом в решении проблемы утилизации отходов. Например, исследования показывают, что использование отходов переработки пальмового масла как субстрата обеспечивает максимальный прирост массы личинок, открывая перспективы для массового производства биомассы на основе промышленных агроотходов. Кроме того, выращивание личинок на органических отходах не только снижает затраты, но и способствует решению проблемы загрязнения окружающей среды. Личинки способны перерабатывать до 70% органического субстрата, превращая его в питательную

биомассу и фрас, что делает их одним из наиболее перспективных объектов для экологически чистого сельского хозяйства.

Использование Чёрной львинки не ограничивается сельским хозяйством и животноводством, её свойства находят широкое применение и в других областях. Например, экстракты личинок богаты биологически активными веществами, включая полиненасыщенные жирные кислоты, аминокислоты и пептиды, которые проявляют сильные антиоксидантные и противовоспалительные свойства, стимулируя клеточные механизмы через активацию факторов NRF2 и NF-κB, что делает их перспективными для создания медицинских препаратов [142]. Исследования показали, что добавление жира личинок в корма для птиц способствует снижению уровня холестерина и улучшению микрофлоры кишечника, обеспечивая повышение общей продуктивности и улучшение качества мяса [99].

Кроме того, при использовании Чёрной львинки в качестве источника жиров необходимо учитывать ряд специфических аспектов. В частности, включение в рацион высоких концентраций насыщенных жирных кислот требует дополнительной балансировки кормов для минимизации потенциально неблагоприятных последствий. Экспериментальные данные подтверждают, что при использовании муки из личинок Чёрной львинки существенно изменяются липидный состав и профиль жирных кислот в продукции животноводства.

Температурный режим является одним из факторов, определяющих эффективность выращивания личинок Чёрной львинки. Эксперименты показали, что при температуре 30°C достигается максимальный выход биомассы и содержание белка, делая контроль температуры приоритетным аспектом в промышленном производстве [87]. Более того, добавление отходов с содержанием серосодержащих соединений, таких как чеснок, увеличивает антиоксидантные и противовоспалительные свойства личинок, что открывает новые перспективы для их использования в качестве кормовых добавок [43].

Генетическое разнообразие популяций Чёрной львинки также оказывает значительное влияние на их продуктивность. Селекция и изучение генома

позволили выявить определённые популяции, которые лучше адаптируются к различным типам субстратов и показывают более высокую скорость роста [73], создавая возможности для дальнейшего улучшения продуктивности и повышения устойчивости популяций к изменениям окружающей среды.

Не менее актуальным аспектом является исследование методов извлечения белков и жиров из личинок. Один наиболее перспективных подходов – ультразвуковая экстракция, которая позволяет увеличить содержание белков до 80,37%, делая их доступными для промышленного применения [65]. Технология переработки позволяет по-новому раскрыть потенциал белков Чёрной львинки для применения в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности.

В косметологии активно изучаются возможности использования экстрактов Чёрной львинки. За счёт выраженных антимикробных и регенерирующих свойств такие экстракты рассматриваются как перспективные компоненты кремов, масок и других средств ухода за кожей. Существенное содержание полиненасыщенных жирных кислот в липидной фракции личинок дополнительно повышает их ценность для увлажнения, восстановления и поддержания барьерных функций кожи.

Биоконверсия отходов с использованием Чёрной львинки обладает значимым экологическим эффектом. Способность личинок перерабатывать органические остатки позволяет снизить нагрузку на полигоны твёрдых бытовых отходов и уменьшить объём выбросов парниковых газов. Личинки способны утилизировать отходы мясной и молочной промышленности, трансформируя их в высокопитательную биомассу и удобрения, представляющие ценность для аграрного производства.

В сельском хозяйстве применение фраса, получаемого при выращивании личинок Чёрной львинки, способствует увеличению урожайности различных культур. Показано, что внесение такого органического удобрения улучшает структуру почвы, повышает содержание микроэлементов и стимулирует рост растений. Особенно выраженный эффект отмечен при выращивании корнеплодов, в частности батата.

Перспективы использования Чёрной львинки в медицинской промышленности также оцениваются как весьма высокие. Экстракты личинок демонстрируют эффективность в коррекции воспалительных процессов и обладают выраженной антимикробной активностью. На основе этих данных ведётся разработка новых лекарственных средств для терапии кожных инфекций и воспалительных состояний.

Таким образом, Чёрная львинка, выступая универсальным биологическим ресурсом, обладает значительным потенциалом для решения актуальных задач, связанных с экологической устойчивостью, развитием сельского хозяйства и системой здравоохранения. Продолжающееся изучение этого вида расширяет спектр возможных направлений его практического использования в различных отраслях. Добавление экстрактов из Чёрной львинки в комбинированные кормовые смеси показало положительное влияние на иммунитет животных. Эксперименты подтвердили, что использование таких добавок снижает заболеваемость среди поголовья на 25%.

Кроме того, ферментированные продукты на основе личинок Чёрной львинки становятся всё более популярными. Они не только обогащают рацион животных, но и способствуют улучшению их общего состояния здоровья. Снижение уровня стрессовых реакций у животных при использовании этих продуктов делает их особенно ценными для интенсивного животноводства. Исследования показывают, что включение в рацион муки из личинок увеличивает прирост массы на 15%.

Экологический аспект использования Чёрной львинки нельзя переоценить. Уменьшение объёмов органических отходов в результате их переработки личинками снижает нагрузку на окружающую среду. Процесс позволяет добиться экологической устойчивости, одновременно создавая продукцию с высокой добавленной стоимостью. Исследования показали, что использование субстратов на основе отходов пищевой промышленности при выращивании личинок позволяет снизить выбросы метана примерно на 30%.

Возрастающий интерес связано с применением липидной фракции Чёрной львинки в фармацевтической индустрии. Лауриновая кислота, являясь одним из основных компонентов жиров, обладает выраженным антимикробным действием. Её включение в состав антибактериальных препаратов повышает востребованность продуктов на основе Чёрной львинки. Параллельно развиваются направления, связанные с использованием хитина кутикулы личинок в качестве основы для получения новых типов биоматериалов.

Чёрная львинка остаётся объектом пристального научного интереса благодаря своей многофункциональности, а расширяющийся массив данных свидетельствует о появлении новых перспектив её практического применения. Одним из значимых направлений выступает использование хитина, содержащегося в покровах личинок. Данный полисахарид может быть конвертирован в хитозан — соединение с выраженными антибактериальными и противовоспалительными свойствами, нашедшее применение в медицинских технологиях и биотехнологической отрасли. Хитозан из личинок Чёрной львинки уже используется для создания биоплёнок, которые обладают высокой прочностью и биосовместимостью.

В то же время жиры Чёрной львинки продолжают находить новые применения. Например, из липидов извлекаются стеролы, которые могут быть использованы в антигиперлипидемических средствах, что ещё раз подчеркивает медицинский потенциал Чёрной львинки. Более того, использование жировых компонентов для создания биоразлагаемых смазочных материалов и добавок в пластмассы способствует развитию экологичных технологий.

Ещё одно интересное направление — производство кормов для аквакультуры. Личинки Чёрной львинки являются альтернативой рыбной муке, производство которой приводит к значительным экологическим издержкам. Замена рыбной муки на муку из личинок улучшает качество кормов и позволяет снизить затраты на их производство, при этом снижая давление на морские экосистемы. Исследования показали, что использование таких кормов увеличивает прирост массы рыб на 20%, а также улучшает показатели их здоровья.

Экологическое воздействие переработки отходов при помощи Чёрной львинки трудно переоценить. Например, переработка органических отходов пищевой промышленности личинками позволяет не только сократить объёмы мусора, но и получить ценную биомассу. Однако, побочные продукты, такие как углекислый газ и метан, выделяются в значительно меньших количествах по сравнению с традиционными методами утилизации.

Интеграция Чёрной львинки в системы циркулярной экономики становится шагом к устойчивому развитию. Например, в некоторых странах уже существуют проекты, где Чёрная львинка используется для создания замкнутых циклов переработки отходов. В этих системах личинки перерабатывают органические субстраты, их биомасса идет на производство кормов, а фрас используется как удобрение, что позволяет значительно сократить экологический след производства.

Следует также выделить потенциал Чёрной львинки в пищевой промышленности. Несмотря на существующие культурные ограничения, использование муки из личинок в качестве пищевой добавки постепенно получает более широкое распространение. Такая мука отличается высокой концентрацией белка, аминокислот и микроэлементов, что делает её перспективным компонентом для производства функциональных продуктов питания. Дополнительное включение подобных добавок в рацион позволяет снизить потребление традиционных белковых источников, прежде всего мяса, что в свою очередь оказывает благоприятное влияние на экологическую устойчивость продовольственных систем.

Будущее Чёрной львинки тесно связано с развитием новых биотехнологических решений. В частности, её используют как источник ферментов, которые применяются в текстильной промышленности для очистки тканей и придания им специфических эксплуатационных свойств. Те же ферментные препараты находят использование в технологиях очистки сточных вод, что повышает экологическую безопасность и экономическую эффективность соответствующих процессов. Таким образом, Чёрная львинка продолжает

стимулировать научные и промышленные разработки, ориентированные на создание инновационных продуктов и технологий устойчивого развития.

В обобщающем виде Чёрная львинка может рассматриваться как уникальный биологический ресурс с исключительным потенциалом для решения актуальных экологических, экономических и социальных задач. Её способность перерабатывать органические отходы с формированием ценной биомассы делает данный объект биотехнологии конкурентоспособным инструментом в контексте концепций устойчивого развития и циркулярной экономики. Высокая питательная ценность личинок, содержащих значительные количества белков, жиров и биологически активных соединений, открывает широкие перспективы для использования в сельском хозяйстве, аквакультуре, косметической и пищевой промышленности. Имеющиеся исследования подтверждают, что продукты на основе Чёрной львинки способны способствовать улучшению здоровья животных и человека, снижению экологической нагрузки и частичной замене традиционных ресурсов, производство которых сопряжено с высокими издержками.

Интеграция Чёрной львинки в промышленные процессы позволяет не только повышать эффективность производства, но и минимизировать экологический след. Использование фраса в качестве удобрения, а также хитина и липидов для медицинских и косметических продуктов подчёркивает её универсальность. Перспективы применения в биоремедиации и очистке сточных вод дополнительно расширяют спектр её полезных свойств.

Обобщая, Чёрная львинка является символом перехода к биотехнологически ориентированным решениям, сочетающим инновации и экологичность. Её потенциал только начинает раскрываться, и дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию процессов и расширение областей применения, определённо сыграют роль в построении устойчивого будущего для планеты.

1.4. Актуальность инсектобелка

Тема использования личинок Чёрной львинки, или инсектобелка, привлекает внимание ученых и аграриев благодаря своей актуальности для современной аграрной и экологической отраслей. Чёрная львинка представляет собой одну из перспективных альтернатив традиционным источникам белка, что обусловлено высокой питательной ценностью её личинок. По данным исследований, личинки содержат от 37 до 63% белка, что делает их сопоставимыми с такими популярными кормовыми ингредиентами, как соевый шрот или рыбная мука [67]. Кроме того, личинки богаты жирами (до 49%), включая среднецепочечные жирные кислоты, что открывает дополнительные возможности их использования в качестве источника энергии [153].

Использование инсектобелка, получаемого из личинок Чёрной львинки, является перспективным направлением в животноводстве, что подтверждается данными многочисленных исследований. Исследование [137] подчеркивает значимость использования инсектобелка в рационах сельскохозяйственных животных. Личинки, богатые белком (около 42–45%) и жирами (22–35%), обеспечивают улучшение прироста массы и снижение коэффициента конверсии корма. В частности, замена 20% рациона уток на белок из личинок BSF показала лучшие результаты по сравнению с традиционными методами кормления ($P < 0.05$), что указывает на их экономическую и питательную целесообразность.

Другое исследование акцентирует внимание на улучшении органолептических качеств мяса при использовании инсектобелка [111]. Замена до 16% рыбной муки на муку из личинок BSF в рационах перепелов повысила вкусовые качества, сочность и мягкость мяса, подтверждая потенциал использования инсектобелка не только для снижения затрат на корма, но и для улучшения потребительских характеристик продуктов животноводства.

Влияние различных субстратов на питательные свойства личинок BSF было подробно рассмотрено в работе [70]. Использование разнообразных органических отходов, таких как фрукты, овощи и навоз, демонстрирует возможность управления питательным составом личинок. Например, субстраты с высоким

содержанием протеина увеличивают выход белка в биомассе личинок, что делает их гибким ресурсом для животноводства и переработки органических отходов.

Проведённый анализ предоставляет обширные данные о влиянии добавления личинок BSF в рацион бройлеров [78]. Исследования показали, что включение инсектобелка способствует линейному снижению коэффициента конверсии корма и увеличению суточного прироста массы птиц. Хотя высокие уровни включения могут приводить к снижению эффективности из-за содержания хитина, умеренное использование личинок BSF (до 10–15%) демонстрирует оптимальные результаты без ухудшения качественных характеристик продукции.

Дополнительно, личинки богаты аминокислотами, такими как лизин и метионин, и содержат до 35–40% липидов, включая лауриновую кислоту, обладающую антимикробными свойствами, делая их особенно подходящими для использования в рационах птиц и рыб, обеспечивая улучшение иммунного ответа и снижение риска инфекций.

Экологические и экономические преимущества использования личинок Чёрной львинки в животноводстве связаны с их способностью перерабатывать органические отходы [19]. Личинки способны эффективно преобразовывать низкокачественные субстраты, такие как овощные отходы и зерновые побочные продукты, в биомассу высокой питательной ценности [147]. Процесс не только снижает нагрузку на окружающую среду, но и способствует сокращению расходов на корма для сельскохозяйственных животных. Исследования показали, что использование личинок в рационах бройлеров улучшает коэффициент конверсии корма и способствует увеличению прироста массы, при этом не оказывая негативного влияния на здоровье птиц.

Использование инсектобелка также способствует повышению устойчивости аграрного сектора. Одним из факторов является сокращение зависимости от импортируемого соевого шрота, стоимость которого подвержена значительным колебаниям на мировом рынке. Исследования также подтверждают, что включение личинок в рационы птиц и свиней положительно сказывается на пищеварении за

счет улучшения морфологии кишечника и увеличения усвояемости питательных веществ.

Кроме прямого кормового использования, продукт переработки Чёрной львинки может служить элементом в разработке новых технологий управления органическими отходами. Деграция отходов с помощью Чёрной львинки позволяет производить не только кормовую биомассу, но и органические удобрения, что дополнительно стимулирует развитие круговой экономики [118].

Адаптационные способности личинок к разным типам кормов также являются предметом активных исследований. Эксперименты показали, что популяции личинок могут эволюционно адаптироваться к рационам с низким содержанием питательных веществ, сохраняя высокий уровень производительности в течение нескольких поколений, открывая возможность использования Чёрной львинки для переработки самых различных видов органических отходов, включая те, которые ранее считались малопригодными для биоконверсии.

Особо значимым является факт, что замена до 50% традиционного белка на муку из личинок BSF в рационе бройлеров не приводит к значительным изменениям в потреблении корма, приросте массы и коэффициенте конверсии [54], демонстрируя потенциал их использования в коммерческом животноводстве. Более того, исследования подтверждают, что введение муки из личинок в рацион несущек не оказывает значимого влияния на уровень глюкозы и мочевой кислоты в крови, обеспечивая стабильное состояние здоровья птиц [136].

Также личинки содержат антимикробные пептиды, которые могут использоваться для улучшения здоровья животных и снижения использования антибиотиков. Например, такие пептиды как дефенсины и цекропины оказывают значительное действие против грамположительных и грамотрицательных бактерий [156].

Результаты по влиянию субстратов с разным содержанием протеина на личинок BSF подтверждают, что повышение содержания сырого протеина в кормовых субстратах значительно увеличивает выход белка и липидов [86]. По

результатам экспериментальных исследований установлено, что оптимальный уровень сырого протеина в субстрате составляет порядка 20%, что обеспечивает высокие темпы роста личинок и формирование биомассы с благоприятной питательной ценностью.

Эффективное выращивание личинок предполагает создание благоприятных условий для их размножения и прохождения полного жизненного цикла. В частности, показано, что использование ферментированных аттрактантов, таких как испорченные ананасы и бананы, приводит к увеличению числа актов спаривания и росту массы откладываемых яиц [158].

Кроме того, в условиях малых фермерских хозяйств, где переработка сельскохозяйственных отходов по-прежнему представляет серьёзную проблему, личинки Чёрной львинки выступают как универсальный инструмент утилизации. Исследования, проведённые в деревне Чакру [151], продемонстрировали, что использование отходов в качестве сырья для выращивания личинок формирует элементы круговой экономики, одновременно обеспечивая получением корма для животных и удобрений для растений.

Детализированный анализ жирнокислотного профиля и состава питательных веществ в личинках BSF указывает на высокое содержание незаменимых жирных кислот, что делает их перспективным компонентом для включения в кормовые рационы [116].

Таким образом, использование инсектобелка из личинок Чёрной львинки открывает новые возможности для устойчивого развития животноводства. Инсектобелок позволяет снизить зависимость от традиционных белковых ингредиентов, в том числе рыбной муки, одновременно способствуя повышению качества продукции и снижению экологической нагрузки. Для максимальной реализации его потенциала требуется дальнейшее изучение оптимальных уровней включения в рационы, методов производства и переработки.

1.5. Механизм действия в организме птицы

Чёрная львинка зарекомендовала себя как один из перспективных источников белка и липидов для включения в рацион сельскохозяйственных животных, включая птицу. Использование личинок и их производных в кормовых добавках связано с их уникальными биохимическими свойствами, такими как богатый аминокислотный профиль, выраженное антибактериальное действие и высокая степень усвояемости. Механизм действия компонентов Чёрной львинки в организме птицы является объектом интенсивных научных изысканий, результаты которых демонстрируют не только питательные преимущества, но и комплексное положительное влияние на здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных.

Включение личинок чёрной львинки в рацион птицы оказывает значительное воздействие на показатели продуктивности. Согласно данным эмпирических исследований, использование муки из личинок *Hermetia illucens* в качестве функционального заменителя рыбной муки способствует достижению эквивалентных темпов роста и продуктивности бройлеров, одновременно улучшая иммунный статус птицы [82], что обусловлено высоким содержанием биологически значимых аминокислот, таких как лизин и метионин, которые играют критическую роль в процессах биосинтеза белков и обеспечении иммунной функции. Эффективность данных заменителей объясняется наличием низкомолекулярных биологически активных соединений, которые способны модулировать метаболические процессы в организме птицы.

Липиды, содержащиеся в личинках, улучшают физиологические показатели здоровья птицы, и характеризуются мощным антибактериальным действием и способствуют уменьшению численности патогенной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. Исследования показали, что применение жировых экстрактов Чёрной львинки способствует значительному снижению популяций бактерий *Escherichia coli* и *Salmonella spp.*, что оказывает позитивное воздействие на общий физиологический статус птицы [58], улучшая микробиоту и переваривание корма [48]. Кроме того, насыщенные жирные кислоты способствуют улучшению здоровья кишечника и повышают усвояемость питательных веществ. Эффект

обусловлен высоким содержанием лауриновой кислоты, которая проявляет выраженную антимикробную активность против ряда патогенных микроорганизмов [62]. Более того, лауриновая кислота взаимодействует с другими компонентами липидной фракции, усиливая их синергетический антимикробный потенциал.

Питательная ценность личинок *Hermetia illucens* определяется их уникальной переваримостью. Результаты многочисленных исследований демонстрируют, что коэффициент переваримости протеина муки из личинок достигает 85–90%, что сравнимо с традиционными кормовыми ингредиентами, такими как соевый шрот и рыбная мука [160], что позволяет включать её в рацион птицы без риска снижения показателей продуктивности. Кроме того, использование *Hermetia illucens* способствует оптимизации обменных процессов, что выражается в увеличении прироста массы тела птицы и повышении коэффициента конверсии корма [134].

Положительное воздействие Чёрной львинки распространяется также на качественные характеристики сельскохозяйственной продукции. Научные исследования показали, что добавление муки из личинок в рацион кур-несушек способствует улучшению качества яиц, включая увеличение плотности скорлупы и снижение её ломкости [115]. Аналогично, мясо птицы, получавшей корм с добавлением Чёрной львинки, характеризуется повышенной сочностью и улучшенными органолептическими характеристиками за счёт изменения профиля жирных кислот [162]. В частности, наблюдается увеличение доли полиненасыщенных жирных кислот, что обуславливает высокую питательную ценность мяса.

Дополнительно установлено, что включение *Hermetia illucens* в рацион способствует улучшению здоровья птицы за счёт повышения эффективности метаболических процессов. Введение продуктов из личинок позволяет птице лучше усваивать жиры и белки, что положительно сказывается на её общем состоянии, что, в свою очередь, приводит к повышению продуктивности птицы, включая увеличение яйценоскости и прироста массы.

Мука из личинок Чёрной львинки богата биоактивными соединениями, которые укрепляют иммунную систему животных, снижая их восприимчивость к инфекционным заболеваниям. Кроме того, использование такого компонента в кормах способствует улучшению антиоксидантного статуса птицы, что отражается на качестве конечной продукции. Яйца кур-несушек, получавших рационы с добавлением муки из личинок, характеризуются повышенным содержанием витаминов и минеральных веществ, что увеличивает их пищевую и потребительскую ценность.

Модификация жирнокислотного профиля мяса птицы за счёт введения *Hermetia illucens* в рацион делает получаемую продукцию более пригодной для диетического питания. Повышение уровня омега-3 жирных кислот способствует оптимизации баланса нутриентов в рационе человека, укреплению сердечно-сосудистой системы при одновременном сохранении органолептических характеристик мяса, включая нежность и сочность.

Антиоксидантный потенциал компонентов Чёрной львинки способствует снижению уровня окислительного стресса в клетках организма птицы. Экспериментальные данные показывают, что включение личинок в корм приводит к росту активности антиоксидантных ферментов, таких как каталаза и супероксиддисмутаза, в тканях птицы, что обеспечивает дополнительную защиту клеток от повреждающего действия свободных радикалов, особенно в условиях интенсивного промышленного содержания [140], снижая выраженность процессов перекисного окисления липидов и улучшая общее физиологическое состояние птицы. Повышение антиоксидантного статуса значимо при воздействии стрессовых факторов, включая высокие температуры и интенсивные технологии содержания.

Кроме того, антиоксидантные компоненты Чёрной львинки стимулируют синтез глутатиона — одного из внутриклеточных защитных факторов, что повышает устойчивость птицы к действию токсических агентов. Установлено, что регулярное использование кормов с добавлением личинок сопровождается снижением уровней маркеров воспаления в тканях. Также использование *Hermetia*

illucens в кормлении птицы способствует ускорению процессов регенерации тканей после микротравм и повреждений, связанных с условиями содержания.

Одним из аспектов использования *Hermetia illucens* является её способность укреплять иммунную систему птицы. Научные данные подтверждают, что биологически активные пептиды и хитиновый комплекс, содержащиеся в личинках, стимулируют неспецифический иммунный ответ и способствуют увеличению синтеза иммуноглобулинов [51], делая львинку функциональным кормом с выраженным иммуностимулирующим эффектом. Исследования показали, что хитин и пептиды, содержащиеся в личинках, усиливают выработку иммуноглобулинов и повышают устойчивость птицы к инфекциям.

Использование Чёрной львинки способствует улучшению микробиоты кишечника птицы. Включение личинок в рацион увеличивает численность полезных бактерий, таких как *Lactobacillus spp.* и *Bifidobacterium spp.*, что положительно сказывается на процессах пищеварения и усвоения питательных веществ [69], приводя к снижению воспалительных процессов и улучшению переваривания питательных веществ. Одновременно наблюдается укрепление барьерной функции кишечника, что снижает риск проникновения патогенов. Снижение уровня патогенной микрофлоры сопровождается уменьшением воспалительных процессов в кишечнике, что оказывает комплексное положительное воздействие на продуктивность птицы. Включение 4–6% гидролизованной муки из Чёрной львинки в рацион птицы улучшает показатели конверсии корма, увеличивает прирост массы тела и снижает затраты на корм. Экспериментальные данные также свидетельствуют о повышении коэффициента усвояемости протеина и общем улучшении здоровья птицы. Одновременно снижение концентрации токсичных метаболитов, в частности аммиака, способствует улучшению санитарного состояния в помещениях для содержания птицы.

Показано, что включение *Hermetia illucens* в рацион ведёт к увеличению синтеза короткоцепочечных жирных кислот в кишечнике, прежде всего бутирата. Рост их содержания способствует ускоренной регенерации слизистой оболочки

кишечника и снижению риска язвообразования. Долгосрочные наблюдения демонстрируют, что птица, получавшая рационы с добавлением Чёрной львинки, характеризуется более высокими иммунологическими показателями, что связывают с прямым модулирующим влиянием на иммунные клетки кишечника.

Влияние Чёрной львинки распространяется и на регуляцию физиологических функций за пределами пищеварительной системы. Исследования показывают, что аминокислотный профиль белков личинок близок к потребностям организма в субстратах для синтеза мышечной ткани, что способствует поддержанию оптимальных темпов прироста массы тела. Отмечено повышение уровня инсулиноподобного фактора роста-1 (IGF-1), что подтверждается результатами многочисленных экспериментальных работ. Белки личинок обладают высокой биологической ценностью и хорошей перевариваемостью, что делает их оптимальным компонентом рационов для быстрорастущей птицы.

Длительные исследования подтверждают, что регулярное включение Чёрной львинки в кормовой рацион птицы приводит к росту её продуктивности и одновременному снижению затрат на корма. Экономический анализ демонстрирует снижение себестоимости продукции на 15–20% при использовании муки из личинок в качестве основного источника белка [161]. Высокая доступность и низкая стоимость производства *Hermetia illucens* делают её стратегическим компонентом для индустриального животноводства.

Кроме того, данные исследований свидетельствуют о том, что *Hermetia illucens* может заменить антибиотики в кормлении птицы благодаря своим естественным антибактериальным свойствам, снижая необходимость в применении лекарственных средств и минимизирует риск развития резистентности у патогенных микроорганизмов.

Интересно, что природные антибактериальные свойства компонентов львинки проявляют эффективность даже в условиях интенсивного выращивания, где риск инфекций наиболее высок, делая личиночную муку перспективной альтернативой химическим препаратам, помогая сократить использование антибиотиков в промышленном птицеводстве. В результате повышается

безопасность и качество конечной продукции, что соответствует требованиям современного рынка.

Анализ химического состава *Hermetia illucens* подтверждает её богатство незаменимыми жирными кислотами, витаминами и аминокислотами, что делает её ценным компонентом для обеспечения здоровья птицы. Личинки содержат такие витамины, как рибофлавин и биотин, которые участвуют в метаболических процессах и поддержании физиологического равновесия. В исследованиях было установлено, что содержание белка варьируется в зависимости от стадии развития личинок: в фазе куколки оно достигает 24,22%, что делает её наиболее подходящей для использования в кормах. Аминокислотный профиль, включающий, в частности, лизин и метионин, обеспечивает необходимые предпосылки для активного белкового синтеза и способствует улучшению общего физиологического состояния птицы [21]. Антибактериальные свойства Чёрной львинки дополнительно поддерживают восстановление кишечной микрофлоры после применения ветеринарных препаратов.

Комплексное взаимодействие биологически активных компонентов *Hermetia illucens* с физиологическими системами организма птицы подтверждает её статус инновационного и высокофункционального кормового ингредиента. Специфические свойства, включая повышение биодоступности витаминов и минеральных элементов, позволяют рассматривать *Hermetia illucens* как важный компонент рационов, ориентированных на улучшение здоровья и качества продукции животноводства. При этом высокая экологическая устойчивость производства личинок подчёркивает их значение в условиях нарастающих глобальных вызовов в сфере животноводства.

Термофизические характеристики личинок, в том числе низкая теплопроводность (0,144 Вт/м·К), упрощают процессы их технологической обработки и сушки, способствуя сохранению питательной ценности при промышленной переработке. Стабильные показатели влажности и теплопроводности дополнительно обосновывают использование *Hermetia illucens* в качестве оптимального компонента комбикормов.

В совокупности применение Чёрной львинки в кормлении птицы оказывает многофакторное положительное влияние на организм. Высокая питательная ценность, выраженные антибактериальные и антиоксидантные эффекты, нормализация микробиоты и стимуляция иммунного ответа делают *Hermetia illucens* эффективным инструментом повышения продуктивности и укрепления здоровья поголовья. Включение личинок *Hermetia illucens* в рацион способствует улучшению показателей животноводческой продукции при одновременном поддержании баланса между экономической выгодой и требованиями экологической устойчивости.

Hermetia illucens представляет собой ценный источник питательных веществ с высокой биологической полноценностью. Её использование в рационах птицы ведёт к улучшению состояния здоровья, ростовой и продуктивной характеристик, а также повышению экономической эффективности птицеводства. Совокупность полученных данных подчёркивает необходимость дальнейшей научной проработки и расширения масштабов внедрения *Hermetia illucens* в промышленное производство комбикормов.

1.6. Масштабы производства Чёрной львинки

В последние десятилетия *Hermetia illucens* приобрела статус значимого объекта промышленного культивирования, становясь неотъемлемой частью инновационных агропромышленных систем. Исходной предпосылкой для наращивания объёмов производства данного вида является его уникальная способность к высокоэффективной биоконверсии различных органических субстратов. Широкомасштабное разведение чёрной львинки интегрируется в существующие производственные контуры, охватывая сферы от животноводства до переработки отходов и биотехнологий. Фактические данные подтверждают существенную экономическую выгоду при индустриальном использовании *Hermetia illucens*, а также её стабильный вклад в уменьшение экологического следа агропромышленного комплекса. Массовое производство личинок сопровождается

развитием технологических решений, нацеленных на совершенствование микроклиматических параметров, качество субстратов и автоматизацию процессов. При этом формируется глобальная география промышленных проектов, начиная от стран с жарким климатом и избыточными органическими отходами, заканчивая умеренными регионами, оптимизирующими использование ресурсов. Тенденция к расширению масштабов производства поддерживается исследованиями по стандартизации технологий и селекции высокопродуктивных линий *Hermetia illucens*. Общее увеличение индустриальных мощностей, доводящее объёмы производства до тысяч тонн биомассы в год, открывает перспективы для включения данного насекомого в широкий спектр отраслей.

Как отмечалось ранее, Чёрная львинка прочно закрепилась в качестве перспективного биологического объекта, применяемого в обширном спектре производственно-технологических процессов, ориентированных на повышение эффективности и устойчивости агропромышленного комплекса. Насекомое, будучи эндемичным в субтропических и тропических регионах, демонстрирует крайне высокую способность к биоконверсии широкого круга органических субстратов, включая различные сельскохозяйственные и пищевые отходы, побочные продукты переработки биогазовых установок, а также осадки сточных вод. В условиях масштабного производства этот вид уже рассматривается как многофункциональный компонент циркулярной экономики, непосредственно способствующий сокращению экологического следа агропромышленных систем и повышению их ресурсной эффективности.

Отличительной особенностью Чёрной львинки, лежащей в основе её промышленного успеха, является уникальный комплекс функциональных свойств, позволяющий успешно интегрировать её в современные биотехнологические цепочки. Во-первых, личинки чёрной львинки способны утилизировать до 60% вводимых органических остатков за сравнительно короткий производственный цикл. Такой уровень переработки, подтверждённый рядом исследовательских работ, обеспечивает не только снижение объёма отходов, но и одновременное получение биомассы высокого качества. Биомасса личинок характеризуется

благоприятным профилем питательных компонентов, включающим высокий процент полноценных белков, сбалансированный аминокислотный состав, а также значительные концентрации липидов, минералов и витаминов. Данные факторы определяют её как пригодное сырьё для кормовой индустрии, включая производство комбикормов для птицы, свиней, рыб и даже перспективы использования в функциональном питании для многих сельскохозяйственных животных. Дополнительным плюсом выступает наличие в хитиновой оболочке личинок структурных элементов, применимых при производстве биополимеров и других технически значимых материалов, что расширяет спектр прикладных возможностей данного ресурса.

Во-вторых, экологический аспект интеграции львинки в агробиотехнологические системы заслуживает особого внимания. Сокращение эмиссий парниковых газов, зафиксированное при использовании личинок для переработки отходов, выступает одним из факторов в контексте глобальных стратегий по смягчению климатических изменений. Исследования, проведённые с опорой на методы анализа углеродного и водного следов, демонстрируют, что производство биомассы чёрной львинки имеет более низкий уровень антропогенного воздействия по сравнению с традиционными источниками протеина, такими как соя или рыба. В совокупности это не только уменьшает давление на экосистемы, но и способствует оптимизации использования ограниченных природных ресурсов, включая воду и сельскохозяйственные земли.

Немаловажным фактором является и воспроизводительный потенциал *Hermetia illucens*, который обеспечивает высокий уровень автономности и стабильности производственных циклов. Аналитические данные, полученные в ходе целого ряда исследований, свидетельствуют о способности одной самки чёрной львинки отложить от 500 до 700 яиц. Показатель, в сочетании с комплексом мер по контролю параметров среды таких как оптимизация температурных режимов, относительной влажности и световых циклов и качества субстрата, гарантирует непрерывный и предсказуемый рост численности насекомых, что в долгосрочной перспективе создаёт условия для наращивания производственных

мощностей. Использование передовых биотехнологических методов управления репродуктивным поведением *Hermetia illucens*, таких как применение специфических световых спектров, низкоинтенсивного фоторежима или тонкой настройки термостатированных инкубаторов, находит отражение в исследованиях [149] и позволяет соблюдать строгую стандартизацию условий культивации. В результате создаётся устойчивая основа для крупномасштабного разведения, обеспечивая равномерную поставку биомассы и минимизацию сезонных либо ресурсных колебаний.

Более того, потенциал Чёрной львинки в контексте переработки отходов и производства биомассы гармонично согласуется с идеологией циркулярной экономики, подразумевающей замыкание материальных циклов и эффективное использование ресурсов с максимальным снижением потерь. Подобная интеграция предоставляет возможности для комплексной модернизации существующих технологических линий: от локальных перерабатывающих предприятий и агрохолдингов до переработчиков рыбохозяйственных и мясоперерабатывающих отходов, а также производства биогаза. В совокупности эти факторы укрепляют позицию *Hermetia illucens* как стратегического элемента устойчивого агробизнеса, способствующего снижению зависимости от традиционных кормовых и ресурсных баз, диверсификации систем сельскохозяйственного производства, а также переходу к более экологически сбалансированным моделям хозяйствования.

Особое внимание в современной практике уделяется развитию специализированных, комплексных культурных систем, позволяющих интегрировать производство Чёрная львинка с другими сегментами сельскохозяйственной деятельности. Концепции, основанные на многотрофической интеграции, подразумевают использование чёрной львинки в качестве биоконверсионного звена, способствующего рациональному использованию органических ресурсов и сокращению производственных издержек. Экспериментальные данные указывают на то, что такая модель функционирования позволяет снизить затраты на кормовые смеси для животных приблизительно на 30%, одновременно существенно оптимизируя управление

отходами в хозяйственных структурах. Достижение подобного эффекта обусловлено мультифункциональностью биомассы *Hermetia illucens*, её питательной ценностью и способностью снижать потребность в традиционных кормовых ресурсах. Учитывая растущее значение циркулярных стратегий, подобные интеграционные подходы обладают потенциалом не только экономической выгоды, но и формирования более экологически стабильных производственно-сырьевых контуров, что в совокупности отражается на повышении устойчивости и конкурентоспособности агропромышленных систем.

Значимым аспектом в данной парадигме становится разработка и внедрение оптимальных субстратов для выращивания Чёрной львинки, включающих отходы пивоваренной промышленности. Субстраты не только решают проблему утилизации вторичных материалов, но и формируют высококачественную питательную среду, улучшающую продуктивность личинок и их биологические характеристики. Практика демонстрирует принципиальную возможность внедрения комплексных биотехнологических решений, основанных на тесном сопряжении индустриальных процессов разных отраслей, создавая синергетические эффекты для сельскохозяйственных предприятий и перерабатывающих комплексов.

Одним из факторов, определяющим масштабы и интенсивность включения *Hermetia illucens* в агропромышленные цепочки, является её способность к биоконверсии. Исследовательские данные свидетельствуют о том, что на одной специализированной ферме возможно перерабатывать до 150 тонн органических отходов в месяц, получая при этом порядка 50 тонн стандартизированного высокопитательного кормового продукта. Эффективность особенно востребована в регионах с чрезмерным накоплением органических остатков, нуждающихся в их оперативной и экологически безопасной утилизации. Кроме того, использование отходов сельскохозяйственного производства, таких как шелуха бананов, кожура сои и другие побочные продукты, позволяет минимизировать затраты на субстраты, формируя устойчивую модель ресурсосбережения и постепенного перехода к более экологически оправданным производственным практикам.

Не менее значимым направлением исследования и индустриального внедрения Чёрной львинки является возможность тонкой настройки качественных характеристик получаемой биомассы. Обогащение субстратов ферментированными компонентами способно существенно увеличивать питательную ценность личинок, делая их ещё более привлекательным компонентом функциональных кормовых добавок [138]. Подобные решения позволяют целенаправленно модифицировать химический и биологический профиль биомассы, отвечая на запросы различных отраслей, от животноводства и птицеводства до рыбоводства, ориентируясь на конкретные производственные цели и требования.

Параллельно с развитием биоконверсионных технологий активное внимание уделяется выходу на новые сферы применения получаемой биомассы. В частности, липидная фракция *Hermetia illucens*, достигающая до 35% в составе личинок [63], представляет особый интерес для альтернативной энергетики, косметической, фармацевтической и химической промышленности. Применение выделенных масел в качестве сырья для биотоплива свидетельствует о перспективности данных технологий как с экономической, так и с экологической точки зрения, учитывая общую тенденцию к снижению зависимости от невозобновляемых ресурсов и переходу к более чистым источникам энергии. Инновации также способствуют более широкому использованию *Hermetia illucens* в многоотраслевых технологических комплексах, усиливая связь между сельским хозяйством, промышленностью и сектором биотехнологий.

Кроме липидов, белковая фракция личинок *Hermetia illucens*, отличающаяся сбалансированным аминокислотным профилем и высоким содержанием микроэлементов, может быть успешно интегрирована в кормовые рационы с функциональным уклоном. Исследования показывают, что включение таких белковых продуктов в рацион способствует улучшению здоровья и повышению продуктивности животных, укрепляет их иммунный статус и снижает риск заболеваний, что ещё раз подтверждает, что *Hermetia illucens* обладает мультимодальным потенциалом, позволяя решать сразу несколько задач: от

утилизации отходов и снижения затрат до улучшения качества производимых кормов и повышения экологической устойчивости всего агропромышленного комплекса.

Помимо упомянутого ранее, в современном промышленном производстве *Hermetia illucens* внимание уделяется оптимизации технологических параметров среды, что позволяет повышать эффективность и предсказуемость производственных циклов. Так, внедрение теневых сеток для улучшения условий спаривания продемонстрировало статистически значимое повышение успешности овипозиции на 15%, обеспечивая стабильный рост численности популяции и увеличение общего объёма получаемой биомассы. Формирование подобных архитектурных и организационных решений, предназначенных для контроля микроклиматических условий, сопряжено с постепенной профессионализацией отраслевых технологий. В сочетании с современными автоматизированными системами мониторинга и управления параметрами производства (температура, влажность, состав и качество субстрата), такие меры существенно снижают затраты ручного труда, минимизируют вероятность ошибок и способствуют достижению более сбалансированных производственно-технологических показателей.

Однако вызовом на пути к полноценной индустриализации остаётся задача стандартизации процессов. Эмпирические исследования подтверждают, что географические и климатические различия, а также вариабельность химического состава доступных субстратов могут существенным образом влиять на качественные и количественные характеристики конечной биомассы *Hermetia illucens*. Разработка универсальных, а следовательно и широко применимых, методологических подходов к культивированию данного вида требует систематизации эмпирического опыта, формирования унифицированных протоколов и адаптации к локальным производственным условиям. В частности, создание климато-специфичных технологических регламентов, рассчитанных на использование в тропических либо умеренных регионах, предлагает комплексные решения для расширения географического охвата промышленного разведения

Hermetia illucens [163]. Данный подход, подкреплённый метагеномными исследованиями, демонстрирует существование чётких корреляций между микробиотой личинок, качественными параметрами конечного продукта и устойчивостью популяции к различным формам стрессовых воздействий. Обнаружение и детализация взаимосвязей не только облегчают стандартизацию технологий, но и создают возможности для селекции более эффективных штаммов насекомых и развития прецизионных методов управления микробным сообществом.

Не менее примечательным направлением является комплексная интеграция *Hermetia illucens* в различные производственные цепочки, ориентированные на рациональное природопользование и формирование замкнутых технологических контуров. Так, ферментация пивоваренных отходов в сочетании с выращиванием личинок предоставляет инновационную модель утилизации вторичных ресурсов, одновременно продуцируя кормовые компоненты с высоким содержанием белка. Включение чёрной львинки в подобные технологические схемы выступает катализатором межотраслевых синергий, позволяя не только повышать экономическую рентабельность, но и формировать стратегически устойчивые модели ресурсопользования. Кроме того, поступательные исследования демонстрируют, что систематическое введение продуктов переработки *Hermetia illucens* в кормовые рационы сельскохозяйственных животных способно увеличить их продуктивность на 20–30%, что подтверждает потенциал личинок чёрной львинки как перспективной кормовой добавки. Повышение продуктивности при одновременном сокращении ресурсной нагрузки на окружающую среду указывает на способность данной технологии одновременно решать несколько задач для агропромышленного сектора.

Расширение использования Чёрной львинки в рамках многокомпонентных и географически диверсифицированных фермерских систем иллюстрирует высокую универсальность данного биологического ресурса. Отдельные исследования демонстрируют, что интеграция чёрной львинки в схемы аграрного производства, сочетающие аквакультурные процессы с традиционным растениеводством или

животноводством, формирует синергетические эффекты, повышая совокупную рентабельность хозяйства на 25%. В данном контексте рациональное использование и переработка органических отходов, образующихся при производстве биоэнергии, служит дополнительным аргументом в пользу ценности *Hermetia illucens* для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственных систем. Подобная стратегическая интеграция соответствует общемировым тенденциям, отмечаемым в ряде стран с избыточными органическими отходами — от Индонезии и Китая до Индии. В этих регионах чёрная львинка внедряется в масштабные фермерские проекты, обеспечивающие объёмы производства, достигающие 1000 тонн личинок в год, что становится своего рода промышленным стандартом для крупных агрохолдингов и перерабатывающих комплексов.

Глобальная экспансия *Hermetia illucens* в аграрно-промышленные экосистемы вписывается в более широкую парадигму перехода к устойчивым и циркулярным производственным системам, снижая зависимость от невозобновляемых ресурсов и минимизируя накопление вторичных продуктов. Доступность, экологическая безопасность и экономическая выгодность применения чёрной львинки открывают перспективы для многоотраслевой диверсификации её применения. Помимо прямого использования биомассы в качестве кормовых добавок, перспективно освоение биологически активных компонентов, выделяемых из личинок, для косметической и фармацевтической индустрий. Высокий уровень содержания белков, липидов и других функциональных соединений делает Чёрной львинку потенциальным источником ингредиентов для препаратов с широким спектром действия, обеспечивая более устойчивое сырьевое обеспечение данных отраслей.

Однако, несмотря на впечатляющие темпы внедрения и очевидные преимущества, дальнейшее развитие индустрии *Hermetia illucens* требует решения ряда фундаментальных и прикладных вопросов. Научная и технологическая повестка подразумевает проведение более глубоких исследований в области стандартизации производственных процессов, адаптации методик к локальным климатическим и географическим условиям, а также селекции более

продуктивных, стрессоустойчивых и адаптированных к разнородным субстратам популяций насекомых. Кроме того, необходимо продолжать оптимизацию технологий управления микроклиматом, параметрами среды и качественными характеристиками субстратов, а также совершенствовать методы контроля микробиоты, влияющей на продуктивность, устойчивость и питательную ценность конечного продукта.

Нельзя недооценивать и экономический аспект расширения индустрии *Hermetia illucens*. Масштабируемость и гибкость производственных систем, в сочетании с перспективами снижения затрат на сырьё и энергии, подкрепляют утверждение о потенциале данной технологии занять центральное место в будущих агропромышленных и биотехнологических структурах. Исследовательские усилия, направленные на интеграцию *Hermetia illucens* с инновационными подходами к отходопереработке, кормопроизводству, биотопливной и химической индустриям, обеспечивают устойчивую базу для формирования экологически уравновешенных и экономически жизнеспособных хозяйственных систем [20].

Суммируя, рассматриваемый комплекс доказательств и новых экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что *Hermetia illucens* представляет собой не только перспективный инструмент для решения ряда острых экологических проблем, но и ресурс для целого ряда смежных отраслей, имеющих фундаментальное значение для глобальной продовольственной безопасности и перехода к циркулярным экономическим моделям. Возможности, возникающие при дальнейшем совершенствовании технологий выращивания и переработки, адаптации к разнообразию региональных условий и интеграции с другими секторами производства, формируют предпосылки для устойчивого закрепления чёрной львинки в качестве одного из ключевых элементов новой агропромышленной парадигмы. Таким образом, можно ожидать, что по мере дальнейшего развития данных направлений *Hermetia illucens* будет активно способствовать формированию более рациональных, экологически и экономически оправданных производственных систем, отвечающих долгосрочным вызовам глобального масштаба.

Выводы, касающиеся перспектив промышленного использования *Hermetia illucens*, демонстрируют глубокую взаимосвязь между её биоконверсионными возможностями и формированием устойчивых производственных систем. Анализ данных о высокой эффективности переработки органических отходов, снижении экологического следа и повышении питательной ценности кормовой продукции подтверждает значение данного вида в развитии инновационных агропромышленных комплексов. Стандартизация технологий и адаптация к различным климатогеографическим условиям позволяют наладить стабильное производство, минимизируя влияние внешних факторов. Многоотрофические производственные системы, в которых *Hermetia illucens* интегрируется с аквакультурой, растениеводством и другими секторами агропромышленного комплекса, усиливают как экономическую рентабельность, так и экологическую устойчивость таких комплексов. Отмечается тенденция к укрупнению производственных мощностей: создаются фермы, перерабатывающие сотни тонн органических отходов и формирующие значительные объёмы биомассы, востребованные в кормовой, косметической, фармацевтической и энергетической отраслях. Внедрение современных биотехнологических решений, высокий уровень автоматизации и целенаправленное управление микробиотой способствуют повышению качества продукции и стабильности получаемых результатов. Комплексный подход к оптимизации условий выращивания Чёрной львинки, включая выбор субстратов, световых и температурных режимов, обеспечивает гибкость и масштабируемость технологий. Интеграция данного вида в глобальные производственно-сырьевые цепочки подкрепляется экономическими исследованиями, подтверждающими его конкурентоспособность на мировом рынке.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в период 2021–2025 г. на виварии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» на цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308». Объектами исследований были цыплята-бройлеры кросса «Росс-308» и белковый концентрат из личинок Чёрной львинки (производитель компания ООО «ЭкоБелок») — обезжиренная биомасса личинок Чёрной львинки, содержащая 50,4–73,0% сырого протеина, 8,0–15,0% жира, 8,0–12,0% сырой золы, 8,8–13,0% клетчатки и 4,8–7,0% влаги. Общая схема исследований приведена на рисунке 1.

Оценка влияния замены рыбной муки белковым концентратом из личинок Чёрной львинки (<i>Hermetia Illucens</i>) при выращивании цыплят-бройлеров				
1-й научно-производственный опыт Влияние разных уровней включения БК из личинок Чёрной львинки на продуктивность и физиологическое состояние цыплят-бройлеров кросса «Росс-308»	Группа	Характеристика кормления		
	1-я контрольная	Основной рацион (далее ОР), соответствующий с «Руководством по кормлению сельскохозяйственной птицы», ВНИТИП (2019) без добавок		
	2-я опытная	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 5 кг/т корма.		
	3-я опытная	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 10 кг/т корма.		
	4-я опытная	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 15 кг/т корма.		
Исследуемые показатели				
Продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Росс-308»		Переваримость и использование питательных веществ корма	Химический состав печени	Органолептические показатели мяса
2-й научно-производственный опыт Эффективность замены рыбной муки на БК из личинок Чёрной львинки в рационе цыплят-бройлеров кросса «Росс-308»	Группа	Характеристика кормления		
	1-я контрольная	Основной рацион, сбалансированный по всем питательным веществам, согласно руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП (2021)		
	2-я опытная	ОР с заменой 25% рыбной муки на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки		
	3-я опытная	ОР с заменой 50% рыбной муки на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки		
	4-я опытная	ОР с заменой 75% рыбной муки на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки		
	5-я опытная	ОР с заменой 100% рыбной муки на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки		
Комплекс исследований				
Зоотехнические (Сохранность поголовья, живая масса, конверсия корма, затраты корма, среднесуточные приросты)	Физиологические (Переваримость питательных веществ (протеина, жира, клетчатки), использование азота и минералов)	Биохимические (Содержание белка и жира в печени птицы)	Мясная продуктивность (Убойный выход, морфология туш, выход частей туши)	
Производственная проверка				

Рисунок 1 – Общая схема исследований

В ходе исследования проведено два научно-хозяйственных и физиологических (балансовых) опыта и производственная проверка для определения экономической эффективности полученных результатов.

Цыплят бройлеров выращивали с суточного до 35 суточного возраста при клеточном содержании в батареях Big Dutchman, без разделения по полу по 20 голов в группе. Группы формировали по принципу аналогов по живой массе, цыплят распределяли по группам методом случайной выборки. Технологические параметры: плотность посадки, световой и температурный режимы были одинаковы для всех групп и соответствовали «Методическим рекомендациям по технологическому проектированию птицеводческих предприятий», 2013 г. [25].

В первом опыте птицу кормили полнорационными рассыпными комбикормами, питательность которых соответствовала руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП (2019) [33].

Во втором опыте птицу кормили полнорационными рассыпными комбикормами, питательность которых соответствовала рекомендациям ВНИТИП (2021) [26]

Раздача кормов осуществлялась вручную. Схема двух опытов приведены в таблицах 2.1 и 2.3, рецепты комбикормов и премиксов – в таблицах 2.2, 2.4 и 2.5.

Физиологический (балансовые) опыты, по изучению переваримости и доступности питательных веществ из кормов с включением белкового концентрата, проводили на петушках (по три головы от группы) в возрасте 30–33 суток в соответствии с методическими рекомендациями ФНЦ «ВНИТИП». Длительность предварительного периода составляла 3 суток [35]. В конце балансового опыта, после ночного голодания, отбирали образцы крови для изучения морфологии и клинической биохимии из локтевой вены в пробирки с коагулянтом и без него, для получения сыворотки крови.

После убоя птицы в конце опытов были отобраны образцы печени и кишечника для проведения гистологических исследований. Также был определен

витаминный состав печени и химический состав большеберцовой кости цыплят-бройлеров.

Для определения влияния белкового концентрата сверх рациона на вкусовые качества мяса цыплят, была проведена органолептическая и дегустационная оценка.

Первый опыт был направлен на изучение безопасности и эффективности включения сверх рациона белкового концентрата, полученного из высушенных, обезжиренных и измельчённых личинок Чёрной львинки. Схема опыта представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Схема первого опыта на бройлерах

Группа	Поголовье, гол	Характеристика кормления
1 (к.)	20	Основной рацион (далее ОР), соответствующий руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП (2019)
2	20	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 5 кг/т корма.
3	20	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 10 кг/т корма.
4	20	ОР с добавлением белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в дозировке 15 кг/т корма.

В ходе первого опыта применяли трехфазное кормление: стартовый период до 14 суток, ростовой – до 21 суток и финишный – с 22 до 35 суток. Состав и питательность используемого комбикорма по фазам представлен в таблице 2.2. В рецептуру входили традиционные зерновые и белковые компоненты (пшеница, соевый шрот, подсолнечный жмых), минеральные добавки, премикс и аминокислоты. Во всех опытных рационах основной состав комбикорма оставался идентичным, отличием было только введение сверх рациона инсектного концентрата в указанных дозировках.

Таблица 2.2 – Состав и питательность комбикорма для цыплят-бройлеров (опыт 1)

Компонент	6–14 суток	15–21 суток	22–35 суток
Пшеница	54,90	59,53	60,78
Соя полуобезжиренная	32,24	21,95	19,3
Жмых подсолнечный	5,00	9,25	9,88
Масло соевое	3,78	4,9	5,75
Известняк	1,17	1,28	1,28
Монокальцийфосфат	0,79	1,07	1,09
Соль поваренная	0,38	0,37	0,35
L-Лизина HCl	0,41	0,45	0,42
DL-Метионин	0,35	0,229	0,26
L-Треонин	0,19	0,17	0,16
Глицин	0,13	0,11	0,1
L-Валин	0,06	0,03	0,02
L-Аргинин	0,02	-	0,03
L-Изолейцин	-	0,02	-
Премикс	0,5	0,5	0,5
Холин хлорид 60%-й	0,08	0,08	0,08
В 100 г комбикорма содержится, %:			
Обменная энергия, ккал	310,0	315,0	320,0
Протеин сырой	22,5	20,0	20,0
Сырая клетчатка	4,0	4,5	4,5
Лизин общий	1,41	1,25	1,19
Лизин усв.	1,23	1,09	1,02
Метионин+цистин общий	0,98	0,9	0,93
Метионин+цистин усв.	0,93	0,84	0,80
Треонин общий	0,94	0,83	0,80
Треонин усв.	0,81	0,71	0,68
Триптофан общий	0,28	0,24	0,23
Триптофан усв.	0,24	0,21	0,20
Аргинин общий	1,47	1,30	1,28
Аргинин усв.	1,28	1,11	1,09
Валин общий	1,06	0,95	0,91
Валин усв.	0,91	0,8	0,76
Изолейцин общий	0,94	0,83	0,79
Изолейцин усв.	0,78	0,7	0,65
Глицин общий	1,05	0,96	0,91
Глицин усв.	0,85	0,77	0,73
Серин	1,03	0,90	0,86
Кальций	0,96	0,90	0,90
Фосфор общий	0,77	0,68	0,68
Фосфор доступный	0,48	0,40	0,40
Натрий	0,16	0,16	0,15

Компонент	6–14 суток	15–21 суток	22–35 суток
Хлор	0,35	0,36	0,34

Во втором опыте исследовали возможность поэтапной замены рыбной муки в составе рациона на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки в дозах 25, 50, 75 и 100%, а также оценивали продуктивность бройлеров и качество мяса при указанных уровнях замещения. Схема опыта представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Схема второго опыта на бройлерах

Группа	Поголовье, гол	Характеристика кормления
1 (к.)	20	Основной рацион (далее ОР), сбалансированный по всем питательным веществам, согласно руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП (2021)
2	20	ОР с заменой 25% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки
3	20	ОР с заменой 50% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки
4	20	ОР с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки
5	20	ОР с заменой 100% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки

В ходе второго опыта применяли трехфазное кормление: стартовый период до 14 суток, ростовой – до 21 суток и финишный – с 22 до 35 суток. Состав и питательность используемых комбикормов и премикса представлены в таблицах 2.4 [29] и 2.5.

Таблица 2.4 – Состав и питательность комбикормов для цыплят-бройлеров в опыте с белковым концентратом из личинок мух Чёрной львинки, % (опыт 2)

Компонент	Контроль			2-я группа		
	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток
Пшеница	58,0	50,7	53,5	58,0	50,2	53,4
Шрот соевый 44%	28,4	14,0	9,0	28,4	14,0	9,0
Свекловичная патока	1,5	-	-	1,5	-	-
Соя полуобезжиренная 40%	-	23,0	25,0	-	23,0	25,0
Масло соевое	4,4	4,8	5,1	4,4	4,8	5,1
Мука рыбная	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки	-	-	-	1,0	1,0	1,0
Монокальцийфосфат	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	0,8
Известняк Са 36%	0,8	1,2	1,3	0,8	1,6	1,4
Премикс	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Метонин	0,33	0,30	0,31	0,33	0,30	0,31
Моногидрат лизина	-	0,15	0,12	-	0,18	0,14
Сульфат	0,45	-	-	0,45	-	-
Соль	0,25	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30
Холин хлорид	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
В 100 г комбикорма содержится, %:						
Обменная энергия, ккал	312,0	317,0	322,0	312,0	316,0	322,0
Протеин сырой	22,69	22,92	21,70	21,63	22,96	21,77
Сырьевая клетчатка	3,66	4,02	3,87	3,66	4,01	3,87
Сырой жир	6,06	9,96	10,57	6,64	9,96	10,57
Сырая зола	5,82	5,83	5,54	5,64	6,23	5,65
Линолевая кислота	2,98	4,92	5,23	3,03	4,91	5,23
Лизин	1,36	1,36	1,25	1,36	1,37	1,25
Метионин	0,68	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Метионин + цистин	1,0	0,98	0,95	0,93	0,98	0,96
Треонин	0,79	0,83	0,78	0,73	0,83	0,78
Триптофан	0,29	0,28	0,26	0,28	0,28	0,26
Аргинин	1,37	1,47	1,38	1,29	1,47	1,38
Лизин усв.	1,18	1,18	1,07	1,30	1,19	1,07
Метионин усв.	0,59	0,60	0,59	0,60	0,60	0,59
Метионин + цистин усв.	0,90	0,86	0,84	0,86	0,86	0,84
Треонин усв.	0,68	0,70	0,65	0,63	0,70	0,66
Триптофан усв.	0,25	0,23	0,212	0,23	0,223	0,22
Са	0,84	0,91	0,90	0,75	1,02	0,90
Р общий	0,78	0,75	0,69	0,74	0,74	0,68
Р доступный	0,48	0,49	0,44	0,49	0,48	0,43

Продолжение Таблицы 2.4

Компонент	Контроль			2-я группа		
	3-5 суток	6-21 суток	22-35 суток	3-5 суток	6-21 суток	22-35 суток
Na	0,16	0,17	0,17	0,15	0,17	0,17
K	0,89	0,88	0,82	0,88	0,88	0,82
Cl	0,30	0,27	0,27	0,29	0,28	0,27
Компонент	3-я группа			4-я группа		
	3-5 суток	6-21 суток	22-35 суток	3-5 суток	6-21 суток	22-35 суток
Пшеница	58,0	50,2	51,1	58,0	50,2	53,0
Шрот соевый 44%	28,4	14,0	9,0	28,4	14,0	9,0
Свекловичная патока	1,5	-	-	1,5	-	-
Соя полуобезжиренная 40%	-	23,0	25,0	-	23,0	25,0
Масло соевое	4,4	4,8	5,1	4,4	4,8	5,1
Мука рыбная	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
Монокальцийфосфат	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	0,9
Известняк Са 36%	0,8	1,6	1,6	0,8	1,6	1,6
Премикс	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Метонин	0,33	0,30	0,31	0,33	0,29	0,31
Моногидрат лизина	-	0,18	0,16	-	0,21	0,17
Сульфат	0,45	-		0,45		
Соль	0,25	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30
Холин хлорид	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
В 100 г комбикорма содержится, %:						
Обменная энергия, ккал	312,0	316,0	321,0	312,0	315,0	320,0
Протеин сырой	22,69	23,02	21,83	22,69	23,11	21,89
Сырьевая клетчатка	3,66	4,01	3,86	3,66	4,01	3,86
Сырой жир	6,06	9,96	10,57	6,06	9,97	10,58
Сырая зола	5,82	6,24	5,85	5,82	6,25	5,96
Линолевая кислота	2,98	4,91	5,23	2,98	4,91	5,23
Лизин	1,36	1,36	1,25	1,36	1,37	1,25
Метионин	0,68	0,64	0,64	0,68	0,64	0,64
Метионин + цистин	1,0	0,98	0,96	1,0	0,98	0,96
Треонин	0,79	0,83	0,78	0,79	0,84	0,78
Триптофан	0,29	0,28	0,26	0,29	0,28	0,26
Аргинин	1,37	1,48	1,38	1,37	1,48	1,38
Лизин усв.	1,18	1,18	1,08	1,18	1,19	1,08
Метионин усв.	0,59	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59
Метионин + цистин усв.	0,90	0,86	0,84	0,90	0,86	0,84
Треонин усв.	0,68	0,70	0,66	0,68	0,71	0,66

Триптофан усв.	0,25	0,23	0,22	0,25	0,23	0,22
Са	0,84	0,98	0,93	0,84	0,94	0,91
Р общий	0,78	0,73	0,67	0,78	0,72	0,69
Р доступный	0,48	0,47	0,42	0,48	0,46	0,43
Na	0,16	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17
К	0,89	0,88	0,82	0,89	0,88	0,82
Компонент	5-я группа					
	3–5 суток		6–21 суток		22–35 суток	
Пшеница	58,0		50,2		52,8	
Шрот соевый 44%	28,4		14,0		9,0	
Свекловичная патока	1,5		-		-	
Соя полуобезжиренная 40%	-		23,0		25,0	
Масло соевое	4,40		4,80		5,10	
Мука рыбная	-		-		-	
Белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки	4,0		4,0		4,0	
Монокальцийфосфат	1,3		1,0		1,0	
Известняк Са 36%	0,8		1,60		1,7	
Премикс	0,5		0,5		0,5	
Метонин	0,33		0,29		0,31	
Моногидрат лизина Сульфат	-		0,21		0,19	
Соль	0,25		0,30		0,30	
Холин хлорид	0,080		0,080		0,080	
В 100 г комбикорма содержится, %:						
Обменная энергия, ккал	312,0		315,0		320,0	
Протеин сырой	22,69		23,17		21,95	
Сырьевая клетчатка	3,66		4,01		3,85	
Сырой жир	6,06		9,97		10,58	
Сырая зола	5,82		6,26		6,16	
Линолевая кислота	2,98		4,91		5,22	
Лизин	1,36		1,36		1,25	
Метионин	0,68		0,64		0,64	
Метионин + цистин	1,0		0,98		0,96	
Треонин	0,79		0,84		0,79	
Триптофан	0,29		0,28		0,26	
Аргинин	1,37		1,48		1,39	
Лизин усв.	1,18		1,18		1,08	
Метионин усв.	0,59		0,59		0,59	
Метионин + цистин усв.	0,90		0,86		0,85	
Треонин усв.	0,68		0,71		0,66	
Триптофан усв.	0,25		0,23		0,22	
Са	0,84		0,90		0,92	

Продолжение Таблицы 2.4

Компонент	5-я группа		
	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток
Р общий	0,78	0,71	0,70
Пшеница	58,0	50,2	52,8
Шрот соевый 44%	28,4	14,0	9,0
Свекловичная патока	1,5	-	-
Соя полубезжиренная 40%	-	23,0	25,0
Масло соевое	4,40	4,80	5,10
Мука рыбная	-	-	-
Белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки	4,0	4,0	4,0
Монокальцийфосфат	1,3	1,0	1,0
Известняк Са 36%	0,8	1,60	1,7
Премикс	0,5	0,5	0,5
Метонин	0,33	0,29	0,31
Моногидрат лизина Сульфат	-	0,21	0,19
Соль	0,25	0,30	0,30
Холин хлорид	0,080	0,080	0,080
В 100 г комбикорма содержится, %:			
Обменная энергия, ккал	312,0	315,0	320,0
Протеин сырой	22,69	23,17	21,95
Сырьевая клетчатка	3,66	4,01	3,85
Сырой жир	6,06	9,97	10,58
Сырая зола	5,82	6,26	6,16
Линолевая кислота	2,98	4,91	5,22
Лизин	1,36	1,36	1,25
Метионин	0,68	0,64	0,64
Метионин + цистин	1,0	0,98	0,96
Треонин	0,79	0,84	0,79
Триптофан	0,29	0,28	0,26
Аргинин	1,37	1,48	1,39
Лизин усв.	1,18	1,18	1,08
Метионин усв.	0,59	0,59	0,59
Метионин + цистин усв.	0,90	0,86	0,85
Треонин усв.	0,68	0,71	0,66
Триптофан усв.	0,25	0,23	0,22
Са	0,84	0,90	0,92
Р общий	0,78	0,71	0,70

Компонент	5-я группа		
	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток
P доступный	0,48	0,45	0,45
Na	0,16	0,17	0,17
K	0,89	0,88	0,82
Cl	0,30	0,28	0,28

Таблица 2.5 – Состав витаминно-минерального премикса в расчете на 1 т.
корма (опыт 2)

Витамины	Содержание на 1 т корма	Единица измерения
A	12,0	Млн.МЕ
D ₃	4,0	Млн.МЕ
E	48,0	г
K ₃	2,4	г
B ₁	3,2	г
B ₂	12	г
B ₃	16	г
B ₅	80	г
B ₄	4,8	г
B ₁₂	32	мг
B _c	3,2	г
H	0,4	г
Микроэлементы		
Марганец	120,0	г
Цинк	100,0	г
Медь	2,5	г
Железо	25,0	г
Кобальт	1,0	г
Йод	0,7	г
Селен	200,0	мг

При проведении научно-хозяйственных опытов на цыплятах-бройлерах учитывали следующие продуктивные и технологические показатели:

— ежедневную сохранность поголовья цыплят-бройлеров (%) с обязательным установлением и анализом причин падежа;

— живую массу птицы (г), фиксируемую путем индивидуального взвешивания каждого подопытного цыпленка в суточном возрасте, а также на 7-е, 21-е сутки и в конце выращивания согласно методике ГОСТ 31962-2013 [7];

— среднесуточный прирост живой массы бройлеров, рассчитываемый по группам с использованием формулы:

$$A = \frac{W_t - W_0}{t_2 - t_1}$$

где

W_t – живая масса птицы на конец опыта (г);

W_0 – живая масса птицы на начало опыта (г);

t_1 и t_2 – возраст птицы в днях на начало и на конец периода учета соответственно.

— ежедневный расход комбикорма (г), фиксируемый путем тщательного учета заданного и фактически потребленного количества корма;

— показатель затрат корма на единицу прироста живой массы (кг), определяемый путем расчета соотношения количества израсходованного комбикорма к общей величине прироста живой массы за период выращивания;

— убойный выход мяса (%), рассчитываемый по результатам убоя птицы в конце производственного цикла;

— Европейский индекс продуктивности определялся расчетным путем по формуле: ЕИП = Среднесуточный прирост, г * Сохранность, % / затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг * 10, где интегральный показатель продуктивности позволяет комплексно оценить эффективность применяемых в опыте рационов кормления и технологии выращивания бройлеров;

— определение гигроскопической влаги осуществлялся путём термического обезвоживания биологических проб при температуре 100 °С до достижения постоянного веса в соответствии с ГОСТ Р 57059–2016 [10];

— массовую долю общего азота в кормах и помёте (% от сухого вещества) устанавливался методом Кьельдаля с использованием автоматического анализатора «Kjeltec System 2300», согласно ГОСТ 32044.1-2012 [8];

— содержание сырого жира (%) в кормах, помёте, печени и грудной мышечной ткани определялся методом экстракционного обезжиривания с последующим взвешиванием обезжиренного остатка на лабораторных весах LA 230 P в соответствии с ГОСТ 13496.15-2016 [5];

— содержание азота в помёте по Дьякову, %;

— массовую долю сырой золы (%) в кормах и помёте определяли методом сухого озоления образцов согласно требованиям ГОСТ 32933-2014 [9];

— содержание сырой клетчатки (%) в кормах и помёте определяли по методике, установленной ГОСТ 31675-2012 [6];

— переваримость сухого вещества корма, сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира, а также коэффициенты использования азота (%) рассчитывались по результатам балансовых (физиологических) опытов;

— массовая доля фосфора (%) в большеберцовой кости бройлеров определялась на автоматическом жидкостном анализаторе «Контифло»;

— содержание кальция (%) в большеберцовой кости устанавливалось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием анализатора фирмы «Perkin Elmer»;

— концентрацию витаминов А, Е, В₂ (мкг/г) в печени цыплят-бройлеров определяли по окончании опыта.

Химические исследования кормов, помёта, тканей печени и костной ткани проводили в соответствии с методиками биохимического анализа, описанными в работах В.И. Фисинина, А.Н. Тищенко, И.А. Егорова и др. (2010) [36]:

— биохимические показатели крови (общий белок, мочевиная кислота) и лейкоцитарную формулу устанавливали по окончании опыта у трёх петушков от каждой экспериментальной группы, применяя автоматический гематологический анализатор «Гемаскрин VET 5 diff»;

— проведены комплексные гистологические и морфометрические исследования тканей двенадцатиперстной и слепых кишок кишечника. Материалом для гистологических исследований служила печень цыплят-бройлеров, отобранная в возрасте 35 дней. Микропрепараты были изготовлены по

стандартной методике, включающей фиксацию образцов в 10%-ном нейтральном забуференном формалине с последующей автоматизированной дегидратацией тканей в закрытой системе на вакуумном тканевом процессоре «Tissue-Tek VIP 5 Junior», заливкой материала в парафин, депарафинированием, а затем окраской микросрезов гематоксилином Джилла и водным раствором эозина. Фотодокументирование микропрепаратов осуществлялось с использованием цифровой камеры MC-3 (USB-2.0) № XC1272, камеры LCMOS03100KRA и компьютерной системы MCview.

Экономическая эффективность применения белкового концентрата в комбикормах (затраты, себестоимость, прибыль, экономический эффект на 100 голов), руб. – по результатам производственной проверки;

Для объективной оценки мясной продуктивности проведена анатомическая разделка шести тушек из каждой группы после убоя птицы в 35-суточном возрасте согласно рекомендациям ВАСХНИЛ. [24]

Органолептическую оценку мяса проводили в соответствии с ГОСТ Р 51944-2002 «Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы», учитывая такие характеристики, как внешний вид, запах, консистенция мяса, состояние подкожного жира и качество бульона, полученного при варке мяса [11].

Производственная проверка

Производственная проверка была проведена на базе АО «Куриное Царство» (филиал «Моссельпром») на бройлерах кросса «Росс-308». Птицу выращивали с суточного до 35 суточного возраста, без разделения по полу, в клеточных батареях.

Экономическую эффективность рассчитывали в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий», утвержденной Департаментом ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (1997) [23]. Схема производственной проверки

представлена в таблице 2.6, состав и питательность рациона приведены в таблице 2.7, а состав премикса – в таблице 2.5.

Таблица 2.6 – Схема производственной проверки, n=100

Группа	Поголовье, гол	Характеристика кормления
Базовый вариант	100	Основной рацион, сбалансированный по всем питательным веществам, согласно руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП 2021
Новый вариант 1	100	ОР с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки

Таблица 2.7 – Состав рациона для контроля и 4 группы

Компонент	1 (контроль)			4-я группа		
	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток	3–5 суток	6–21 суток	22–35 суток
Пшеница	58,0	50,7	53,5	58,0	50,2	53,0
Шрот соевый 44%	28,4	14,0	9,0	28,4	14,0	9,0
Свекловичная патока	1,5	-	-	1,5	-	-
Соя полуобезжиренная 40%	-	23,0	25,0	-	23,0	25,0
Масло соевое	4,4	4,8	5,1	4,4	4,8	5,1
Мука рыбная	4,0	4,0	4,0	1,0	1,0	1,0
Белковым концентратом из личинок мух Чёрной львинки	-	-	-	3,0	3,0	3,0
Монокальцийфосфат	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	0,9
Известняк Са 36%	0,8	1,2	1,3	0,8	1,6	1,6
Премикс	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Метонин	0,33	0,30	0,31	0,33	0,29	0,31
Моногидрат лизина	-	0,15	0,12	-	0,21	0,17
Сульфат	0,45	-		0,45		
Соль	0,25	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30
Холин хлорид	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
В 100 г комбикорма содержится, %:						
Обменная энергия, ккал	312,0	317,0	322,0	312,0	315,0	320,0
Протеин сырой	22,69	22,92	21,70	22,69	23,11	21,89
Сырьевая клетчатка	3,66	4,02	3,87	3,66	4,01	3,86
Сырой жир	6,06	9,96	10,57	6,06	9,97	10,58
Сырая зола	5,82	5,83	5,54	5,82	6,25	5,96
Линолевая кислота	2,98	4,92	5,23	2,98	4,91	5,23

В 100 г комбикорма содержится, %:						
Лизин	1,36	1,36	1,25	1,36	1,37	1,25
Метионин	0,68	0,64	0,64	0,68	0,64	0,64
Метионин + цистин	1,0	0,98	0,95	1,0	0,98	0,96
Треонин	0,79	0,83	0,78	0,79	0,84	0,78
Триптофан	0,29	0,28	0,26	0,29	0,28	0,26
Аргинин	1,37	1,47	1,38	1,37	1,48	1,38
Лизин усв.	1,18	1,18	1,07	1,18	1,19	1,08
Метионин усв.	0,59	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59
Метионин + цистин усв.	0,90	0,86	0,84	0,90	0,86	0,84
Треонин усв.	0,68	0,70	0,65	0,68	0,71	0,66
Триптофан усв.	0,25	0,23	0,212	0,25	0,23	0,22
Са	0,84	0,91	0,90	0,84	0,94	0,91
Р общий	0,78	0,75	0,69	0,78	0,72	0,69
Р доступный	0,48	0,49	0,44	0,48	0,46	0,43
Na	0,16	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17
К	0,89	0,88	0,82	0,89	0,88	0,82

Расчет экономической эффективности проведен по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_B - C_H) \times A_H, \text{ где}$$

C_B и C_H — себестоимость 1 кг прироста живой массы бройлеров в базовом и новом вариантах, руб.

A_H — количество произведенной продукции в новом варианте, кг.

В ходе экспериментального исследования все манипуляции, осуществляемые с птицами, выполнялись в строгом соответствии с положениями Европейской конвенции о защите животных, используемых в научных целях [15], а также с этическими принципами, регламентируемыми Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2010 года [14], направленной на обеспечение надлежащих условий содержания и гуманного обращения с животными, вовлечёнными в научную деятельность.

Обработка экспериментальных данных осуществлялась статистическими методами с использованием критерия Стьюдента и Фишера в программной среде Microsoft Excel, 2019. Статистическую достоверность устанавливали по следующим уровням значимости: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Влияние разных уровней включения белкового концентрата из личинок Чёрной львинки на продуктивность и физиологическое состояние цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» (Опыт 1)

3.1.1. Продуктивность

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили эффективность использования белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в рационах бройлеров. Как видно из полученных данных (таблица 3.1), добавление белкового концентрата положительно повлияло на динамику живой массы птицы и кормовую эффективность.

Таблица 3.1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», получавших комбикорма с включением белкового концентрата, (n=20) M±m (опыт 1)

Показатель	Группы			
	1 (к)	2	3	4
Сохранность поголовья, %	95,0	95,0	100	100
Живая масса, г в возрасте, суток:				
суточные	35,7±0,1	35,6±0,1	35,9±0,3	35,6±0,2
7	145,8 ±2,9	149,9 ±2,4 +2,8%	152,9 ±3,0** +4,9%	151,5 ±2,5 +3,8%
14	405,9 ±10,5	414,4 ±10,0 +2,1%	428,6 ±8,2 +5,6%	422,9 ±12,7 +4,2%
21	792,5 ±20,0	816,9 ±23,9 +3,1%	822,6 ±20,1 +3,8%	821,8 ±18,8 +3,7%
35 (в среднем)	1831,75	1907,95 +4,1%	1938,50 +5,8%	1930,90 +5,4%

Показатель	Группы			
	1 (к)	2	3	4
Живая масса, г в возрасте, суток:				
в том числе:				
петушков	1954,0 ±61,2	2051,7 ±50,7 +5,0%	2102,5 ±55,1** +7,6%	2090,8 ±79,2 +7,0%
курочек	1709,5 ±39,9	1764,2 ±48,4 +3,2%	1774,5 ±57,2 +3,8%	1771,0 ±56,8 +3,6%
Затраты корма на 1 гол., кг	3,035	3,149	3,059	3,049
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,690	1,682	1,608	1,609
Среднесуточный прирост живой массы, г	52,83	55,07	55,96	55,74
ЕИП, балл	294,19	307,89	344,44	342,87

Достоверность различий: *- $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,1$.

Так, уже в 7-, 14- и 21-суточном возрасте живая масса цыплят 3-й опытной группы превосходила контрольные показатели на 4,9%, 5,6% и 3,8% соответственно, а к концу выращивания разница достигла 5,8% (рисунок 2).

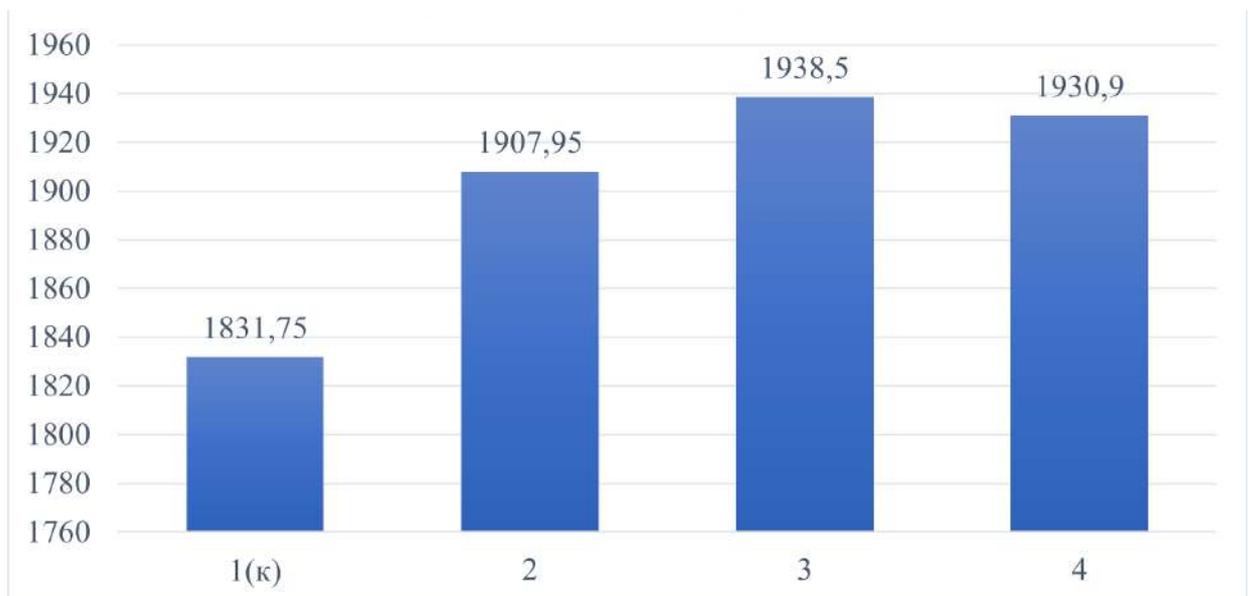


Рисунок 2 – Живая масса бройлеров в 35-суточном возрасте, г

Одновременно наблюдалось снижение затрат корма: конверсия корма в этой группе улучшилась на 4,8% по сравнению с контролем (рисунок 3). Масса петушков 3-й группы превысила контрольный аналог на 7,6%, курочек – на 3,8%.

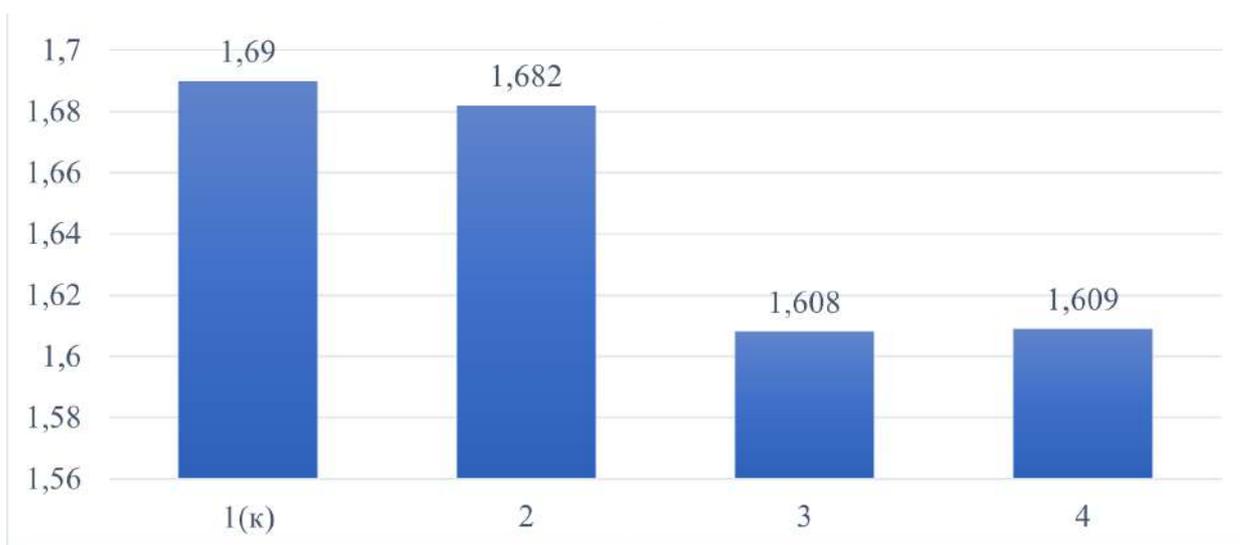


Рисунок 3 – Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг

Применение доз (5 и 15 кг/т) также обеспечивало прирост живой массы — на 3,1–3,7% к 21-му дню и до 4,1–5,4% к концу выращивания. На всех включениях наблюдалась положительная динамика кормовой конверсии: снижение затрат корма на 0,5–4,9% по сравнению с контрольной группой.

Комплексная оценка эффективности кормления по Европейскому индексу продуктивности повысился с 294,19 до 307,89; 344,44 и 342,87 баллов во 2-й, 3-й и 4-й группах. Наилучшие результаты достигнуты при дозе 10 кг/т, где индекс превысил контроль на 50,25 балла, что свидетельствует о максимальной эффективности данной нормы включения белкового концентрата.

На основании изложенного, можно сделать вывод, что введение инсектного белкового концентрата сверх рациона в количестве 10 кг/т комбикорма можно считать оптимальным для повышения продуктивности бройлеров. Полученные результаты о продуктивности цыплят-бройлеров, получавших комбикорма с включением белкового концентрата, согласуются с данными других исследований.

В ходе научного эксперимента проведенного Башаровым А. А., Андрияновой Э. М. и другими было установлено, что включение личинок *Hermetia illucens* в состав полнорационного комбикорма на уровне 3% приводит к значительному увеличению живой массы бройлеров по сравнению с контролем [32]. Живая масса цыплят опытной группы к моменту убоя превосходила контроль на 197 г, среднесуточный прирост был выше на 6,05%. Также отмечено снижение затрат корма на 1 кг прироста на 5,18–6,16%. Органолептические показатели мяса опытных и контрольных групп достоверно не отличались, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния на качество продукции.

Современные обзоры Данилова Е. В., Хабиров А. Ф. и других подтверждают, что внедрение в состав комбикормов муки из личинок *Hermetia illucens* позволяет не только снизить себестоимость рациона, но и сохранять продуктивные показатели птицы на высоком уровне, что обеспечивает стабильную рентабельность отрасли [12]. Подчеркивается, что по содержанию протеина мука из *Hermetia illucens* сопоставима с традиционными источниками белка (соевой и рыбной мукой), а использование данного компонента не приводит к снижению прироста массы и продуктивности бройлеров, открывая перспективы для расширения сырьевой базы комбикормовой промышленности.

3.1.2. Переваримость и использование питательных веществ корма, интенсивность обменных процессов в организме птицы

Результаты физиологических исследований, приведенные в таблице 3.2, демонстрируют четкую взаимосвязь с зоотехническими показателями продуктивности. Значительное увеличение прироста живой массы в опытных группах сопровождалось активизацией обменных процессов в организме птицы. Наблюдаемое усиление метаболизма – более полное усвоение питательных веществ и синтез белка – создает благоприятные условия для роста мышечной ткани, что согласуется с известным положением о прямой корреляции интенсивности энергетического обмена с продуктивностью сельскохозяйственных

животных. Тем самым, модификация рациона за счет включения исследуемого белкового концентрата стимулирует биохимические процессы, что на практике выражается в повышении эффективности выращивания бройлеров без ущерба для их здоровья.

Таблица 3.2 – Влияние различных уровней включения белкового концентрата на переваримость и использование питательных веществ корма (%) цыплятами – бройлерами в возрасте 30–33 суток, n=3 (опыт 1)

Показатель	Группа			
	1(к)	2	3	4
Переваримость:				
Протеина	89,41	89,49	90,11	90,80
Сухого вещества корма	78,76	78,12	79,50	78,24
Жира	76,24	77,40	78,62	78,54
Клетчатки	26,58	26,41	26,25	26,10
Использование:				
Азота	41,06	42,30	43,14	42,82
Кальция	55,52	55,99	58,28	57,79
Фосфора	34,45	34,79	35,33	35,10

Анализ данных таблицы 3.2 показывает, что переваримость протеина у бройлеров всех опытных групп (89,49–90,80%) была несколько выше, чем у контрольных аналогов (89,41%). Разница с контролем составила 0,08; 0,78 и 1,55% для 2-й, 3-й и 4-й опытных групп соответственно (рисунок 4). Повышение усвоения протеина свидетельствует о более эффективном использовании азотистых компонентов корма, что потенциально улучшает энергетический баланс и способствует более интенсивному росту птицы.

Влияние добавки на переваримость сухого вещества носило умеренный характер. Во 2-й (78,12%) и 4-й (78,24%) группах коэффициент переваримости сухого вещества был немного ниже контрольного уровня (78,76%) – на 0,82 и 0,66% соответственно. В то же время в 3-й группе показатель усвояемости достиг 79,50%,

превысив контроль на 0,94%. Таким образом, при уровне включения белкового концентрата 10 кг/т комбикорма отмечалась небольшая тенденция к повышению переваримости сухого вещества по сравнению как с контролем, так и с более низким (5,0 кг/т) и более высоким (15 кг/т) уровнями ввода.

Переваримость жира заметно увеличилась при скармливании белкового концентрата. Во 2-й группе (77,40%) данный показатель был на 1,52% выше, чем в контроле (76,24%), в 3-й группе (78,62%) – выше на 3,12%, а в 4-й группе (78,54%) – на 3,02%. Это указывает на улучшение процессов расщепления и всасывания липидов при использовании инсектного белкового концентрата.

Переваримость клетчатки претерпела незначительные изменения. Во 2-й опытной группе усвоение клетчатки было немного ниже контроля (26,41% против 26,58%, снижение на 0,64%). В 3-й группе показатель переваримости клетчатки также несколько уступал контролю (26,25%, что на 1,26% меньше), а в 4-й группе уровень переваримости составлял 26,10%, что на 1,84% ниже контрольного значения. Снижение переваримости клетчатки обусловлено введением хитина — трудноперевариваемого компонента, составляющего до 8% в концентрате.

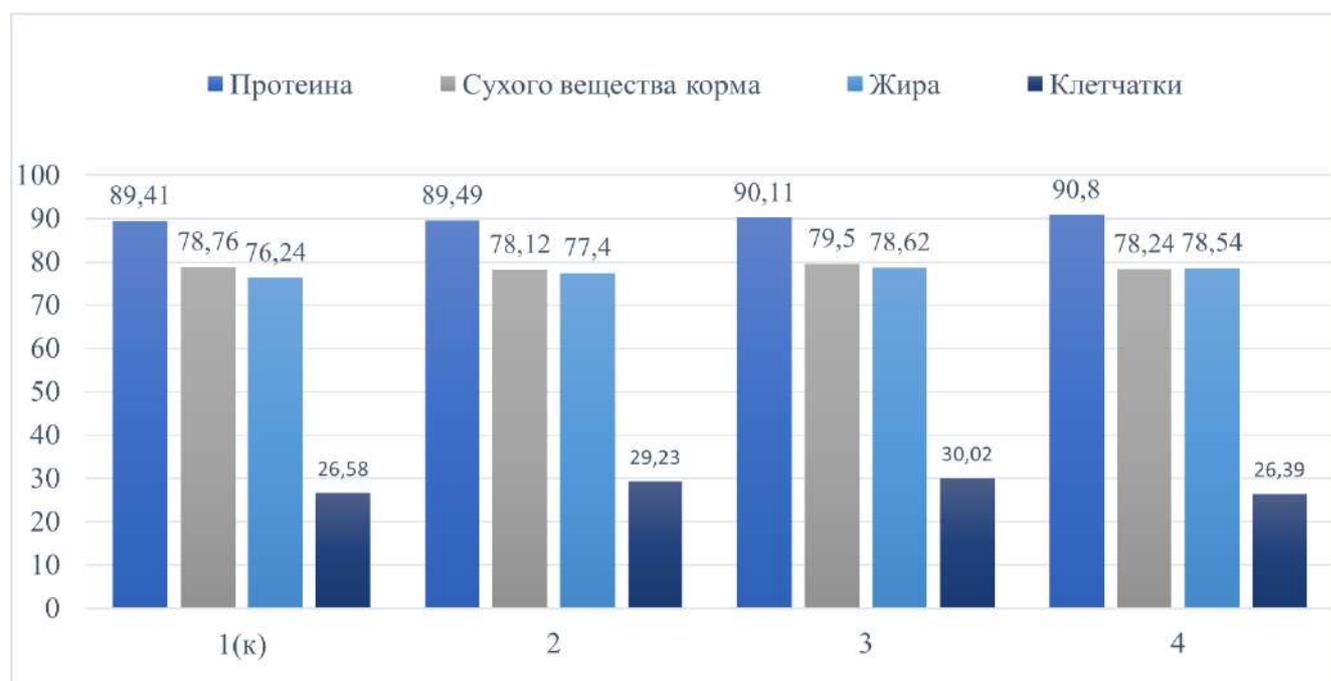


Рисунок 4 – Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

Добавка положительно повлияла на использование организмом азотистых и минеральных веществ корма (рисунок 5). У цыплят всех опытных групп коэффициент удержания азота превысил контрольный уровень (41,06%) и составил 42,30; 43,14 и 42,82% во 2-й, 3-й и 4-й группах соответственно, что соответствует увеличению на 3,02; 5,06 и 4,29%, что указывает на более эффективный белковый обмен при включении инсектного белкового концентрата в рацион.

Усвоение кальция и фосфора также улучшилось во всех опытных вариантах. Коэффициенты использования кальция во 2–4-й группах (55,99; 58,28 и 57,79%) превышали контрольный показатель (55,52%) на 0,85; 4,97 и 4,09%, а по фосфору (34,79; 35,33 и 35,10% против 34,45% в контроле) — на 0,99; 2,55 и 1,89%. Полученные данные позволяют заключить, что инсектный концентрат способствует оптимизации минерального обмена, в частности усилению депонирования кальция и фосфора в организме бройлеров.

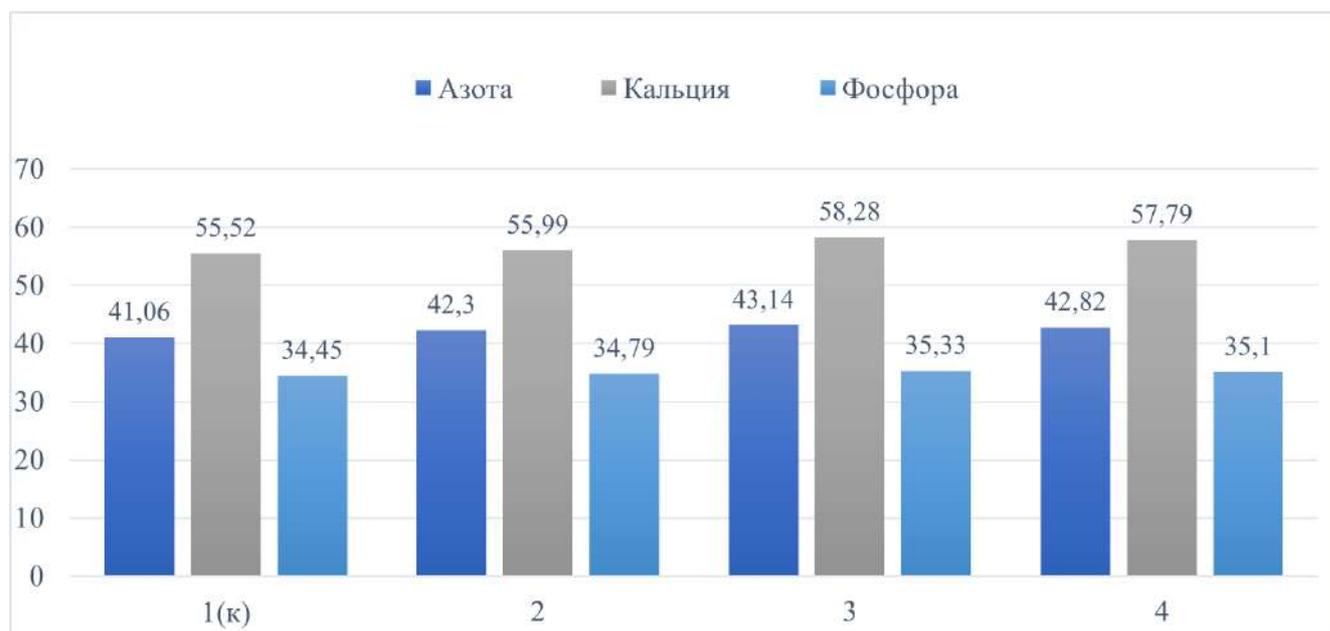


Рисунок 5 – Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

В целом, результаты опыта, а также данные других исследователей, подтверждают положительное влияние белкового концентрата на переваримость и усвоение основных питательных веществ рациона. Повышение коэффициентов переваримости протеина и удержания азота согласуется с приростами массы тела

бройлеров, а отсутствие выраженных негативных эффектов на усвоение жира и клетчатки при оптимальных дозах говорит о хорошей адаптации пищеварительной системы птицы к новому компоненту.

В исследованиях Медведева А. Ю. и соавторов отмечается, что мука из личинок *Hermetia illucens* обладает высокой обменной энергией (17,8 МДж/кг) и содержит до 509 г/кг сырого протеина [30]. Анализ балансировки комбикормов свидетельствует о возможности эффективной частичной замены традиционного животного белка и обеспечения высокого уровня переваримости и усвояемости питательных веществ, что важно для оптимизации кормления и поддержания интенсивности обменных процессов у птицы. В частности, рецептуры с Чёрной львинкой обеспечивают сбалансированное поступление обменной энергии, протеина, лизина и треонина, что способствует активному росту и нормальному метаболизму бройлеров.

Результаты оригинального исследования Saidani и других показывают, что частичная замена обычного комбикорма на 5% и 10% муки из личинок *Hermetia illucens* обеспечивает полноценное поступление перевариваемого протеина, аминокислот и энергии в рационе бройлеров [76]. Все экспериментальные рационы были изокалорийными и изонитрогенными, что исключает влияние энергетического и протеинового дисбаланса. В ходе эксперимента отмечено отсутствие негативного влияния на показатели переваримости основных нутриентов, а также положительное воздействие на состав кишечной микробиоты: снижение численности вредных бактерий семейства *Enterobacteriaceae* и увеличение количества полезных бактерий рода *Lactobacillus*.

3.1.3. Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

При изучении химического состава печени бройлеров установлено, что включение белкового концентрата в рацион способствовало изменению содержания в ней основных нутриентов (таблица 3.3). Во всех опытных группах

отмечена повышенная концентрация протеина в печени по сравнению с контролем, тогда как жировые запасы, напротив, снизились.

Таблица 3.3 – Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток (опыт 1)

Показатель	Группа			
	1(к)	2	3	4
Протеин	55,59	56,06	56,46	58,01
Жир	23,82	22,49	22,28	22,68
Зола	3,88	4,0	4,3	4,3

Введение инсектного концентрата положительно повлияло на содержание белка в печени: во 2-й группе его уровень повысился на 0,87% относительно контроля, в 3-й – на 1,56%, а максимальный прирост отмечен в 4-й группе – на 4,35% больше, чем у контроля (рисунок 6). Градация прироста внутреннего протеина указывает на дозозависимый эффект добавки: чем выше доля концентрата в рационе, тем больше белка аккумулируется или синтезируется в гепатоцитах. Вероятно, дополнительный легкоусвояемый протеин из личинок способствует усиленной протеиновой депозиции в печени.

По содержанию жира наблюдается обратная картина. Во 2-й группе печень содержала на 5,91% меньше жира, чем у контрольных бройлеров, в 3-й группе снижение составило 6,91%, а в 4-й – 5,03%. Сокращение жировой инфильтрации печени при введении концентрата можно расценивать как положительное явление, снижающее риск развития жировой дистрофии печени – распространённой патологии при интенсивном откорме птицы. Минеральный состав печени между группами существенно не различался: содержание золы в опытных вариантах (4,0–4,3%) лишь незначительно превышало контрольный уровень, не выявляя чёткой зависимости от дозы добавки.

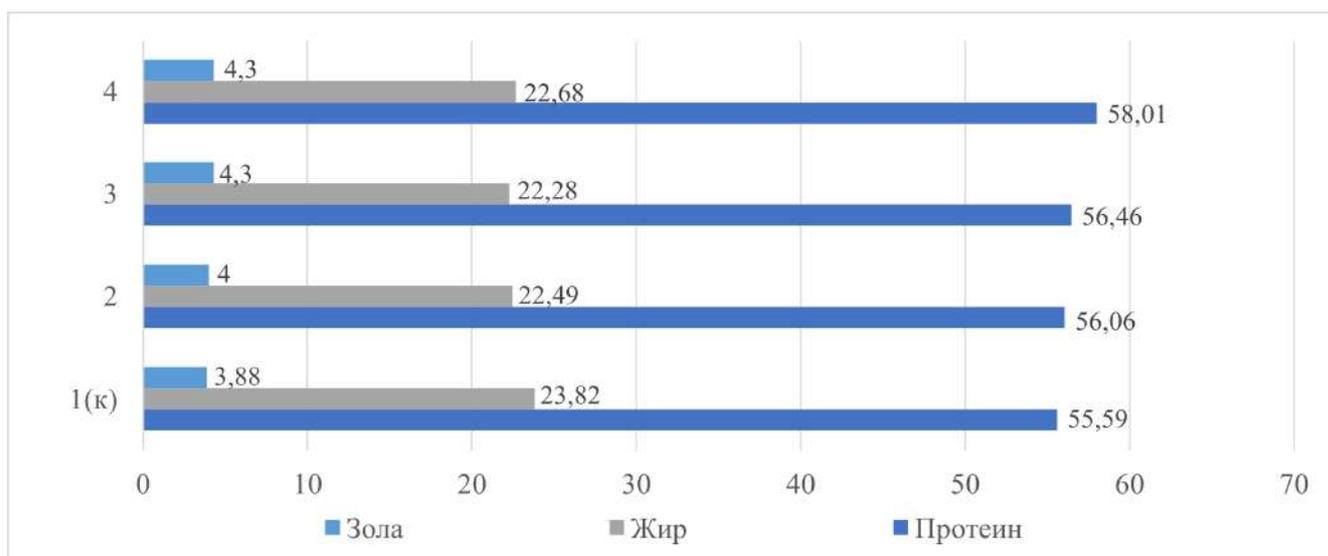


Рисунок 6 – Химический состав (%) печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

Полученные результаты свидетельствуют, что применение белкового концентрата из личинок Чёрной львинки позволяет увеличить резерв протеина в организме и одновременно уменьшить избыточное жировое отложение в печени, что благоприятно сказывается на обмене веществ. Все это подтверждает не только эффективность, но и биологическую безопасность использования сверх рациона белкового концентрата из личинок мухи Чёрной львинки в кормлении сельскохозяйственной птицы.

Актуальные исследования свидетельствуют о высокой пищевой и биохимической безопасности применения продуктов из личинок *Hermetia illucens* в рационах цыплят-бройлеров [84]. В работе Schäfer и соавторов показано, что как частичная, так и полная замена традиционного жира на жир *Hermetia illucens* не приводит к значимым изменениям в содержании основных липидных фракций печени (триглицериды, фосфолипиды, холестерин и др.), что указывает на сохранение стабильного липидного профиля и отсутствие отрицательных эффектов на обмен жиров и общее состояние печени.

Данные Brah и других полностью подтверждают полученные выводы: при введении в рацион муки из личинок Чёрной львинки до 12% достоверных изменений массы и химического состава печени не выявлено [88]. При этом мука *Hermetia illucens* характеризуется высоким содержанием сырого протеина (42,28%)

и жира (17,07%), что обеспечивает полноценное поступление ключевых питательных веществ в организм птицы. Соотношение аминокислот, таких как лизин (2,28%) и метионин (1,02%), сопоставимо с рыбной мукой, что особенно важно для формирования полноценного белкового обмена и здорового роста бройлеров. Даже при максимально высоких уровнях включения (16%) существенных негативных изменений в химическом составе печени обнаружено не было, что свидетельствует о безопасности использования этого сырья.

3.1.4. Влияние белкового концентрата на органолептические показатели мяса цыплят-бройлеров

Проведение дегустационной оценки мяса представляет собой комплексный процесс, требующий строгой стандартизации на каждом этапе — начиная от формирования групп птиц и заканчивая подачей подготовленных образцов дегустаторам. Основная цель процедуры – выявление различий в сенсорных характеристиках, таких как вкус, запах, текстура, цвет, сочность между группами, обусловленные факторами кормления, содержания, обработки или другими экспериментальными условиями.

Полученные данные позволяют не только сравнить качество мяса между группами, но и выявить оптимальные условия кормления, делая органолептическую оценку инструментом для повышения конкурентоспособности продукции и удовлетворения запросов потребителей в соответствии требованиям стандартов.

Для достижения объективности результатов дегустационной оценки было подготовлено четыре группы по три петуха в каждой (рисунок 7). Петухи однородны по породе, возрасту, массе и физиологическому состоянию. Оценку проводили по 5-балльной дегустационной шкале (1 — плохо/непригодно, 2 — неудовлетворительно, 3 — удовлетворительно, 4 — хорошо, 5 — отлично).



Рисунок 7 – Подготовка цыплят-бройлеров (петушков) для проведения дегустационной оценки, n=3

Дегустационная оценка мяса цыплят-бройлеров (таблица 3.4) показала, что по органолептическим показателям мясо трех подопытных групп, получавших белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки в разных концентрациях сверх рациона, не отличалось от контрольной группы, получавшую традиционный рацион.

Таблица 3.4 – Органолептическая оценка вареного мяса и бульона бройлеров, средний балл, n=3 (опыт 1)

Показатели	Группа			
	1к	2	3	4
Грудные мышцы				
Аромат	4,70	4,63	4,58	4,65
Вкус	4,49	4,66	4,76	4,59
Нежность (жесткость)	4,45	4,27	4,21	4,43
Сочность	4,41	4,34	4,41	4,38
В среднем	4,51	4,47	4,49	4,51
Бедренные мышцы				
Аромат	4,73	4,49	4,76	4,81
Вкус	4,45	4,61	4,52	4,47
Нежность (жесткость)	4,62	4,58	4,49	4,55
Сочность	4,72	4,79	4,73	4,75

Показатели	Группа			
	1к	2	3	4
Бедренные мышцы				
В среднем	4,63	4,62	4,62	4,64
Бульон				
Внешний вид	4,85	4,77	4,91	4,85
Аромат	4,75	4,75	4,77	4,69
Вкус	4,68	4,74	4,72	4,80
Наваристость	4,77	4,75	4,68	4,75
В среднем	4,76	4,75	4,77	4,77

Запах грудных мышц во всех группах был характерным для качественного куриного мяса. Весомых различий с контрольной группой не выявлено (рисунок 8). Не было выявлено посторонних или неприятных ароматов. Дегустационная оценка показала, что вкус грудных мышц в подопытных группах оставался на уровне контрольной группы. Мясо сохранило нежный и приятный вкус. Грудные мышцы в подопытных группах были сочными, без признаков сухости. Влагоудерживающая способность мяса не изменилась. Никаких негативных изменений в мясе не было обнаружено.

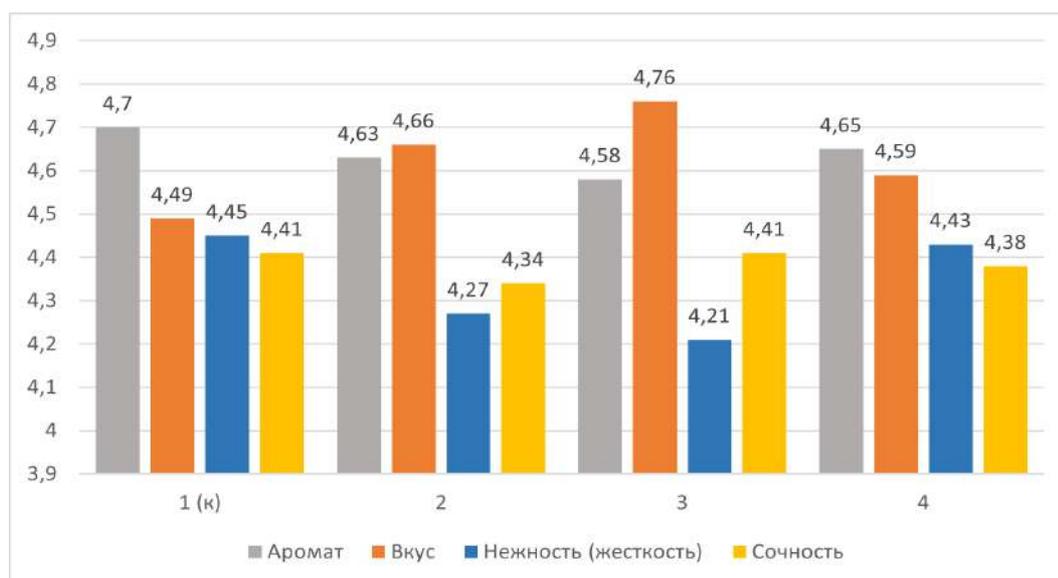


Рисунок 8 – Органолептическая оценка вареного мяса грудных мышц

Бедренные мышцы в контрольной и подопытных группах имели естественный темно-розовый цвет, характерный для этого типа мяса. Различий в цвете между группами не выявлено (рисунок 9). Запах бедренных мышц во всех группах был свежим и приятным, без посторонних оттенков. Вкус бедренных мышц в подопытных группах был насыщенным и характерным для куриного мяса. Дегустаторы не отметили различий по сравнению с контрольной группой. Бедренные мышцы сохранили сочность, что свидетельствует о сохранении влагоудерживающей способности мяса. Текстура бедренных мышц оставалась плотной и слегка волокнистой, что является нормой для этого типа мяса. Никаких изменений в структуре не наблюдалось.

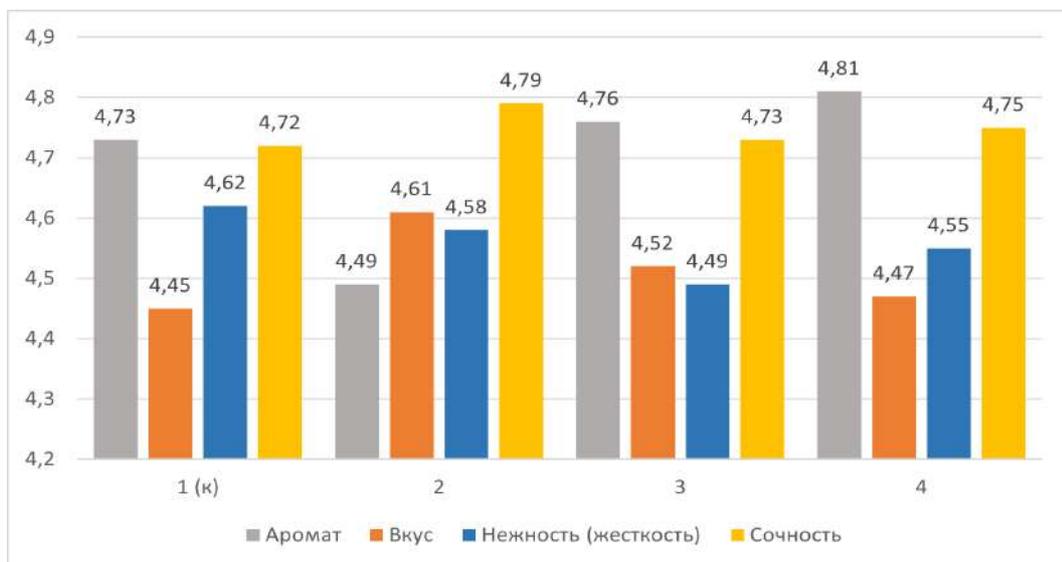


Рисунок 9 – Органолептическая оценка вареного мяса бедренных мышц

Цвет бульона, приготовленного из мяса трех подопытных групп, был прозрачным с легким золотистым оттенком, соответствующим высокому качеству мяса и отсутствию примесей. Различий с контрольной группой не выявлено (рисунок 10). Аромат бульона во всех группах был насыщенным и приятным, с характерными нотами куриного мяса. Не было обнаружено посторонних запахов. Вкус бульона в подопытных группах был насыщенным и гармоничным, без горьковатых или неприятных привкусов. Дегустаторы отметили, что вкус бульона во всех опытных группах соответствовал контрольной.

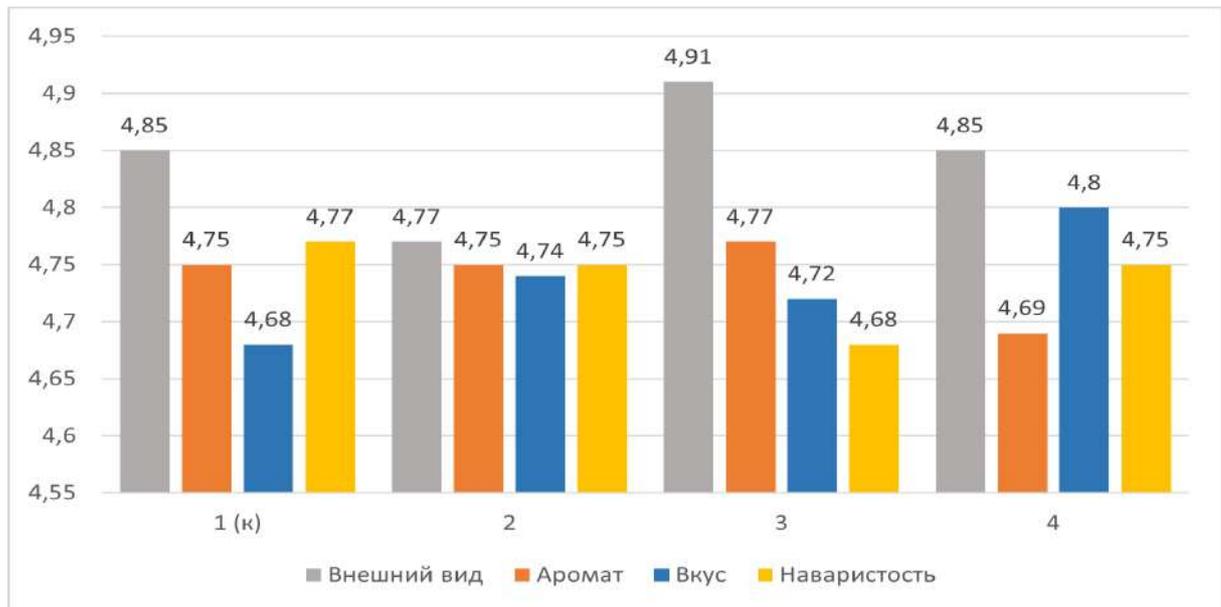


Рисунок 10 – Органолептическая оценка бульона

Органолептическая оценка грудных, бедренных мышц и бульона показала, что использование белкового концентрата из личинок мух Чёрной львинки сверх рациона не оказывает негативного влияния на сенсорные свойства мяса и бульона цыплят-бройлеров. Все ключевые параметры, включая цвет, запах, вкус, текстуру, сочность и наваристость, оставались в пределах нормы и соответствовали контрольной группе. Полученные результаты подтверждают: белковый концентрат из личинок мух Чёрной львинки может успешно использоваться в качестве альтернативного источника белка в кормлении кур без ухудшения органолептических качеств мяса и бульона.

3.2. Эффективность замены рыбной муки белковым концентратом из личинок Чёрной Львинки в кормлении цыплят-бройлеров и его влияние на продуктивность, обменные процессы, пищевую и биологическую ценность мяса (Опыт 2)

3.2.1. Продуктивность

Проведённые экспериментальные исследования и комплексный аналитический обзор, включавшие патентный поиск, систематизированное изучение научной литературы и тщательную химическую характеристику белкового концентрата, полученного из личинок Чёрной львинки, позволили

установить высокое содержание протеина. Указанное обстоятельство обуславливает возможность применения данного продукта в качестве эффективной альтернативы рыбной муке в кормовых рационах цыплят-бройлеров.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное подтверждение гипотезы о возможности замещения рыбной муки белковым концентратом для оптимизации продуктивных качеств и повышения мясной продуктивности птицы.

Химический анализ белкового концентрата, разработанного и произведённого ООО «ЭкоБелок» по оригинальной технологии, продемонстрировал следующие параметры: массовая доля сырого протеина – 50,4–73,0%, жира – 8,0–15,0% и золы – 8,0–12,0%. Помимо высокого содержания белка, продукт характеризуется значительным уровнем незаменимых аминокислот и отсутствием токсичности [1].

Как показали результаты исследования (таблица 3.5) замена рыбной муки белковым концентратом на 75% в комбикормах для бройлеров способствовало повышению живой массы бройлеров четвертой опытной группы во все возрастные периоды их выращивания (рисунок 13) [22].

Таблица 3.5 – Продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», получавших комбикорма с включением белкового концентрата, (n=20) $M \pm m$ (опыт 2)

Показатель	Группа				
	1 (к)	2	3	4	5 (к)
Сохранность поголовья, %	100	100	100	100	100
Живая масса, г в возрасте, суток: суточные	39,0±0,34	39,0±0,58	39,0±0,44	39,0±0,32	39,0±0,31
7	166,3 ±4,7	166,5 ±3,6 +0,1%	166,6 ±6,3 +0,2%	166,8 ±2,8 +0,3%	166,3 ±6,4 +0,0%
14	454,1 ±10,9	455,5 ±42,6 +0,3%	456,4 ±10,6 +0,5%	460,9 ±13,2 +1,5%	460,9 ±12,1 +1,5%

Показатель	Группа				
	1 (к)	2	3	4	5 (к)
21	890,3 ±19,4	903,6 ±26,0 +1,5%	908,1 ±23,7 +2,0%	940,2 ±22,1** +5,6%	937,5 ±16,0** +5,3%
35 (в среднем)	1965,9	1976,1 +0,5%	2063,8 +5,0%	2093,3 +6,5%	2079,7 +5,8%
в том числе: петушков	2139,6 ±62,8	2154,6 ±118,3 +0,7%	2285,1 ±46,1** +6,8%	2317,2 ±56,6* +8,3%	2293,6 ±56,7** +7,2%
курочек	1792,2 ±45,5	1797,6 ±51,7 +0,3%	1842,4 ±63,2 +2,8%	1869,3 ±42,1 +4,3%	1865,7 ±50,2 +4,1%
Затраты корма на 1 гол., кг	3,233	3,260	3,223	3,254	3,295
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,678	1,683	1,592	1,584	1,615
Среднесуточный прирост живой массы, г	56,67	56,97	59,55	60,42	60,02
Убойный выход, %	71,28	72,86	73,25	74,97	73,61
Выход грудной мышцы, %	20,13	20,46	20,72	21,08	20,93
ЕИП, балл	334,73	335,47	370,39	377,58	367,92

Достоверность различий: *- $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,1$.

Анализируя данные, представленные на рисунке 11, следует отметить, что минимальный уровень затрат корма на 1 кг прироста живой массы зарегистрирован в четвёртой группе (1,584 кг), что на 5,6% ниже показателей контрольной группы (1,678 кг). Наибольший расход корма на единицу прироста зафиксирован во второй группе (1,683 кг), незначительно превышая контрольные значения (на 0,3%),

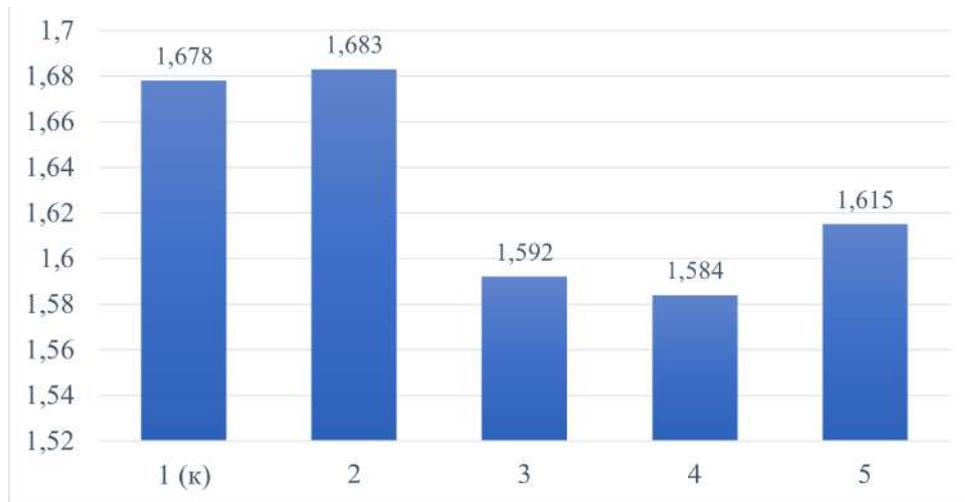


Рисунок 11 – Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг

На рисунке 12 отображены показатели среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров. Максимальное значение прироста установлено также в четвёртой группе (2093,3 г), что превышает контроль на 6,5%. Наименьший прирост наблюдался в контрольной группе (1965,9 г), при этом во второй группе прирост незначительно отличался от контрольной (1976,1 г).

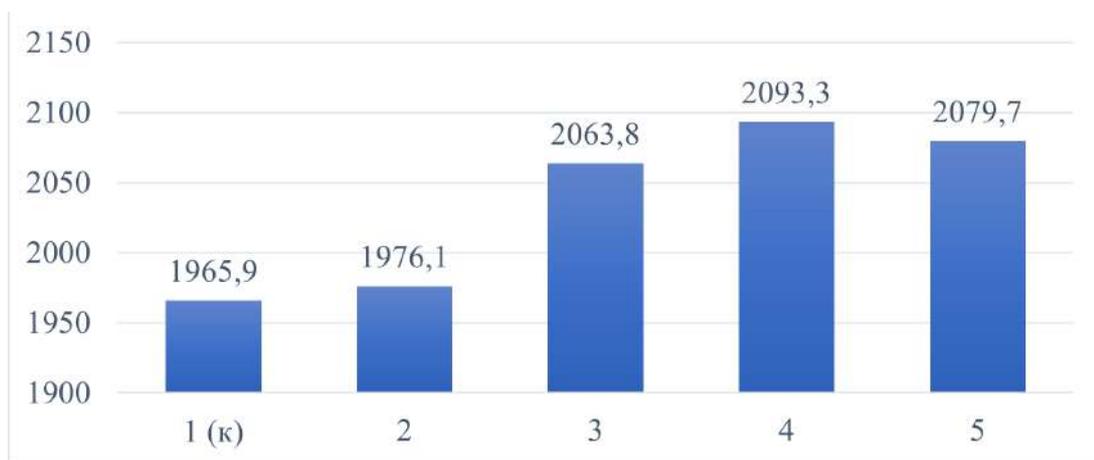


Рисунок 12 – Среднесуточный прирост живой массы, г

Помимо этого в ходе исследования установлено, что в 7-суточном и 21-суточном возрасте живая масса цыплят четвёртой опытной группы, получавших комбикорма с заменой рыбной муки на 75%, была выше контрольной на 0,3 и 5,6 % соответственно, а к концу выращивания (35 суток) превышала её на 6,5%. При

этом затраты корма на 1 кг прироста живой массы в данной группе снизились с 1,678 до 1,584 кг, то есть на 5,9% по сравнению с контролем. Живая масса петушков четвертой группы была выше контрольной на 8,3% (разность статистически достоверна), а курочек — на 4,3%.

Замена рыбной муки на 25, 50 и 100% порошком на основе белкового концентрата из личинок чёрной львинки у цыплят второй, третьей и пятой опытных групп также оказалась эффективной. В 21-суточном возрасте живая масса цыплят этих групп превосходила контроль на 1,5; 2,0 и 5,3% соответственно. К 35-суточному возрасту увеличение живой массы относительно контроля составило 0,5; 5,0 и 5,8%. Конверсия корма во второй группе несколько ухудшилась (затраты на 1 кг прироста увеличились на 0,3%), тогда как в третьей и пятой группах отмечено улучшение показателя — снижение затрат корма на 5,1 и 3,8% соответственно.

В целом опыт проведён на высоком зоотехническом фоне, сохранность поголовья во всех группах составила 100%. По результатам анатомической разделки установлено, что убойный выход мяса во всех опытных группах превышал контрольные значения на 1,58; 1,97; 3,69 и 2,33% для второй, третьей, четвертой и пятой групп соответственно.

Оценка эффективности выращивания по показателю ЕИП показала, что замена рыбной муки на 75% белковым концентратом (четвертая группа) увеличила ЕИП с 334,73 до 377,58 балла, то есть на 42,9 балла по сравнению с контролем. Таким образом, по результатам зоотехнических исследований установлено, что наиболее эффективная замена рыбной муки в рационах цыплят-бройлеров белковым концентратом на основе личинок Чёрной львинки составляет 75%.

Полученные нами данные, о положительном влиянии личинок Чёрной львинки на продуктивность птицы подтверждаются и данными других исследований [13, 28].

Использование мухи Чёрной львинки в кормлении кур и других сельскохозяйственных животных активно изучается и внедряется во многих

странах мира, с целью улучшения продуктивности, получения экономической выгоды, экологической устойчивости и решения дефицита кормов [18].

Так, Башаров А. А. и соавторы в 2022 году исследовали использование муки из личинок Чёрной львинки в рационе бройлеров. Было установлено, что замена традиционных источников белка на муку из личинок не только не ухудшает продуктивность птицы, но и улучшает показатели роста примерно на 6%.

В исследовании Ильиной Г. В и других., проведенном в 2021 году, авторы пришли к выводу, что включение личинок Чёрной Львинки в рацион бройлеров способствует стимуляции анаболических процессов, увеличению среднесуточного прироста на 11,5–13,2% по сравнению с контрольным, а также увеличивает содержание общего белка крови и сыворотки холестерина [3].

В опытах на бройлерах, проведенном в 2018 году, авторы Dabbou, S., Gai, F., Biasato и другие, изучали влияние личинок Чёрной львинки на производительность роста, показатели крови, морфологию кишечника и гистологические особенности бройлеров. Результаты показали, что добавление личинок в рацион бройлеров может улучшить показатели массы тела и индекс производительности цыплят в стартовый период, однако следует обратить внимание на морфологию кишечника при высоких уровнях включения личинок в корм в период выращивания и доращивания, так как возможно негативное влияние [55].

В 2020 году было проведено исследование, авторами Chu, X., Li, M., Wang, G., Wang, K., Shang, R., Wang, Z., & Li, L.. Основные результаты исследования показали, что добавление личинок Чёрной львинки в рацион бройлеров положительно влияет на качество мяса, при этом включение личинок оказывает позитивное воздействие на продуктивность птицы, включая прирост живой массы и усвояемость питательных веществ [97].

3.2.2. Переваримость и использование питательных веществ корма, интенсивность обменных процессов в организме птицы

Данные физиологического опыта, представленные в таблице 3.6, согласуются с полученными зоотехническими результатами. Увеличение живой массы цыплят-бройлеров в опытных группах связано с более интенсивной скоростью протекания обменных процессов в организме птицы, что подтверждается и данными биохимических и гематологических показателей крови, химическим и витаминным составом печени, анализом минерализации большеберцовых костей, а также гистологическими исследованиями печени и кишечника.

Таблица 3.6 – Влияние различных уровней белкового концентрата на переваримость и использование питательных веществ корма (%) цыплятами – бройлерами в возрасте 30–33 суток, $M \pm m$, $n=3$ (опыт 2)

Показатель	Группа				
	1(к)	2	3	4	5(к)
Переваримость:					
Протеина	93,74	93,75	94,87	95,60	95,58
Сухого вещества корма	83,16	79,42	87,16	88,86	82,08
Жира	76,58	78,50	78,48	79,18	79,60
Клетчатки	21,91	21,55	21,20	20,86	20,53
Использование:					
Азота	47,70	47,79	48,05	48,06	48,02
Кальция	53,49	58,58	52,44	56,71	55,54
Фосфора	34,76	35,59	35,70	38,00	35,89

Оценивая влияние белкового концентрата на переваримость и доступность питательных веществ корма (рисунок 13, 14), необходимо отметить, что бройлеры четвертой опытной группы по переваримости протеина, сухого вещества корма и жира превосходили контрольных аналогов соответственно на 1,98; 6,85 и 3,39, а использование азота, кальция и фосфора улучшилось в сравнении с контролем на 0,75; 6,02 и 9,3%.

Следует отметить, что и в остальных опытных группах усвоение питательных веществ, как правило, не уступало контрольным показателям, а по ряду показателей превосходило их.

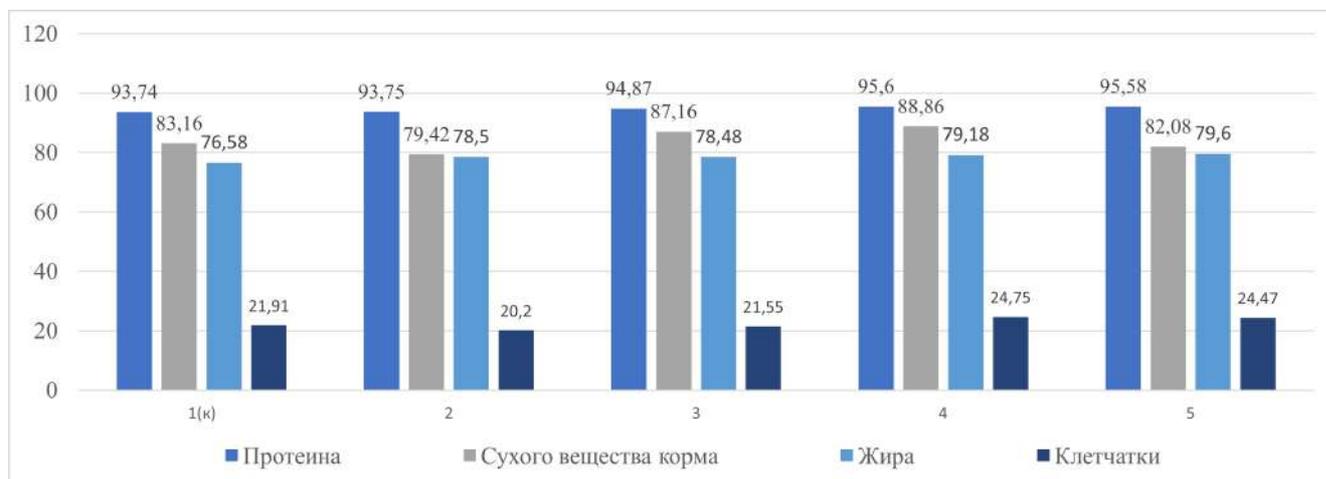


Рисунок 13 – Основные показатели переваримости корма (%) цыплятами – бройлерами

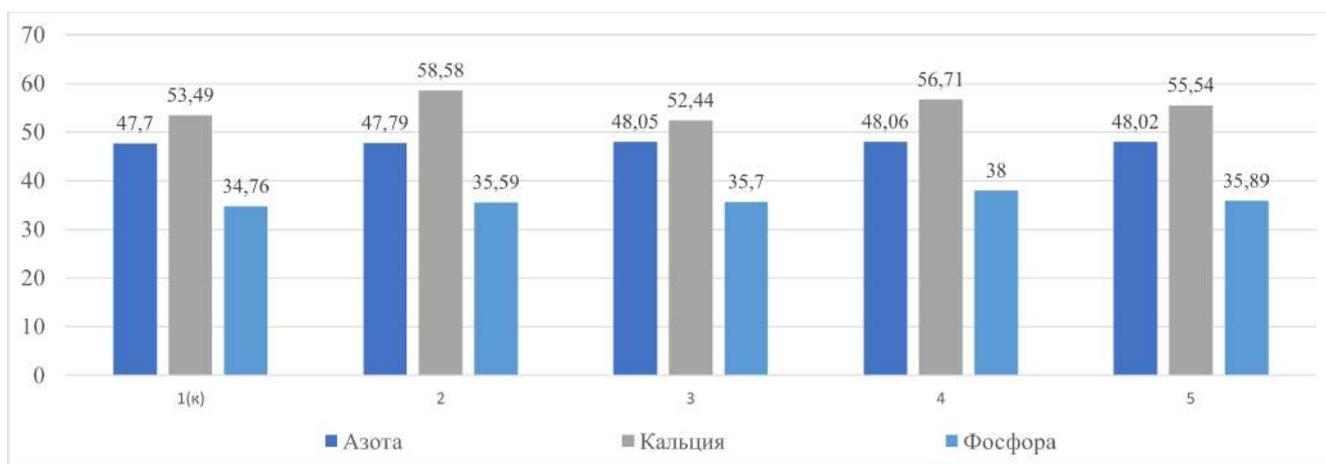


Рисунок 14 – Основные показатели использования питательных веществ корма (%) цыплятами – бройлерами

Бройлеры второй опытной группы по переваримости протеина и жира несколько превосходили контрольных аналогов (на 0,01 и 2,5%), но уступали контрольной группе по переваримости сухого вещества корма и клетчатки (на 4,71

и 1,67% соответственно). Использование азота, кальция и фосфора в этой группе улучшилось по сравнению с контролем на 0,09; 5,09 и 0,83%.

По переваримости протеина, сухого вещества корма и жира бройлеры третьей опытной группы превосходили контрольную группу на 1,20; 4,81 и 2,48%, однако по переваримости клетчатки несколько уступали контролю (на 3,35%). Использование азота и фосфора улучшилось в сравнении с контролем на 0,73 и 2,70%, тогда как использование кальция было несколько ниже контрольного уровня (на 2,00%).

Пятая опытная группа бройлеров по переваримости протеина и жира превосходила контрольную группу на 1,96 и 3,94%, но уступала по переваримости сухого вещества корма (на 1,31%) и клетчатки (на 6,7%). В сравнении с контролем использование азота, кальция и фосфора улучшилось на 0,67; 3,83 и 3,25%.

Полученные в процессе проведения физиологического опыта результаты подтверждают позитивное влияние белкового концентрата на переваримость и усвоение основных питательных веществ корма.

3.2.3. Химический состав (%) и содержание витаминов и каротиноидов (мкг/г) в печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

Анализ химического состава печени (таблица 3.7) показал, что содержание протеина у цыплят всех опытных групп, было выше контрольных значений.

Таблица 3.7 – Химический состав (%) и содержание витаминов и каротиноидов (мкг/г) в печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток (опыт 2)

Показатель	Группа				
	1(к)	2	3	4	5(к)
Протеин	65,29	68,72	71,32	70,89	70,33
Жир	13,36	13,22	13,28	12,95	12,01
Витамин А	54,68	58,38	68,98	68,12	56,85
Витамин Е	8,06	14,57	13,29	12,59	16,21
Витамин В ₂	12,34	12,38	12,29	12,38	12,41
Каротиноиды	0,83	0,94	0,98	0,94	0,84

Обращая внимание на рисунок 15, мы можем отметить, что содержание протеина во второй группе было выше контрольных значений на 5,2%, в третьей – на 9,2%, в четвертой – на 8,6%, в пятой – на 7,7%. Содержание жира несколько снизилось: во второй опытной группе его уровень был ниже контроля на 1,3%, в третьей – на 0,6%, в четвертой – на 3,1%, а в пятой – на 10,1%. При этом в опытных группах повышалось депонирование жирорастворимых витаминов А и Е: по сравнению с контролем содержание витамина А увеличилось во второй, третьей, четвертой и пятой группах на 6,7; 26,2; 24,8 и 4,0% соответственно, а витамина Е – на 80,8; 64,9; 56,2 и 101,1%. Концентрация каротиноидов также возросла: во второй, третьей и четвертой группах – на 13,3; 18,1 и 13,3%, в пятой – на 1,2% по отношению к контролю. По нашему мнению, это связано с лучшим функциональным состоянием печени цыплят опытных групп, более полной утилизацией питательных веществ корма и обеспечением организма полноценным белком.

По содержанию витамина В₂ значительных достоверных различий между группами не установлено.

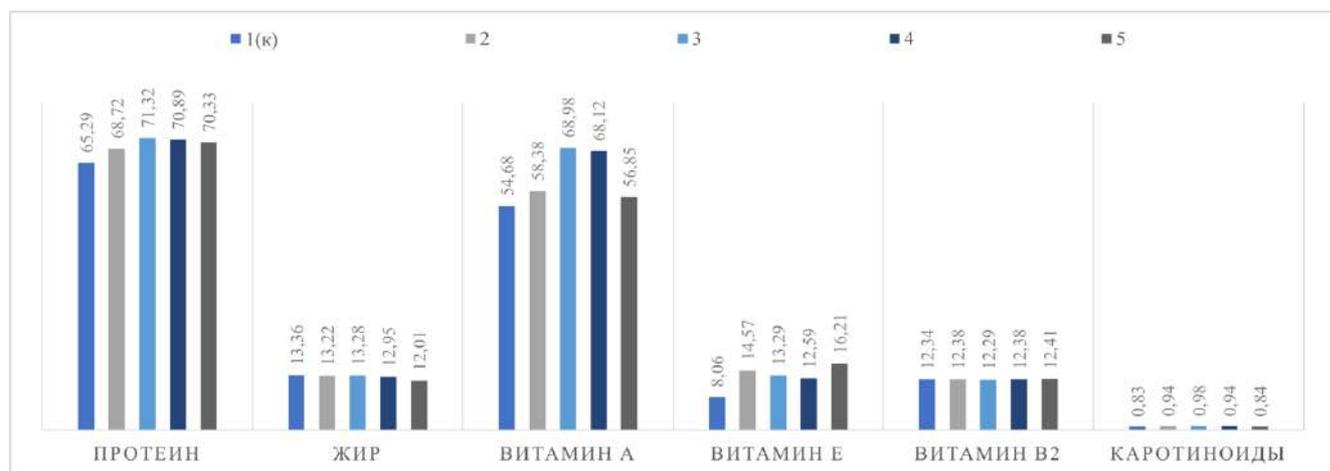


Рисунок 15 – Химический состав (%) и содержание витаминов и каротиноидов (мкг/г) в печени цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток

Проведенное А. Schiavone, S. Dabbou, M. De Marco, M. Cullere, I. Biasato, E. Biasibetti, M.T. Capucchio, S. Bergagna, D. Dezzutto, M. Meneguz, F. Gai, A. Dalle

Zotte, L. Gasco в 2018 году исследование показало, что личинки Чёрной львинки содержат значительное количество витаминов группы В, включая рибофлавин (В₂). Добавление личинок в рацион птицы улучшает продуктивность и качество мяса. [57]

В опыте на курах-несушках, проведенном в 2024 году, Romero, С., Senalmor, J.C., Chamorro, S., Redondo и соавторами, исследование показало, что добавление личинок Чёрной львинки в рацион кур-несушек улучшает качество яиц, включая содержание витаминов группы В [79].

Проведенный в 2019 году опыт на бройлерах, авторами Schiavone, A., Dabbou, S., Petracci, M., Zampiga, M., Sirri, F., Biasato, I., Gai, F., Gasco, L., показал, что добавление личинок Чёрной львинки в рацион бройлеров улучшает усвоение питательных веществ, включая витамины группы В, такие как рибофлавин. [56]

3.2.4. Основные морфо-биохимические показатели крови и естественная резистентность цыплят-бройлеров

Показатели крови позволяют судить о полноценности и сбалансированности комбикормов для птицы, качестве продукции, включая информацию и минерализации костяка и витаминной обеспеченности птицы [31].

Изучение гематологических и биохимических показателей крови бройлеров выявило (таблица 3.8), что уровень общего белка, лейкоцитарная формула и содержание эритроцитов у цыплят всех групп практически не отличались и находились в пределах физиологических норм для данного возраста птицы.

Таблица 3.8 – Биохимические и гематологические показатели крови у цыплят-бройлеров в возрасте 33 суток, (n=3) $M \pm m$ (опыт 2)

Показатель	Единица измерения	Группа				
		1(к)	2	3	4	5
Белок общий	г/л	30,10 ±0,39	34,7 ±0,42	34,9 ±0,49	36,9 ±0,52	35,4 ±0,58
Лейкоциты	WBC*10 ⁹ /л	26,5 ±2,67	25,7 ±1,89	25,3 ±1,63	24,8 ±1,48	25,0 ±1,57
Лимфоциты	%	61,1 ±2,85	62,9 ±3,46	63,1 ±3,25	64,3 ±2,61	63,5 ±3,01
Эритроциты	RBC*10 ¹² /л	2,4 ±0,13	2,9 ±0,38	3,0 ±0,2	3,3 ±0,15	3,1 ±0,17
Гемоглобин	г/л	125,0 ±6,98	130,5 ±7,38	130,0 ±3,08	134,5 ±3,27	132,3 ±3,81
Гематокрит	%	40,1 ±2,0	38,4 ±3,6	41,2 ±0,4	42,6 ±0,25	41,8 ±1,2

Общий белок крови – биохимический показатель, отражающий состояние белкового обмена, синтетическую активность печени, иммунный статус и нутритивную обеспеченность организма цыплят-бройлеров. Повышение уровня общего белка свидетельствует об усилении процессов ассимиляции аминокислот, активации биосинтетических процессов и улучшении нутритивного статуса организма, тогда как снижение данного показателя чаще всего связано с

недостаточностью белка в рационе, метаболическими нарушениями или патологическими состояниями.

Экспериментальные группы, получавшие добавку белкового концентрата из личинок Чёрной львинки, демонстрировали статистически значимое повышение уровня общего белка относительно контрольной группы (рисунок 16). Максимальное увеличение концентрации общего белка было зафиксировано в четвёртой группе и составило 6,8 г/л, тогда как минимальный прирост, зарегистрированный во второй группе (+4,6 г/л), также значительно превысил контрольные показатели. Установленное различие позволяет предположить оптимальность концентрации добавки именно в четвёртой группе.

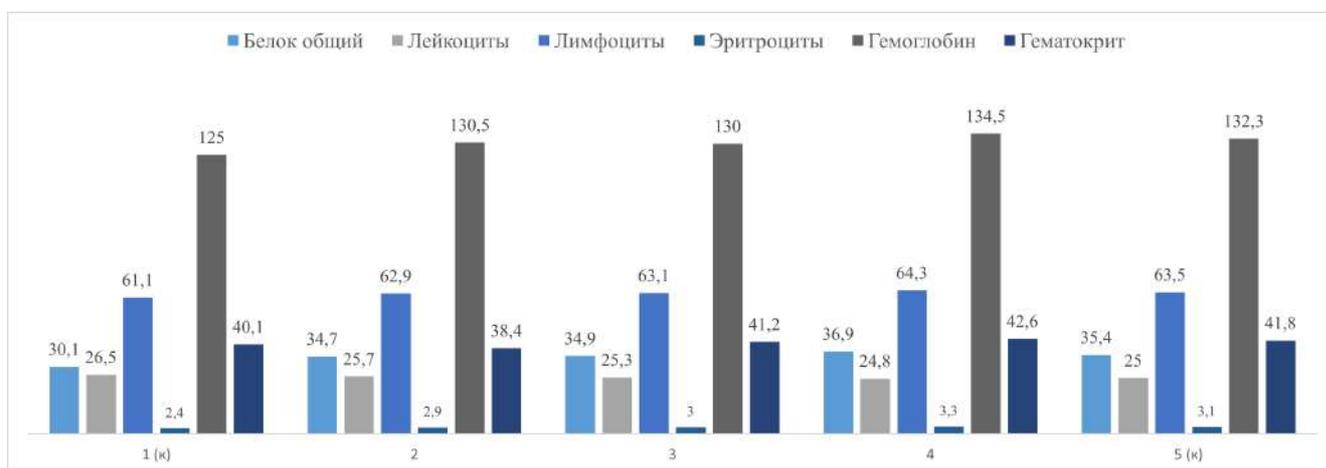


Рисунок 16 – Биохимические и гематологические показатели крови у цыплят-бройлеров в возрасте 33 суток, (n=3) $M \pm m$

Лейкоциты представляют собой специализированные клетки иммунной системы, обеспечивающие защиту организма цыплят-бройлеров от широкого спектра патогенных агентов, включая бактерии, вирусы, грибы и паразитов, посредством реализации как специфического, так и неспецифического иммунного ответа [2].

В отличие от эритроцитов, участвующих в газообмене, основной функцией лейкоцитов является обнаружение и уничтожение чужеродных агентов и повреждённых клеток. Высокое содержание белков, липидов и микроэлементов, а

также наличие хитина и других биологически активных веществ в белковом концентрате из личинок Чёрной львинки, способствует оптимизации обменных процессов, снижению стресса и обладает иммуностимулирующим эффектом, позволяя минимизировать избыточную продукцию лейкоцитов, обеспечивая более эффективное функционирование иммунной системы.

По результатам исследования содержание лейкоцитов во всех группах, получавших обычный рацион с добавлением мухи Чёрной львинки, снизилось по сравнению с контрольной группой (рисунок 17). Значения лейкоцитов во второй, третьей, четвертой и пятой группах по сравнению с контрольной группой находятся в относительно узком диапазоне ($24,8-25,7 \text{ WBC} \cdot 10^9/\text{л}$), что свидетельствует о стабильности эффекта от добавления в обычный рацион мухи из Чёрной львинки. Наиболее низкий уровень лейкоцитов наблюдается в четвертой группе ($24,8 \pm 1,48 \text{ WBC} \cdot 10^9/\text{л}$), тогда как вторая группа показывает значение ближе к контрольной ($25,7 \pm 1,89 \text{ WBC} \cdot 10^9/\text{л}$). Снижение уровня лейкоцитов может свидетельствовать об уменьшении энергетических затрат на поддержание иммунной системы, что позволяет перераспределять ресурсы организма в пользу процессов роста и развития, что особенно существенно для бройлеров. Белковый концентрат в данном контексте может рассматриваться как надёжный источник питательных веществ, обеспечивающий поддержание здоровья птицы без существенной модификации её иммунного статуса. Включение белкового концентрата в рацион, сопровождающееся уменьшением количества лейкоцитов, может интерпретироваться как признак улучшения иммунного состояния птицы и снижения выраженности воспалительных процессов.

Лимфоциты – клетки адаптивного иммунитета, формирующие основу специфического иммунного ответа цыплят-бройлеров и обеспечивающими защиту организма от различных патогенов вирусной, бактериальной и грибковой природы [17]. Анализ уровня лимфоцитов выявил минимальное значение в контрольной группе ($61,1 \pm 2,85\%$), обусловленное отсутствием дополнительных стимулирующих иммунитет факторов.

В экспериментальных группах, рацион которых был дополнен белковым концентратом, наблюдалось увеличение лимфоцитарного компонента в пределах от 62,9 до 64,3% (рисунок 17). Максимальный уровень лимфоцитов зафиксирован в четвертой группе ($64,3 \pm 2,61\%$), а минимальный – во второй ($62,9 \pm 3,46\%$). Статистически значимые отличия между контрольной и экспериментальными группами (1,8–3,2%) подтверждают позитивное влияние добавки на иммунный статус птиц.

Использование белкового концентрата, таким образом, способствует улучшению питания, повышению адаптивного потенциала и снижению стрессовых реакций у цыплят-бройлеров, что актуально в условиях современного интенсивного птицеводства.

Эритроциты в крови цыплят-бройлеров – специализированные клетки, выполняющие транспортную функцию, обеспечивая доставку кислорода от органов дыхания к тканям и удаление углекислого газа обратно в лёгкие. В отличие от эритроцитов млекопитающих, клетки птиц, в том числе цыплят-бройлеров, сохраняют ядро, что обуславливает их повышенную продолжительность жизни и функциональную активность. Эритроциты содержат гемоглобин — железосодержащий белок, определяющий их способность связывать и транспортировать кислород.

Эритроциты в крови цыплят-бройлеров представляют собой клетки, специализированные на транспортировке кислорода и углекислого газа, выполняющие жизненно важную функцию газообмена между органами дыхания и тканями организма [27]. Особенностью эритроцитов птиц, включая бройлеров, является наличие клеточного ядра, что обеспечивает их более продолжительный период жизнедеятельности и повышенную метаболическую активность. Эритроциты содержат гемоглобин — железосодержащий белок, определяющий их способность связывать и транспортировать кислород.

Белковый концентрат, получаемый из личинок Чёрной львинки, отличается высоким содержанием протеинов, витаминов, минералов, включая железо, что

непосредственно связано с усилением синтеза гемоглобина и стимуляцией эритропоэза.

Согласно результатам проведенного исследования, максимальный показатель эритроцитов зафиксирован в четвертой группе и составил $3,3 \pm 0,15$ RBC $\times 10^{12}$ /л, что, вероятно, обусловлено наиболее эффективной адаптацией организма птиц к условиям длительного кормления белковым концентратом. Показатели количества эритроцитов во второй, третьей, четвертой и пятой экспериментальных группах находились в сравнительно узком диапазоне значений от 2,9 до 3,3 RBC $\times 10^{12}$ /л, превышая аналогичные показатели контрольной группы примерно на 0,5–0,9 млн RBC $\times 10^{12}$ /л, что подтверждает стабильность эффекта от включения данной добавки в рацион птицы.

Гемоглобин в крови цыплят-бройлеров – железосодержащий белковый комплекс, выполняющий функцию транспортировки кислорода от легких к тканям и возврата углекислого газа обратно. Учитывая высокие энергетические затраты быстрорастущих птиц, достаточная концентрация гемоглобина – необходимое условие для эффективного обеспечения тканей кислородом, что непосредственно влияет на скорость и качество роста бройлеров.

Экспериментальные группы, получавшие в составе рациона белковый концентрат из личинок Чёрной львинки, демонстрировали повышение уровня гемоглобина в диапазоне от 130,0 до 134,5 г/л (рисунок 17).

Наибольшее значение этого показателя зафиксировано в четвертой группе и составило $134,5 \pm 3,27$ г/л, тогда как показатели второй и третьей групп были ближе к контрольной — $130,5 \pm 7,38$ г/л и $130,0 \pm 3,08$ г/л. Разница между контрольной и экспериментальными группами варьировала в пределах от 5,0 до 9,5 г/л.

Повышение концентрации гемоглобина связано с высоким содержанием железа в составе белкового концентрата, что подтверждает перспективность его применения для повышения биологической полноценности кормов в промышленном птицеводстве.

Гематокрит – интегральный показатель крови, отражающий процентное отношение объема эритроцитов к общему объёму крови, и позволяет судить о

состоянии кроветворной системы, уровне насыщенности организма гемоглобином и общем состоянии здоровья птиц. У цыплят-бройлеров, характеризующихся высокими темпами роста и значительными энергетическими потребностями, адекватный уровень гематокрита важен для оптимизации снабжения тканей кислородом и обеспечения эффективного метаболизма.

По итогам проведённого исследования установлено, что значения гематокрита у экспериментальных групп, получавших белковый концентрат, варьировали в диапазоне от 38,4 до 42,6%. Наиболее высокий показатель зафиксирован в четвертой группе ($42,6 \pm 0,25\%$), а минимальное значение обнаружено во второй экспериментальной группе ($38,4 \pm 3,6\%$). Группы третья и пятая показали промежуточные результаты ($41,2 \pm 0,4\%$ и $41,8 \pm 1,2\%$ соответственно), близкие к контролю, что может быть обусловлено вариабельностью физиологических реакций птиц на состав добавки, её дозировки и условия содержания (рисунок 17).

3.2.5. Минеральный обмен

В целом анализ гематологических и биохимических показателей крови свидетельствует, что замена рыбной муки в изучаемых дозировках белковым концентратом на основе Чёрной львинки не оказывает негативного влияния на организм птицы.

Оценка состояния минерального обмена, свидетельствует о том (таблица 3.9), что замена 75% рыбной муки в рационе на белковый концентрат не оказывает негативного влияния на минерализацию большеберцовой кости 5-недельных бройлеров четвертой опытной группы, а существенных различий по депонированию кальция, фосфора и золы у цыплят этой группы в сравнении с контролем не отмечено.

Таблица 3.9 – Содержание золы, кальция, фосфора (%) в большеберцовой кости цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» в возрасте 35 суток в расчете на воздушное сухое вещество, (n=6) (опыт 2)

Показатель	Группа				
	1 (к)	2	3	4	5 (к)
Зола	48,66	48,06	48,84	48,56	51,09
Са	18,69	18,77	18,86	18,54	18,00
Р	8,82	8,50	8,24	8,84	8,86

Так же не оказала негативного влияния и замена рыбной муки в рационе и на 100% и в меньших дозировках – 25 % и 50 % (рисунок 17).

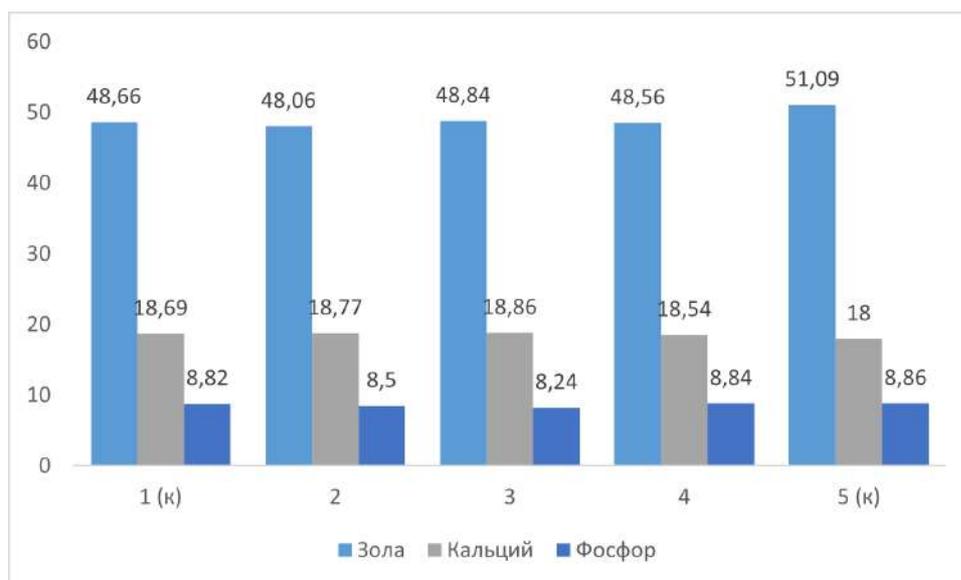
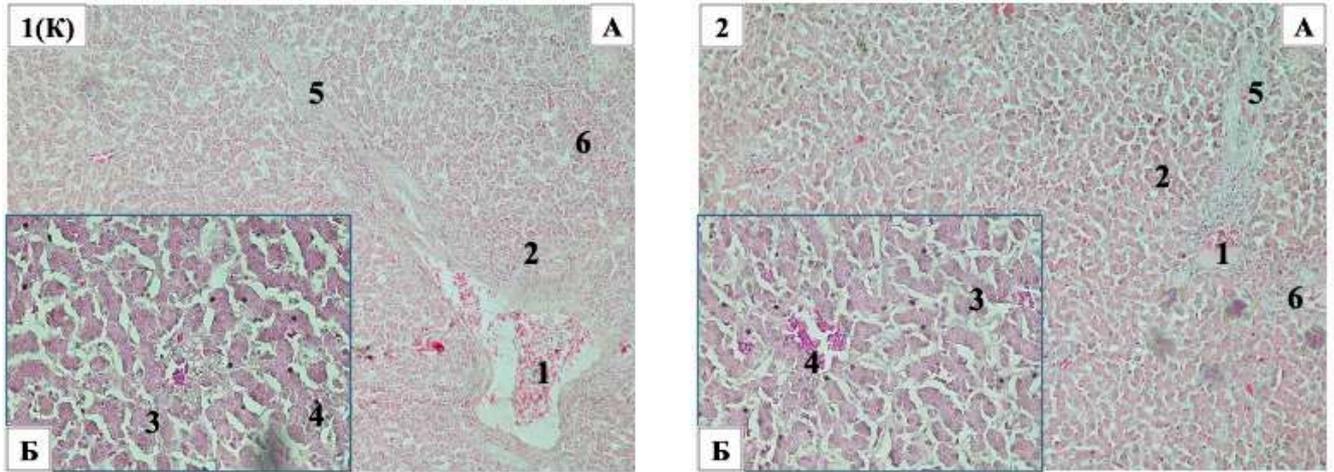


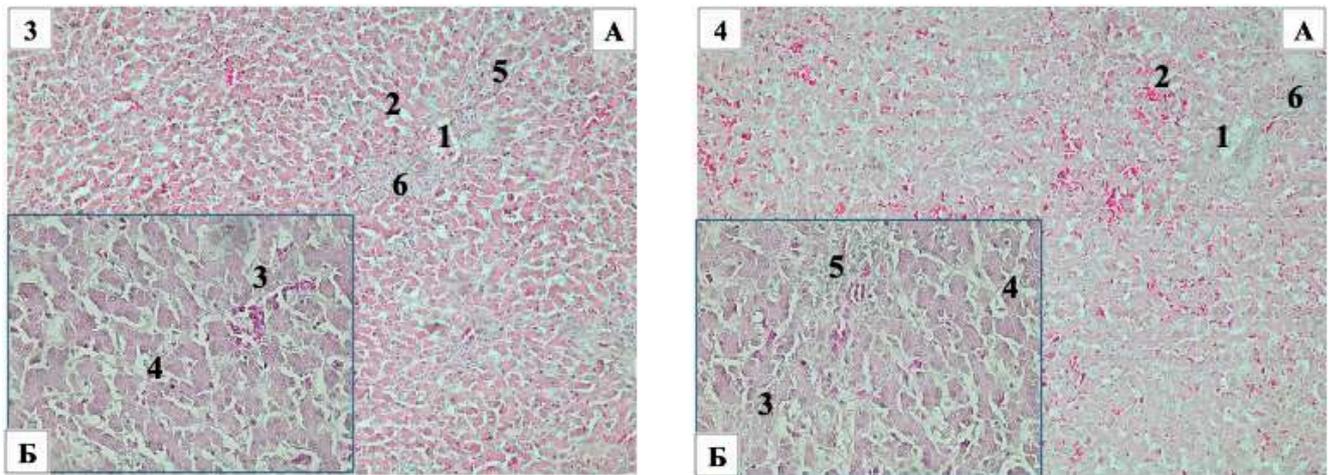
Рисунок 17 - Содержание золы, кальция, фосфора (%) в большеберцовой кости цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» в возрасте 35 суток в расчете на воздушное сухое вещество, n=6

3.2.6. Гистологические исследования

Безопасность применения белкового концентрата из личинок Чёрной львинки в указанных дозировках подтверждена проведенными нами гистологическими исследованиями печени (рисунок 18, 19, 20, 21, 22) и кишечника (рисунок 23, 24, 25, 26, 27) цыплят бройлеров в возрасте 35 суток.



Рисунки 18–19 – Фрагменты печени цыплят-бройлеров первой (контрольной) и второй группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – центральная вена; 2 – балочная (трабекулярная) структура печени; 3 – гепатоциты; 4 – синусоидные капилляры; 5 – стромальные элементы; 6 – эндотелиальные и купферовские клетки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)



Рисунки 20–21 – Фрагменты печени цыплят-бройлеров третьей и четвертой группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – центральная вена; 2 – балочная (трабекулярная) структура печени; 3 – гепатоциты; 4 – синусоидные капилляры; 5 – стромальные элементы; 6 – эндотелиальные и купферовские клетки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)

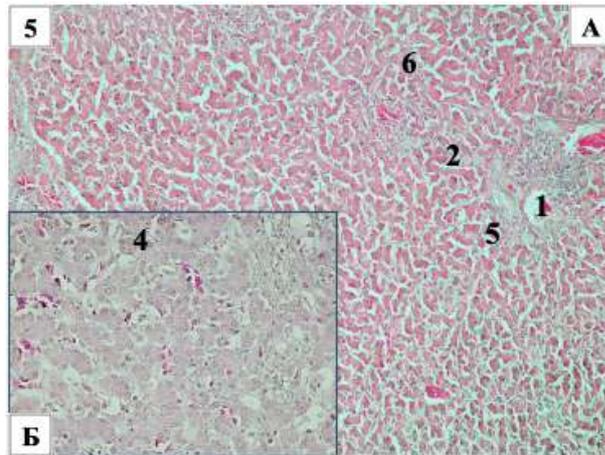


Рисунок 22 – Фрагменты печени цыплят-бройлеров пятой группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – центральная вена; 2 – балочная (трабекулярная) структура печени; 3 – гепатоциты; 4 – синусоидные капилляры; 5 – стромальные элементы; 6 – эндотелиальные и купферовские клетки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)

Белковый концентрат из личинок чёрной львинки отличается высоким содержанием биологически ценных компонентов — полноценных белков, липидов и микроэлементов, — что в совокупности обеспечивает поддержание морфофункциональной целостности и стабильной гистоархитектоники печени у цыплят-бройлеров. Проведённое гистологическое исследование образцов печени показало, что морфологическая структура у птиц второй, третьей, четвёртой и пятой экспериментальных групп сопоставима с таковой в контрольной группе, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния добавки.

Во всех изученных группах гепатоциты сохраняли типичную для здоровой ткани радиальную ориентацию вокруг центральной вены. Клетки печени имели чёткие контуры, однородную цитоплазму с выраженной эозинофилией (по гематоксилин-эозину), крупные округлые ядра с видимыми нуклеолами — признаки, соответствующие высокому функциональному состоянию. Признаков дистрофии, дегенерации (в том числе водянистой и жировой), а также некротических изменений не выявлено.

Центральные вены сохраняли правильную округлую форму, их стенки были тонкими, без признаков венозного застоя, гипертрофии или тромботических

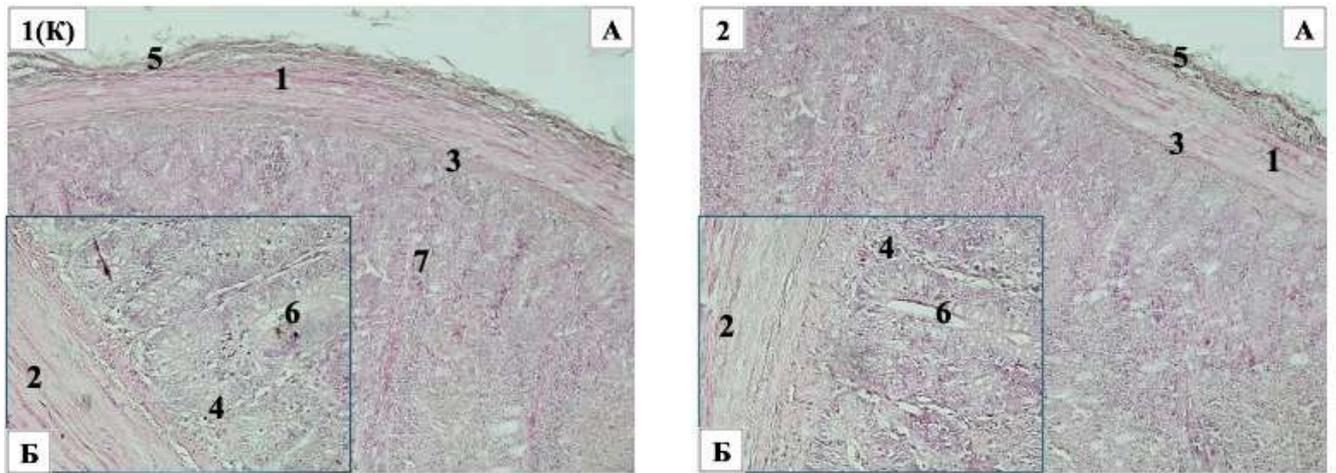
включений. Синусоидные капилляры между балками гепатоцитов оставались свободными, умеренно расширенными, без признаков сосудистой дисфункции. Купферовские клетки визуализировались в физиологическом количестве, без признаков активации или гиперплазии.

Портальные триады на периферии дольки сохраняли нормальную организацию, включая портальные вены с упорядоченной стенкой, печёночные артерии и жёлчные протоки (каналыцы Билли), которые имели чёткую морфологическую идентификацию и не демонстрировали признаков воспаления, фиброза или обструкции. Желчные каналыцы сохраняли обычную визуализацию, расширения, закупорки или признаки холестаза не зафиксированы.

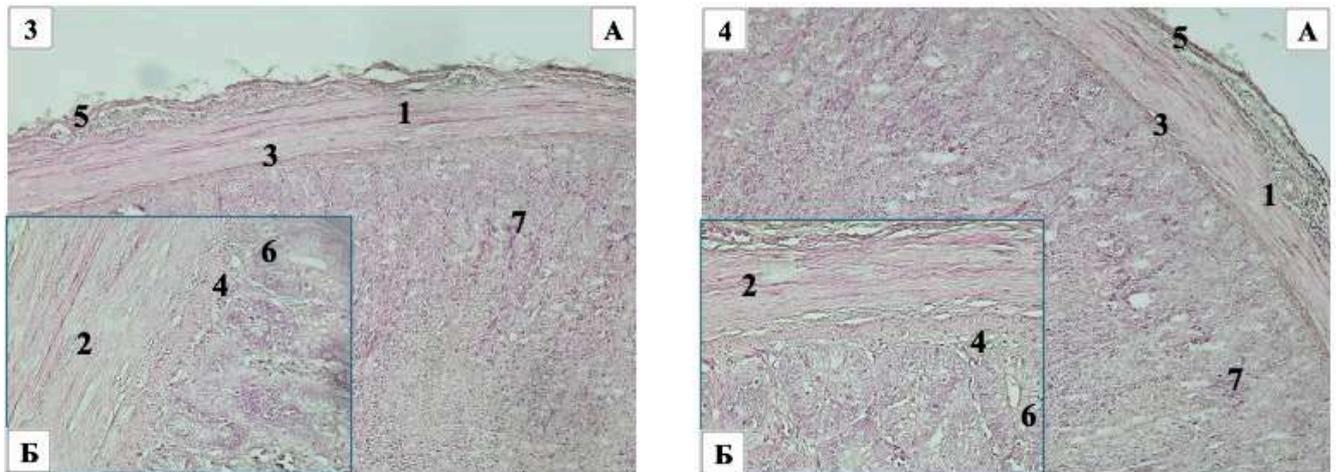
Во всех исследованных образцах — как в контрольной, так и в экспериментальных группах — отсутствовали лейкоцитарные инфильтраты (нейтрофильные, лимфоцитарные, плазматические), признаки хронического воспаления, фиброз, склероз, стеатоз, гиалиновая и водянистая дистрофия. Гепатоциты не демонстрировали признаков некроза, а ткань печени в целом соответствовала нормальному морфофункциональному состоянию.

Биохимическая обоснованность стабильного состояния печени связана с высоким уровнем легкоусвояемого протеина, сбалансированным аминокислотным составом и наличием биологически активных компонентов. Полиненасыщенные жирные кислоты обеспечивают стабильность липидного обмена и препятствуют развитию стеатоза, а микроэлементы, такие как цинк, селен и железо, выполняют антиоксидантную функцию, снижая риск окислительного стресса и поддерживая метаболическое равновесие.

Обобщая полученные результаты, гистологическая картина печени у цыплят-бройлеров второй, третьей, четвёртой и пятой групп свидетельствует о морфологической сохранности гепатобилиарной системы и отсутствии патологических изменений при введении в рацион белкового концентрата из личинок чёрной львинки, что подтверждает его безопасность и нейтральность в отношении функционального состояния печени.



Рисунки 23–24 – Фрагменты кишечника цыплят-бройлеров первой (контрольной) и второй группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – мышечная оболочка кишечника; 2 – гладкомышечные клетки; 3 – подслизистая основа; 4 – сосудистые элементы микроциркуляторного русла; 5 – серозная оболочка; 6 – крипты; 7 – ворсинки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)



Рисунки 25–26 – Фрагменты кишечника цыплят-бройлеров третьей и четвертой группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – мышечная оболочка кишечника; 2 – гладкомышечные клетки; 3 – подслизистая основа; 4 – сосудистые элементы микроциркуляторного русла; 5 – серозная оболочка; 6 – крипты; 7 – ворсинки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)

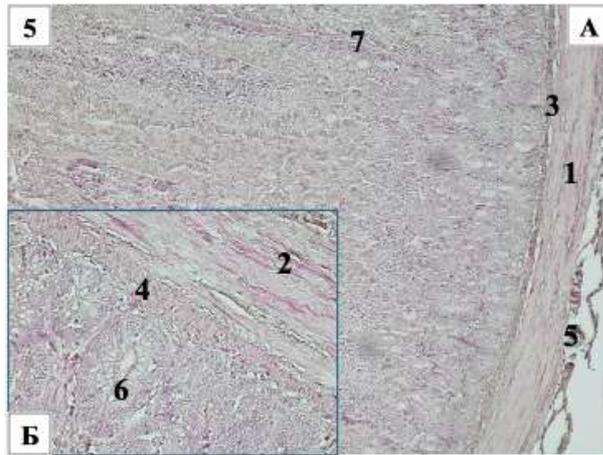


Рисунок 27 – Фрагменты кишечника цыплят-бройлеров пятой группы в возрасте 35 суток. Цифрами обозначены: 1 – мышечная оболочка кишечника; 2 – гладкомышечные клетки; 3 – подслизистая основа; 4 – сосудистые элементы микроциркуляторного русла; 5 – серозная оболочка; 6 – крипты; 7 – ворсинки. Окраска гематоксилином Джилла и водным эозином. Увеличение x100 (А) x400 (Б)

Гистологический анализ кишечника цыплят-бройлеров, рацион которых включал как стандартный корм (контрольная группа), так и корм с добавлением белкового концентрата из личинок *Hermetia illucens* (вторая, третья, четвертая и пятая группы), не выявил патологических изменений или отклонений в строении всех слоёв кишечной стенки. Во всех исследуемых группах кишечные ворсинки сохраняли характерную для физиологической нормы форму, без признаков атрофии, деформации или дегенеративных процессов.

Размеры кишечных ворсинок соответствовали стандартным морфометрическим показателям. Эпителиальный покров всех групп был представлен типичным однослойным цилиндрическим эпителием с наличием микроворсинок и бокаловидных клеток, секретирующих слизь. Структура слизистой оболочки оставалась неизменной, без признаков гиперплазии, дисплазии или нарушений целостности.

Подслизистая основа кишечника характеризовалась сохранением типичной архитектоники, без признаков воспалительных процессов, отёка или сосудистых нарушений. В контроле и во всех экспериментальных группах васкуляризация

подслизистой оболочки оставалась в пределах нормы, без изменений плотности и конфигурации сосудистого русла.

Мышечные слои кишечной стенки у птиц всех групп не отличались по толщине и структурной организации. Как циркулярный, так и продольный мышечные слои были равномерно выражены, без признаков гипертрофии, атрофии или фокального изменения плотности мышечных волокон. Координация между слоями сохранялась, что указывает на стабильность моторной функции кишечника.

Крипты слизистой оболочки сохраняли характерную глубину и форму. Эпителиальные элементы крипт, включая бокаловидные клетки, не демонстрировали количественных или морфологических отклонений. Признаков воспаления, эрозий, некроза или пролиферативных изменений не установлено.

Таким образом, по результатам гистологического исследования можно констатировать, что включение в рацион белкового концентрата из личинок *Hermetia illucens* не вызвало морфологических изменений в тканях кишечника цыплят-бройлеров. Во всех анализируемых группах сохранялась нормальная структура слизистой, подслизистой и мышечной оболочек, что свидетельствует о биологической нейтральности исследуемой добавки в отношении морфофункционального состояния желудочно-кишечного тракта.

3.2.7. Физико-химические свойства мяса птицы

Мясо бройлеров – неотъемлемая часть рациона современного человека, выступает не только доступным, но и высокопитательным продуктом с уникальным биохимическим составом [4, 34], а сами бройлеры – специально селекционированные породы кур, характеризующиеся интенсивным ростом и оптимизированными показателями продуктивности для промышленного мясного птицеводства, особенность которых заключается в исключительной скорости достижения товарной массы, когда птицы уже через 5–7 недель откорма достигают убойного веса, обеспечивая экономическую целесообразность и эффективность производства.

Биологическая ценность мяса бройлеров обусловлена совокупностью компонентов, таких как влага, белки, липиды и минеральные вещества, каждый из которых вносит существенный вклад в формирование питательных, органолептических и технологических качеств готового продукта.

Содержание влаги, составляющее от 65 до 75% массы мышечной ткани птицы, участвует в формировании качественных и органолептических характеристик мяса, включая сочность, нежность и кулинарные свойства. Высокий уровень гидратации мышечных волокон обеспечивает их эластичность и препятствует развитию жёсткости, необходимую для потребительских предпочтений и восприятия готовых блюд. Вода служит также основой метаболических процессов в живом организме птицы, активно участвуя в терморегуляции, транспорте нутриентов и экскреции метаболических продуктов.

Однако значительная концентрация влаги обуславливает повышенную микробиологическую уязвимость продукта, требуя строгого соблюдения условий хранения, включая температурный контроль и герметичность упаковки. На уровень гидратации мяса оказывают влияние условия выращивания бройлеров: стресс-факторы, сопровождающиеся повышением уровня адреналина перед убоем, снижают влажность тканей, а чрезмерное содержание соли в кормовых рационах, напротив, способствует удержанию влаги.

Оптимальные значения содержания воды в мясе (70–73% для грудных мышц, 68–72% для бедренных) коррелируют с его питательной ценностью: избыточная гидратация приводит к снижению концентрации белковых и жировых компонентов, в то время как дефицит воды, обусловленный, например, обезвоживанием птицы перед убоем, снижает сочность и ухудшает текстурные характеристики. Использование современных технологий, таких как шоковая заморозка или маринование, позволяет сохранить оптимальное содержание влаги, улучшить органолептические свойства и увеличить срок годности.

Белковая составляющая мяса бройлеров, находящаяся в пределах 18–25% от общей массы продукта, определяет его пищевую ценность и обеспечивает организм человека высококачественным материалом для синтеза тканей,

ферментных систем и гормонов. Немаловажен и белковый состав грудных мышц, где содержание протеина может достигать 25%, при этом белки мяса птицы характеризуются полным спектром незаменимых аминокислот, таких как лейцин, изолейцин, валин, лизин и метионин, синтез которых в человеческом организме невозможен. Данные аминокислоты критически важны для поддержания иммунной системы, обеспечения мышечного роста и регуляции нейромедиаторного баланса.

Высокая биодоступность и степень усвоения куриного белка (до 95%) делают его продуктом выбора для диетического и лечебного питания, в том числе при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, в детском возрасте, во время беременности и при повышенных физических нагрузках у спортсменов.

В птицеводстве концентрация и доступность белка напрямую влияют на экономические показатели отрасли: использование рационов с оптимальным уровнем протеина (20–22%) позволяет ускорять рост птицы и сокращать период откорма до 6–7 недель, в то время как применение инновационных кормов на основе насекомых, в частности личинок Чёрной львинки, либо растительных концентратов существенно увеличивает аминокислотную обеспеченность, стимулируя рост и мышечную гипертрофию.

При этом дисбаланс в содержании белка в корме (его недостаток или избыток) может привести к негативным последствиям, таким как замедление темпов роста, развитие мышечной атрофии, нарушение функции почек или ускорение окисления продукта. В технологическом аспекте белок участвует в формировании текстуры мяса: его денатурация в процессе термической обработки определяет сочность и ароматические качества блюда, а взаимодействие аминокислот с углеводами в реакции Майяра способствует образованию привлекательной аппетитной корочки.

Жир, составляющий от 1 до 10% массы мяса бройлеров в зависимости от анатомической части тушки, выполняет целый ряд физиологических, питательных и технологических функций. В первую очередь, липиды являются наиболее концентрированным источником метаболической энергии, обеспечивая около 9

ккал на грамм, что существенно превосходит энергетический потенциал белков и углеводов. Помимо энергетической функции, жировая фракция непосредственно влияет на органолептические характеристики мясной продукции: именно липиды определяют степень сочности, формируют нежную консистенцию и способствуют развитию аромата в процессе кулинарной обработки. Бóльшую ценность приобретает внутримышечный жир, который, будучи равномерно распределённым в мышечной ткани, создаёт мраморность, тем самым значительно улучшая сенсорные и потребительские качества мяса.

Однако не только общее содержание жира, но и его качественный жирнокислотный состав первостепенен для здоровья человека. Насыщенные жирные кислоты, такие как пальмитиновая и стеариновая, типично преобладающие в мясе птицы, выращиваемой на традиционных зерновых рационах, могут оказывать нежелательное воздействие на сердечно-сосудистую систему, способствуя повышению уровня холестерина и риску развития атеросклероза. Напротив, введение в кормовые рационы компонентов, богатых ненасыщенными жирными кислотами, в частности олеиновой и линолевой кислотами, а также омега-3 жирными кислотами, позволяет значительно улучшить нутритивный профиль мяса. Соединения характеризуются выраженным противовоспалительным эффектом и способностью нормализовать липидный спектр крови, оказывая положительное влияние на сердечно-сосудистую систему человека.

Современные технологии кормления птицы, в частности применение белкового концентрата из личинок Чёрной львинки, позволяют дополнительно обогащать мясо лауриновой кислотой, известной своими антимикробными свойствами, обеспечивая не только повышение безопасности готовой продукции, но и увеличение срока её хранения за счёт подавления роста нежелательной микрофлоры [16]. В технологическом аспекте содержание жира оказывает существенное влияние на текстурные и структурные характеристики мяса. Избыточное содержание липидов, особенно в подкожных слоях, требует строгого контроля во время кулинарной обработки, поскольку окисление жиров при

высоких температурах может приводить к образованию потенциально вредных соединений. Вместе с тем умеренное количество жира положительно влияет на влагоудерживающую способность мяса, препятствуя его пересушиванию и улучшая конечные органолептические характеристики продукта при запекании или жарке.

Зольность мяса отражает общее содержание минеральных веществ, которые являются незаменимыми компонентами биохимических процессов в организме как птицы, так и человека. Основными элементами, формирующими зольный остаток, являются кальций, фосфор, железо, цинк, магний и селен, каждый из которых выполняет специфические биологические функции. Например, кальций и фосфор являются важнейшими структурными элементами костной ткани, магний участвует в нервно-мышечной проводимости, железо играет ключевую роль в кислородном обмене, являясь компонентом миоглобина и гемоглобина, а селен и цинк обеспечивают функционирование антиоксидантных систем и иммунитета.

Для человека мясо бройлеров – источник биодоступных минеральных веществ: железо предотвращает развитие железодефицитной анемии, цинк повышает устойчивость иммунной системы, а селен обладает выраженным антиоксидантным действием, нейтрализуя действие свободных радикалов и снижая риск клеточных повреждений. Концентрация минералов в мясе тесно связана с качеством и составом кормовых рационов: использование специализированных премиксов, а также введение насекомых, таких как личинки Чёрной львинки, или водорослей, способствует повышению содержания и биологической доступности минеральных компонентов в организме птицы, приводя не только к улучшению костной структуры и прочности костей бройлеров, но и повышая питательную и функциональную ценность мясной продукции для потребителя.

В технологическом контексте минеральный состав (зола) влияет на функциональные свойства мяса, включая водосвязывающую способность, которая является важным параметром при его переработке и приготовлении. Например, натрий, вводимый в виде посола, усиливает удержание влаги в тканях и улучшает

сочность мяса. Железо, входящее в состав миоглобина, определяет интенсивность окраски мышечной ткани — более насыщенные тёмные оттенки свидетельствуют о высоком уровне этого элемента в продукте. Недостаток минеральных веществ в рационе птицы приводит к снижению зольности мяса, что может служить индикатором нарушений метаболических процессов у бройлеров и, соответственно, уменьшает питательную и биологическую ценность конечного продукта.

Результаты химического состава мяса бройлеров (таблица 3.7) показали, что включение белкового концентрата из личинок львинки способствовало повышению содержания протеина в мышцах.

Так содержание протеина во второй группе было выше контрольных значений на 1,68%; третьей – на 0,63%; четвертой – на 2,15%, пятой – на 1,11%.

Результаты химического состава мяса бройлеров (таблица 3.10) показали, что включение белкового концентрата из личинок Чёрной львинки способствовало повышению содержания белка в мышцах.

Таблица 3.10 – Химический состав в мышцах бройлеров (на сухое вещество), % в возрасте 35 суток (опыт 2)

Показатели	Группа				
	1к	2	3	4	5
Влага	70,26	68,88	70,10	69,40	70,40
Протеин	81,35	82,72	81,86	83,10	82,25
Белок	24,19	25,74	24,48	25,42	24,35
Жир	4,80	4,73	4,75	4,72	4,71
Зола	4,19	4,40	4,38	4,46	4,52

Так, обращая внимание на рисунке 28, можно отметить, что содержание белка (на сухое вещество) в мышцах бройлеров опытных групп превышало контрольный уровень (24,19%) во второй группе на 6,41%, в третьей – на 1,20%, в четвёртой – на 5,08%, в пятой – на 0,66%.

Содержание жира, напротив, несколько снизилось по сравнению с контролем (4,80%): во второй опытной группе – на 1,46%, в третьей – на 1,04%, в четвёртой – на 1,67%, в пятой – на 1,87%.

Отмечено и увеличение зольности мышечной ткани. По сравнению с контрольным значением (4,19%) содержание золы во второй группе было выше на 5,01%, в третьей – на 4,53%, в четвёртой – на 6,44%, а в пятой зарегистрирован максимальный прирост – 7,88%. Подобная динамика может быть обусловлена повышенным поступлением минеральных веществ (прежде всего кальция и фосфора) с белковым концентратом из личинок чёрной львинки, использованным в рационе.

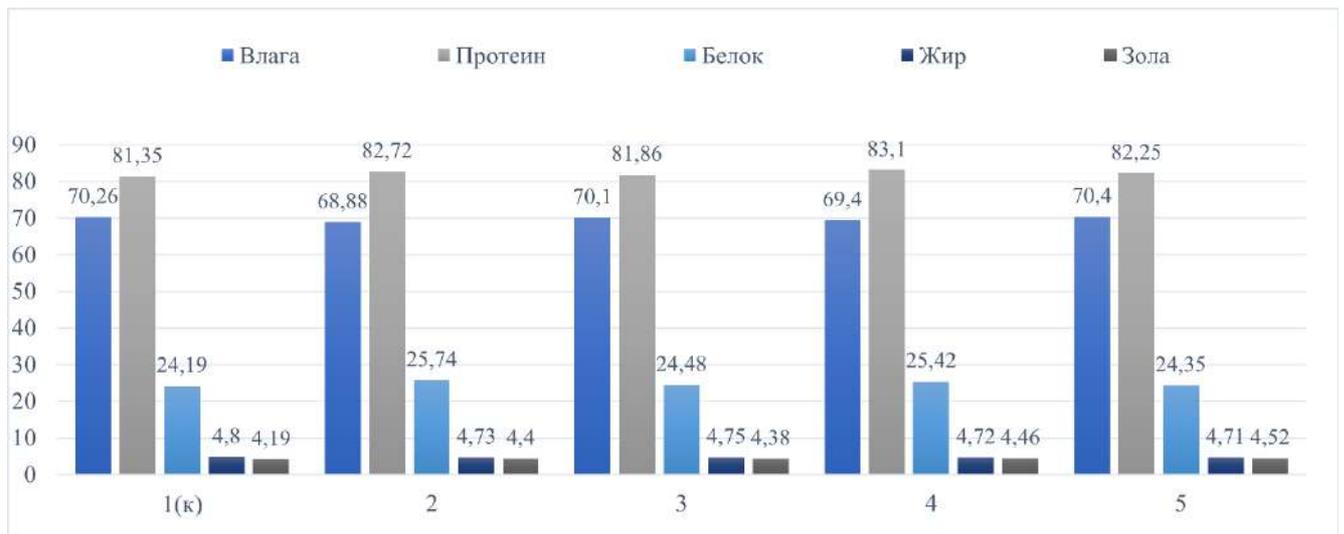


Рисунок 28 – Химический состав в мышцах бройлеров (на сухое вещество), % в возрасте 35 суток

3.3. Экономическая эффективность

Результаты проведенных исследований подтвердили преимущество использования белкового концентрата, полученного из личинок Чёрной львинки, в качестве альтернативы рыбной муке в рационе цыплят-бройлеров. Полученные данные показали: частичная или полная замена рыбной муки данным продуктом

способствует повышению продуктивности птицы — увеличению среднесуточного прироста, оптимизации конверсии корма и снижению затрат на выращивание.

Эффекты обусловлены уникальным биохимическим составом личинок Чёрной львинки, богатым полноценным белком, незаменимыми аминокислотами и микроэлементами, что делает их перспективным компонентом для развития экологически устойчивых и экономически выгодных технологий в птицеводстве [110].

Внедрение специализированных кормовых добавок в период выращивания цыплят-бройлеров, несомненно, сопряжено с ростом производственных издержек, напрямую влияя на себестоимость конечной мясной продукции. Однако задачей таких инноваций является достижение качественного роста производственных метрик, включая:

- продуктивность — увеличение скорости набора массы и оптимизацию использования кормовых ресурсов;
- сохранность поголовья — снижение падежа за счет улучшения здоровья птицы;
- убойный выход — повышение доли товарного мяса в общей массе тушки;
- качество продукции — улучшение биохимических, органолептических и технологических характеристик мяса.

Показатели, в совокупности, не только компенсируют первоначальные финансовые вложения, но и обеспечивают долгосрочную рентабельность производства. В рамках проведенных научно-хозяйственных экспериментов была доказана эффективность замены 75% рыбной муки в рационе на белковый концентрат, полученный из личинок Чёрной львинки и была выполнена оценка с позиции экономической эффективности.

Результаты научно-хозяйственных опытов, подтвердившие высокую эффективность замены рыбной муки на белковый концентрат из личинок Чёрной львинки в рационах цыплят-бройлеров, послужили основанием для организации производственной проверки двух вариантов кормления с последующим анализом их экономической целесообразности.

Для оценки экономической эффективности замены рыбной муки на белковый концентрат, полученный из личинок Чёрной львинки, в комбикормах для цыплят-бройлеров были организованы производственные испытания.

В рамках исследования сформированы две группы по 100 голов цыплят-бройлеров в каждом варианте: первая группа (базовый) получала основной рацион, разработанный в соответствии с нормами ВНИТИП (2021) и сбалансированный по всем питательным элементам. Вторая группа (1-новый) получала основной рацион, где 75% рыбной муки заменялись белковым концентратом, полученным из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок Чёрной львинки (лучшая группа по итогам проведенных опытов).

Целью испытания стало сравнение влияния данных рационов на ключевые параметры: динамику живой массы, конверсию корма, сохранность поголовья, убойные характеристики, а также оценку рентабельности производства. Схема производственной проверки, состав и питательность комбикормов представлены в таблицах 2.6 и 2.7.

Производственная проверка, направленная на оценку экономической эффективности замены 75% рыбной муки в рационах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» на белковый концентрат из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок Чёрной львинки, подтвердила достоверность данных, полученных в ходе предыдущих научно-хозяйственных опытах (см. Приложение А).

Установлено (таблица 3.11), что в 7-суточном возрасте живая масса цыплят варианта 1-новый, получавших обычный рацион с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки, была на 2,42% выше контроля, а в 14-суточном возрасте на 3,16%.

К 21-суточному возрасту цыплята-бройлеры варианта 1-новый продемонстрировали статистически значимое увеличение живой массы тела, которое на 7,30% превысило аналогичный показатель у цыплята-бройлеры из контрольной группы.

К концу выращивания средняя живая масса варианта 1-новый превышала контроль на 6,19%. При этом живая масса петушков варианта 1-новый была выше контрольной группы на 10,15%, а курочек – на 1,79%.

Таблица 3.11 – Продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», получавших комбикорма с включением белкового концентрата, (n=100) $M \pm m$ (Производственная проверка)

Показатель	Вариант	
	базовый	1-новый
Сохранность поголовья, %	100	100
Живая масса, г в возрасте, суток:		
суточные	40,0±0,33	39,6±0,40
7	165,3±3,7	169,3±4,1
14	448,8±12,7	463,0±15,8
21	906,5±21,3	972,7±23,4*
35 (в среднем)	2065,7	2193,5
в том числе:		
петушков	2171,3±32,17	2391,7±16,26**
курочек	1960,1±36,81	1995,3±19,79
Затраты корма на 1 гол., кг	3,342	3,489
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,65	1,62
Среднесуточный прирост живой массы, г	57,88	61,54
Убойный выход, %	71,28	74,97
ЕИП, балл	357,69	386,86

Достоверность различий: *- $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$.

В ходе исследования было установлено: цыплята варианта 1-новый продемонстрировали более высокую эффективность использования кормовых ресурсов.

Показатель затрат корма на 1 кг прироста живой массы в контрольной группе составил 1,65 кг, тогда как варианта 1-новый этот параметр снизился до 1,62 кг (рисунок 29).

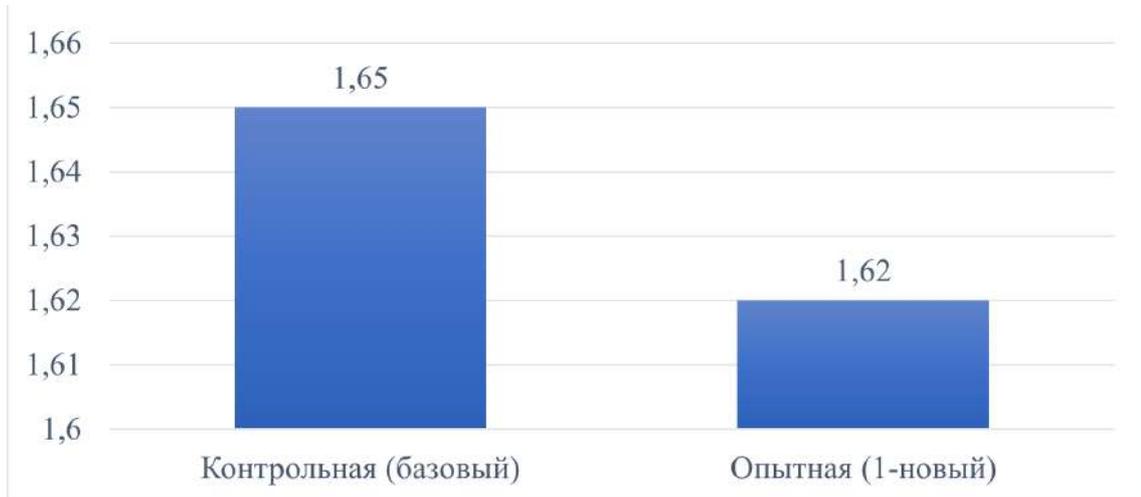


Рисунок 29 – Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг

Разница в 0,03 кг (1,85%) свидетельствует о статистически значимом улучшении конверсии корма. Снижение затрат корма на единицу прироста подчеркивает экономическую целесообразность внедрения предложенной методики, так как даже незначительное уменьшение конверсии корма в масштабах птицеводческого предприятия способно обеспечить существенную экономию ресурсов и повышение рентабельности производства.

Результаты оценки эффективности выращивания бройлеров по метрическому индикатору Европейскому индексу продуктивности выявили преимущество цыплят экспериментальной группы (вариант 1-новый) (рисунок 30). Их показатель ЕИП превысил значения контрольной группы на 29,17 балла, подтверждая высокую результативность модифицированного рациона.

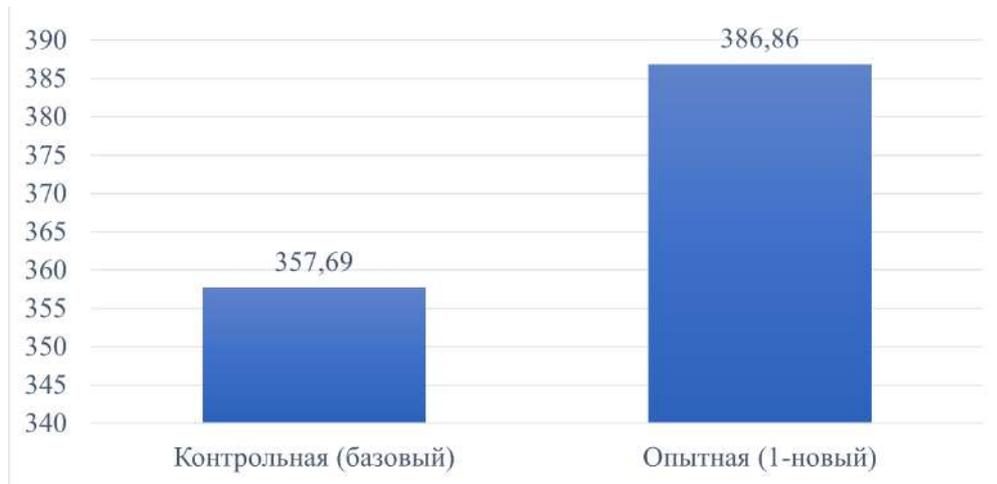


Рисунок 30 – Европейский индекс продуктивности, балл

Полученные данные согласуются с ранее проведёнными исследованиями, где частичная замена 75% рыбной муки белковым концентратом, полученным из высушенных, обезжиренных и измельчённых личинок Чёрной львинки, способствовала улучшению метаболических процессов и общего развития птицы.

Согласно данным, представленным в таблице 3.12, бройлеры экспериментальной группы (вариант 1-новый) продемонстрировали более высокую продуктивность к 35-суточному возрасту по сравнению с базовым вариантом. Средняя живая масса одной головы к концу выращивания составила 2193,5 г против 2065,7 г, что на 6,19% выше контроля; валовый прирост живой массы увеличился с 202,57 до 215,39 кг, а среднесуточный прирост – с 57,88 до 61,54 г.

Одновременно несколько улучшились показатели использования корма: суммарный расход корма снизился с 304,10 до 300,00 кг, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы уменьшились с 1,65 до 1,62 кг (на 0,03 кг, или примерно на 1,8%).

Экономическая оценка показала, что общие затраты в новом варианте были выше – 20 915,52 руб. против 19 409,51 руб. в базовом, главным образом за счёт удорожания комбикорма и роста прочих прямых затрат. Вместе с тем выручка от реализации мяса птицы возросла с 22 086,45 до 24 667,05 руб., что обеспечило увеличение прибыли с 2676,94 до 3751,53 руб. и повышение уровня рентабельности

производства бройлеров с 12,12 до 15,21%. Себестоимость 1 кг мяса снизилась с 131,82 до 127,19 руб., экономическая эффективность в расчёте на 1000 голов составила 7617,60 руб.

Расчёт экономической эффективности проводили по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{Б}} - C_{\text{Н}}) \times A_{\text{Н}}, \text{ где}$$

\mathcal{E} – экономическая эффективность производства мяса, руб.;

$C_{\text{Б}}, C_{\text{Н}}$ – себестоимость 1 кг мяса бройлеров (базовая и новая), руб.;

$A_{\text{Н}}$ – количество произведённой продукции в новом варианте, кг.

$$\mathcal{E}_1 = (131,82 - 127,19) \times 164,45 = 761,76 \text{ руб.}$$

Таблица 3.12 – Результаты производственной проверки

Показатели	Вариант	
	базовый	1-новый
1	2	3
Принято на выращивание, гол.	100	100
Поголовье на конец выращивания, гол.	100	100
Сохранность, %	100	100
Срок выращивания, сут.	35	35
Средняя живая масса суточного цыпленка, г	40	39,6
Средняя живая масса 1 гол. на конец выращивания, г	2065,7	2193,5
Среднесуточный прирост, г	57,88	61,54
Валовая живая масса, кг	206,57	219,35
Валовый прирост живой массы, кг	202,57	215,39
Расход корма всего, кг	304,10	300,00
Потребление корма на 1 гол в сутки, г	86,88	85,71
Потребление корма на 1 гол за период выращивания, кг	3,342	3,489
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,65	1,62
Масса потрошеной тушки, кг	1,472	1,644
Убойный выход потрошеной тушки, %	71,28	74,97
Убойный выход потрошеной тушки, кг	147,24	164,45
Средняя стоимость 1кг комбикорма, руб.	27,27	30,67
Стоимость одного суточного цыпленка, руб.	60,0	60,0
Средняя цена реализации 1 кг мяса, руб.	150,0	150,0
Общие затраты (руб.), в.т.ч.:	19409,51	20915,52
Стоимость суточных цыплят	6000,0	6000,0
Стоимость кормов	8292,81	9201,00
Прочие прямые затраты	5116,70	5714,52
Выручка от реализации мяса птицы, руб.	22086,45	24667,05

Окончание Таблицы 3.12

Показатели	Вариант	
	базовый	1-новый
Прибыль, руб.	2676,94	3751,53
Рентабельность производства бройлеров, %	12,12	15,21
Себестоимость 1 кг мяса, руб.	131,82	127,19
Экономическая эффективность, руб.		761,76
Экономическая эффективность в расчете на 1000 голов, руб.		7617,60

Обобщая, экономическая эффективность использования обычного рациона с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки в новом варианте, с учетом производственных затрат на содержание бройлеров составила 761,76 руб.

В пересчёте на 1000 голов цыплят-бройлеров, сданных на убой, экономический эффект от выращивания бройлеров на обычных рационах с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки в новом варианте, составил 7617,60 руб. в ценах 2022 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отмечается, что поставленные в работе цель и задачи успешно реализованы, а выдвинутые гипотезы подтвердились экспериментальными данными. Проведенное исследование было посвящено научному обоснованию возможности частичной замены традиционного кормового компонента на альтернативный источник белка – белковый концентрат из личинок мухи Чёрная львинка – в рационах цыплят-бройлеров. Комплекс выполненных экспериментов позволил получить новые результаты о влиянии инсектного белкового концентрата на продуктивность птицы, физиолого-биохимические процессы в ее организме, качество получаемой продукции и экономические показатели выращивания. Полученные выводы обладают теоретической и практической ценностью для дальнейшего развития кормопроизводства и науки, демонстрируя эффективность и безопасность применения нетрадиционных белковых добавок.

В первой главе мы рассмотрели современное состояние вопроса и проанализировали литературу по использованию насекомых в качестве кормового ресурса. Проведен обзор отечественных и зарубежных исследований, посвященных питательной ценности личинок Чёрной львинки, технологиям их промышленного получения и включения в рационы сельскохозяйственной птицы. Были обобщены данные о химическом составе инсектного сырья, его биологической ценности, а также приведены результаты предыдущих опытов по замене рыбной и соевой муки на муку из насекомых. Анализ литературы показал актуальность разработки новых видов кормовых добавок на основе личинок насекомых и выявил недостаточную изученность влияния таких добавок на ряд показателей продуктивности и качества продукции птицеводства, что обусловило необходимость проведения собственной исследовательской работы.

Вторая часть диссертации позволила подробно описать материалы и методы исследований. Были изложены условия и схема научно-хозяйственного опыта на цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308», включая группировку птицы, особенности кормления и содержания. Приведена характеристика используемого белкового

концентрата из личинок Чёрной львинки, а также формулировка экспериментальных рационов с поэтапной заменой 25%, 50% и 75% рыбной муки инсектным концентратом. Описаны методики проведения балансового опыта по переваримости питательных веществ, отбора проб крови для гематологического и биохимического анализа, убоя птицы с последующим исследованием внутренних органов, а также органолептической оценки мяса. Применены зоотехнические методы учета продуктивности, лабораторные методы анализа, гистологические методы для оценки состояния печени и кишечника, экономический расчет эффективности. Тщательное соблюдение методологии и использование современных методов обработки данных обеспечили достоверность результатов и возможность их интерпретации.

В третьей главе представлены результаты собственных исследований и их обсуждение. Экспериментально выявлено, что введение белкового концентрата личинок в корм благотворно сказывается на росте и развитии бройлеров: отмечен прирост живой массы, улучшение конверсии корма и общего индекса продуктивности. Установлено положительное влияние добавки на переваримость и усвоение основных питательных веществ корма в организме птицы, что сопряжено с улучшением белкового обмена и минерального статуса. Биохимические показатели крови бройлеров свидетельствуют об отсутствии отрицательных изменений гомеостаза при использовании инсектного белка, а гистологические исследования печени и кишечника не обнаружили патологий. Проведен анализ качества полученной продукции: физико-химические свойства и вкусовые качества мяса цыплят-бройлеров опытных групп сохранились на уровне контроля, убойные показатели даже несколько повысились. Отдельно рассчитана экономическая эффективность применения белкового концентрата – полученные данные свидетельствуют о рентабельности предлагаемой замены. Все результаты соотнесены с литературными данными: наблюдаемые эффекты согласуются с ранее описанными тенденциями при скармливании насекомых сельскохозяйственным животным, что подтверждает научную обоснованность работы.

На основании проведенных исследований можно сделать **выводы**:

1. Установлено, что введение в комбикорма белкового концентрата в дозе 5, 10, 15 кг/т корма способствовало высокой сохранности птицы, повышению живой массы бройлеров в 35–суточном возрасте на 4,1; 5,8 и 5,4% в сравнении с контролем, за счет увеличения интенсивности белкового обмена. Так усвоение белка в опытных группах было выше на 0,08; 0,78 и 1,55% в сравнении с контролем;
2. Дегустационная оценка грудных и бедренных мышц, а также бульона цыплят-бройлеров, получавших белковый концентрат сверх рациона, не выявила статистически достоверных различий в органолептических показателях между группами в сравнении с контрольными значениями;
3. Установлено, что замена рыбной муки в комбикормах для бройлеров белковым концентратом на уровне 75% способствовало высокой сохранности птицы, повышению живой массы бройлеров в 21– и 35–суточном возрасте на 5,6 и 6,5% при снижении затрат корма на 1 кг прироста живой массы на 5,9% соответственно;
4. Замена 25%; 50%; 75% и 100% рыбной муки белковым концентратом способствовало увеличению убойного выхода тушки по сравнению с контрольной группой на 1,58; 1,97; 3,69 и 2,33%, а выхода грудной мышцы на 1,64; 2,93; 4,72 и 3,97%;
5. Безопасность добавки была подтверждена гематологическими и биохимическими показателями крови у бройлеров: все показатели были в пределах физиологической нормы. Оценка гистологической структуры печени и кишечника бройлеров не выявила патологических изменений и свидетельствовала об отсутствии негативного влияния добавки на эти органы;
6. Экономический эффект от замены 75% рыбной муки белковым концентратом в комбикормах для бройлеров (вариант 1-новый) составил 761,76 руб., что в пересчёте на 1000 голов цыплят-бройлеров составляет 7617,60 руб. (в ценах 2022 года) за счет увеличения живой массы на 6,5% и

улучшения конверсии корма на 1,85% в 35 суточном возрасте в сравнении с базовым вариантом.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Производству рекомендовано, при составлении рационов для повышения продуктивности цыплят-бройлеров, а также сокращения расходов при изготовлении кормов, заменять 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Чёрной львинки.

Перспективным направлением дальнейших исследований по теме является изучение влияния белкового концентрата из личинок *Hermetia illucens* на функциональные и морфологические показатели скелетных мышц и костной ткани цыплят-бройлеров, что позволит более глубоко раскрыть механизмы его действия на ростовые процессы и структурную устойчивость организма птицы. Актуально также проведение исследований по изучению синергетического эффекта от совместного использования инсектного концентрата и различных фитобиотиков на антиоксидантный статус птицы и снижение окислительного стресса при интенсивном промышленном выращивании. Дополнительный интерес представляет изучение эффективности и безопасности применения белкового концентрата из личинок *Hermetia illucens* в кормлении других видов сельскохозяйственных животных (например, свиней, кроликов и рыб), что позволит комплексно оценить перспективы его внедрения в животноводческую практику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белковый концентрат «Гермеция» // ООО "ЭкоБелок" URL: <https://hermetia.ru/produktsiya-iz-lichinki-hermetia/belkovyj-koncentrat-germeciya> (дата обращения: 20.01.2025).
2. Бохан, П.Д. Клиническо-биохимическое обоснование применения пробиотика как замены антибиотика в рационах цыплят-бройлеров : дис. ... канд. вет. наук : 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология / Бохан П.Д.; науч. рук. Карпенко Л.Ю. Санкт-Петербург, 2024.
3. Влияние кормовой добавки энтомологического происхождения на биохимические и продуктивные показатели сельскохозяйственной птицы / Ильина Г.В. [и др.] // Нива Поволжья. – 2021. – № 2(59).
4. Горшков, В.В. Оценка качества мяса кур при разных способах их выращивания // Grand Altai Research & Education. 2024. № 2. С. 124–129.
5. ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира / Москва. – Стандартинформ. – 2020. –10с.
6. ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации (Переиздание) / Москва. – Стандартинформ. –2020. –12с.
7. ГОСТ 31962-2013 Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия / Москва. – Стандартинформ. –2020. –13с.
8. ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля / Москва. – Стандартинформ. –2020. –12с.
9. ГОСТ 32933-2014 Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы / Москва. – Стандартинформ. –2020. –7с.
10. ГОСТ Р 57059–2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги / Москва. – Стандартинформ. –2020. – 5с.

11. ГОСТ Р 51944–2002 «Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы» / утв. Госстандартом России 03.10.2002 г. — 8 с.

12. Данилова, Е. В. Чёрная львинка, как альтернативный источник белка в рационе птицы: обзор / Е. В. Данилова, А. Ф. Хабиров // Российский электронный научный журнал. – 2023. – № 4(50). – С. 139-158. – DOI 10.31563/2308-9644-2023-50-4-139-158.

13. Динамика живой массы и мясная продуктивность перепелов при дополнении рациона кормления личинками мухи Чёрная львинка / Папаев Р.М. [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 252, № 4. С. 186–190. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_186.

14. Директива N 2010/63/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза "О защите животных, использующихся для научных целей" [рус., англ.] (Вместе с Перечнями нечеловекообразных приматов и сроков, областей научного знания, сведений, "Требованиями к учреждениям, уходу и размещению...", "Методами умерщвления...", "Задачами и обязанностями Координационной лаборатории Сторон", "Классификацией процедур по степени жестокости") (Принята в г. Страсбурге 22.09.2010) (с изм. и доп. от 05.06.2019)

15. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123) (Страсбург, 18 марта 1986 г.)

16. Журавлев, М.С. Эффективность белковых концентратов из личинок мух в рационах бройлеров : дис. ... канд. сельскохозяйственных наук : спец. 06.02.08 / ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». Москва, 2022. 129 с.

17. Журавлева, М.С. Количественная характеристика показателей иммунного ответа у кур на различные типы антигенов : дис. ... канд. вет. наук : спец. 06.02.02 / Журавлева Мария Спартаковна. М., 2014. 174 с.

18. Крючков, И. А. Перспективы интеграции личинок чёрной львинки в агрокормовые системы // LIII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World». Madrid : Bubok Publishing S.L., 2025. С. 62–71. URL: <https://www.internauka.org/conf/spain/53> (дата обращения: 16.04.2025).

19. Крючков, И.А. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НОВШЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЁРНОЙ ЛЬВИНКИ: ЭВОЛЮЦИЯ ОТ ДОМАШНИХ ФЕРМ ДО КРУПНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ //Иновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам CLXXXVI междунар. науч.-практ. конф. № 6(186). М., Изд. «Интернаука», 2025. 28-36 с. URL: <https://www.internauka.org/conf/inno/clxxxvi> (дата обращения: 16.04.2025).

20. Крючков, И.А. МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ И ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЁРНОЙ ЛЬВИНКИ: ОТ ДОМАШНЕГО ФЕРМЕРСТВА ДО КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. №12 (150). URL: <https://research-journal.org/archive/12-150-2024-december/10.60797/IRJ.2024.150.67> (дата обращения: 16.04.2025). DOI: 10.60797/IRJ.2024.150.67

21. Крючков, И.А. ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЧИНОК ЧЁРНОЙ ЛЬВИНКИ В СОВРЕМЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ СИСТЕМАХ // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. №1 (151). DOI: 10.60797/IRJ.2025.151.65.

22. Крючков, И.А., Никишов, А.А. Влияние белкового концентрата из личинок Чёрной львинки (*Hermetia illucens*) на продуктивные показатели цыплят-бройлеров // Аграрная наука. – 2025. – Т. 1, № 4. – С. 108–112. – DOI 10.32634/0869-8155-2025-393-04-108-112.

23. Методика определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий / Ю.Е.Шатохин, И.Н.Никитин, П.А.Чулков, В.Ф.Воскобойник // Утверждена Департаментом ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации 21 февраля 1997 г.

24. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки и органолептической оценки качества мяса сельскохозяйственной птицы / ВАСХНИЛ. Разраб.: В.С.Лукашенко, М.А.Лысенко, Т.А.Столяр и др. М., 1984-22с.
25. Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий РД-АПК 1.10.05.04-13: утверждены и введены в действие Министерством сельского хозяйства Российской Федерации: 30 сентября 2013 года.
26. Методическое пособие по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, Т.Н. Ленкова, В.А. Манукян и др.; - Под общ. ред. Фисинина В.И. и Егорова И.А. - Сергиев Посад: ВНИТИП, 2021. - 360 с.
27. Морфо-биохимические исследования крови у сельскохозяйственной птицы : учеб. пособие / В.Г.Вертипрахов, А.А.Грозина, С.В.Карамушкина, Н.В.Овчинникова, М.В.Кошечева, И.В.Кислова. М. : б. и., 2021. 135 с. ISBN 978-5-9642-0470-1.
28. Мясная продуктивность и качество мяса уток при применении в кормлении личинок мухи Чёрная львинка / Ежкова А.М. [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2023. Т. 256, № 4. С. 88–93. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_256_88.
29. Наставления по использованию белка микробиологического синтеза в комбикормах для сельскохозяйственной птицы / Фисинин В.И. [и др.]. – М. : Академия Принт, 2024. – С. 57–63. – ISBN 978-5-6052106-3-4.
30. Особенности балансирования комбикормов для птицы и рыб при введении белка насекомых / Медведев А. Ю., Фигурак С. Н., Лебединская Л. Н. [и др.] // Приоритеты научно-технологического развития агропромышленного комплекса в современных условиях : сборник научно-практических материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 05–07 июня 2024 г. – Казань : ФГБОУ ДПО «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса», 2024. – С. 85–97.

31. Оценка физиологического состояния птицы по показателям крови / Околелова Т.М., Енгашев С.В., Егоров И.А., Егорова Т.А.// Птицеводство. №1. 2023. С.45-50. DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-1-45-50.

32. Результаты выращивания цыплят-бройлеров при скармливании личинок мухи Чёрной львинки / А. А. Башаров [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2022. – № 2. – С. 5-12. – DOI 10.31043/2410-2733-2022-2-5-12.

33. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова [и др.], под общей ред. ак. РАН В.И. Фисинина и акад. РАН И. А. Егорова, ФНЦ «ВНИТИП» РАН // Москва: ООО «Лика». – 2019. – 216 с.

34. Сарбатова, Н.Ю., Шаталова, А.В. Сравнительная характеристика мяса кур и фазана // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам VI Международной научно-практической конференции, Краснодар, 31 марта 2020 г. / отв. за вып. А.В. Степовой. Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2020. С. 110–113.

35. Фисинин, В.И. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярногенетические методы определения микрофлоры кишечника/ И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова. Т.М. Околелова, В.С. Лукашенко, А.Н. Шевяков, Г.В. Игнатова, Т.В. Егорова, А.А. Грозина, Г.Ю. Лаптев, И.Н. Никонов, И.Л. Александрова, Л.А. Ильина, Н.И. Новикова // Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства (ВНИТИП). – Сергиев Посад: 2013. – С. 1-51

36. Фисинин, В.И. Химический анализ кормов, помета, печени, мяса цыплят-бройлеров был выполнен по общепринятым методикам биохимического анализа// В.И. Фисинин, А.Н. Тищенко, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова, А.Н. Шевяков, Н.И. Толкачева, Л.В. Кривопишина, Г.Г. Пажитнова, Н.П. Зайцева, Л.Ф. Дядичкина, Н.С. Позднякова, В.С. Лукашенко, Р.В. Карапетян, Л.Г. Коршунова, Н.А. Кравченко, В.А. Москалева, М.А. Лысенко, Н.В. Кожемяка// Государственное

научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Россельхозакадемии. – Сергиев Посад: 2010. – С. 20.

37. A Multidisciplinary Approach for the Development of a Supply Chain in Biomass Conversion of Agrifood Waste Mediated by Larvae of *Hermetia illucens* L.: From Rearing to By-Product Exploitation / De Santis E. [et al.] // Agriculture. 2024. Vol. 14, No 7. P 1010. DOI 10.3390/agriculture14071010.

38. Aditama, Ya., Imanudin, O., Widianingrum, D. Pemanfaatan limbah sayuran organik dan limbah feses ayam petelur sebagai media dalam budidaya maggot (*Hermetia illucens*) // Tropical Livestock Science Journal. 2023. T. 2, № 1. C. 49–56. DOI 10.31949/tlsj.v2i1.6995.

39. Ali Shah, S.R., Çetingül, I.S. Nutritive Value of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Economical and Alternative Feedstuff for Poultry Diet // Journal of World's Poultry Research. 2022. DOI 10.36380/jwpr.2022.1.

40. Alilah, S.N., Pudjiastutik, E.W., Septianingtyas, A. Pengaruh media basah dan media kering terhadap pendapatan maggot BSF (*Hermetia illucens*) (studi kasus UMKM Ahmad Hidayah Farm Watukebo) // Jurnal Agribest. 2023. T. 7, № 1. C. 54–83. DOI 10.32528/agribest.v7i1.9340.

41. Alternative organic wastes as substrates and its impact on growth, proximate chemical and mineral composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae for subsistent animal feed / Opoku O., Hamidu Ja.A., Adjei-Mensah B. [et al.] // Journal of Applied Animal Research. 2023. T. 51, № 1. C. 564–572. DOI 10.1080/09712119.2023.2249545.

42. Analisis pemberian pakan berbeda terhadap kandungan maggot (*Hermetia illucens*) / Izzah A.Z.N. [et al.] // Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian. 2023. T. 4, № 1. C. 326–331. DOI 10.47687/snppvp.v4i1.655.

43. Antioxidant, anti-inflammatory, anti-adipogenesis activities and proximate composition of *Hermetia illucens* larvae reared on food waste enriched with different wastes / Oh J.H. [et al.] // Journal of Animal Science and Technology. 2023. DOI 10.5187/jast.2023.e87.

44. Anwar, M.S., Wati, Yu.E.R. Pengolahan limbah organik pasar sayur kota Metro sebagai media kultur maggot *Hermetia illucens* melalui pot biokonversi bagi peternak ayam skala UMKM // GUYUB: Journal of Community Engagement. 2024. Vol. 5, № 1. P. 342–366. DOI 10.33650/guyub.v5i1.8310.
45. Arifki, M.P., Tafsin, M., Fatimah The effect of agro-industrial waste mixtures on productivity and nutrient content of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) // Journal of Environmental and Development Studies. 2024. Vol. 5, No. 01. P. 01–10. DOI 10.32734/jeds.v5i01.12484.
46. Ayuningrum, S.U., Putra, R.E. The role of organic waste feed combination on growth rate and nutrient content of *Hermetia illucens* larvae // Manilkara: Journal of Bioscience. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 27–37. DOI 10.33830/manilkara.v2i1.6530.2023.
47. Azis, R.A., Nurhayatin, T., Hadist, I. Pengaruh umur panen terhadap kandungan protein kasar lemak kasar dan serat kasar maggot *Hermetia illucens* // JANHUS Jurnal Ilmu Peternakan – Journal of Animal Husbandry Science. 2022. Vol. 6, No. 2. P. 94. DOI 10.52434/janhus.v6i2.1973.
48. Azizah, F.L., Widodo, O.S.E. Assessing the impact of black soldier fly oil (*Hermetia illucens*) from various phases as feed additive on the growth performance and histomorphology of broiler chickens // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2024. Vol. 12, No. 3. DOI 10.17582/journal.aavs/2024/12.3.509.514.
49. Bellezza Oddon, S., Biasato, I., Gasco, L. Isoenergetic-practical and semi-purified diets for protein requirement determination in *Hermetia illucens* larvae: consequences on life history traits // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2022. Vol. 13, No 1. P 1–10. DOI 10.1186/s40104-021-00659-y.
50. Berampu, L.E., Patriono, E., Amalia, R. Pemberian kombinasi maggot dan pakan komersial untuk efektifitas pemberian pakan tambahan benih ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) oleh kelompok pembudidaya ikan Lele // Sriwijaya Bioscientia. 2022. T. 2, № 2. C. 1–15. DOI 10.24233/sribios.2.2.2021.315.
51. Biosafety assessment of laying hens fed different treatments of black soldier flies (*Hermetia illucens*) under doxycycline stress / Deng W.K. [et al.] // Poultry Science. 2024. Vol. 103, No. 9. P. 103965. DOI 10.1016/j.psj.2024.103965.

52. Biowaste and by-products as rearing substrates for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: effects on larval body composition and performance / Eggink K.M. [et al.] // PLoS ONE. 2022. Vol. 17, No. 9. P. e0275213. DOI 10.1371/journal.pone.0275213.

53. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) frass on sweet-potato (*Ipomea batatas*) slip production with aquaponics / Romano N. [et al.] // Horticulturae. 2023. Vol. 9, № 10. P. 1088. DOI 10.3390/horticulturae9101088.

54. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) maggot flour as concentrate substitution on broiler chickens feed consumption, body weight gain and feed conversion ratio / Pertiwi M.E., Hidanah S., Hidajati N. [et al.] // Jurnal Agro Veteriner. 2023. Vol. 7, No. 1. P. 35–40. DOI 10.20473/agrovet.v7i1.51502.

55. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features / Dabbou S., Gai F., Biasato I. [et al.] // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2018. T. 9. C. 49. DOI 10.1186/s40104-018-0266-9.

56. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety / Schiavone A. [et al.] // Animal : an international journal of animal bioscience. 2019. Vol. 13, No 10. C. 2397–2405. DOI 10.1017/S1751731119000685.

57. Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source / Schiavone A. [et al.] // Animal : an international journal of animal bioscience. 2018. Vol. 12, No 10. C. 2032–2039. DOI 10.1017/S1751731117003743.

58. Black soldier fly larvae oil (*Hermetia illucens* L.) calcium salt enhances intestinal morphology and barrier function in laying hens / Al Anas M. [et al.] // Poultry Science. 2024. Vol. 103, No 7. P. 103777. DOI 10.1016/j.psj.2024.103777.

59. Bokashi fermentation of brewery's spent grains positively affects larval performance of the black soldier fly *Hermetia illucens* while reducing gaseous nitrogen losses / Gebiola M. [et al.] // Waste Management. 2023. T. 171. C. 411–420. DOI 10.1016/j.wasman.2023.09.033.

60. Budidaya larva BSF (*Hermetia illucens*) untuk mengurangi limbah organik skala rumah tangga / P.S.W. Kusuma [et al.] // Jurnal Abadimas Adi Buana. 2024. T. 8, № 1. C. 40–50. DOI 10.36456/abadimas.v8.i01.a9072.
61. Carbon and water footprint assessment of the production cycle of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) on a farm in Spain / Galán-Díaz J.J. [et al.] // Environmental Development. 2024. Vol. 51. P. 101038. DOI 10.1016/j.envdev.2024.101038.
62. Chemical composition and fatty acid profile of the pectoralis major muscle in broiler chickens fed diets with full-fat black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal / Daszkiewicz T. [et al.] // Animals. 2022. Vol. 12, No. 4. P. 464. DOI 10.3390/ani12040464.
63. Comparative metagenomic and metatranscriptomic analyses reveal the response of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae intestinal microbes and reduction mechanisms to high concentrations of tetracycline / Pei Ya. [et al.] // Toxics. 2023. Vol. 11, No 7. P. 611. DOI 10.3390/toxics11070611.
64. Comparative study of effects of biodegradable and non-biodegradable microplastics on the growth and development of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) / Heussler C.D. [et al.] // Waste and Biomass Valorization. 2023. Vol. 15. DOI 10.1007/s12649-023-02296-0.
65. Comparative study of the effects of ultrasound-assisted alkaline extraction on black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae protein: nutritional, structural, and functional properties / Xu J.H. [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. 2023. Vol. 101. P. 106662. DOI 10.1016/j.ultsonch.2023.106662.
66. Comparison of microwave and vacuum oven drying on the amino acid composition and antioxidant properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae / Lier I.S. [et al.] // Food Science and Technology. 2024. T. 196. C. 115870. DOI 10.1016/j.lwt.2024.115870.
67. Comparison of protein extraction protocols and allergen mapping from black soldier fly *Hermetia illucens* / U. Bose, Ja. A. Broadbent, A. Juhász [et al.] // Journal of Proteomics. 2022. Vol. 269. P. 104724. DOI 10.1016/j.jprot.2022.104724.

68. Composition Analysis of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Fed with Different Three Single Fruit By-products / Koo B., Park Ji.Ye., Kim Y.S. [et al.] // *Journal of Environmental Science International*. 2023. Vol. 32, No. 12. P. 965–972. DOI 10.5322/jesi.2023.32.12.965.
69. Compositional, volatile, and structural features of *Hermetia illucens* (black soldier fly) flours: the effect of population and life stages / Matsakidou A. [et al.] // *Future Foods*. 2024. Vol. 9. P. 100320. DOI 10.1016/j.fufo.2024.100320.
70. Correction to: Effect of Different Organic Substrates on Selected Life History Traits and Nutritional Composition of Black Soldier fly (*Hermetia illucens*) / A. Singh, D. Marathe, K. Raghunathan [et al.] // *Environmental Entomology*. 2022. Vol. 51, No. 3. P. 641. DOI 10.1093/ee/nvac025.
71. Dalmoro, Y.K., Franceschi, C.H., Stefanello, C. A Systematic Review and Metanalysis on the Use of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* in Diets for Poultry // *Veterinary Sciences*. 2023. Vol. 10, No 12. P. 702. DOI: 10.3390/vetsci10120702.
72. Deguara, A., Deguara, S., Buhagiar, J.A. A multitrophic culture system for the production of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) // *Discover Food*. 2024. T. 4, № 1. C. 56. DOI 10.1007/s44187-024-00127-2.
73. Drivers of genomic diversity and phenotypic development in early phases of domestication in *Hermetia illucens* / Hull K.L. [et al.] // *Insect Molecular Biology*. 2024. DOI 10.1111/imb.12940.
74. Efektivitas media kultur yang berbeda terhadap kualitas dan kuantitas maggot (*Hermetia illucens*) sebagai pakan alami / M. Masliana [et al.] // *Jurnal Akuakultura Universitas Teuku Umar*. 2022. T. 6, № 1. C. 1. DOI 10.35308/ja.v6i1.6155.
75. Effect of alkaline pH-shifting process on extraction rate, structural, and functional properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae protein / Pan J., Xu H., Dabbour M. [et al.] // *Food Science and Technology*. 2023. T. 185. C. 115180. DOI 10.1016/j.lwt.2023.115180.
76. Effect of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and cecal microbiota in broiler

chickens / Saidani M. [et al.] // *Frontiers in Animal Science*. – 2025. – Vol. 6. – DOI 10.3389/fanim.2025.1531773.

77. Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) defatted flour on technological properties and quality of chicken meat / Gross-Bošković A. [et al.] // *Journal of Central European Agriculture*. 2024. T. 25, № 1. C. 55–69. DOI 10.5513/jcea01/25.1.4115.

78. Effect of dietary inclusion of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on broiler performance: A meta-analysis / S. Nayohan, I. Susanto, D. Permata [et al.] // *E3S Web of Conferences*. 2022. Vol. 335. P. 00013. DOI 10.1051/e3sconf/202233500013.

79. Effect of Different Dietary Doses of Black Soldier Fly Meal on Performance and Egg Quality in Free-Range Reared Laying Hens / Romero C. [et al.] // *Animals*. 2024. Vol. 14, No 22. P. 3340. DOI 10.3390/ani14223340.

80. Effect of different feed on nutritional content of black soldier fly (*Hermetia illucens*): a systematic review and meta-analysis / Lo D. [et al.] // *Canrea Journal: Food Technology, Nutrition, and Culinary Journal*. 2024. C. 66–78. DOI 10.20956/canrea.v7i1.1153.

81. Effect of feed type on the number and hatchability of eggs black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) / Sukarsono S. [et al.] // *International Journal of Advanced Research*. 2023. Vol. 11, No. 11. P. 983–990. DOI 10.21474/ijar01/17901.

82. Effect of fish meal replacement by black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on serum biochemical indices, thyroid hormone and zootechnical performance of laying chickens / K. Attivi, K. G. Mlaga, K. Agboka [et al.] // *Journal of Applied Poultry Research*. 2022. Vol. 31, No. 3. P. 100275. DOI 10.1016/j.japr.2022.100275.

83. Effect of locally generated food waste on bioconversion and nutrient parameters of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* L. / Kp G. [et al.] // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2022. Vol. 10, No. 6. P. 108–116. DOI 10.22271/j.ento.2022.v10.i6b.9096.

84. Effect of replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat on performance, digestibility, cecal microbiome, liver transcriptome and liver and plasma

lipidomes of broilers / Schäfer L. [et al.] // Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2023. – Vol. 14. – Art. 20. – DOI 10.1186/s40104-023-00831-6.

85. Effects of aeration rate and feed on growth, productivity and nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae / Abduh M.Yu., Perdana M.P., Bara M.A. [et al.] // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2022. T. 25, № 2. C. 101902. DOI 10.1016/j.aspen.2022.101902.

86. Effects of crude protein in rearing substrates on rearing performance and nutrient accumulation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) / Kim M.J. [et al.] // Annals of Animal Resource Sciences. 2024. T. 35, № 2. C. 46–55. DOI 10.12718/aars.2024.35.2.46.

87. Effects of temperature variation on yield and quality of field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and black soldier flies (*Hermetia illucens*) / Korir L.C. [et al.] // Journal of Agriculture, Science and Technology. 2024. Vol. 22, No. 6. P. 1–19. DOI 10.4314/jagst.v22i6.1.

88. Effects of the incorporation rate of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meals on zoo-economic performance and carcass quality of broiler chickens / Brah N. [et al.] // Revista Brasileira de Ciência Avícola. – 2024. – Vol. 26, No 3. – DOI 10.1590/1806-9061-2024-1938.

89. Effects of veterinary drugs on rearing and safety of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / E. F. Hoek-Van Den Hil [et al.] // Journal of Insects as Food and Feed. 2022. T. 8, № 10. C. 1097-1106. DOI 10.3920/jiff2021.0122.

90. Egg quality and laying performance of Julia laying hens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a long-term substitute for fish meal / Zhao Ju. [et al.] // Poultry Science. 2022. Vol. 101, No. 8. P. 101986. DOI 10.1016/j.psj.2022.101986.

91. Eggs or meat? Environmental impact and efficiency assessment of chicken protein production with potential of *Hermetia illucens* use in feed / W. Heines, D. Ristic, S. Rosenberger [et al.] // Resources, Conservation and Recycling Advances. 2022. Vol. 16. P. 200121. DOI 10.1016/j.rcradv.2022.200121.

92. Establishment of highly efficient transgenic system for black soldier fly (*Hermetia illucens*) / Kou Z., Luo X., Jiang Yu. [et al.] // *Insect Science*. 2023. T. 30, № 4. C. 888–900. DOI 10.1111/1744-7917.13147.
93. Evaluation Nutrient of Larvae Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) on Fermented Palm Oil Sludge Culture Media / Ismail R. [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1286, No 1. P 012021. DOI 10.1088/1755-1315/1286/1/012021.
94. Evaluation of growth performance and environmental impact of *Hermetia illucens* larvae reared on coffee silverskins enriched with *Schizochytrium limacinum* or *Isochrysis galbana* microalgae / Ruschioni S. [et al.] // *Animals*. 2024. Vol. 14, No. 4. P. 609. DOI 10.3390/ani14040609.
95. Evaluation of microwave-dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a dietary protein source in broiler chicken diets / B. Kim, H. R. Kim, Y. C. Baek [et al.] // *Journal of Insects as Food and Feed*. 2022. Vol. 8, No. 9. P. 977-987. DOI 10.3920/jiff2021.0113.
96. Evaluation of the interrelated effects of slaughtering, drying, and defatting methods on the composition and properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fat / Hurtado-Ribeira R. [et al.] // *Current Research in Food Science*. 2023. Vol. 7. P. 100633. – DOI 10.1016/j.crfs.2023.100633.
97. Evaluation of the low inclusion of full-fatted *Hermetia illucens* larvae meal for layer chickens: growth performance, nutrient digestibility, and gut health / Chu X. [et al.] // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2020. – Vol. 7. – Art. 585843. – DOI 10.3389/fvets.2020.585843.
98. Fatty acids derived from oviposition systems guide female black soldier flies (*Hermetia illucens*) toward egg deposition sites / Klüber P. [et al.] // *Insect Science*. 2023. – DOI 10.1111/1744-7917.13287.
99. *Hermetia illucens* fat affects the gastrointestinal tract selected microbial populations, their activity, and the immune status of broiler chickens / Kierończyk B. [et al.] // *Annals of Animal Science*. 2022. Vol. 22, No. 2. P. 663–675. DOI 10.2478/aoas-2021-0071.

100. Hulu, F., Afriani, D. T., Hasan, U. Pengaruh media yang berbeda dengan menggunakan Limbah rumah tangga, ampas kelapa dan ampas tahu terhadap pertumbuhan maggot (*Hermetia illucens*) // Jurnal Aquaculture Indonesia. 2022. Vol. 2, No 1. P 47–59. DOI 10.46576/jai.v2i1.2063.

101. Impact of Maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Flour Supplementation in Broiler Chickens / R. Noviadi, D. D. Putri, G. G. Maradon [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2023. Vol. 11, No. 4. DOI 10.17582/journal.aavs/2023/11.4.606.613.

102. Irsyad, A.M., Dono, D., Puspasari, L.T. Effect of feed type on biology and nutritional indices of black soldier fly, *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) // CROPSAVER – Journal of Plant Protection. 2023. Vol. 6, No. 2. P. 95. DOI 10.24198/cropsaver.v6i2.49536.

103. Julita, U., Kinasih, I., Andini Potensi, D.A. reproduksi dan morfometri lalat tentara hitam, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) yang dipelihara pada kotoran ayam dan kotoran domba // Jurnal Entomologi Indonesia. 2023. T. 20, № 2. C. 161–172. DOI 10.5994/jei.20.2.161.

104. Kajian penggunaan maggot (*Hermetia illucens*) dalam pakan terhadap kualitas telur ayam ras / Sumiati S. [et al.] // Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan. 2022. T. 8, № 2. C. 146–155. DOI 10.29303/jstl.v8i2.386.

105. Kamal, A., Elkomy, A., Farag, E. Efficacy of *Hermetia illucens*-Derived Fatty Acids and/or Florfenicol in Broiler Chickens Infected with *Escherichia coli* // Benha Veterinary Medical Journal. 2022. Vol. 42, No. 2. P. 94–98. DOI 10.21608/bvmj.2022.139055.1522.

106. Kastalani, K., Kusuma, M.E., Wensi, W. Efektivitas berbagai jenis kotoran ternak dan waktu buka media yang berbeda terhadap produksi maggot (*Hermetia illucens*) // Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian. 2023. T. 48, № 3. C. 331. DOI 10.31602/zmip.v48i3.11961.

107. Kinanty, C.A., Rousdy, D.W., Saputra, F. Pertumbuhan dan Densitas Populasi Larva *Hermetia illucens* (L.) pada Media Tumbuh Limbah Nanas dan Dedak

Padi // Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi. 2023. Vol. 11, No. 1. P. 745. DOI 10.33394/bioscientist.v11i1.7637.

108. Kofroňová, Ja., Melliti, A., Vurm, R. Biogas digestate and sewage sludge as suitable feeds for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae // *Toxics*. 2024. T. 12, № 6. C. 414. DOI 10.3390/toxics12060414.

109. Kosasih, D.I., Anggraeni, Hanafi Nur Performa ayam Kampung unggul Balitnak (KUB) yang diberi tepung larva black soldier fly (BSF) (*Hermetia illucens*) sebagai pengganti tepung ikan dalam ransum // *Jurnal Peternakan Nusantara*. 2023. Vol. 8, No 2. DOI: 10.30997/jpn.v8i2.6940.

110. Kryuchkov, I.A., Nikishov, A.A. Prospects for integration of *Hermetia illucens* larvae into agrofeeding systems // *Proceedings of the LIII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World»*. – Madrid : Bubok Publishing S.L., 2025. – P. 62–71.

111. Kualitas sensoris daging puyuh yang diberi ransum substitusi tepung ikan dengan tepung maggot (*Hermetia illucens*) / A. Fadilla, D. Sudrajat, D. Wahyuni [et al.] // *Jurnal Peternakan Nusantara*. 2023. Vol. 9, No. 2. DOI 10.30997/jpn.v9i2.10569.

112. Lamin, S., Nofyan, E., Mayasari, A. Pengaruh kombinasi limbah ampas kelapa, nanas, dan pepaya terhadap konsumsi pakan, efisiensi konversi, dan pertumbuhan maggot *Hermetia illucens* L. // *Sriwijaya Bioscientia*. 2022. T. 3, № 1. DOI 10.24233/sribios.3.1.2022.363.

113. Lauric acid from the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and its potential applications / Suryati T. [et al.] // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 13. P. 10383. DOI 10.3390/su151310383.

114. Lingga, A., Febriani, H., Tambunan, E.P.S. Pengaruh Media Tambahan Susu Bubuk Afkir terhadap Bobot Badan dan Kandungan Nutrisi Maggot (*Hermetia illucens*) // *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. 2024. Vol. 5, No. 2. P. 226. DOI 10.55241/spibio.v5i2.418.

115. Live black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae in feed for laying hens: effects on hen gut microbiota and behavior / Huang Ch. [et al.] // *Poultry Science*. 2024. Vol. 103, No. 3. P. 103429. DOI 10.1016/j.psj.2024.103429.

116. Loho, L., Lo, D. Proximate and fatty acid analysis of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1169, No. 1. P. 012082. DOI 10.1088/1755-1315/1169/1/012082.
117. Loho, L., Lo, D., Romulo A. Amino acid analysis and physiological properties of protein concentrate made from Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1200, No. 1. P. 012028. DOI 10.1088/1755-1315/1200/1/012028.
118. Maharani, Ya., Fatimah, S., Umiyati, U. Sosialisasi budi daya lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) bagi masyarakat desa Cibiru Tonggoh, Kabupaten Bandung // Agrikultura Masyarakat Tani. 2024. Vol. 1, No. 2. P. 86. DOI 10.24198/agrimasta.v1i2.54383.
119. Media tumbuh yang berbeda terhadap tingkat produksi dan kandungan nutrisi maggot black soldier fly / Faradila S. [et al.] // Buletin Veteriner Udayana. 2023. P. 490. DOI 10.24843/bulvet.2023.v15.i03.p19.
120. MicroRNA profile of *Hermetia illucens* (black soldier fly) and its implications on mass rearing / Deraedt S., Bierman A., Van Heusden P. [et al.] // PLoS ONE. 2022. T. 17, № 3. C. e0265492. DOI 10.1371/journal.pone.0265492.
121. Mutiarasari, N.R., Nirwanto, Y. Efisiensi biaya produksi pupuk organik berbahan dasar limbah media budidaya lalat Tentara hitam (*Hermetia illucens*) // Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis. 2022. T. 8, № 1. C. 311. DOI 10.25157/ma.v8i1.6708.
122. Nalibayev, S., Mutaliyeva, B., Shalkharov, Ye. Recycling of organic waste by using the technology of obtaining fodder protein from insects *Hermetia illucens* // Theoretical & Applied Science. 2023. № 6(122). C. 420-425. DOI 10.15863/TAS.2023.06.122.67.
123. Nallakumar, G., Fernando, K.M.C. Bioconversion performances of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L., Diptera: Stratiomyidae) on selected organic substrates // Tropical Agricultural Research and Extension. 2023. Vol. 26, No. 3. P. 207–218. DOI 10.4038/tare.v26i3.5664.

124. Nurdiansyah, M.A., Permana, A.D. Comparative analysis of *Hermetia illucens* L. mixed chicken feed and commercial chicken feed to growth performance, carcass weight, and meat proximate content of *Gallus domesticus* L. // *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 2022. T. 32, № 1. C. 99–107. DOI 10.21776/ub.jiip.2022.032.01.10.
125. Nutrient profile black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*): effect of feeding substrate and harvested time / M. R. Weko, F. Bao, M. E. Ega [et al.] // *Biotropia*. 2023. Vol. 30, No. 3. P. 297-307. DOI 10.11598/btb.2023.30.3.1903.
126. Nutritional analysis and chemical fingerprinting of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal native to the Peruvian Amazon / Vargas-Arana G., Vásquez-Bardales J., Maytahuari-Aricari G., Simirgiotis M.J. // *Folia Amazonica*. 2024. Vol. 33, No. 1. P. e33719. DOI 10.24841/fa.v33i1.719.
127. Nutritional Composition and Apparent Metabolizable Energy (AME) Value of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) Full-Fat Meal for Broiler Chickens / Ellawidana D. [et al.] // *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2023. Vol 11, No 10. P 1825–1833. DOI 10.24925/turjaf.v11i10.1825-1833.5992.
128. Parinduri, M.A.N., Siregar, A.Z. Uji beberapa sumber pakan terhadap pertumbuhan dan perkembangan larva *Hermetia illucens* // *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2023. T. 11, № 1. C. 26–36. DOI 10.32734/joa.v11i1.13166.
129. Pemanfaatan lalat *Hermetia illucens*, lalat pengolah limbah organik di Pulau Maratua, Berau Kalimantan Timur / Permana A.D. [et al.] // *Jurnal ETAM*. 2024. Vol. 4, No. 1. P. 41–49. DOI 10.46964/etam.v4i1.662.
130. Pemanfaatan lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) dalam mengolah sampah menjadi kompos / R. Rusli, Khaer A., Budi B. [et al.] // *Media Implementasi Riset Kesehatan*. 2022. T. 3, № 2. C. 73. DOI 10.32382/mirk.v3i2.3151.
131. Pemanfaatan Maggot *Hermetia illucens* L. sebagai Sumber Protein Pelet Ikan di Desa Wisata Rindu Hati Bengkulu Tengah / Zarkani A. [et al.] // *Dharma Raflesia: Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS*. 2023. T. 21, № 2. C. 343–353. DOI 10.33369/dr.v21i2.29743.
132. Pemanfaatan tepung larva black soldier fly (*hermetia illucens*) sebagai substitusi tepung ikan terhadap performa ayam joper periode stater / Yu. A. Tribudi, A.

Tohardi, N. Haryuni, V. Lesmana // Jurnal Nutrisi Ternak Tropis. 2022. Vol. 5, No. 1. P. 45-51. DOI 10.21776/ub.jnt.2021.005.01.5.

133. Pengaruh komposisi tandan kosong kelapa sawit dan bungkil inti kelapa sawit sebagai pakan larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) terhadap perubahan kandungan asam lemaknya / Syahputra Lubis M.E. [et al.] // Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. 2023. T. 31, № 1. C. 13–24. DOI 10.22302/iopri.jur.jpks.v31i1.199.

134. Pengaruh level campuran daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap berat, ukuran dan kandungan nutrisi maggot lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) / Sona K. [et al.] // Animal Agricultura. 2023. Vol. 1, No. 1. P. 1–12. DOI 10.59891/animacultura.v1i1.1.

135. Pengaruh Pemberian Tepung Maggot (*Hermetia illucens*) pada Pakan Komersil terhadap Benih Ikan Patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) / Gunawan G., Perdana A.W., Arisa I.I. [et al.] // Jurnal Penelitian Progresif. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 35–49. DOI 10.61992/jpp.v2i1.67.

136. Pengaruh Penambahan Variasi Kombinasi Tepung Maggot (*Hermetia illucens*) Pada Campuran Pakan Terhadap Kadar Glukosa dan Asam Urat Ayam Petelur / Widyaputri T. [et al.] // Journal of Tropical Animal Production. 2023. Vol. 24, No. 2. P. 59-70. DOI 10.21776/ub.jtapro.2023.024.02.1.

137. Pengaruh substitusi larva Black soldier fly (*Hermetia illucens*) PADA ransum terhadap performa bebek pedaging hibrida / M. N. A. Maulana, S. Ton, M. H. Khirzin [et al.] // Partner. 2023. Vol. 28, No. 1. P. 145. DOI 10.35726/jp.v28i1.6991.

138. Penggunaan Maggot (*Hermetia illucens*) Dalam Pakan Ayam Ras Petelur / Sumiati S. [et al.] // Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan. 2022. T. 8, № 1. C. 87–96. DOI 10.29303/jstl.v8i1.340.

139. Perbandingan penggunaan sampah organik yang berbeda terhadap pertumbuhan dan nutrisi larva lalat *Hermetia illucens* / Salsabela K. [et al.] // LINK. 2023. Vol. 19, № 2. P. 107–110. DOI 10.31983/link.v19i2.9966.

140. Performance and feed digestibility of Sentul chicken fed hydrolyzed maggot (*Hermetia illucens*) meal produced by crude enzymes from tempeh yeast / Rahayu S. [et

al.]// African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. 2023. Vol. 23, No. 10. P. 25006–25023. DOI 10.18697/ajfand.125.23795.

141. Permana, A.D., Susanto, A., Giffari, F.R. Kinerja pertumbuhan larva lalat tentara hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae) pada substrat kulit ari kedelai dan kulit pisang // Jurnal Agrikultura. 2022. Vol. 33, No. 1. P. 13. DOI 10.24198/agrikultura.v33i1.36188.

142. Potensi ekstrak maggot lalat tentara hitam *Hermetia illucens* (Linnaeus) dalam regulasi mekanisme antioksidan selular dan antiradang: kajian *in silico* / Sulistiyani S. [et al.] // Jurnal Entomologi Indonesia. 2024. Vol. 20, No. 3. P. 223–239. DOI 10.5994/jei.20.3.223.

143. Pradabphetrat, P., Sathawong, S., Pimsen, M. Effects of rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) from organic wastes // ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports. 2024. T. 27, No 4. C. e252644. DOI 10.55164/ajstr.v27i4.252644.

144. Proximate Content Monitoring of Black Soldier Fly Larval (*Hermetia illucens*) Dry Matter for Feed Material using Short-Wave Infrared Hyperspectral Imaging / Kim Ju. [et al.] // Food Science of Animal Resources. 2023. Vol. 43, No 6. P 1150–1169. DOI 10.5851/kosfa.2023.e33.

145. Purba, F.F., Johan, T.I., Hasby, M. Pengaruh pemberian kombinasi ampas tahu dan limbah roti afkir yang difermentasi sebagai nutrisi terhadap pertumbuhan dan produksi maggot (*Hermetia illucens*) // Dinamika Pertanian. 2023. T. 38, No 2. C. 243–250. DOI 10.25299/dp.2022.vol38(2).12655.

146. Qutrotu'ain, S., I. B. K. Ardana, S. Siswanto Pemberian Tambahan Tepung Belatung atau Maggot Lalat *Hermetia illucens* Dalam Pakan Broiler Meningkatkan Aspartate Aminotransferase dan Menurunkan Alanine Aminotransferase // Indonesia Medicus Veterinus. 2022. T. 11, No 1. C. 76-84. DOI 10.19087/imv.2022.11.1.76.

147. Rapid Evolutionary Adaptation to Diet Composition in the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) / A. Gligorescu, L. Chen, K. Jensen [et al.] // Insects. 2023. Vol. 14, No. 10. P. 821. DOI 10.3390/insects14100821.

148. RaRahmaliana, R., Christiana, I., Rosita, R. Pengaruh penambahan suplemen organik cair pada media ampas tahu terhadap produktivitas maggot BSF (*Hermetia illucens*) // *Journal of Tropical Fisheries*. 2023. T. 18, № 1. C. 40–47. DOI 10.36873/jtf.v18i1.10711.
149. Shaded colors cage effect on mating behavior, egg weight, and adult survival of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) / Lamin S. [et al.] // *Serangga*. 2023. Vol. 28, No. 3. DOI 10.17576/serangga-2023-2803-11.
150. Sidauruk, A., Prasetyaningsih, A., Madyaningrana, K. Pengaruh pemberian sampah organik terhadap pertumbuhan dan kandungan astaxanthin pada pupa black soldier fly (*Hermetia illucens* (Linnaeus)) // *Jurnal Entomologi Indonesia*. 2024. Vol. 21, No. 1. P. 23-34. DOI 10.5994/jei.21.1.23.
151. Sosialisasi budidaya maggot BSF sebagai pakan ternak di desa Cakru, Kecamatan Kencong, Kabupaten Jember / Tanzil A.I. [et al.] // *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*. 2023. Vol. 7, No. 1. P. 66. DOI 10.31764/jpmb.v7i1.12708.
152. Studying the Thermophysical Characteristics of the Muscle Mass of the Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) as a Drying Object / Doroshenko V.A., Khozyaev I.A., Yakovlev D.A. [et al.] // *Engineering Technologies and Systems*. 2022. T. 32, № 4. C. 613–629. DOI 10.15507/2658-4123.032.202204.613-629.
153. Suitability of *Hermetia illucens* larvae meal and fat in broiler diets: effects on animal performance, apparent ileal digestibility, gut histology, and microbial metabolites / K. Hartinger, K. Fröschl, M. A. Ebbing [et al.] // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 1-16. DOI 10.1186/s40104-022-00701-7.
154. Susanto, J., Kaharuddin, D., Kususiyah Penggunaan tepung maggot BSF (*Hermetia illucens*) dalam ransum terhadap performa pertumbuhan ayam petelur jantan // *Wahana Peternakan*. 2024. T. 8, № 1. C. 20–32. DOI 10.37090/jwputb.v8i1.1257.
155. Suwarsito, S., Susylowati, D., Suyadi, A. Pengaruh Substitusi Larva Magot (*Hermetia illucens*) terhadap Efisiensi Pakan dan Pertumbuhan Ikan Gurami

(*Osphronemus* gouramy) //

Sainteks. 2024. Vol. 21, No 1. P 15. DOI 10.30595/sainteks.v21i1.21598.

156. Szczepanik, K., Świątkiewicz, M. *Hermetia illucens* as a source of antimicrobial peptides – a review of in vitro and in vivo studies // *Annals of Animal Science*. 2024. Vol. 24, No 1. P. 77–88. DOI 10.2478/aoas-2023-0071.

157. The effect of rearing scale and density on the growth and nutrient composition of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae / Yakti W. [et al.] // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 1772. DOI 10.3390/su14031772.

158. The effect of some attractive media on the number of mating partners, egg weight and lifetime of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) / Lamin S. [et al.] // *BIOVALENTIA: Biological Research Journal*. 2022. Vol. 8, No. 2. P. 151–155. DOI 10.24233/biov.8.2.2022.243.

159. The effectiveness of using maggot (*Hermetia illucens*) as a super native chicken feed ingredient / Praptiwi I.I., Lesik M.M.N.N., Irianto A. [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1341, No. 1. P. 012059. DOI 10.1088/1755-1315/1341/1/012059.

160. The impact of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as feed supplementation on productive and physiological performance of broiler chickens / El-Kaiaty A.M. [et al.] // *World's Veterinary Journal*. 2022. P. 133–140. DOI 10.54203/scil.2022.wvj17.

161. The Long-term Effects of Dietary Replacement of Fish Meal with Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae on Nutritional Content and Eggshell Quality in Layer Chickens / Mlaga K. G. [et al.] // *Journal of World's Poultry Research*. 2022. DOI 10.36380/jwpr.2022.21.

162. The pulsed electric field treatment effect on drying kinetics and chosen quality aspects of freeze-dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae / Bogusz R. [et al.] // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2023. Vol. 13, No 18. P. 10251. DOI 10.3390/app131810251.

163. The reproductive tract of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) is highly differentiated and suggests adaptations to sexual selection / Munsch-Masset P. [et al.] //

Entomologia Experimentalis et Applicata. 2023. Vol. 171, No 11. C. 857–866. DOI 10.1111/eea.13358.

164. The Variety of Applications of *Hermetia illucens* in Industrial and Agricultural Areas—Review / M. Kaczor [et al.] // *Biology*. 2023. T. 12, № 1. C. 25. DOI 10.3390/biology12010025.

165. Thinn, A.A., Kainoh, Y. Effect of diet on the longevity and oviposition performance of black soldier flies, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) // *Japan Agricultural Research Quarterly*. 2022. T. 56, № 2. C. 211–217. DOI 10.6090/jarq.56.211.

166. Uji aktivitas antioksidan kombinasi maggot (*Hermetia illucens*), kunyit (*Curcuma domestica*) dan *Indigofera zollingeriana* sebagai alternatif feed additive / Nurhasmiati N. [et al.] // *Wahana Peternakan*. 2022. Vol. 6, No. 2. P. 113–123. DOI 10.37090/jwputb.v6i2.616.

167. Unravelling the nutritional and health benefits of wheat bread enriched with meat powder from laying hen fed diet with insect (*Hermetia illucens*) meal / Makokha M.P., Muliro P.S., Ngoda P.N. [et al.] // *Heliyon*. 2023. Vol. 9, No. 10. P. e20506. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e20506.

168. Utilisasi probiotik cair asal fermentasi black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) terhadap performa ayam broiler / Sukiman D.L. [et al.] // *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 2023. Vol. 21, № 3. P. 164–170. DOI 10.29244/jintp.21.3.164-170.

169. W D M A., K A A S., I W W. Kadar protein dan kadar air pada maggot (*Hermetia illucens*) dalam berbagai fase pertumbuhan // *Jurnal Widya Biologi*. 2023. T. 14, № 1. C. 20-26. DOI 10.32795/widyabiologi.v14i01.4137.

170. Wahyuni, Fadhil R.C. Effectiveness of water hyacinth bioconversion and fermented fruit waste as a growing media larvae of (*Hermetia illucens*) // *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 2022. T. 10, № 2. C. 57–61. DOI 10.29244/jipthp.10.2.57-61.

171. Witriana, N.I., Ardyati, T., Jatmiko, Y.D. The use of probiotics in fermenting food wastes for production of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.;

Diptera: Stratiomyidae) // Berkala Penelitian Hayati. 2023. Vol. 29, No. 3. P. 99–105. DOI 10.23869/bphjbr.29.3.20234.

172. Yulianingsih, I., Yani, I. Efektivitas larva black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) dalam pengomposan sampah organik // Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi. 2023. Vol. 3, No 3. P 149–153. DOI 10.24252/filogeni.v3i3.35501.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение – Акт производственной проверки влияния замены рыбной муки белковым концентратом на двух группах цыплят-бройлеров по 100 голов

Утверждаю:

Директор АО «Куриное Царство»
филиал «Моссельпром»



И.В. Ланцев

«26» октября 2022 г

Утверждаю:

Директор департамента ветеринарной
медицины аграрно-технологического
института ФГАОУ ВО РУДН



Ю.А. Ватников

«28» октября 2022 г

АКТ

от «19» октября 2022 года

Комиссия в составе: директор АО «Куриное Царство» филиал «Моссельпром» Ланцев И.В., ветеринарный врач АО «Куриное Царство» филиал «Моссельпром» Пеливан А.Л., главный экономист АО «Куриное Царство» филиал «Моссельпром» Крючкова Т.В., директор департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института ФГАОУ ВО РУДН, доктор ветеринарных наук Ватников Ю.А., доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института ФГАОУ ВО РУДН, кандидат сельскохозяйственных наук Никишов А.А., аспирант департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института ФГАОУ ВО РУДН Крючков И.А. составили настоящий акт о том, что в сентябре-октябре 2022 г. в АО «Куриное Царство» филиал «Моссельпром» была проведена производственная проверка на цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308.

Было сформировано две группы цыплят-бройлеров суточного возраста (по 100 голов в каждой). Плотность посадки, световой и температурный режимы согласно «Методическим рекомендациям по технологическому проектированию птицеводческих предприятий», 2013 г. Продолжительность опыта – 35 суток. Кормление бройлеров - сухими рассыпными комбикормами с питательностью согласно «Методическому пособию по кормлению сельскохозяйственной птицы», 2021 г. Цыплята базового варианта получали полнорационные комбикорма на основе пшеницы и соевого шрота, питательность которого соответствовала

рекомендациям ВНИТИП 2021 г. по периодам выращивания – в стартовом периоде, где возраст цыплят составлял 1-14 суток, сырой протеин и обменная энергия были 22,69% и 312 Ккал/100 г соответственно; в ростовом периоде выращивания цыплят-бройлеров с 15-21 сутки, сырой протеин и обменная энергия были 23,11% и 315 Ккал/100 г, а в финишный период выращивания с 22 суточного возраста до убоя сырой протеин и обменная энергия достигали 21,89% и 320 Ккал/100 г. Бройлерам нового варианта скармливали полнорационный комбикорм с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Черной львинки (*Hermetia illucens*), производитель фирма ООО «ЭкоБелок». Схема производственной проверки приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Схема производственной проверки.

Группа	Поголовье, гол	Характеристика кормления
Базовый вариант	100	Основной рацион (ОР), сбалансированный по всем питательным веществам, согласно руководству по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП (2021)
Новый вариант 1	100	ОР с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)

Результаты производственной проверки представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты производственной проверки.

Показатели	Вариант	
	базовый	1-новый
1	2	3
Принято на выращивание, гол.	100	100
Поголовье на конец выращивания, гол.	100	100
Сохранность, %	100	100
Срок выращивания, сут.	35	35
Средняя живая масса суточного цыпленка, г	40,0	39,6
Средняя живая масса 1 гол. на конец	2065,7	2193,5

выращивания, г		
Среднесуточный прирост, г	57,9	61,54
Валовая живая масса, кг	204,353	220,075
Валовый прирост живой массы, кг	200,153	215,917
Расход корма всего, кг	304,1	300,00
Потребление корма на 1 гол в сутки, г	86,88	86,28
Потребление корма на 1 гол за период выращивания, кг	3,041	3,02
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,50	1,40
Масса потрошеной тушки, кг	1,47243	1,64447
Убойный выход потрошеной тушки, %	71,28	74,97
Убойный выход потрошеной тушки, кг	147,243	164,447
Средняя стоимость 1кг комбикорма, руб.	30,67	27,27
Стоимость одного суточного цыпленка, руб.	60,0	60,0
Средняя цена реализации 1 кг мяса, руб.	150,0	150,0
Общие затраты (руб.), в.т.ч.:	20447,48	19301,73
Стоимость суточных цыплят	6000,0	6000,0
Стоимость кормов	9326,75	8181,00
Прочие прямые затраты	5120,73	5120,73
Выручка от реализации мяса птицы, руб.	22086,45	24667,05
Прибыль, руб.	1638,97	5365,32
Рентабельность производства бройлеров, %	8,10	23,60
Себестоимость 1 кг мяса, руб.	136,11	138,26
Экономическая эффективность, руб.		353,56
Экономическая эффективность в расчете на 1000 голов, руб.		3535,60

Расчёт экономической эффективности проводили по формуле:

$$Э = (С_b - С_n) \times A_n, \text{ где}$$

Э – экономическая эффективность производства мяса, руб.;

С_b, С_n – себестоимость 1 кг мяса бройлеров (базовая и новая), руб.;

A_n – количество произведённой продукции в новом варианте, кг

$$Э_1 = (131,82 - 127,19) \times 164,45 = 761,76 \text{ руб.}$$

Таким образом экономическая эффективность использования обычного рациона с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Черной львинки (*Hermetia illucens*) в новом варианте, с учетом производственных затрат на содержание бройлеров составила 761,76 руб.

В пересчёте на 1000 голов цыплят-бройлеров, сданных на убой, экономический эффект от выращивания бройлеров на обычных рационах с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух Черной львинки (*Hermetia illucens*) в новом варианте, составил 7617,60 руб. (в ценах 2022 года).

Члены комиссии:

от АО «Куриное Царство» филиал «Моссельпром»

Директор



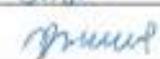
И.В. Ланцев

Ветеринарный врач



А.Л. Пеливан

Главный экономист



Т.В. Крючкова

от департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института
ФГАОУ ВО РУДН

Директор департамента



Ю.А. Ватников

ветеринарной медицины аграрно-
технологического института

ФГАОУ ВО РУДН, доктор

ветеринарных наук

Доцент департамента



А.А. Никишов

ветеринарной медицины аграрно-
технологического института

ФГАОУ ВО РУДН, кандидат

сельскохозяйственных наук,

научный руководитель

Аспирант департамента



И.А. Крючков

ветеринарной медицины аграрно-
технологического института

ФГАОУ ВО РУДН