

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
АГРОТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

На правах рукописи

Рязанцева

РЯЗАНЦЕВА КРИСТИНА ВЛАДИМИРОВНА

**Эффективность применения эмульгаторов различного
происхождения в питании цыплят-бройлеров**

4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и
производства продукции животноводства

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Е.А. Сизова

Оренбург - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 Жиры в кормлении сельскохозяйственной птицы	9
1.2 Особенности переваривания и эмульгирования жиров в пищеварительном тракте птиц.....	12
1.3 Эмульгаторы в кормлении сельскохозяйственной птицы	19
1.4 Заключение по обзору литературы.....	34
2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	37
2.1 Материалы и методы исследования	37
2.2 Результаты I эксперимента по оценке применения рационов с различным уровнем обменной энергии	43
2.2.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров.....	43
2.2.2 Рост и мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров.....	46
2.2.3 Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров	48
2.2.4 Переваримость питательных веществ и баланс энергии в организме цыплят-бройлеров	51
2.2.5 Резюме по итогам I экспериментального исследования.....	54
2.3 Результаты II эксперимента по оценке эффективности применения различных эмульгаторов в питании цыплят-бройлеров	55
2.3.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров.....	55
2.3.2 Рост и мясная продуктивность подопытных цыплят – бройлеров	59
2.3.4 Переваримость питательных веществ и химический состав цыплят-бройлеров	65
2.3.5 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров	68
2.3.6 Жирнокислотный состав органов и тканей цыплят-бройлеров	69
2.3.7 Элементный состав тканей тела цыплят-бройлеров	73
2.3.7.1 Минеральный состав печени цыплят-бройлеров	73
2.3.7.2 Минеральный состав тела цыплят-бройлеров	76

2.3.7.3 Минеральный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров	82
2.3.8 Микробное сообщество	84
2.3.9 Резюме по итогам II экспериментального исследования	96
2.3.10 Результаты производственной проверки	97
3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	100
4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	117
6 ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ	118
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	119

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Важнейшей задачей современного птицеводства является полноценная реализация генетического потенциала посредством удовлетворения потребности в белке и энергии, а также за счет применения кормовых добавок и метаболических стимуляторов роста (Фисинин В.И., 2011; Скворцова Л.Н., Короткин А.С., 2019). При этом, определяющим условием является экономическая эффективность подобных манипуляций. Достижение повышенного уровня продуктивности может быть обеспечено увеличением калоража рациона (Егоров И.А., 2014; Verkempinck S.H. et al., 2018), для чего оптимально использовать растительное масло.

Однако, ранний возраст цыплят-бройлеров является лимитирующим фактором применения липидов (Tanchaenrat P. et al., 2013). Подобная особенность в стартовой фазе кормления обеспечивается низким синтезом липазы и желчных солей (Raheel I.A. et al., 2019; Рязанцева К.В., Сизова Е.А., 2022). Альтернативой повышения уровня жира в рационе и причиной интенсификации его переваривания могут стать синтетические и натуральные эмульгаторы. Использование такого подхода обеспечивает повышенную трансформацию питательных веществ на фоне сниженного ввода растительных и животных жиров в рацион (San Tan H. et al., 2016; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022; Скворцова Л.Н., 2023).

Таким образом, включение в рацион эмульгаторов можно использовать в качестве стратегии компенсации различий в химических характеристиках источников липидов и преодоления физиологических ограничений птиц.

Степень разработанности темы. С увеличением стоимости кормовых ингредиентов решается задача перспективности использования высококалорийных компонентов для повышения энергетической ценности рационов (Фисинин В.И. и др., 2012; Козина Е.А., 2012; Скворцова Л.Н., Свистунов А.А., 2013; Егоров И.А. и др., 2014). Учитывая эффективность использования высокоэнергетических рационов существует необходимость

тщательного подбора кормовых добавок с эмульгирующим функционалом, в частности натурального происхождения, обеспечивающих повышение переваримости кормов (Подобед Л.И., 2018; Околелова Т.М., Енгашев С.В., 2020).

Цель и задачи исследований. Целью работы, выполненной в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020, 2021-2023 годы, имеющих госрегистрацию № 0761-2018-003, № ААА-А18-118042090039-1, № 0761-2019-0005, № ААА-А19-119040290046-2 и проектом Российского научного фонда № 20-16-00078, стала оценка обмена веществ и продуктивности цыплят-бройлеров при скармливании эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум»). Для достижения поставленной цели нами решались следующие задачи:

1. Оценить влияние различного уровня энергии в рационе на рост и продуктивность цыплят-бройлеров;
2. Охарактеризовать действие эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум») на рост, переваримость и трансформацию питательных веществ;
3. Исследовать химический, элементный и жирнокислотный состав биосубстратов на фоне использования эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум»);
4. Изучить влияние различного уровня энергии в рационе и эмульгаторов на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров;
5. Оценить действие эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум») на микробный состав слепой кишки цыплят-бройлеров;
6. Провести производственную проверку полученных результатов.

Научная новизна исследований. Впервые дана оценка влияния желчи крупного рогатого скота, как экзогенного эмульгатора, на метаболизм и продуктивность цыплят-бройлеров (RU 2792900).

Впервые описаны особенности элементного и жирнокислотного состава тела, а также качественный и количественный состав микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров на фоне скармливания эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум»).

Теоретическая и практическая значимость заключается в обосновании и установлении продуктивных эффектов эмульгаторов различного происхождения: соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота, «Лесимакс Премиум» и оптимальных доз их скармливания. Данные, полученные в результате исследований, могут быть использованы при разработке рационов питания современных кроссов птицы. Коррекция рационов эмульгатором позволит повысить продуктивность птицы за счёт оптимизации процессов пищеварения. На основании проведенных исследований подтверждена гипотеза и предложено решение по применению исследуемых добавок, как новый способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

Методология и методы исследования. С целью достижения поставленных целей и задач, применялись стандартные зоотехнические, биохимические и физиологические методы исследования с использованием современного оборудования. Полученный результат обработан с применением общепринятых методик при помощи программного пакета «Statistica 10.0».

Основные положения, выносимые на защиту.

- эффективность действия эмульгаторов зависит от вводимой дозы;
- использование эмульгаторов различного происхождения (соевый лецитин, желчь крупного рогатого скота и «Лесимакс Премиум») в рационах цыплят-бройлеров избирательно действуют на обмен веществ, рост и продуктивность, а также на переваримость питательных компонентов рациона;
- желчь крупного рогатого скота может стать альтернативой синтетическим эмульгаторам в рационах цыплят-бройлеров с получением продуктивного эффекта и увеличением экономической эффективности.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы фактическими данными. Подготовка эксперимента, биометрический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа. Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Результаты научной работы доложены на научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски» (г. Оренбург, 26–27 сентября 2018 г.); V Международная научно-практическая конференция «Биоэлементы» (фундаментальные основы и практический опыт применения биоэлементов в медицине, пищевой промышленности, экологии и сельском хозяйстве) (г. Оренбург, 12–13 мая 2021 г.); VI Всероссийская (национальная) научная конференция с международным участием «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий» (г. Новосибирск, 20 декабря 2021 г.); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием посвященная 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова «Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства» (г. Москва, 03–04 марта 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК» (г. Екатеринбург, 24–25 марта 2022 г.); XVI международная научно-практическая конференция «Научные основы повышения продуктивности, здоровья животных и продовольственной безопасности», посвященная 95-летию со дня рождения профессора А. Н. Ульянова, (г. Краснодар, 2022 г.); Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 300-летию

Российской академии наук «наука будущего – наука молодых» (г. Оренбург, 9 - 10 ноября 2022 г.).

Публикации результатов исследований. Общее число опубликованных трудов автора 20, из них по теме диссертации - 15, в том числе 7 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 - в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, получено 2 патента Российской Федерации на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 145 страницах компьютерной версии. Состоит из введения, обзора литературных данных, главы с описанием материалов и методов проведенных исследований, главы собственных исследований, обсуждение полученных результатов, предложения к производству, списка используемых источников в написании диссертационной работы, выводов по проведенным исследованиям и приложения. Работа содержит 46 таблицы, 18 рисунков. Список используемой литературы включает 226 наименований, в том числе 181 иностранных источников.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Жиры в кормлении сельскохозяйственной птицы

Высокие темпы роста, обусловленные генетикой, и эффективность кормления – два основных условия выращивания цыплят-бройлеров (Sugiharto S., 2016). Пик генетического прогресса цыплят с момента их одомашнивания был отмечен во второй половине двадцатого века, с появлением промышленного производства мяса цыплят-бройлеров. С того момента стандарты выращивания птицы постоянно улучшались, и в настоящее время цыплята-бройлеры способны достигать живой массы 2,6 кг в возрасте 35-37 дней (Havenstein G.V. et al., 2003; Zuidhof M.J. et al., 2014).

Поскольку период выращивания современных кроссов цыплят-бройлеров продолжает сокращаться, детальная корректировка питательности рационов становится все более важным условием успеха. В настоящее время прирост за первую неделю составляет 20 – 25% от общего периода выращивания. Однако, сокращение срока выращивания сказывается на физиологической зрелости органов и систем птицы. Следовательно, преодоление функциональной незрелости желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в первую неделю жизни имеет решающее значение для общей продуктивности.

Относительная суточная скорость прироста живой массы цыплят-бройлеров высока в первые недели жизни. Так, у ранних кроссов, масса тела увеличивалась на 14 % в первый день после вылупления, достигая пика в 22 % к 11-му дню (Ravindran V., Abdollahi M.R., 2021). Однако, за последние три десятилетия интенсивность роста бройлеров увеличилась. При выводе цыплят-бройлер имеет массу около 42 г, которая увеличивается до 175 г на 7-й день. Это увеличение составляет 19 г/день или 300% за первую неделю. Таким образом, самым важным ключом в выращивании цыплят-бройлеров является эффективность кормления, в том числе в раннем возрасте, раскрывающая генетический потенциал организма (Noy Y., Uni Z., 2010; Cullere M. et al., 2016).

Достижение столь высоких темпов роста требует не только наличия быстрой адаптивной реакции на стрессоры и устранения физиологической незрелости желудочно-кишечного тракта, сохранения интенсивности трансформации питательных веществ (Ravindran V., Abdollahi M.R., 2021), но также увеличения суточной потребности в метаболизируемой энергии, которая является критическим фактором в питании сельскохозяйственной птицы, и влияет на поступление питательных веществ и химический состав тела (Barzegar S. et al., 2020).

Нормирование жиров в рационе.

Для достижения высоких показателей живой массы, наряду с углеводами, белками, минералами и витаминами, цыплята-бройлеры нуждаются в энергии (Рязанцева К.В. и др., 2022). Включение липидов в рационы является широко распространенной практикой в птицеводстве, позволяющей удовлетворить высокие энергетические потребности быстрорастущих птиц (Овчинников Д.Д., 2018; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022). Включение жира в рацион положительно влияет на обеспечение незаменимыми жирными кислотами и витаминами, а также замедляет скорость прохождения пищи через пищеварительный тракт (Ravindran V. et al., 2016; Park J.H. et al., 2018; Hu X.Q. et al., 2019).

В России структура рациона кормления цыплят-бройлеров, в основном, основана на пшеничной или пшенично-ячменной кормовой смеси, что делает рационы дефицитными по энергии (Власов А.Б., 2012). В связи с повышением цен на компоненты рациона, в том числе и зерновые, добавление жиров и масел для сельскохозяйственных животных стало вынужденной мерой (Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

При этом, цена на традиционные источники жира для кормления цыплят-бройлеров имеет тенденцию к повышению, отчасти вследствие растущего спроса и, согласно текущим прогнозам по соевому маслу, этот курс сохранится. Данное обстоятельство объясняет возрастающий интерес к поиску и

использованию альтернативных источников энергии в кормлении бройлеров с целью снижения производственных затрат (Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Липиды - концентрированный источник энергии. Жиры имеют более высокую энергетическую ценность и могут дать примерно в 2,25 раза больше энергии, чем углеводы (Lauridsen C. et al., 2007). Любой избыток липидов накапливается в жировых депо, колониях адипоцитов, в виде липидных капель, в различных частях тела животного или птицы. Однако пищевые липиды не только являются источником метаболической энергии, но и незаменимых жирных кислот, которые не могут быть синтезированы в организме. Еще одна полезная функция пищевых липидов – транспортировка предварительно образованных жирорастворимых витаминов (витаминов А, D, Е и К). Менее полезной является их способность транспортировки токсичных жирорастворимых компонентов и их вклад в насыщенные и трансжирные кислоты и холестерин (Кононенко С.И., 2013).

Согласно нормам ВНИТИП, рекомендуемый уровень включения жиров и масел в комбикорма для цыплят-бройлеров, составляет 4 - 6 %, что положительно влияет на продуктивность, использование питательных веществ кормов и обмен веществ, в том числе липидный (таблица 1). Высокий уровень масла может оказать влияние на структуру и грануляцию корма, поэтому не рекомендуется вводить более 4 % (Кузнецова А., 2019; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022; Скворцова Л.Н., 2023).

Таблица 1 – Нормы содержания питательных веществ в комбикормах для цыплят – бройлеров (Фисинин В.И. и др., 2000)

Цыплята-бройлеры (3 фазы кормления), нед.	Обменная энергия в 100г, кДж	Сырой протеин, %	Лино-левая кислота, %	Жиры и масла, %	Ненасыщенные жирные кислоты, %	Насыщенные жирные кислоты, %
1-3	1297	23,0	1,4	0-6	100	0
4-5	1318	21,0	1,3		75	25
6-7	1339	20,0	1,2	0-8	50	30

Побочные продукты, полученные в процессе рафинации растительного масла, представляют собой привлекательную альтернативу традиционным источникам энергии благодаря их конкурентоспособной цене и возможности переработки продуктов во избежание загрязнения окружающей среды (Егоров И.А. и др., 2020).

Таким образом, использование дополнительных жиров (животных или растительных) в рационах домашней птицы можно рассматривать как более дешевый способ повышения энергетической ценности рациона с целью удовлетворения потребности птицы.

1.2 Особенности переваривания и эмульгирования жиров в пищеварительном тракте птиц

В последние годы исследования переваривания и метаболизма липидов у сельскохозяйственных животных, особенно птиц, были в основном сосредоточены на обеспечении пищевой энергии за счет добавления в рацион жира, поскольку его энергетическая ценность в 2,25 раза выше, чем углеводов. Жиры являются неотъемлемой частью рациона, но при избыточном потреблении они могут оказывать негативное воздействие на организм, что способно привести к снижению поступления энергии и жирорастворимых витаминов. Это является свидетельством важности предуоденального переваривания липидов, индуцированного липазой желудка (Fouad A.M., El-Senousey H.K., 2014).

Переваривание большей части липидов у домашней птицы проходит в тонком отделе кишечника (70-90%) в следствии гидролиза ферментами поджелудочной железы (Lowe M.E., 2002; Mukherjee M., 2003; Fave G., 2004; Zhang B. et al., 2011). Переваривание липидов уникально и отличается от переваривания других основных питательных веществ тем, что их необходимо эмульгировать (Bauer E. et al., 2005).

Переваривание и всасывание жира происходит в несколько этапов, включая эмульгирование (распад жира на капли), гидролиз липазой поджелудочной

железы с образованием смешанных мицелл, а также движение мицелл к эпителию кишечника и всасывание (Porter C.J. et al., 2007; Singh H. et al., 2009; Elnesr S.S. et al., 2020; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022). Продукты липолиза - ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты, среднецепочечные свободные жирные кислоты, моноглицериды и фосфолипиды, образуют смешанные мицеллы с конъюгированными солями желчных кислот. Гидрофобные ядра этих мицелл способны солюбилизировать длительное время цепи насыщенных жирных кислот, жирорастворимых витаминов и холестерина кислот (Oketch E.O. et al., 2023).

Для эффективного переваривания липидов требуется образование относительно стабильной и мелкодисперсной эмульсии с межфазным составом, благоприятным для закрепления липаз. Свойства поверхности влияют на переваривание липидов и, следовательно, на биодоступность питательных веществ. Эти свойства определяются физико-химическими свойствами, такими как организация липидных глобул, размер липидных капель и молекулярную структуру триацилглицеринов, составляющих липидную каплю (Ko H. et al., 2023).

В связи с этим, эмульгирование липидов следует рассматривать как фундаментальную часть переваривания за счет создания границы раздела масло-вода, которая необходима для взаимодействия между водорастворимыми липазами и нерастворимыми липидами.

Переваривание жиров у молодняка.

Переваривание и усвоение жира у птицы различаются в зависимости от возраста (Lilburn M.S., Loeffler S., 2015). Одной из основных проблем, с которыми сталкивается птицеводческая отрасль, является физиологическая неспособность молодняка переваривать жиры и масла (Lima A., 2003). В течение первых нескольких дней после вылупления, пищеварительная система цыпленка все еще недоразвита (Allahyari-Bake S., Jahanian R., 2017). Постепенно, в течении трех недель секреция желчи достигает уровня взрослого организма (Nayebrog M.

et al., 2007). Данная проблема усугубляется низкой скоростью синтеза солей желчных кислот у молодых птиц (Lai W. et al., 2018). Однако, данные физиологические особенности с возрастом нивелируются (Siyal F.A. et al., 2017).

У молодых цыплят выработка липазы низкая. Её чистая дуоденальная секреция увеличивается по мере роста цыпленка (San Tan H. et al., 2016) и достигает пика в возрасте от 40 до 56 дней. Таким образом, потребность в эмульгаторе у бройлеров больше на стадии активного роста (Ravindran V., Abdollahi M.R., 2021).

Физиологическая неспособность желудочно-кишечного тракта эффективно использовать пищевые липиды может быть улучшена за счет использования эмульгаторов (Rovers M., Excentials O., 2014; Raheel I.A. et al., 2019; Рязанцева К.В., Сизова Е.А., 2022;). Вещества подобного функционала могут обеспечить необходимую эмульгацию пищевых жиров, что и позволяет цыплятам эффективно использовать полученную энергию для роста и поддержания жизнедеятельности. Использование эмульгаторов также стимулирует активность липазы при переваривании липидов, что делает усвоение липидов более эффективным.

Желчь и ее роль в процессе переваривания.

Этап эмульгирования требует достаточного количества желчи (Коеппен В.М., Стантон В.А., 2008). Желчь представляет собой желто-зеленый водный раствор из органических, неорганических соединений, основными составляющими которого являются желчные соли, кислоты, нейтральные жиры (холестерин), фосфолипиды (в основном фосфатидилхолин, лецитин), желчные пигменты (биливердин), некоторые белки, вода и электролиты. Цвет желчи определяется концентрацией билирубина (Tanchaenrat P. et al., 2014).

Желчь синтезируется в печени, в периферических гепатоцитах и секретруется в тонкие каналы (Marin J.J. et al., 2016). Они впадают в желчные пути, которые сливаются, образуя печеночные протоки. Желчь, выходящая из

этого протока, попадает в двенадцатиперстную кишку в виде натриевых солей (McDonald P. et al., 2011).

Секреция компонентов желчи, включая соли желчных кислот и жирные кислоты в двенадцатиперстную кишку, увеличилась в 8-10 раз между 4 и 21 днями после вылупления (Noy Y., Sklan D., 1995). Однако, считается, что секреция желчи в течение 1 недели жизни цыплят-бройлеров ограничена и ответственна за плохое всасывание жира (Tancharoenrat P. et al., 2013). Желчь активирует панкреатическую липазу, а также предотвращает денатурацию этого фермента, когда она покидает поверхность капель эмульгированного жира (Akers R.M., Denbow D.M., 2013).

Желчные кислоты.

Основными компонентами желчи, необходимыми для переваривания липидов, являются соли желчных кислот и фосфолипиды (Ahn Y.T. et al., 2003). Желчные кислоты составляют примерно 50 % органических компонентов желчи, образующие смешанные мицеллы с фосфатидилхолином и холестерином.

Желчные кислоты включают группу молекулярных соединений со сходной, но не идентичной химической структурой, являются естественными эндогенными эмульгаторами, ответственными за эмульгирование жиров в триглицериды и фосфолипиды в двенадцатиперстной кишке (Monte M.J. et al., 2009). Они способны снижать всасывание эндотоксинов, восстанавливать повреждения слизистой оболочки кишечника и ингибировать условно-патогенные бактерии (Sheen-Chen S.M. et al., 2002; Kamiya S. et al., 2004), а также играют важную роль активизируя действие липазы для гидролиза липидов в триглицериды и моноглицериды (Uradhaya S.D. et al., 2018).

В дополнение к своей роли управления питательными веществами, желчные кислоты также играют ключевое значение в регуляции синтеза липидов и метаболизме сахаров в качестве сигнальных молекул (Watanabe M. et al., 2006; Russell D.W., 2009). Исследования показали, что желчные кислоты могут

регулировать экспрессию печеночных липогенных генов и повышать активность кишечной липазы у бройлеров (Piekariski A. et al., 2016; Ge X.K. et al., 2019).

Желчные кислоты, как амфипатические молекулы, имеют гидрофильную сторону (α -сторона) на одном конце и гидрофобную (β -сторона) на другом, что придает им отличительные детергентные свойства (Hofmann A.F., Hagey L.R., 2014). Они способны образовывать смешанные мицеллы с билиарными фосфолипидами для стимуляции секреции желчных липидов, что позволяет солюбилизировать в желчи холестерин и другие липофильные соединения (Dibner J.J., Richards J.D., 2004). Кроме того, как указывалось ранее, способность желчных кислот действовать как детергенты также позволяет им взаимодействовать с липидами бактериальной мембраны, тем самым придавая желчи мощные антимикробные свойства. Их уникальная молекулярная структура и межфазные свойства делают их перспективным направлением для исследований, поскольку фундаментальные знания об их взаимосвязях между структурой и функцией позволяют глубже понять их функциональную роль в процессе пищеварения (Khonyoung D. et al., 2015).

Соли желчных кислот синтезируются из холестерина в гепатоцитах, и представляют собой физиологически плоские поверхностно-активные молекулы (Li T., Apte U., 2015). Основной структурой желчных солей является холевая кислота, которая соединяется в печени с аминокислотами таурином или глицином, тем самым повышая растворимость в воде. У домашней птицы соли желчных кислот конъюгируются с таурином в печени, что повышает их растворимость в воде, а также снижает их клеточную токсичность (Agellon L.B., 2008; Hofmann A.F., Hagey L.R., 2014). При попадании желчи в тонкую кишку фосфатидилхолин гидролизуется и всасывается, а холестерин выпадает в осадок из раствора, что способствует его выведению (Mukhopadhyay S., Maitra U., 2004; Bauer E. et al., 2005; Roy A. et al., 2010; Alzawqari M. et al., 2011).

Гидрофильные группы солей желчных кислот взаимодействуют с водной средой. Таким образом, соли желчных кислот остаются на границе раздела вода-

масло и не проникают глубоко ни на одну из поверхностей (Arshad M.A. et al., 2021).

Известно, что на кишечном уровне желчные кислоты модулируют секрецию ферментов поджелудочной железы и высвобождение холецистокинина. Другими липидами, секретлируемыми в желчь, являются свободный холестерин и желчные пигменты (билирубин, глюкуроныды). Кроме того, непрерывный поток желчных кислот образует мощный антимикробный барьер, предотвращая проникновение бактерий как в желчные протоки, так и в тонкий кишечник (Begley M. et al., 2005; Engelking L., 2010).

Среди важнейших физиологических свойств солей желчных кислот можно назвать транспорт липидов путем солюбилизации и выведение холестерина в кишечный тракт, откуда он плохо всасывается. Как следствие, они проявляют большую поверхностную активность и в водных растворах образуют небольшие агрегаты или мицеллы, обычно содержащие менее 10 мономеров, если их концентрации превышают критическое значение, обычно называемое критической мицеллярной концентрацией.

Эндогенная скорость секреции желчных пигментов, биливердина и билирубина, у кур составляет 14,7 и 0,9 мкг/кг/мин соответственно (Lin G.L. et al., 1974). Было обнаружено, что скорость экскреции общих эндогенных желчных пигментов выше у кур, чем у других животных. Концентрация биливердина выше, чем концентрация билирубина, потому что у цыплят очень низкие концентрации глюкуронилтрансферазы и биливердинредуктазы (Duke G.E., 1986).

Соли желчных кислот, не подвергшиеся всасыванию в кишечнике, деконъюгируются и дегидроксилируются бактериями, образующиеся продукты известны как вторичные желчные соли и могут вызывать повреждение эпителия толстой кишки и диарею (Barbara L. et al., 2012).

Добавление в рацион цыплят-бройлеров солей желчных кислот улучшает среднесуточный прирост и конечную массу (Lai W. et al., 2018). Использование свиной желчи в качестве натурального эмульгатора в питании цыплят-

бройлеров, получающих рацион с высоким содержанием жиров, улучшает активность липазы и общую концентрацию желчных кислот, а также усвояемость жиров и белков (Lammasak K. et al., 2018)

Таким образом, соли желчных кислот необходимы для мицеллизации липидов и пищеварения, а их отсутствие, приводит к тяжелой мальабсорбции кишечного жира (Wouthuizen-Bakker M. et al., 2011).

Роль липазы в переваривании.

Липаза – один из пищеварительных ферментов, секретируемых поджелудочной железой, который необходим для переваривания пищевых жиров в просвете кишечника (Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022). Гидролиз пищевых триацилглицеринов как желудочной, так и панкреатической липазой необходим для их абсорбции энтероцитами, для облегчения ассимиляции пищевых жиров в организме. Субстрат панкреатической липазы представляет собой не одну молекулу, а неводную фазу агрегированных липидов, состоящих из сложноэфирных молекул, мицелл или монослоев, взаимодействующих с водной средой (Ravindran V. et al., 2016).

Характерной особенностью липаз является их специфичность для действия на нерастворимые эмульгированные субстраты. Эту специфичность можно понять по конформационному изменению, которое липаза претерпевает при адсорбции. В водном растворе поверхностная петля покрывает каталитические связи большинства липаз, но адсорбция фермента на гидрофобной поверхности раздела вызывает конформационную перестройку, в результате чего петля больше не покрывает каталитические связи, позволяя происходить липолизу (Lowe M.E., 2002). Следовательно, на переваривание липидов влияет межфазный состав капель эмульсии (Golding M., Wooster T.J., 2010).

Фермент действует как катализатор только тогда, когда он появляется на поверхности эмульгированных капель жира вместе с солями желчных кислот и колипазой, кофактором, присутствующим в соке поджелудочной железы. Колипаза сама по себе не обладает ферментативной активностью, но она

необходима для инициирования активности липазы поджелудочной железы (Bauer E. et al., 2005). Колипаза богата как гидрофобными, так и гидрофильными аминокислотами и взаимодействует с липазой, образуя более гидрофобный и менее заряженный комплекс, что позволяет поддерживать липазу в активной конфигурации на границе раздела масло-вода (Brockman H.L., 2000; Ravindran V. et al., 2016; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Процесс образования мицелл в значительной степени влияет на эффективность всасывания жиров, и, следовательно, контролирует, насколько хорошо продукты липолиза усваиваются в тонком кишечнике (Dierick N.A., Desuyper J.A., 2004). Продукты липолиза по-разному всасываются в просвете тонкой кишки. Те соединения, которые легко образуют мицеллы, пассивно всасываются из просвета в клеточную мембрану слизистой оболочки (Leeson S., Summers J.D., 2001). Соединения, труднообразующие мицеллы, такие как амфифильные соединения (моноглицериды, ненасыщенные жирные кислоты с длинной цепью и жирные кислоты со средней длиной цепи), вступают во взаимодействие с солями желчных кислот с образованием жирорастворимых жирных кислот, которые обладают способностью растворять другие соединения, такие как жирорастворимые витамины и эфиры холестерина. Образование мицелл амфифилов является важным этапом, который необходим для всасывания других нерастворимых соединений и поэтому действует как среда, в которой эти соединения затем могут всасываться в просвет.

1.3 Эмульгаторы в кормлении сельскохозяйственной птицы

Повышение цен на животные и растительные жиры в настоящее время побуждает к поиску и использованию альтернативных источников энергии или веществ, повышающих их расщепление и усвоение (Balevi T. et al., 2001; Borsatti L. et al., 2018; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022). Повышение усвояемости жиров и масел может позволить снизить уровень их включения в корм при сохранении высокой продуктивности цыплят-бройлеров, снижая себестоимость продукции.

Эта стратегия может в конечном итоге привести к снижению затрат на производство кормов.

Эмульгатор - низкомолекулярное поверхностно-активное вещество, которое имеет как гидрофильную, так и гидрофобную части и называется амфифильным. Использование эмульгаторов в птицеводстве считается новой практикой по сравнению с другими кормовыми добавками, такими как антибиотики, которые применялись десятилетиями (Guerreiro Neto A.C. et al., 2011).

Эмульгаторы можно рассматривать как средство, помогающее молодым птицам переваривать жиры и, таким образом, в полной мере использовать потенциал роста (Siyal F.A. et al., 2017). Эмульгаторы уникальны своей способностью выступать в качестве катализатора в переваривании липидов. Эмульгаторы способствуют образованию капель эмульсии, которые снижают поверхностное натяжение (Ashraf M., 2007), стимулируют образование мицелл, вызывают высокий уровень моноглицеридов в кишечнике и облегчают транспорт питательных веществ через мембрану (Melegy T. et al., 2010). Они увеличивают площадь поверхности липидных глобул и при этом также усиливают гидролитическое действие липазы с образованием жирных кислот и моноглицеридов (Upadhaya S.D. et al., 2018). Это жизненно важный шаг для эффективного поглощения липидов, поскольку побочные продукты переваривания липидов (жирные кислоты и моноглицериды) необходимы для образования мицелл (Zhang B. et al., 2011). Более того, только при образовании мицелл липиды могут эффективно всасываться через просвет в тонкой кишке. Таким образом, использование эмульгаторов в рационе бройлеров можно рассматривать как альтернативу солям желчных кислот для эффективного переваривания корма.

Основным показателем, характеризующим отличие гидрофобных эмульгаторов от гидрофильных, является гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ). Он показывает соотношение двух противоположных групп молекул – гидрофильной и гидрофобной (липофильной).

Другими словами, гидрофильные и гидрофобные фрагменты эмульгаторов обеспечивают его абсорбцию в межфазной области для стабилизации коллоидной системы (Norn V., 2014). Степень растворимости эмульгатора в липидах или воде зависит от его гидрофильно-липофильного баланса и может варьироваться от 0 до 20 (Siyal F.A. et al., 2017). Низкий ГЛБ представляет собой эмульгатор с более высокими гидрофобными свойствами, тогда как высокий ГЛБ представляет собой эмульгатор с более высокими липофильными свойствами, поэтому эмульгаторы с диапазоном 2-6 подходят для систем вода-масло (непрерывной фазой является масло), а эмульгаторы с ГЛБ 8 и выше подходят для систем масло-воде (непрерывной фазой является вода) (Norn V., 2014).

Кишечный тракт птиц представляет собой водную среду (Kaczmarek S.A. et al., 2015) вследствие того, что птица потребляет в 1,5-2 раза больше воды, чем жиров (Siyal F.A. et al., 2017). В связи с этим, гидрофильный эмульгатор предпочтительнее как по эффективности, так и по скорости воздействия (Околелова Т. и др., 2015). В присутствии эмульгатора капли масла распределяются в эмульсиях масло-вода, что приводит к эффективному перевариванию и всасыванию жира.

Таким образом, эмульгаторы с низким ГЛБ (липофильные) лучше растворяются в жире, а эмульгаторы с высоким ГЛБ (гидрофильные) – в воде (Zhao P.Y. et al., 2015; Подобед Л.И., 2018).

Потребность в использовании экзогенных эмульгаторов в питании бройлеров должна быть рассмотрена в связи с использованием высокопитательных веществ, содержащих жиры и масла. Использование эмульгаторов в рационах домашней птицы способствует повышению переваримости кормовых компонентов рациона, абсорбции липидов, увеличивая показатели роста и изменению липидного профиля крови (Udomprasert P., Rukkamsuk T., 2006). Эмульгаторы можно использовать для улучшения перевариваемости жиров и повышения энергоэффективности. В результате для птицы могут быть составлены рационы с низким содержанием калорий, сохраняя при этом ту же

продуктивность, что приводит к снижению стоимости корма, а также более экономичному и устойчивому производству.

Классификация эмульгаторов.

Эмульгаторы бывают натуральные и синтетические (таблица 2). Натуральные эмульгаторы вырабатываются в организме животного, к ним относятся желчные кислоты, фосфатидные концентраты, а также казеин (Soares M. et al., 2002). Соли желчных кислот представляют собой плоские амфифильные молекулы с гидрофобной поверхностью с одной стороны, которая взаимодействует с масляной фазой эмульсии, и гидрофильной поверхностью с другой, которая взаимодействует с водой (Boesjes M., Brufau G. 2014; Xu Y. et al., 2016; Ge X.K. et al., 2019). Соли желчных кислот действуют как эмульгаторы, уменьшая натяжение границы раздела масло-вода, а также активируют липазу поджелудочной железы и предотвращают денатурацию этого фермента в момент покидания поверхности капель эмульгированного жира.

Таблица 2 - Состав, характеристика и основные свойства эмульгаторов

Показатели	Тип эмульгатора	
	Гидрофобный (фосфолипиды)	Гидрофильный (специальные белки)
Связывание жира	1:8	1:10
Усвоение жира в организме, %	до 90	95 и выше
Натуральные эмульгаторы		
Перечень	Основной эффект	
Желчные кислоты и соли (включая холевую и хенодезоксихолевую кислоты; таурохолат)	Действуют как эмульгаторы, которые диспергируют жир на мелкие капельки в водной среде после попадания жира в ЖКТ, а также повышают метаболическую энергию, снижают холестерин в плазме крови, улучшают усвоение пищевых жиров из-за органической эндогенной секреции (Lai W. et al., 2018; Marin J.J. et al., 2016; Tancharoenrat P. et al., 2013; Околелова Т. и др., 2015).	

Продолжение таблицы 2

Лецитины	Снижают уровень холестерина и липопротеины низкой плотности (ЛПНП) в сыворотке крови; улучшают усвояемость общей энергии, сухого вещества; усиливают антиокислительное действие токоферолов (витамина Е), способны увеличивать проницаемость клеточных мембран, что обеспечивает лучшую адсорбцию жиров и жирорастворимых биологически активных веществ (Huang J. et al., 2007; Siyal F. et al., 2017).
Казеин	Снижает уровень холестерина и ЛПНП в сыворотке крови; повышает переваримость (Guerreiro Neto A.C. et al., 2011).
Синтетические эмульгаторы	
Лизолецитин, лизофосфатидилхолин, моно и диолеаты полиоксиэтиленгликоля	Противоречивые результаты; улучшают функцию печени и желчных протоков; ускоряет набор массы и улучшает конверсию корма; повышение показателей роста и усвояемость питательных веществ (Zhang B. et al., 2011; Gheisar M.M. et al., 2015; Upadhaya S.D et al., 2018).

Среди натуральных эмульгаторов казеин стал важной кормовой добавкой. Основным источником казеина является сухое обезжиренное молоко и растворимые казеинаты, которые представляют собой гетерогенные белковые агрегаты и являются наиболее важными компонентами, включенными в эмульгирование остатков бета-казеина и пролина (Abousaad S. et al., 2017).

Синтетические эмульгаторы.

Стеароил-2-лактилат натрия представляет собой натриевую соль, состоящую из длинноцепочечной карбоновой кислоты с двумя сложноэфирными связями и очень высоким ГЛБ, что является хорошим эмульгатором жира в воде (Cho J.H. et al., 2012). Стеароил-2-лактилат натрия образуется путем этерификации стеариновой и молочной кислотой, которую затем нейтрализуют с образованием натриевой соли (Cherian G., 2015). При добавлении эмульгатора в рацион цыплят-бройлеров было обнаружено улучшение коэффициента

конверсии корма и усвояемости энергии и азота. Кроме того, при добавлении эмульгатора в рацион с низким содержанием энергии наблюдали улучшение суточного прироста на том же уровне, что и при выращивании на рационе с высоким уровнем энергии (Cho J.H. et al., 2012).

Диацилглицерин – еще один синтетический эмульгатор, состоящий на 70 % из жирных кислот со средней длиной цепи (Upadhaya S.D. et al., 2017). Амфифильность отвечает за способность поглощать свободные жирные кислоты, которые не расщепляются эффективно солями желчных кислот (Dierick N.A., Desuypere J.A., 2004). При добавлении эмульгаторов в рацион цыплят-бройлеров были обнаружены улучшения усвояемости сухого вещества, повышение прироста (Upadhaya S.D. et al., 2017).

Лизофосфатидилхолин, также известный как лизолецитины, получают путем ферментативного превращения лецитина (Jansen M. et al., 2015). Лизолецитины считаются лучшими эмульгаторами по сравнению с желчью в силу их эмульгирующей способности (Zhang B. et al., 2011). Существуют различные типы лизолецитинов в зависимости от источника лецитина, которые могут включать лецитин из соевых бобов и рапса (Jansen M. et al., 2015), из семян подсолнечника и из животных источников, таких как молоко и яйца (Oke M. et al., 2010). При использовании в рационе цыплят-бройлеров лизолецитина, повышается энергетическая ценность кормов и увеличивается его усвояемость. Кроме того, повышенный уровень усвоения наблюдается при добавлении лизолецитина в рацион независимо от типа жира (Khonyoung D. et al., 2015).

Соевый лецитин.

Лецитин – это общий термин, который используется для описания многокомпонентной смеси липидов (триглицеридов, жирных кислот, стеролов, гликолипидов и фосфолипидов), которые являются структурными и функциональными единицами разнообразных клеточных мембран растений (Bergfeld W.F. et al., 2015). Хотя лецитин присутствует в большинстве живых

организмов, их химические (липидный состав) и физические (внешний вид) характеристики могут значительно различаться в зависимости от происхождения и процесса экстракции. Лецитины описывают широкий спектр соединений на основе состава (типа и количества липидов), а также внешнего вида, который может варьироваться от липкой пасты до жидких гранул различной степени чистоты (List G.R., 2015).

Таким образом, в зависимости от класса и количества фосфолипидов, а также степени их чистоты лецитин можно использовать в качестве продукта или сырья.

Лецитин, по способу производства, можно разделить на следующие категории: натуральные или нерафинированные, рафинированные, а также модифицированные лецитины (Alhajj M.J et al., 2020).

Натуральные лецитины после получения не подвергаются какой-либо обработке или модификации. Рафинированные лецитины получают путем технического очищения экстрагированного масла семян, а также фракции спирторастворимых/нерастворимых фосфолипидов (Andersen F.A., 2008). У модифицированных лецитинов полярная группа фосфолипидов химически изменена путем ацетилирования, гидроксирования и ферментативной модификации (Alhajj M.J. et al., 2020).

Лецитин содержится в сое, арахисе, шпинате, пшенице и, в основном, в яичном желтке, поэтому он является важным союзником для окислительно-восстановительного баланса. Отличительной особенностью лецитина является его амфотерность, и наличие полярной и аполярной частей. Лецитин внедряясь в клеточную мембрану, поддерживает ее целостность, поскольку он может реагировать со свободными радикалами, унося их и предотвращая перекисное окисление липидов (Jaldin R.G. et al., 2006).

Лецитин в настоящее время доступен в более чем 40 различных составах, от сырых масляных экстрактов из природных источников до очищенных синтетических фосфолипидов. Многие из них определяются в соответствии со стадией процесса очистки, в результате которого делятся на шесть классов,

различающиеся по составным частям как качественно, так и количественно: осветленные, псевдооживленные, компаундированные, гидроксिलированные, обезжиренные и фракционированные лецитины. Помимо этих обычных товарных сортов, доступны более специальные продукты, например, ферментативно модифицированный лецитин и фосфолипиды, полусинтетические фосфолипиды и ацетилованные лецитины (Considine G.D., 2005).

Широкое применение в практике обрел соевый лецитин - побочный продукт переработки соевого масла, который служит эмульгатором жиров (Raju M. et al., 2011). Производители кормовых добавок выпускают лецитин в нескольких видах: в форме порошка (обезжиренные), жидкие формы (стандартные), а также лизолецитины (гидролизированные лецитины) (Soares M. et al., 2002; Rychen G. et al., 2018; Bavaresco C. et al., 2020; Околелова Т.М. и др., 2020; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Состав и структура лецитина.

Молекула лецитина, состоящая из холина, фосфата и жирных кислот, играет важную роль в метаболизме липидов и углеводов в печени. Лецитин является сложноэфирным производным фосфатидной кислоты (Cui L., Decker E.A., 2016) (рисунок 1). Продуктами его ферментативного гидролиза являются высшие жирные кислоты, глицерин, фосфорная кислота и холин (рисунок 2) (Рязанцева К.В., Сизова Е.А., 2022). Холин, содержащийся в лецитине, является диетическим компонентом, необходимым для функционирования всех клеток. Лецитин или его метаболиты, включая фосфолипиды, обеспечивают структурную целостность и сигнальные функции клеточных мембран. Холин действует как предшественник для биосинтеза фосфатидилхолина, который, в свою очередь, играет важную роль в кишечном всасывании липидов, поскольку он увеличивает растворимость мицелл, образуя хиломикроны (Jiang Y. et al., 2001).

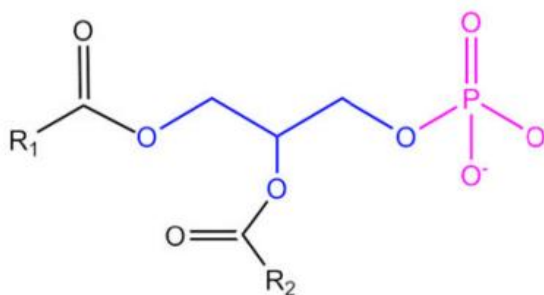


Рисунок 1 - Структура фосфатидной кислоты (Cui L., Decker E.A., 2016)



Рисунок 2 - Структурная формула лецитина (Вольнова Е.Р. и др., 2021).

Биологическая функция фосфолипидов лецитина.

Лецитины из разных источников (соя, рапс, подсолнечник) или с отличающимся составом фосфолипидов проявляют неодинаковые антиоксидантные свойства (Li J., Guo Z., 2016). Фосфолипиды могут действовать как антиоксидант: они способны хелатировать прооксидантные металлы, образовывать продукты реакции Майяра, изменять расположение первичных структур. Эти механизмы четко описаны и могут быть частично связаны с отрицательно заряженной головной фосфатной группой, которая может связывать прооксидантные металлы, тем самым ингибируя окисление липидов (Cui L., Decker E.A., 2016). Однако, антиоксидантная активность фосфолипидов во многом зависит от условий и пищевых матриц, в которых они содержатся. Кроме того, условия обработки могут дополнительно изменить антиоксидантную способность (Mortensen A. et al., 2017).

Лецитин рапсового семени, полученный как химическим, так и водным рафинированием, проявляет более высокие антиоксидантные свойства, чем соевый лецитин (Li J. et al., 2018). Присутствие фенолов, таких как синаповая кислота и канолол, в лецитине рапса, по-видимому, увеличивает его антиоксидантную и ионно-хелатирующую способность, скорее всего, в силу синергизма между фенолами и фосфолипидами. Этот синергетический эффект также наблюдался между кверцетином и лецитином (Ramadan M.F., 2012). Экстракционная обработка также может влиять на окислительную стабильность лецитинов. Процесс обезжиривания лецитина значительно снижает содержание фенольных соединений в лецитине рапса и, следовательно, его антиоксидантный эффект (Li J., Guo Z., 2016).

Наиболее распространенными биологически активными фосфолипидами в клетках растений являются фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилинозитол и фосфатидилсерин (рисунок 3). Растительный лецитин может также содержать лизофосфолипиды, которые состоят из фосфолипидов. Другие липиды, такие как триацилглицерины, гликолипиды и стерины, а также жирорастворимые витамины могут быть обнаружены в меньших количествах в растительном лецитине.

Липидный состав мембран фосфолипидов варьируется в зависимости ткани и организма, и является отражением происхождения. Как правило, состав жирных кислот растительного лецитина схож с составом соответствующих масличных семян (Nguyen M.T. et al., 2014). В результате лецитин рапса, как и рапсовое масло, обычно обладает высокими концентрациями мононенасыщенных жирных кислот, особенно олеиновой кислотой, тогда как соевый лецитин содержит высокую долю n-6 полиненасыщенных жирных кислот, большинство из которых представлен линолевой кислотой.

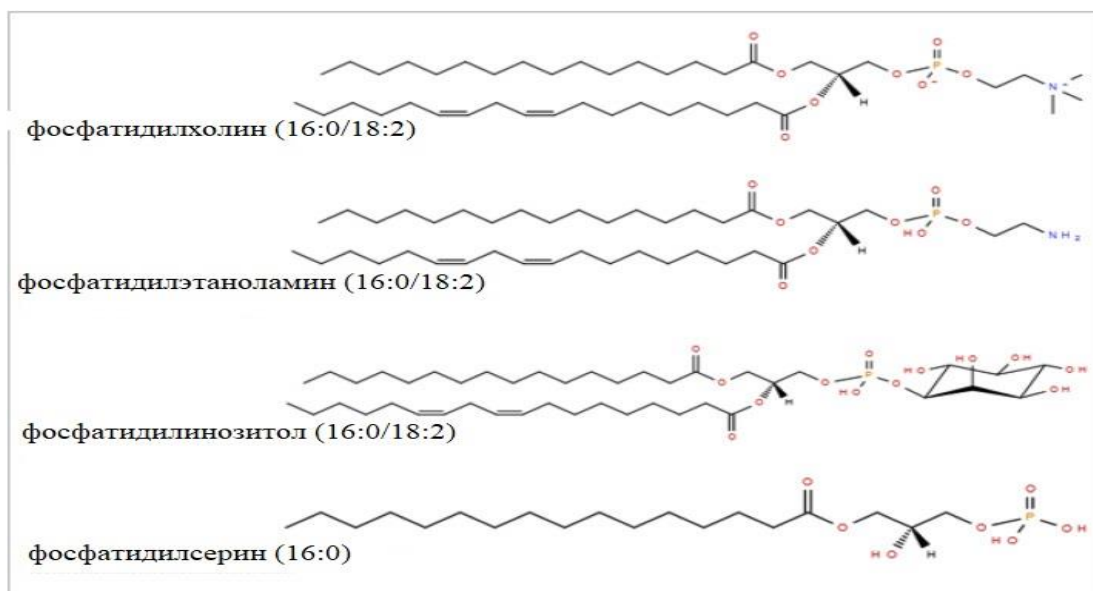


Рисунок 3 - Структуры основных фосфолипидов в соевом лецитине (Robert C. et al., 2020)

В таблице 3 представлены типичные фосфолипиды и состав жирных кислот лецитина сои, подсолнечника и рапса. Ранние исследования показали, что эти жирные кислоты одинаково распределены среди различных классов фосфолипидов в составе лецитина (Mortensen A. et al., 2017).

Таблица 3 - Состав фосфолипидов растительных лецитинов, %

Вещество	Лецитин		
	соевый	подсолнечниковый	рапсовый
фосфатидилхолин	12,7-16,7	14,3-17,2	16,7-18,2
фосфатидилинозитол	6,5-11,8	12,3-14,9	10,4-12,3
фосфатидилэтаноламин	6,5-13,6	4,8-6,8	6,5-8,0

В процессе рафинирования большая часть фосфолипидов, присутствующих в сыром соевом масле, экстрагируется, образуя липидную смесь, богатую полярными липидами (>60 %), в частности фосфолипидами, и, в меньшей степени, нейтральные липиды, такие как триацилглицеролы (Van Nieuwenhuizen W., Tomás M.C., 2008) (таблица 4). Присутствие как гидрофильных (цепи жирных кислот), так и липофильных (глицерин, фосфор и функциональная

часть) компонентов придает лецитину эмульгирующие свойства, что обеспечивает множество применений этих видов побочных продуктов (Рязанцева К.В., Сизова Е.А., 2022).

Таблица 4 - Групповой состав фосфолипидов

Наименование групп фосфолипидов	Массовая доля, % к общему содержанию фосфолипидов	
	Соевый лецитин	Соевое масло
Фосфатидилхолины	24	30
Фосфатидилэтаноламины	26	26
Фосфатидилинозитолы	19	2
Фосфатидилсерины и лизофосфатидилэтаноламины	следы	2
Фосфатидилглицерины и дифосфатидилглицерины	9	17
Полифосфатидные кислоты	8	23
Фосфатидные кислоты	4	

Профили фосфолипидов и жирных кислот лецитина также во многом зависят от агрономических, генетических и экологических параметров семенных культур, из которых они происходят (Nguyen M.T. et al., 2014). Было показано, что внешние условия, такие как хранение и экстракция, влияют на липидный состав растительного лецитина. Лецитин растительного происхождения является побочным продуктом переработки масла. Его можно получить с помощью различных методов экстракции, таких как физическое или ферментативное рафинирование. Лецитин канолы, полученный в процессе рафинирования, продемонстрировал более высокую стабильность эмульсии, чем лецитин, полученный из водного рафинирования, и это было связано с фосфолипидным составом лецитина. Следовательно, вариабельность, вызванная культурой или технологическим процессом, в пределах одного источника растительного лецитина может быть выше, чем между источниками лецитина (van Nieuwenhuyzen W., Tomás, M.C., 2008).

Таблица 5 - Жирно кислотный состав растительных лецитинов, % (van Nieuwenhuyzen W., Tomás, M.C., 2008)

Наименование жирной кислоты	Массовая доля (% к сумме жирных кислот)		
	соевый	подсолнечника	рапсовый
Насыщенные жирные кислоты			
Пальмитиновая (C _{16:0})	16	11	7
Стеариновая (C _{18:0})	4	4	1
Мононенасыщенные жирные кислоты			
Олеиновая (C _{18:1})	17	18	56
Полиненасыщенные жирные кислоты			
Линолевая (C _{18:2})	55	63	25
Линоленовая (C _{18:3})	7	-	6
Другие	1	4	5

Влияние лецитина на липидный гомеостаз.

Предварительное эмульгирование масла с растительным лецитином повышает системную биодоступность некоторых жирных кислот без увеличения общей концентрации липидов в плазме (McClements D.J., Decker E.A., 2009). Механизмы, лежащие в основе этого специфического улучшения биодоступности жирных кислот, недостаточно изучены и требуют дальнейших исследований (Lordan R. et al., 2017). Это можно объяснить влиянием, которое лецитины могут оказывать на гены и белки, связывающие жирные кислоты (Wang T.Y. et al., 2013; Kjellin M., Johansson I.A.R.D., 2010).

Полезные физиологические эффекты растительного лецитина являются результатом ингибирующего действия на активность и экспрессию генов ферментов, участвующих в синтезе жирных кислот. Помимо влияния на системную биодоступность жирных кислот, растительные лецитины влияют на концентрацию в плазме других основных классов липидов. Лецитин способствует снижению концентрации общего и этерифицированного холестерина в плазме, а также уровня холестерина при сохранении уровня липопротеинов высокой плотности (Polichetti E. et al., 2000).

Положительный вывод можно сделать и о влиянии лецитина на метаболизм триглицеридов (Huang J. et al., 2007). Хотя некоторые исследования подтверждают гипотриглицеридемический эффект лецитина в плазме, эта причинно-следственная связь далеко не однозначна (Wang J.P. et al., 2016; Bontempo V. et al., 2018; Cho J.H. et al., 2012; Hu X.Q. et al., 2019). Отсутствие конвергенции имеющихся данных объясняется разнообразием и специфичностью липидного обмена каждой ткани. Из них печень и жировая ткань являются центральными органами в регуляции и поддержании гомеостаза липидов всего тела, следовательно, изменения их липидного профиля под влиянием диетических факторов могут оказывать серьезное влияние на метаболизм в целом (Рязанцева К.В. и др., 2023).

Печень играет центральную роль в метаболизме липидов, поэтому исследование воздействия лецитина на этот орган имеет решающее значение. Частичная замена пищевых триглицеридов растительным, а точнее соевым лецитином, была связана с улучшением профиля липидов в печени и, что наиболее важно, снижением уровней печеночных триглицеридов (Mastellone I. et al., 2000).

Лецитины обладают мощными противовоспалительными свойствами (Küllenberg D. et al., 2012). Это представляет особый интерес, поскольку метаболические нарушения тесно связаны с хроническим вялотекущим воспалением в плазме и жировой ткани (Treede I. et al., 2007).

Таким образом, микроорганизмы влияют на абсорбцию липидов, и, наоборот, поглощаемые липиды влияют на количество, разнообразие и состояние здоровья кишечной микробиоты. Микробиота кишечника превращает пищевой фосфатидилхолин в триметиламин, который затем метаболизируется флавиномонаоксигеназой 3 и другими белками в печени в проатерогенный триметиламин-N-оксид (Wang Z. et al., 2011).

Опыт применения лецитинов в птицеводстве.

Использование растительного лецитина как ингредиента может представлять интерес в качестве заменителя обычных жиров в силу его высокого содержания энергии. Согласно ранее опубликованным данным, сырой соевый лецитин содержит 7860 ккал/кг общей энергии. При этом особенно богаты необходимыми питательными веществами, такими как линолевая кислота, фосфор, холин, витамин Е и инозитол (Mateos G.G. et al., 2012).

Некоторые авторы предложили возможность использования соевого лецитина в качестве альтернативного источника холина. На птице и свиньях было продемонстрировано, что сырой соевый лецитин хорошо усваивается в качестве синтетического хлорида холина (Kuhn M. et al., 1998). Точно так же Emmert J.L et al. (1996) своими исследованиями продемонстрировали, что соевый лецитин в рационе цыплят-бройлеров является эффективным заменителем хлорида холина.

Добавление лецитина в рацион бройлеров улучшает переваримость жиров (Woodgate S.L., Van der Veen J.T., 2014), потребление корма, дневной привес и рост (Siyal F.A. et al., 2017), а также регулирует жировой обмен у бройлеров.

Исследования, связанные с синтетическими эмульгаторами, дали противоречивые результаты (Zhang B. et al., 2011). Лишь в нескольких сообщениях об улучшении показателей роста и усвояемости питательных веществ цыплятами-бройлерами (Gheisar M.M. et al., 2015; Upadhaya S.D. et al., 2018). Также известно, что эмульгаторы не оказывают значительного влияния на показатели роста цыплят-бройлеров (Zampiga M. et al., 2016; Serpunja S. et al., 2018). Различия в эффективности экзогенных эмульгаторов можно объяснить многими факторами, такими как тип жира, возраст птицы, активность липазы и гидрофильно-липофильный баланс (Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Использование в кормлении цыплят-бройлеров эмульгаторов, состоящих из растительной бидистиллированной олеиновой кислоты и глицерина, полиэтиленгликоля, рицинолеата, оказывает положительное влияние на

показатели роста, эффективность использования корма и метаболизм липидов в плазме (Bontempo V. et al., 2018; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Все вышесказанное доказывает положительное влияние эмульгаторов на ростовые показатели и усвояемость питательных веществ (Roy A. et al., 2010; Zhang B. et al., 2011; Zhao P.Y. et al., 2015; Upadhaya S.D. et al., 2017; Siyal F. A. et al., 2017), а также на снижение уровня холестерина и триглицеридов в сыворотке. Добавление эмульгаторов в раннем возрасте обеспечивает улучшение пищеварения и всасывание жиров, и приводит к улучшению показателей роста бройлеров (San Tan H. et al., 2016; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Таким образом, в связи с повышением цен на корма для животных, экономически целесообразно вводить в рацион альтернативные источники жиров. Эмульгирующие вещества нашли широкое применение в кормлении животных, повышая усвояемость липидов, тем самым сокращая потребление корма и оказывая положительное влияние на ростовые показатели.

Растительные лецитины обеспечивают пищевые фосфолипиды, которые, подобно эндогенным, обладают потенциалом модулировать многочисленные мембранозависимые клеточные функции, а также оказывать липидорегулирующее, противовоспалительное и антиоксидантное действие (Lordan R. et al., 2017). Несмотря на отсутствие сходных данных об их влиянии на переваривание липидов и всасывание в кишечнике, ясно, что растительный лецитин оказывает общее благотворное влияние на метаболизм липидов и липопротеинов.

1.4 Заключение по обзору литературы

Ускоренные темпы роста и интенсивный набор живой массы цыплят-бройлеров требуют высокопитательных и высококалорийных рационов, соответствующих потребностям организма. Этот сценарий определяет необходимость поиска подходов и сочетаний питательных веществ, которые

могут повысить энергетическую ценность рациона без ущерба для уровня потребления и стоимости корма.

Пищевые жиры имеют самую высокую калорийность среди всех других питательных веществ и идеально подходят для удовлетворения энергетических потребностей высокопродуктивных птиц. Тем не менее, их переваривание представляет собой сложный процесс, поскольку он включает множество этапов, в том числе расщепление капель жира, эмульгирование, липолиз и образование мицелл. При этом, ЖКТ молодых особей цыплят-бройлеров не способен в полной мере переваривать жиры вследствие низкой выработки липазы.

База знаний прошлых лет убеждает в том, что эмульгаторы различной природы способствуют лучшей усвояемости и конверсии жиров и минералов, и как следствие продуктивному эффекту. Эмульгаторы могут обеспечить необходимую эмульгацию пищевых жиров, и позволяют цыплятам-бройлерам более эффективно использовать полученную энергию для роста и поддержания жизнедеятельности. Применение эмульгаторов также стимулирует ферментативную активность липазы, тем самым делая абсорбцию липидов более эффективной.

Кроме того, для эмульгирования жира необходимы эндогенные желчные кислоты, секретируемые липазой печени и поджелудочной железой, активность которых у птиц ограничена, особенно в молодом возрасте. Добавление жиров в питание птицы для создания рационов с высокой плотностью калорий также потребует введение экзогенных желчных кислот и эмульгаторов для лучшего переваривания жиров. В этом случае эти две добавки имеют решающее значение для утилизации пищевых жиров, и знание их роли в эффективном переваривании и усвоении жиров является оправданным. Понимание того и другого неизбежно, особенно в будущем сценарии увеличения стоимости кормов и конкуренции за разработку экономичных и энергоэффективных рационов. Хотя желчные кислоты и их производные оказывают положительное влияние на переваривание жира и продуктивность птицы, следует отметить, что степень улучшения будет различной для разных солей желчных кислот. К тому же, сегодня известно

множество препаратов – кормовых добавок на основе этих веществ с различной степенью эффективности. Усовершенствование технологии получения желчных кислот способствовало снижению стоимости конечного продукта. Поэтому, в настоящее время их использование в рационах птицы рентабельно и представляет практический интерес. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования для критической оценки потенциала желчных кислот и эмульгаторов в кормлении бройлеров с особым акцентом на кишечный микробиом и минеральный обмен.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Материалы и методы исследования

Исследования были проведены в период с 2019-2022 годы на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина и Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП БСТ РАН) (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН). Результаты исследований были апробированы в производственных условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» Оренбургской области.

Для проведения исследований нами были отобраны суточные цыплята-бройлеры кросса «Арбор Айкрес», сформированные в группы методом пар-аналогов в соответствии с установленными нормами, с учетом живой массы и физиологического состояния суточных цыплят-бройлеров (n=30).

Условия содержания, плотность посадки, кормление и поение, а также параметры микроклимата во всех группах были одинаковые. Согласно рекомендациям по выращиванию цыплят-бройлеров кросса «Арбор Айкрес», температура воздуха в птичнике к моменту приема составляла +30°C, со второй недели выращивания температуру постепенно снижали до 24-26 °С, на третьей недели и до конца выращивания поддерживали температуру в пределах 20-21°C.

Эксперимент проведен в три этапа. Целью первого этапа исследований было сравнительное комплексное изучение биологических эффектов связанных с включением различных доз жира (подсолнечного масла) в рацион цыплят-бройлеров. Дозировки жира были выбраны с учетом ранее проведенных исследований (Рахматуллин Ш.Г., 2009; Скворцова Л.Н., 2023).

Подопытным птицам скармливался рацион, сбалансированный по нормам ВНИТИП (Егоров И.А. и др., 2019), содержание обменной энергии 12,61-12,99

МДж/кг СВ. Кормление проводилось 2 раза в сутки, учет потребленного корма фиксировался ежесуточно.

Опытной группе скармливался стартовый рацион с содержанием обменной энергии 13,3 МДж/кг и 4 % подсолнечного масла; ростовой - 13,7 МДж/кг и 6 % соответственно (таблица 6).

Таблица 6 - Схема первого экспериментального исследования

Группа	Объект исследования	Период опыта	
		подготовительный	учетный
		возраст, сутки	
Контрольная	Цыплята – бройлеры кросса «Арбор Айкрес» (n=30)	1-7	8-42
Опытная		ОР	ОР ₁
			ОР ₂

Примечание:

ОР- основной рацион с питательностью по нормам ВНИТИП, 2019;

ОР₁- рацион с содержанием обменной энергии 12,61-12,99 МДж/кг СВ (уровень масла 2-4%);

ОР₂- рацион с содержанием обменной энергии 13,3-13,7 МДж/кг СВ (уровень масла 4-6%)

На основании полученного положительного эффекта, установленного при включении в рацион цыплят-бройлеров подсолнечного масла в дозе 40 – 60 г/кг корма, с целью оценки эффективности применения различных эмульгаторов в кормлении цыплят-бройлеров, при данном уровне масла в рационе, был проведен второй эксперимент.

В рамках второго эксперимента, методом пар-аналогов сформировано семь групп (n=30): контрольная и шесть опытных. Контрольная группа получала основной рацион, сформированный согласно результатам I экспериментального исследования, сформированный по нормам ВНИТИП (2019); I опытная – основной рацион с добавлением «Лесимакс Премиум» (0,5 г/кг корма); II опытная - основной рацион с добавлением «Лесимакс Премиум» (1 г/кг корма); III опытная - основной рацион с добавлением соевого лецитина (1 г/кг корма); IV опытная - основной рацион с добавлением соевого лецитина (2 г/кг корма); V опытная - основной рацион с добавлением желчи крупного рогатого скота (5

г/кг корма); VI опытная - основной рацион с добавлением желчи крупного рогатого скота (10 г/кг корма) (таблица 7).

Таблица 7 - Схема второго экспериментального исследования

Группа	Объект исследования	Период опыта	
		подготовительный	учетный
		возраст, сутки	
		1-7	8-42
Контрольная	Цыплята– бройлеры кросса «Арбор Айкрес» (n=30)	ОР	ОР
I опытная			ОР ₁
II опытная			ОР ₂
III опытная			ОР ₃
IV опытная			ОР ₄
V опытная			ОР ₅
VI опытная			ОР ₆

Примечание:

ОР- рацион с содержанием обменной энергии 13,3-13,7 МДж/кг СВ

ОР₁- ОР с содержанием эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозировке 0,5 г/кг корма;

ОР₂- ОР с содержанием эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозировке 1 г/кг корма;

ОР₃- ОР с содержанием соевого лецитина в дозировке 1 г/кг корма (Siyal F.A. et al., 2017);

ОР₄- ОР с содержанием соевого лецитина в дозировке 2 г/кг корма;

ОР₅- ОР с содержанием желчи крупного рогатого скота в дозировке 5 г/кг корма (Alzawqari M. et al., 2011);

ОР₆- ОР с содержанием желчи крупного рогатого скота в дозировке 10 г/кг корма.

Третий эксперимент (производственная проверка) проведён в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», где было сформировано две группы (n=600). Цыплята контрольной группы получали комбикорм, используемый в производственных условиях (базовый). Опытная группа получала базовый рацион с добавлением желчи крупного рогатого скота (10 г/кг корма).

Характеристика кормовых добавок:

- «Лесимакс Премиум» (LecimaxTM Premium dry), совместная разработка Framelco (Нидерланды) и ТЕХВЕТ (Россия) добавка кормовая для повышения переваримости и усвояемости питательных веществ в рационах для свиней, цыплят-бройлеров и кур-несушек. Порошок бело-кремового цвета с характерным запахом, в составе которого заявлены: гидролизированный лецитин

(в т.ч. лизофосфолипиды, 62,0-72,0 %), а также вспомогательное вещество - двуокись кремния (до 100 %);

- *соевый лецитин*, производство ООО «Стоинг» (Россия), представляет собой порошок желтого цвета, с характерным запахом.

- *желчь крупного рогатого скота*, производство Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Высушенная желчь, желто-зеленого цвета, с характерным запахом.

Для *оценки переваримости корма*, проводили балансовый опыт. В результате ежесуточного учета потребления и химического состава кормов определяли поступление питательных веществ в организм опытных цыплят-бройлеров. При формировании средней пробы производилось отделение помета от пера, после тщательно перемешивали, далее отбиралась средняя проба за сутки, в дальнейшем составляли среднюю пробу за неделю. Собранные порции помета хранили при температуре 2-5°C. Отобранные пробы высушивали при температуре 60-70°C. Полученную массу измельчали, помещали в контейнер с притертой крышкой (Имангулов Ш.А. и др., 1999).

Для характеристики энергетического обмена в организме с внешней средой определяли показатели валовой и обменной энергии (Калашников А.П. и др., 1985).

По стандартным методикам определяли *химический состав помета, кормов и тканей* тела цыплят-бройлеров:

— ГОСТ 31461-2012. Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия.

— ГОСТ 32044.1-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье.

— ГОСТ Р 57543-2017. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье.

— ГОСТ 31640-2012. Методы определения содержания сухого вещества.

— ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

— ГОСТ 25011-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

— ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

— ГОСТ 51479-99. Метод определения массовой доли влаги.

— ГОСТ 32343-013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Оценку *биохимических и морфологических показателей* крови, отбираемой из подкрыльцовой вены, осуществляли в 42 суточном возрасте.

Анализ биохимических показателей сыворотки крови проводился при помощи коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай). Исследования сыворотки проводились не позднее 2-х часов после взятия. Биохимические параметры крови включали определение общего белка, альбумина, креатинина, мочевины, билирубина (общего, прямого), холестерина, глюкозы, триглицеридов, липопротеины высокой и низкой плотности.

Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай). Исследуемые морфологические показатели включали: эритроциты, концентрация гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН), тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, гематокрит.

Послеубойную анатомическую разделку тушек проводили по методике ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2010).

Элементный состав биосубстратов, сыворотки крови и комбикормов исследован на базе Кольского научно-исследовательского центра Российской академии наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (ИХТРЭМС КНЦ РАН, <https://www.ksc.ru/>) (микроволновая система

Berghof SW 4 (Berhof, Germany), масс-спектрометр ELAN DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA)), а также на базе Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (<https://цкп-бст.рф>) (масс-спектрометр с индуктивной связанной плазмой Agilent 7900 с системой ВЭЖХ 1260 Infinity II BIO-Inert).

Анализ микробного состава слепой кишки цыплят-бройлеров был проведен на базе Центра коллективного пользования «Персистенция микроорганизмов» Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук (<https://ckp-rf.ru/ckp/351815/>).

Отбор образцов содержимого слепой кишки осуществляли сразу после убоя с использованием стерильных инструментов. Образцы замораживали при -70°C (криоморозильник ULUF65 «ARCTICO», Дания) и хранили, не допуская повторного замораживания. Затем использовали для выделения очищенных препаратов ДНК с использованием метода химической экстракции. Чистоту ДНК проверяли электрофорезом, концентрацию определяли количественно с использованием флюорометра Qubit 2.0 с анализом высокой чувствительности dsDNA (Life Technologies). Библиотеки были секвенированы в MiSeq (Illumina) с использованием набора реагентов MiSeq v3 с 2×300 пар оснований.

Визуализация результатов биоинформатической обработки и статистический анализ осуществляли с помощью MicrobiomeAnalyst (Dhariwal A. et al., 2017). Полученные OTU после фильтрации и присвоения таксономической принадлежности использовались для расчета альфа (индекс Chao1, индекс Фишера (Fisher's alpha), индекс разнообразия Шенона (Shannon), индекс разнообразия Симпсона (Simpson), - статистический метод: ANOVA) и бета (метод ординации: NMDS; дистанционный метод: индекс Брея-Кертиса; статистический метод: PERMANOVA) разнообразия.

Состав жиров и масел исследовали газохроматографическим методом по ГОСТу 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные» на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000». Идентификацию разделения жирных кислот

осуществляли путем сравнения со смесью жирных кислот фирмы Supelco TM Component FAME Mix.

Результаты исследований обрабатывали биометрическим методом вариационной статистики по Стьюденту, с использованием программного пакета «Statistica 10.0». Полученные данные представлены в таблицах в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка средней арифметической. Различия считались статистически достоверными при: ^a- $p \leq 0,05$; ^b- $p \leq 0,01$; ^c- $p \leq 0,001$.

2.2 Результаты I эксперимента по оценке применения рационов с различным уровнем обменной энергии

С целью сравнительной оценки применения различного уровня обменной энергии в рационах цыплят-бройлеров, был проведен эксперимент, в котором цыплята контрольной группы получали рацион с содержанием обменной энергии 12,61-12,99 МДж/кг СВ (за счет введения подсолнечного масла 2-4 %); опытной группы – 13,3-13,7 МДж/кг СВ (за счет введения подсолнечного масла – 4-6 %).

2.2.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров

Рацион для кормления подопытной птицы составлялся с учетом рекомендаций ВНИТИП (Калашникова А.П. и др., 2003; Фисинин В.И и др., 2010; Егоров И.А. и др., 2019). С рождения и до 7 дневного возраста кормление осуществлялось в соответствии с возрастными особенностями, с 8 и до 14 дней цыплята получали стартовый рацион, с 15 суток и до конца эксперимента – ростовой. Состав и питательность используемых в эксперименте рационов для цыплят-бройлеров представлены в таблице 8, 9.

Таблица 8 - Стартовый рацион цыплят-бройлеров

Компоненты	Группа	
	Контрольная	Опытная
Содержание, г/кг		
Кукуруза	370	360
Пшеница	341	318
Шрот соевый	100	100
Шрот подсолнечниковый	70	70
Масло подсолнечное	20	40
Рыбная мука	50	60
Мел кормовой	9	9
Известняковая мука	5	5
Премикс	10	10
Сода пищевая	1	1
Соль	3	3
Монокальций фосфат	13	13
Монохлоргидрат лизина	1	1
DL-метионин	2	5
L-треонин	5	5
В комбикорме содержится:		
Обм.энергии, МДЖ/кг	12,61	13,3
Сырого протеина, %	22,4	20,35
Сырой клетчатки, %	4,5	4,3
Сырого жира, %	4,0	6,35
Кальций, г	10,2	10,25
Фосфор, г	6,89	6,72
Натрий, г	1,52	1,47
Железо, мг	89	92
Медь, мг	10,06	11,3
Цинк, мг	72,68	71,23
Марганец, мг	42,57	42,26
Кобальт, мг	0,8	0,91
Содержание аминокислот, %		
Лизина	1,34	1,32
Метионина	0,50	0,47
Метионина + цистина	0,94	0,85
Треонина	0,91	0,91
Триптофана	0,28	0,19
Аргинина	1,3	1,28
Валина	0,93	0,91
Гистидина	0,51	0,42
Глицина	1,01	1,12
Изолейцина	0,91	0,83
Лейцина	1,59	1,56
Финилаланина	0,72	0,73

Таблица 9 - Ростовской рацион цыплят-бройлеров

Компоненты	Группа	
	Контрольная	Опытная
Содержание, г/кг		
Кукуруза	290	415
Пшеница полновесная	410,9	213
Шрот соевый	100	100
Шрот подсолнечный	70	100
Масло подсолнечное	40	60
Рыбная мука	40	60
Мел кормовой	9	9
Известняковая мука	5	5
Премикс	10	10
Сода пищевая	1	1
Соль	3,4	3,4
Монокальций фосфат	13	13
Монохлоргидрат лизина	1	1
DL-метионин	1,7	4,6
L-треонин	5	5
В комбикорме содержится:		
Обм.энергии, МДЖ/кг	12,99	13,7
Сырого протеина, %	18,2	18,9
Сырой клетчатки, %	4,1	4,0
Сырого жира, %	6,0	8,5
Кальций, г	10,12	10,26
Фосфор, г	6,32	5,78
Натрий, г	1,48	1,29
Железо, мг	74,0	88,0
Медь, мг	9,98	11,1
Цинк, мг	70,32	68,46
Марганец, мг	41,69	40,1
Кобальт, мг	0,6	0,85
Содержание аминокислот, %		
Лизина	1,21	1,23
Метионина	0,39	0,44
Метионина + цистина	0,87	0,86
Треонина	0,82	0,91
Триптофана	0,25	0,26
Аргинина	1,21	1,18
Валина	0,85	0,74
Гистидина	0,49	0,44
Глицина	0,91	0,98
Изолейцина	0,82	0,81
Лейцина	1,45	1,42
Финилаланина	0,72	0,67

Компонент рациона, представляющий наибольшую энергетическую ценность – подсолнечное масло. Оценка кормов сосредоточена, в первую очередь, на энергии и белке, основных количественных и наиболее дорогостоящих компонентов в рецептурах кормов.

Энергия является очевидным первым шагом в оценке корма, поскольку она важна для контроля потребления корма, который влияет на рост птицы и стоимость рациона. Рост животных, в основном, зависит от содержания белка, поэтому анализ перевариваемости протеина является вторым этапом в оценке корма.

Фактически, за весь период опыта, максимальное потребление корма было установлено в опытной группе, которое на 11,8 % больше, чем в контроле. На основании полученных данных о интенсивности роста и потреблении корма, были рассчитаны затраты корма на 1 кг прироста живой массы. Так максимальное значение данного показателя отмечено в контрольной группе и составило 1,79 кг (таблица 10).

Таблица 10 - Фактическое потребление комбикормов подопытными цыплятами-бройлерами, г

Группа	Значения потребления, г/гол			Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	Процент от контроля
	Рацион		за весь период		
	стартовый	ростовой			
Опытная	1514,4	1881,4	3395,8	1,64	91,6
Контрольная	1312,8	1724,2	3037	1,79	100

Таким образом, используемый в эксперименте высокоэнергетический рацион способствовал снижению затрат корма на 1 кг прироста на 8,4 % по сравнению с контролем.

2.2.2 Рост и мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров

Анализируя рост подопытной птицы в первые три недели эксперимента, очевидно превосходство опытной группы над контролем по приросту живой

массы: на 37,1 % - в первую неделю; на 44,8 % - во вторую; на 49,7 % - в третью неделю (таблица 11).

Таблица 11 - Ежедневный прирост живой массы цыплят-бройлеров, г (M±m),

Группа	Сутки				
	7 -14	14-21	21-28	28-35	35-42
Опытная	172,80 ±15,96	311,60 ±13,84	532,40 ±25,85 ^b	467,40 ±17,30	590,80 ±27,60
Контрольная	126,00 ±13,49	215,20 ±18,21	355,60 ±16,96	465,60 ±19,44	536,60 ±21,33

Примечание: ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Начиная с 3-ей недели эксперимента цыплята-бройлеры опытных групп росли интенсивнее, и разница в конце эксперимента составила 19,89 % ($p \leq 0,05$), при достоверном значении, относительно контроля (таблица 12).

Таблица 12 - Живая масса цыплят-бройлеров на 21 и 42 день, г (M±m)

Группа	Возраст, сутки	
	21 сут.	42 сут.
Опытная	678,6±15,8 ^a	2 269,2±34,4 ^a
Контрольная	535,2±17,1	1 892,8±44,1

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Увеличение обменной энергии в рационе птицы способствует интенсивному росту, вследствие поступления питательных веществ. При достижении убойного возраста цыплят-бройлеров определяется мясная продуктивность, которая характеризуется живой массой и мясными качествами птицы в убойном возрасте, а также пищевой ценностью. Мясные качества опытной и контрольной групп цыплят-бройлеров представлены в таблице 13.

Максимальная предубойная живая масса наблюдается в опытной группе и составляет 2269,2 г., что превосходит значения контроля на 19,9 % ($p \leq 0,05$). Содержание мышечной ткани в опыте было выше на 139,6 г по сравнению с контрольной группой, что оказало влияние на показатели съедобных частей,

разница составила - 11,5 % ($p \leq 0,05$). В свою очередь показатели потрошенной тушки опытной группы выше контроля на 11,6 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 13 - Результаты контрольного убоя подопытных цыплят-бройлеров в конце эксперимента, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа	
	Опытная	Контрольная
Предубойная живая масса	2 269,20±34,134 ^a	1 892,80±54,311
Полупотрошенная тушка	2 038,33±33,113	1 679,67±50,353
Мышечная ткань	1 211,25±45,564	1 071,62±22,794
Костная ткань	326,33±14,055	324,00±11,590
Съедобная часть	1 737,22±36,160 ^a	1 558,47±20,254
Убойный выход, %	70,62	68,96

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Таким образом, ориентируясь на превосходство опытной группы, введение в рацион подсолнечного масла, для повышения энергетической ценности рациона, способствует интенсивному прироста цыплят-бройлеров, что обеспечило разницу с контролем на 42 сутки по живой массе на 19,89 %, по убойному выходу - на 1,66 %. Данный факт наглядно демонстрирует зависимость интенсивности роста от энергообеспеченности рациона.

2.2.3 Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Количественные и качественные показатели крови позволяют судить об основных обменных процессах, а также обуславливают продуктивность и физиологическое состояние птицы (таблица 14 - 17).

Повышение калорийности рациона в опытные группы приводит к снижению концентраций гемоглобина и гематокрита на 5,3 % и 1,4 %, соответственно относительно контроля. Важно отметить повышение лейкоцитов в опытной группе на 17,3 % по отношению к контролю.

Повышение концентрации жиров в рационе цыплят-бройлеров опытной группы способствовало снижению концентраций АЛТ и АСТ на 27% ($p \leq 0,05$) и

1,9 %, соответственно, относительно контроля. Уровень креатинина в опытной группе незначительно снижался по отношению к контролю, разница составила 2,1 %.

Таблица 14 - Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, (M±m)

Показатели	Группа	
	Опытная	Контрольная
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	33,22±0,146	28,32±0,584
Лимфоциты, %	58,14±1,997	55,04±2,064
Эритроциты, 10 ¹² /л	3,57±0,162	3,58±0,069
Гемоглобин, г/л	106,40±2,542	112,40±4,966
Гематокрит, %	18,80±0,823	20,16±0,701
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	64,20±2,200	68,60±2,064

По результатам биохимического анализа было установлено, что содержание общего белка и мочевины снижалось в опытной группе на 0,7 % и 28 % (p<0,01) относительно контроля.

Таблица 15 - Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, (M±m)

Показатели	Группа	
	Опытная	Контрольная
Глюкоза, ммоль/л	12,86±0,234	12,91±0,346
Общий белок, г/л	24,52±2,246	24,36±1,163
Альбумин, г/л	14,60±0,400	14,80±0,583
АЛТ, Ед/л	4,80±0,138 ^a	6,58±0,314
АСТ, Ед/л	388,60±11,448	396,20±8,686
Бил.общий, мкмоль/л	1,40±0,068	1,52±0,031
Мочевина, ммоль/л	0,36±0,012 ^b	0,50±0,021
Креатинин, мкмоль/л	35,12±1,156	35,86±0,501
Мочевая кислота, мкмоль/л	129,26±5,797 ^a	108,10±3,988
а-амилаза, Ед/л	186,00±1,304	183,80±3,470
р-амилаза, Ед/л	734,46±33,022	563,88±16,596

Примечание: ^a - p<0,05; ^b - p<0,01 при сравнении контрольной и опытных групп.

В проведенном эксперименте липидный профиль крови характеризуется снижением липазы в опытной группе на 4,9 % относительно контрольных

значений, способствуя снижению ЛПВП на 18,1 % ($p \leq 0,01$). Концентрация холинэстеразы также снижается, при увеличении обменной энергии, в опытной группе на 8,6 % относительно показателей контроля (таблица 16).

Таблица 16 - Липидный профиль сыворотки крови цыплят-бройлеров, ($M \pm m$)

Показатели	Группа	
	Опытная	Контрольная
Липаза, Ед/л	11,52±0,211	12,12±0,542
Холинэстераза, Ед/л	1 665,60±76,686	1 822,80±83,797
ЛПВП, ммоль/л	1,58±0,079 ^a	1,93±0,043
ЛПНП, ммоль/л	0,98±0,029 ^b	0,83±0,023
Холестерин, ммоль/л	3,32±0,119	3,16±0,123
ТГ, ммоль/л	0,34±0,036	0,29±0,010

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Концентрацию минералов в сыворотке можно использовать в качестве индикатора минерального статуса животных (таблица 17).

Анализ содержания кальция в сыворотке крови цыплят-бройлеров в 42-суточном возрасте, выявил тенденцию к повышению его количества в опытной группе на 1,4 % относительно данных контрольной группы. Количество фосфора в сыворотке крови опытных цыплят-бройлеров были ниже показателя контроля на 5,2 %.

Таблица 17 - Минеральный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, ($M \pm m$)

Показатели	Группа	
	Опытная	Контрольная
Fe, мкмоль/л	21,44±0,888	19,98±0,747
Mg, мкмоль/л	1,09±0,040	1,13±0,026
Ca, ммоль/л	2,92±0,054	2,88±0,084
P, ммоль/л	2,18±0,107	2,30±0,082

Таким образом, введение в рацион цыплят-бройлеров разного уровня подсолнечного масла оказывает влияние на морфологические и биохимические

показатели крови. Высокий уровень жиров приводит к метаболическим изменениям организма птицы и в первую очередь влияет на состав сыворотки крови.

2.2.4 Переваримость питательных веществ и баланс энергии в организме цыплят-бройлеров

По результатам балансового опыта на конец эксперимента в опытной группе наблюдается достоверное повышение переваримости органического вещества на 2,07 % ($p \leq 0,05$) и сырого жира на 6,99 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля (таблица 18). Переваримость сырого протеина в опытной группе превысила контрольные значения на 1%. Коэффициенты переваримости БЭВ в опытной группе превосходили контрольные значения на 1,36 %, соответственно.

Таблица 18 - Коэффициенты переваримости питательных веществ корма цыплятами-бройлерами на 42 сутки, % ($M \pm m$)

Показатель	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	БЭВ
Опытная	80,38±0,35 ^a	78,84±0,37	62,35±0,67 ^a	83,93±0,28
Контрольная	78,31±0,69	77,82±0,70	55,36±1,41	82,57±0,55

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Повышение обменной энергии в рационе сопровождалось изменением химического состава тела цыплят-бройлеров (таблица 19). Анализируя полученные данные, можно отметить, что увеличение обменной энергии в рационе опытной группы приводит к достоверному повышению уровня протеина 2,2 % ($p \leq 0,01$) и жира на 2 % ($p \leq 0,001$), на фоне снижения сухого вещества на 4,4 %, относительно показателей контрольной группы.

Таблица 19 - Химический состав тела цыплят-бройлеров, ($M \pm m$) %

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир
Опытная	35,6±0,02	19,8±0,09 ^b	12,9±0,03 ^c
Контрольная	31,2±0,05	17,6±0,17	10,9±0,15

Примечание: ^b - $p \leq 0,01$; ^c - $p \leq 0,001$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Как показывает анализ химического состава тела, высокий уровень живой массы обеспечивается повышением уровня протеина и жира в теле птицы. Так, в опытной группе наблюдается достоверное повышение протеина на 25,3 % ($p \leq 0,05$) и жира на 31,8 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений (таблица 20).

Таблица 20 - Содержание химических веществ в теле цыплят-бройлеров, г/гол ($M \pm m$)

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Опытная	586,5±15,36	326,2±9,61 ^a	212,2±5,09 ^a	48,1±0,91 ^a
Контрольная	460,2±23,28	260,3±15,93	161,0±7,22	38,9±1,53

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При рассмотрении химического состава отдельных органов и тканей экспериментальной птицы, можно наблюдать, что содержание протеина и жира в опытной группе превосходит контрольные значения (таблица 21).

Таблица 21 - Химический состав отдельных органов и тканей подопытных цыплят-бройлеров, г/гол ($M \pm m$)

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Мякоть тушки				
на начало опыта	20,7±2,47	16,0±1,91	3,9±0,36	0,8±0,10
Опытная	326,4±13,40	225,6±9,26 ^a	88,6±3,64 ^a	12,1±0,50 ^a
Контрольная	228,9±18,40	168,0±12,31	52,4±5,7	8,5±0,61
Кожа				
на начало опыта	7,2±0,37	1,5±0,08	5,5±0,29	0,2±0,01
Опытная	111,6±0,53	24,6±1,23	85,7±1,73 ^a	1,3±0,01
Контрольная	83,5±7,07	16,6±3,33	66,0±4,62	0,9±0,10 ^a
Внутренние органы				
на начало опыта	9,6±0,89	7,3±0,68	1,9±0,17	0,4±0,04
Опытная	24,6±2,02	16,0±0,54	7,7±1,88	0,9±0,04
Контрольная	25,8±1,00	15,9±1,19	9,0±0,38	0,9±0,13
Костная ткань				
на начало опыта	15,3±1,83	8,4±1,01	2,8±0,34	4,1±0,49
Опытная	123,9±2,10	60,0±0,88	30,1±0,58	33,8±0,65
Контрольная	122±4,86	59,7±1,99	33,6±1,40	28,7±1,58

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Как показывают результаты исследований, в мышечной ткани опытной группы наблюдается тенденция к повышению протеина на 34,3 % ($p \leq 0,05$), жира на 69 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. В коже достоверными различиями подтверждается повышение жира в опытной группе на 29,8 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Таким образом, повышение обменной энергии, за счёт включения в рацион подсолнечного масла, сопровождалось ростом органического вещества на 2,6 % ($p \leq 0,05$) и сырого жира на 12,6 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Повышение переваримости питательных компонентов сопровождалось изменениями состава тела, что выражалось в повышении протеина на 34,3 % ($p \leq 0,05$), жира на 69 % ($p \leq 0,05$) в мышечной ткани относительно контроля.

Для определения трансформации энергии корма в тело подопытной птицы проведен анализ обмена энергии в организме цыплят-бройлеров (таблица 22).

Таблица 22 - Баланс энергии в организме опытных цыплят-бройлеров за период эксперимента

Группа	Валовая энергия корма (ВЭ) МДж/гол	Потери энергии с пометом, % от ВЭ	Обменная энергия, МДж/гол	Потери энергии с теплопродукцией, % от ВЭ	Чистая энергия продукции	
					МДж /гол	% от ВЭ
Опытная	60,51	30,16	42,26	48,94	12,65	20,9
Контрольная	54,29	32,84	36,46	43,93	12,61	23,2

В результате установлено, что цыплята-бройлеры опытной группы эффективнее использовали энергию корма. Так, в теле опытных цыплят-бройлеров отложилось 12,65 МДж/гол чистой энергии, что составило 20,9 % от объёма валовой энергии, поступившей с кормом за экспериментальный период, что на 2,3 % выше контрольных значений.

Таким образом, скармливание цыплятам-бройлерам рациона с высоким содержанием жира способствовало повышению обменной энергии

сверхподдержания и снижению потерь энергии с теплопродукцией. Увеличение обменной энергии выразалось увеличением чистой энергии прироста на 2,3 %.

2.2.5 Резюме по итогам I экспериментального исследования

В ходе проведенных исследований выявлено, что кормление цыплят-бройлеров рационами с различным энергетическим уровнем сопровождается метаболическими изменениями и влияет на продуктивность.

Дополнительное введение подсолнечного масла в рацион опытной группы существенно повлияло на поедаемость корма динамику прироста живой массы. Фактически, за весь период опыта, максимальное потребление корма было установлено в опытной группе, которое на 11,8 % больше чем в контроле. На основании полученных данных о интенсивности роста и потреблении корма, были рассчитаны затраты корма на 1 кг прироста живой массы, максимальное значение данного показателя отмечено в контрольной группе и составило 1,79 кг.

Опираясь на превосходство опытной группы по живой массе, введение в рацион подсолнечного масла, способствует интенсивному прироста цыплят-бройлеров, разница с контролем на 42 сутки составила 19,89 %, при этом убойный выход возрос на 1,7 %.

Изменение состава рациона также сказалось на морфо-биохимических показателях. В эксперименте липидный профиль крови характеризуется снижением липазы в опытной группе на 4,9 % относительно контрольных значений, способствуя снижению ЛПВП на 18,1 % ($p \leq 0,01$). Концентрация холинэстеразы также снижается, при увеличении обменной энергии, в опытной группе на 8,6 % относительно показателе контрольной группы.

Повышение обменной энергии, за счёт включения в рацион подсолнечного масла, сопровождалось достоверным повышением органического вещества на 2,07 % ($p \leq 0,05$) и сырого жира на 12,6 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Повышение переваримости питательных компонентов сопровождалось

изменениями в составе тела, что выражалось в повышении протеина на 34,3 % ($p \leq 0,05$), жира на 69 % ($p \leq 0,05$) в мышечной ткани относительно контроля.

Скармливание цыплятам-бройлерам рациона с высоким содержанием жира способствовало повышению обменной энергии сверхподдержания и снижению потерь энергии с теплопродукцией. Увеличение обменной энергии выражалось увеличением чистой энергии прироста на 2,3 %.

Так как, нет экономического и физиологического смысла повышения калорийности рациона, а резерв организма может быть и не использован, существует необходимость без увеличения количества энергии рациона улучшить его нутриентный эффект за счет веществ – катализаторов жирового обмена – эмульгаторов, что будет являться эффективным способом повышения мясной продуктивности.

2.3 Результаты II эксперимента по оценке эффективности применения различных эмульгаторов в питании цыплят-бройлеров

На основании полученных результатов в I эксперименте и с целью оценки и выявления дозового влияния эмульгаторов различного происхождения, способствующих повышению усвоения липидов, был проведен II эксперимент.

2.3.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров.

В рамках II эксперимента цыплята-бройлеры кросса «Арбор Айкрес» были поделены на семь групп по 30 голов в каждой: контрольная и шесть опытных.

Состав и питательность используемых в эксперименте рационов для цыплят-бройлеров опытных и контрольной групп была одинаковой и соответствовала нормам ВНИТИП (Егоров И.А. и др. 2019) (таблице 23).

Таблица 23 - Состав и питательность рационов в эксперименте

Показатель	Старт	Рост
Содержание, г/кг		
Кукуруза	360	415
Пшеница	318	213
Шрот соевый	100	100
Шрот подсолнечниковый	70	100
Масло подсолнечное	40	60
Рыбная мука	60	60
Мел кормовой	9	9
Известняковая мука	5	5
Премикс	10	10
Сода пищевая	1	1
Соль	3	3,4
Монокальций фосфат	13	13
Монохлоргидрат лизина	1	1
DL-метионин	5	4,6
L-треонин	5	5
В комбикорме содержится:		
Обм.энергии, МДЖ/кг	13,3	13,7
Сырого протеина, %	20,35	18,9
Сырой клетчатки, %	4,3	4,0
Сырого жира, %	6,35	8,5
Кальций, г	10,25	10,26
Фосфор, г	6,72	5,78
Натрий, г	1,47	1,29
Железо, мг	92	88,0
Медь, мг	11,3	11,1
Цинк, мг	71,23	68,46
Марганец, мг	42,26	40,1
Кобальт, мг	0,91	0,85
Содержание аминокислот, %		
Лизина	1,32	1,23
Метионина	0,47	0,44
Метионина + цистина	0,85	0,86
Треонина	0,91	0,91
Триптофана	0,19	0,26
Аргинина	1,28	1,18
Валина	0,91	0,74
Гистидина	0,42	0,44
Глицина	1,12	0,98
Изолейцина	0,83	0,81
Лейцина	1,56	1,42
Финилаланина	0,73	0,67

Отличием служило введение эмульгаторов в опытных группах: I опытная – ОР + 0,05 % «Лесимакс Премиум»; II опытная – ОР + 0,1 % «Лесимакс Премиум»; III опытная – ОР + 0,1 % Лецитин соевый; IV опытная – ОР + 0,2 % Лецитин соевый; V опытная – ОР + 0,5 % желчь крупного рогатого скота; VI опытная – ОР + 1 % желчь крупного рогатого скота.

Компонент рациона, представляющий наибольшую энергетическую ценность – подсолнечное масло, его нормирование осуществлялось в соответствии с результатами I эксперимента.

Жирнокислотный состав используемых добавок представлен в таблице 24.

Таблица 24 - Жирнокислотный состав добавок

Наименование жирной кислоты	Массовая доля (% к сумме жирных кислот)	
	Лецитин соевый	Желчь крупного рогатого скота
Насыщенные жирные кислоты		
Пальмитиновая (C _{16:0})	7,8	28,0
Стеариновая (C _{18:0})	4,7	19,2
Мононенасыщенные жирные кислоты		
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	-	2,2
Олеиновая (C _{18:1})	36,5	45,6
Полиненасыщенные жирные кислоты		
Линолевая (C _{18:2})	43,4	4,8
Линоленовая (C _{18:3})	7,6	0,2

Птица потребляла дневную норму корма на протяжении всего эксперимента. При оценке потребления корма контрольной и опытными группами было отмечено, что максимальные уровни поедаемости наблюдаются во II, IV и VI опытных группах и составили за период выращивания 3818,2 г/гол, 3808,5 г/гол и 3751,9 г/гол, что на 5,7 %, 5,4 % и 3,8 % выше контрольных значений. В то время как минимальная поедаемость наблюдается в I опытной группе, что на 2,3 % ниже значений контроля.

Используемые в исследовании эмульгирующие вещества оказали непосредственное влияние на поедаемость и живую массу цыплят-бройлеров, в

соответствии с этим, происходит изменение затрат корма на 1 кг прироста. Так, минимальное значение данного показателя отмечено во II и IV опытных группах, 1,55 и 1,56 кг соответственно, максимальное в III группе – 1,62 кг. Используемый в исследованиях эмульгатор («Лесимакс Премиум»), способствовал снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы на 2,5 % по сравнению с контролем (таблица 25).

Таблица 25 - Фактическое потребление комбикормов подопытными цыплятами – бройлерами, г

Группа	Значения потребления, г/гол			Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	Разница с контролем, %
	Рацион		за весь период		
	стартовый	ростовой			
Контроль	1562,8	2050,8	3613,6	1,59	100
I опытная	1457,8	2072,6	3530,4	1,58	99,37
II опытная	1628,2	2190	3818,2	1,55	97,48
III опытная	1615,7	1944,2	3559,9	1,62	101,8
IV опытная	1614,7	2193,8	3808,5	1,56	98,1
V опытная	1597,1	1986	3583,1	1,59	100
VI опытная	1601,5	2150,4	3751,9	1,57	98,74

Таким образом, по результатам проведенных исследований, можно сделать вывод, что включение в рацион цыплят-бройлеров эмульгаторов повлияло на потребление корма. Применение эмульгаторов снизило затраты корма. Ввод в комбикорма эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозе 0,1 % является более эффективным при сравнении с дозой 0,05 %. Аналогичные результаты можно отметить и в VI группе (желчь крупного рогатого скота 1 %), эффективность применения которой выше по сравнению с V группой (желчь крупного рогатого скота 0,5 %).

2.3.2 Рост и мясная продуктивность подопытных цыплят – бройлеров

Использование эмульгирующих веществ в питании сопровождалось изменениями роста цыплят-бройлеров.

На 21 сутки эксперимента лидерство по приросту отмечается во II опытной группе, разница с контролем составила 5,8 %, на 28 сутки – 7 %, на 35 сутки – 7,5 %.

При введении соевого лецитина в III и IV группы, отмечается дозозависимый эффект. Так, при введении добавки в дозе 0,2 % (IV группа) показатели выше III группы на 10,2 %.

Подобный эффект наблюдается при введении в рационы V и VI групп желчи крупного рогатого скота. При дозе 1 % (VI группа) в первые три недели наблюдается спад роста, однако на 42 сутки разница между группами составила 5,4 %.

К концу эксперимента максимальные приросты наблюдаются во II и IV группах, разница с контролем составила 7,9 % и 7,3 % соответственно. При сравнении II («Лесимакс Премиум» 0,1 %) и IV (0,2 % соевый лецитин) групп разница составила 0,6 % (рисунок 4).

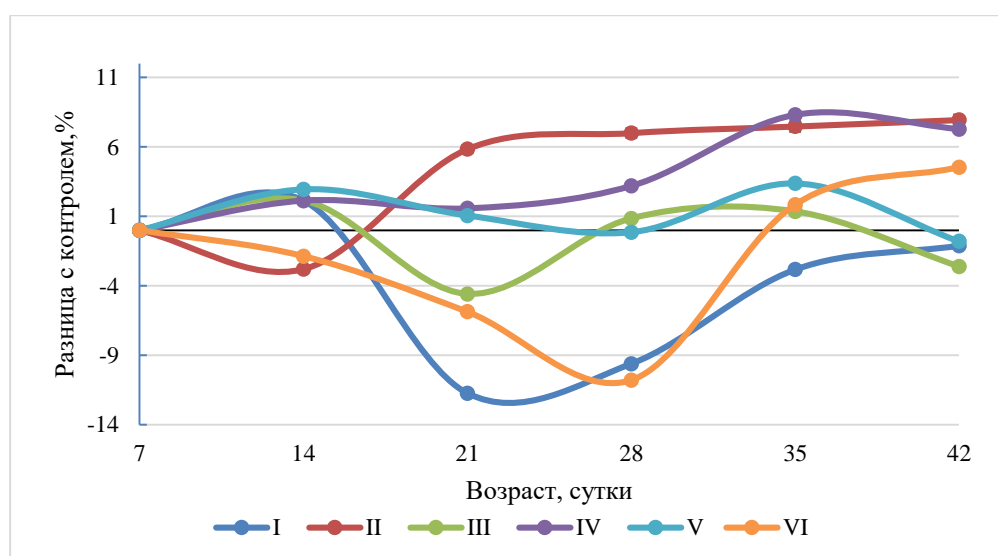


Рисунок 4 - Разница по живой массе между опытными и контрольной группами, %

Максимальные еженедельные приросты наблюдаются в период с 21 на 28 сутки в III и VI группе, разница с контролем составила 3,7 % ($p \leq 0,01$) и 7,5 % (таблица 26). В период с 28 по 35 сутки наблюдается положительная динамика прироста во всех опытных группах за исключением IV опытной, разница с контролем составила 0,9 %. На последней неделе эксперимента зафиксировано достоверное повышение прироста в VI группе (желчь крупного рогатого скота 1 %), разница с контролем составила 17,8 % ($p \leq 0,01$).

Таблица 26 - Динамика еженедельного прироста цыплят-бройлеров в эксперименте, г ($M \pm m$)

Группа	Сутки				
	7 -14	14-21	21-28	28-35	35-42
Контроль	171,10 $\pm 8,48$	276,50 $\pm 13,12$	515,20 $\pm 20,55$	690,40 $\pm 31,84$	660,80 $\pm 7,74$
I опытная	175,70 $\pm 7,99$	246,90 $\pm 8,33^c$	491,70 $\pm 23,05$	722,80 $\pm 18,09$	674,40 $\pm 27,95$
II опытная	176,40 $\pm 6,37$	332,60 $\pm 15,86^a$	538,10 $\pm 20,82^b$	734,60 $\pm 23,37$	770,80 $\pm 24,89^a$
III опытная	167,50 $\pm 5,83$	240,50 $\pm 9,10^a$	534,30 $\pm 14,10^b$	727,20 $\pm 23,03$	592,60 $\pm 25,48^b$
IV опытная	172,10 $\pm 7,73$	288,90 $\pm 8,92$	532,10 $\pm 24,23^a$	786,80 $\pm 31,81^a$	749,80 $\pm 22,70$
V опытная	173,50 $\pm 6,80$	282,90 $\pm 11,45$	528,30 $\pm 17,43$	696,40 $\pm 26,59$	600,80 $\pm 15,83^b$
VI опытная	164,80 $\pm 6,23$	346,40 $\pm 9,913$	554,00 $\pm 23,08$	714,60 $\pm 16,18$	778,60 $\pm 19,74^b$

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

В возрасте 42 суток был произведен контрольный убой экспериментальной птицы (таблица 27). Так, величина предубойной живой массы II, IV и VI групп в значительной степени превосходили контрольные значения, разница составила 10,2 %, 8,9 % и 9,1 % соответственно.

Увеличение живой массы влечет за собой изменения мясной продуктивности, как следствие повышение массы мышечной ткани. Так, наблюдается достоверное повышение мышечной ткани во II опытной группе на 19,9 % ($p \leq 0,01$) относительно показателей контроля.

Таблица 27 - Результаты контрольного убоя подопытной птицы на 42 сутки эксперимента, ($M \pm m$)

Показатель	Группа						
	контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Предубойная живая масса, г	2533,33 ±58,34	2514,67 ±95,25	2791,33 ±95,12	2459,33 ±70,92	2758,67 ±93,17	2487,00 ±89,22	2762,67 ±97,73
Полупотрошенная тушка, г	2193,67 ±55,79	2188,67 ±96,89	2462,00 ±72,45	2153,00 ±70,87	2421,00 ±69,92	2136,67 ±93,15	2327,67 ±31,47
Потрошенная тушка, г	1799,00 ±67,16	1815,77 ±91,09	2030,67 ±59,20	1785,33 ±84,63	2004,00 ±50,61	1772,00 ±84,59	2 033,3 ±73,34
Мышечная ткань, г	1315,10 ±40,41	1398,36 ±67,27	1577,37 ±19,15 ^b	1401,02 ±67,50	1528,03 ±57,73	1340,51 ±39,71	1477,27 ±49,84
Костная ткань, г	378,33 ±11,41	329,00 ±3,06 ^a	412,67 ±10,04	362,33 ±8,76	413,00 ±17,50	355,67 ±11,98	397,33 ±19,68
Съедобная часть, г	1888,06 ±59,94	1881,66 ±83,76	2070,33 ±58,22	1844,63 ±68,94	2055,06 ±69,44	1839,29 ±80,77	2020,04 ±82,79
Убойный выход, %	70,98	72,23	72,78	72,51	72,69	71,26	73,54
Печень, г	53,33 ±0,61	46,51 ±5,21	58,34 ±8,56	47,06 ±0,80 ^b	52,77 ±2,55	50,64 ±2,02	62,76 ±3,42 ^a

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Так, при скармливании цыплятам-бройлерам I опытной группы рациона с включением кормовой добавки «Лесимакс Премиум» в дозе 0,05 % снижается масса печени на 12,8 %, в то время как увеличение дозы до 0,1 % вызвало повышение данного показателя на 9,4 % относительно контроля (таблица 27). При введении в рацион III и IV группы соевого лецитина в дозе 0,1 % и 0,2 % наблюдается снижение массы печени на 11,8 % и 1 %, соответственно относительно контроля. При скармливании желчи в дозе 1 % (VI группа) достоверно повышается масса печени на 17,7 % ($p \leq 0,001$).

Таким образом, дополнительный ввод эмульгаторов в рацион цыплят-бройлеров оказывает стимулирующее действие на развитие органов и тканей птицы. Максимальные приросты живой массы отмечены во II, IV и VI группах, разница с контролем составила 9,2 %, 4,7 % и 19,6 %, соответственно. Результаты анатомической разделки демонстрируют эффективность действия эмульгаторов. Величина предубойной живой массы II, IV и VI групп в значительной степени

превосходили контрольные значения, разница составила 10,2 %, 8,9 % и 9,1 % соответственно.

2.3.3 Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Биохимия крови является идеальным критерием оценки профиля здоровья и иммунного статуса организма. Результаты анализа морфологических показателей (таблица 28) свидетельствовали о увеличении концентрации моноцитов в I и IV группе на 0,3 % ($p \leq 0,05$), в то время как во II группе данный показатель снижается на 0,4 % ($p \leq 0,01$) относительно контроля.

Таблица 28 - Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток ($M \pm m$)

Показатель	Группа						
	контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
гематокрит, %	25,30 ±1,07	24,12 ±0,74	20,96 ±1,04	23,94 ±0,98	24,10 ±0,49	25,64 ±0,83	25,90 ±0,61
лимфоциты, %	60,80 ±2,04	59,86 ±1,81	59,74 ±2,48	60,70 ±2,95	57,76 ±2,76	47,70 ±2,54 ^a	54,42 ±1,49
моноциты, %	0,42 ±0,04	0,12 ±0,01 ^a	0,78 ±0,04 ^b	0,16 ±0,03	0,12 ±0,01 ^a	0,32 ±0,03	0,36 ±0,01
базофилы, %	0,46 ±0,05	0,58 ±0,12	1,18 ±0,17	0,58 ±0,10	0,58 ±0,08	0,64 ±0,14	0,50 ±0,11
эозинофилы, %	3,22 ±0,57	3,64 ±0,59	5,90 ±0,43	6,22 ±0,31	6,06 ±0,66	10,06 ±0,89	9,08 ±0,32
нейтрофилы, %	35,1 ±3,68	35,8 ±3,02	32,4 ±5,44	32,34 ±4,30	35,48 ±3,09	41,28 ±5,55	35,64 ±2,92
гемоглобин, г/л	116,0 ±4,37	111,20 ±3,01	95,60 ±4,74 ^a	110,20 ±2,33	111,8 ±1,99	118,4 ±4,08	118,4 ±2,68
эритроциты, $10^{12}/л$	2,13 ±0,09	2,02 ±0,08	1,73 ±0,03 ^a	2,00 ±0,07	2,00 ±0,06	2,17 ±0,07	2,15 ±0,06
лейкоциты, $10^9/л$	39,43 ±1,31	39,02 ±1,16	35,01 ±1,67	37,76 ±0,88	38,90 ±1,73	39,93 ±0,93	39,14 ±1,34

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Уровень лимфоцитов в V группе снижается на 13,1 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Концентрация эритроцитов во II опытной группе снижается на 18,8 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Количество гемоглобина во II группе

составила 95,6 г/л, разница с контролем составила 17,6 % ($p \leq 0,05$). Наблюдается повышение относительного содержания эозинофилов в опытных группах: в I на 0,4 %; во II на 2,7 %; в III на 3 %; в IV на 2,8 %; в V на 6,8 % и в VI на 5,9 %, соответственно.

Среди различных биохимических параметров крови глюкоза и триглицериды полезны для получения выводов о потребностях организма в энергии для биохимических функций и физиологических реакций. Согласно результатам биохимического исследования сыворотки крови, получены следующие данные (таблица 29).

Таблица 29 - Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток ($M \pm m$)

Показатель	Группа						
	контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Глюкоза, ммоль/л	11,34 ±0,43	11,01 ±0,42	10,99 ±0,33	11,70 ±0,52	11,14 ±0,37	10,01 ±0,58	8,16 ±1,13 ^a
Общий белок, г/л	27,50 ±1,16	29,03 ±1,14	27,62 ±0,91	27,71 ±0,90	29,01 ±0,89	28,13 ±0,97	27,55 ±2,09
Альбумин, г/л	12,00 ±0,55	12,00 ±0,45	11,80 ±0,58	11,60 ±0,51	12,40 ±0,40	12,20 ±0,66	12,40 ±0,68
АЛТ, Ед/л	8,66 ±1,93	6,78 ±0,53	7,64 ±0,63	9,00 ±0,84	8,58 ±1,50	10,14 ±0,76	8,38 ±1,67
АСТ, Ед/л	267,24 ±12,79	247,60 ±27,83	288,76 ±28,57	289,22 ±11,66	327,90 ±50,25	276,60 ±31,06	286,08 ±27,95
Билирубин общий, мкмоль/л	0,84 ±0,10	0,75 ±0,12	0,89 ±0,09	0,94 ±0,05	0,77 ±0,13	0,68 ±0,15	0,63 ±0,07
Билирубин прямой, мкмоль/л	0,34 ±0,03	0,29 ±0,01	0,27 ±0,02	0,33 ±0,01	0,33 ±0,03	0,32 ±0,03	0,34 ±0,02
Мочевина, ммоль/л	1,50 ±0,01	1,32 ±0,07	1,52 ±0,09	1,38 ±0,04 ^a	1,46 ±0,04	1,68 ±0,07 ^a	1,46 ±0,07
Креатинин, мкмоль/л	18,82 ±0,72	19,30 ±1,26	19,78 ±1,09	19,78 ±1,16	20,38 ±0,88	20,26 ±0,98	17,38 ±1,38
Мочевая кислота, мкмоль/л	115,02 ±14,03	120,56 ±15,89	90,56 ±8,45	105,68 ±17,26	120,64 ±15,52	208,74 ±17,67	252,26 ±10,11

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Содержание общего белка всех групп находилось на уровне контрольных значений в пределах физиологической нормы. Альбумины крови принимают участие в поддержке кислотно-щелочного баланса, являясь переносчиками витаминов, минералов, гормонов и жирных кислот. Количество альбуминов в IV, V и VI группах недостоверно повысилась на 3,3 %, 1,7 % и 3,3 % соответственно относительно контроля. Содержание мочевины в III опытной группе было ниже контрольных значений на 8 % ($p \leq 0,05$), но при этом в V группе данный показатель выше на 12 % ($p \leq 0,05$).

Концентрации триглицеридов (ТГ), уровень холестерина липопротеинов низкой (ЛПНП) и высокой (ЛПВП) плотности в сыворотке считаются диагностическими маркерами липидного обмена.

Фракции липидов сыворотки, были более восприимчивы к воздействию эмульгатора в рационе, в результате чего наблюдается снижения уровня триглицеридов в I группе на 5,6 %, во II на 13,9 %, в IV на 19,4 %, в V на 22,2 % и в VI группе на 30,6 % (таблица 30).

Таблица 30 - Липидный профиль сыворотки крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток ($M \pm m$)

Группа	Показатель				
	Холестерин, ммоль/л	ТГ, ммоль/л	ЛПВП, ммоль/л	ЛПНП, ммоль/л	Липаза, Ед/л
Контроль	2,58 $\pm 0,057$	0,36 $\pm 0,088$	1,65 $\pm 0,074$	0,73 $\pm 0,012$	24,70 $\pm 0,428$
I опытная	2,61 $\pm 0,163$	0,34 $\pm 0,032$	1,61 $\pm 0,039$	0,68 $\pm 0,032$	24,62 $\pm 0,611$
II опытная	2,53 $\pm 0,080$	0,31 $\pm 0,064$	1,69 $\pm 0,055$	0,73 $\pm 0,024$	24,10 $\pm 0,285$
III опытная	2,88 $\pm 0,182$	0,36 $\pm 0,014$	1,67 $\pm 0,077$	0,68 $\pm 0,030$	23,52 $\pm 0,997$
IV опытная	2,94 $\pm 0,092^a$	0,29 $\pm 0,013$	1,64 $\pm 0,064$	0,77 $\pm 0,017$	25,42 $\pm 0,213$
V опытная	2,97 $\pm 0,142$	0,28 $\pm 0,037$	2,00 $\pm 0,034^a$	1,02 $\pm 0,036^a$	25,94 $\pm 0,517$
VI опытная	2,88 $\pm 0,078^a$	0,25 $\pm 0,034$	1,65 $\pm 0,075$	1,09 $\pm 0,052^a$	24,80 $\pm 0,901$

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Уровень холестерина в VI группе составил 2,88 ммоль/л ($p \leq 0,05$), что на 11,6 % выше контрольных значений. Уровень ЛПВП в V опытной группе достоверно вешался на 21,2 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Концентрация ЛПНП у цыплят- бройлеров, получавших рацион с желчью крупного рогатого скота (V и VI группа) достоверно повышается на 39,7 % ($p \leq 0,05$) и 49,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных показателей.

Метаболиты липидов в крови тесно связаны с энергетическим обменом. В целом, повышенный уровень циркулирующих липидов указывает на усиленный липолиз, в то время как низкий профиль липидов в крови отражает повышенную скорость транспорта аминокислот и усиленный метаболизм с последующим снижением отложения жира. Таким образом, выявленные изменения в исследовании крови цыплят-бройлеров свидетельствуют о стимулирующем действии эмульгаторов на метаболические процессы, протекающие в организме.

2.3.4 Переваримость питательных веществ и химический состав цыплят-бройлеров

При изучении коэффициентов переваримости питательных веществ поступающего рациона, выявлены изменения некоторых показателей в опытных группах относительно контроля (таблица 31).

При введении в рацион I опытной группы эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозе 0,05 % наблюдается достоверное повышение переваримости сырого жира на 2,9 % ($p \leq 0,001$), тогда как при повышении дозировки до 0,1 % (II опытная группа) данный показатель превышает контрольные значения на 7,2 % с параллельным увеличением переваримости сырого протеина на 2,8 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 31 - Коэффициент переваримости питательных веществ корма цыплятами-бройлерами на 42 сутки, % (M±m),

Показатель	Органическое вещество	Сырой жир	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ
Контроль	76,67 ±0,68	67,44 ±0,96	76,82 ±0,68	13,43 ±2,54	80,45 ±0,57
I опытная	77,64 ±0,81	70,34 ±1,07 ^c	78,02 ±0,79	17,99 ±2,96	80,99 ±0,69
II опытная	76,88 ±0,48	74,67 ±1,61	79,62 ±0,42 ^a	18,96 ±1,67	79,71 ±0,53
III опытная	76,24 ±0,67	70,87 ±0,82	75,98 ±0,68	14,25 ±2,41	80,97 ±0,54
IV опытная	76,94 ±0,95	75,55 ±1,00	79,52 ±0,84	12,49 ±3,59	79,84 ±0,83
V опытная	74,74 ±0,72	83,64 ±0,47 ^b	76,43 ±0,67	19,58 ±2,29	76,38 ±0,67 ^b
VI опытная	79,20 ±0,78	85,08 ±0,56 ^b	81,10 ±0,71 ^b	18,68 ±3,05	80,87 ±0,72

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$; ^c - $p \leq 0,001$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При скармливании цыплятам-бройлерам рациона с включением соевого лецитина (III и IV опытные группы) переваримость органического вещества и БЭВ находилась в пределах контрольных значений. Однако, при введении соевого лецитина в дозе 0,1 % (III опытная группа) в рацион цыплят-бройлеров не оказало положительного действия на переваримость сырого протеина, данный показатель ниже контроля на 0,8 %.

При введении в рацион V опытной группы желчи крупного рогатого скота (доза 0,5 %) отмечается достоверное повышение переваримости сырого жира на 16,2 % ($p \leq 0,01$). В то время как переваримость сырого жира в VI группе (доза 1 %) превысила показатели контроля на 17,6 % ($p \leq 0,01$) с параллельным повышением переваримости сырого протеина на 4,3 % ($p \leq 0,01$) в сравнении с контролем. Данный факт наглядно демонстрирует дозозависимый эффект.

Вводимые в рацион цыплят-бройлеров эмульгирующие вещества оказывают влияние на химический состав тела птицы (таблица 32). Так, анализируя полученные данные, можно отметить, что скармливание эмульгатора

«Лесимакс Премиум» (I и II группы) приводит к достоверному повышению сухого вещества в теле на 1,5 % ($p \leq 0,05$) и 0,8 % ($p \leq 0,05$) соответственно относительно контроля. Статистически значимые значения по отношению жира зафиксированы также во II группе, разница с контролем составила 0,5 % ($p \leq 0,05$). При этом меньшая доза определяет более выраженные различия.

Таблица 32 - Химический состав тела цыплят-бройлеров, % ($M \pm m$)

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир
Контроль	28,2±1,44	16,5±0,50	9,9±0,45
I опытная	29,7±0,29 ^a	16,4±0,23	10,2±0,83
II опытная	29,0±0,52 ^a	16,8±0,72	10,4±0,35 ^a
III опытная	31,6±0,82	18,1±0,59	12,0±0,70
IV опытная	30,6±0,46	18,1±0,38	11,5±0,29
V опытная	31,8±1,37	17,9±0,53	10,9±0,48
VI опытная	29,7±0,54	17,3±0,44	10,3±0,21

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При введении соевого лецитина в рационы цыплят-бройлеров (III и IV группы) была отмечена максимальная разница по содержанию протеина, и составила 1,6 % в сравнении с контролем.

При введении в рацион цыплят-бройлеров желчи крупного рогатого скота (V и VI группы) повышается содержание жира в теле на 1 % и 0,4 %, соответственно относительно контроля. Аналогичная картина прослеживалась в отношении содержанию протеина, концентрация данного показателя в V группе составила – 17,9 %, в VI группе – 17,3 %, что на 1,4 % и 0,8 % превышает контроль.

Таким образом, применение в рационе эмульгирующих добавок способствует повышению переваримости компонентов корма и изменению качественного состава тушек цыплят-бройлеров. Преимущество в переваримости большинства питательных компонентов корма отмечено при скармливании желчи крупного рогатого скота в дозе 1 % (VI группа). Введение в рацион цыплят-бройлеров эмульгирующих добавок сопровождается

повышением уровня протеина и жира в теле, с преимуществом III и IV групп (соевый лецитин) среди тестируемых добавок.

2.3.5 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров

На основании результатов проведенного исследования, нами установлено, что вводимые эмульгирующие вещества оказывают влияние на использование валовой энергии (таблица 33).

Таблица 33 - Баланс энергии в организме опытных цыплят-бройлеров за период эксперимента

Группа	Валовая энергия корма (ВЭ) МДж/гол	Потери энергии с пометом, % от ВЭ	Обменная энергия, МДж/гол	Потери энергии с теплопродукцией, % от ВЭ	Чистая энергия прироста	
					МДж/гол	% от ВЭ
Контроль	63,454	35,353	41,021	42,032	16,107	25,383
I опытная	63,920	32,522	43,131	45,215	15,575	24,366
II опытная	68,913	32,002	46,859	44,780	18,299	26,554
III опытная	62,471	32,458	42,194	41,930	18,251	29,215
IV опытная	70,065	31,833	47,762	45,332	19,764	28,208
V опытная	63,826	30,650	44,264	44,282	16,841	26,386
VI опытная	68,966	26,316	50,817	48,440	17,410	25,244

Так, скармливание цыплятам-бройлерам кормовой добавки «Лесимакс Премиум» в дозе 0,1 % (II опытная группа) и соевого лецитина в дозе 0,2 % (IV опытная) приводило к высшим значениям чистой энергии прироста. Данный показатель составил 18,29 МДж/гол и 19,76 МДж/гол, что превышает контрольные значения на 13,5 % и 22,6 % соответственно.

В I опытной группе показатель энергии прироста был минимален и составил 15,57 МДж/кг, что на 3,3 % ниже контроля. В VI группе потери энергии с теплопродукцией были на 6,4 % выше контрольных значений, и на 2,2 % в сравнении с V группой.

При этом концентрация обменной энергии была минимальная в контрольной группе и составила 25,7 МДж/гол. Максимальные значения отмечены в VI группе, разница с контролем составила 4,7 % (таблица 34).

Таблица 34 - Особенности межклеточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа						
	Контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол	25,67	25,86	26,12	26,27	26,23	26,75	26,89
Коэффициент полезного использования обменной энергии	0,63	0,60	0,70	0,69	0,75	0,63	0,65
Уровень питания	1,37	1,37	1,52	1,51	1,66	1,42	1,45
Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ	12,34	13,32	13,29	14,59	13,65	13,41	14,50
Коэффициент соответствия	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Энергопротеиновое отношение	0,23	0,22	0,23	0,20	0,22	0,23	0,22

Таким образом, установлено, что введение в рацион веществ эмульгирующего функционала влияет на энергетический обмен. В частности, желчь крупного рогатого скота в дозе 1 % приводит к увеличению обменной энергии на 23,8 % с параллельным снижением потерь энергии с пометом. При этом с повышением дозы вводимого вещества их действие усиливается.

2.3.6 Жирнокислотный состав органов и тканей цыплят-бройлеров

Определение жирных кислот (ЖК) в сыворотке крови может быть использовано в качестве потенциальных биомаркеров для мониторинга состояния организма (таблица 35).

Таблица 35 - Жирнокислотный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров в возрасте 21 суток ($M \pm m$), %

Наименование жирной кислоты	Группа						
	Контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Насыщенные жирные кислоты							
Пальмитиновая (C _{16:0})	23,55 ±0,274	24,07 ±1,184	22,10 ±0,551	20,73 ±0,433	22,10 ±0,551	21,70 ±0,404 ^a	20,67 ±0,924 ^a
Стеариновая (C _{18:0})	16,06 ±0,123	18,64 ±0,569	19,23 ±0,273	15,77 ±0,463	19,23 ±0,273	20,43 ±0,257	19,73 ±0,578
Мононенасыщенные жирные кислоты							
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	2,05 ±0,074	1,83 ±0,208	1,67 ±0,203	1,33 ±0,203	1,67 ±0,203	1,90 ±0,058	2,12 ±0,192
Олеиновая (C _{18:1})	27,43 ±0,318	26,30 ±0,608	29,50 ±0,608 ^a	24,43 ±0,837 ^a	29,50 ±0,608	23,30 ±0,173	25,30 ±1,300
Полиненасыщенные жирные кислоты							
Линолевая (C _{18:2})	23,65 ±0,301	20,89 ±0,641 ^a	20,27 ±0,219	28,17 ±0,491	20,27 ±0,219	24,50 ±0,289	23,04 ±1,034
Линоленовая (C _{18:3})	0,60 ±0,032	0,37 ±0,067 ^a	0,59 ±0,110	0,80 ±0,058 ^a	0,59 ±0,110	1,07 ±0,233	0,95 ±0,304

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Линоленовая ЖК снижается в I и III группе на 0,01 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с контрольными значениями. Концентрация линолевой кислоты в I опытной группе была ниже контрольных показателей на 2,76 % ($p \leq 0,05$). Олеиновая кислота, при введении в рацион цыплят-бройлеров эмульгаторов «Лесимакс Премиум» (II опытная группа), повышается на 2,07 % ($p \leq 0,05$), в то время как при скармливании соевого лецитина (III группа) данный показатель снижается на 3 % ($p \leq 0,05$) соответственно, в сравнении с контрольными значениями. Концентрация пальмитиновой ЖК при скармливании желчи снижается в V и VI опытных группах на 1,8 % ($p \leq 0,05$) и 2,8 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Результаты анализа количественного содержания ЖК сыворотки крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток представлены в таблице 36.

Так, среди ненасыщенных жирных кислот, уровень олеиновой кислоты находился ниже контрольных значений на 0,4 % ($p \leq 0,01$). Во II и III опытной группе уровень линолевой кислоты выше контрольных показателей на 1,9 % ($p \leq 0,01$) и 4,4 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

Таблица 36 - Жирнокислотный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток ($M \pm m$), %

Наименование жирной кислоты	Группа						
	Контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Насыщенные жирные кислоты							
Пальмитиновая (C _{16:0})	24,69 ±0,936	21,13 ±0,033a	21,63 ±0,203a	20,73 ±0,433a	21,63 ±0,203	21,70 ±0,404a	20,67 ±0,924a
Стеариновая (C _{18:0})	18,66 ±1,591	19,80 ±0,635	19,37 ±0,406	19,47 ±0,895	19,37 ±0,406	20,43 ±0,257	19,73 ±0,578
Мононенасыщенные жирные кислоты							
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	2,02 ±0,042	1,58 ±0,159a	1,90 ±0,231	1,50 ±0,115	1,90 ±0,231	1,90 ±0,058	2,12 ±0,192
Олеиновая (C _{18:1})	21,57 ±0,895	24,93 ±1,298	21,17 ±0,726	20,47 ±0,291	21,17 ±0,726 ^b	23,30 ±0,173	25,30 ±1,300
Полиненасыщенные жирные кислоты							
Линолевая (C _{18:2})	23,78 ±0,377	22,00 ±0,577a	25,67 ±0,203 ^b	28,20 ±0,462 ^b	25,67 ±0,203	24,50 ±0,289	23,04 ±1,034
Линоленовая (C _{18:3})	0,90 ±0,141	1,09 ±0,121	1,06 ±0,125	0,80 ±0,058	1,06 ±0,125	1,07 ±0,233	0,95 ±0,304

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Насыщенные жирные кислоты, пальмитиновая и пальмитолеиновая, отмечаются достоверным снижением в I группе на 3,6 % ($p \leq 0,01$) и 0,4 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

У птиц липогенез происходит главным образом в печени, и на его долю приходится 95 % синтеза жирных кислот, объединяя ряд связанных ферментативных катализируемых реакций, включая гликолиз и синтез жирных кислот. Результаты анализа количественного содержания ЖК в печени цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток представлены в таблице 37.

Так, скормливание цыплятам-бройлерам рациона с эмульгатором «Лесимакс Премиум» в дозе 0,05 % (I группа) способствовало снижению линолевой и линоленовой кислот на 3,9 % ($p \leq 0,05$) и 0,07 % относительно контрольных показателей. В свою очередь, введение соевого лецитина (III и IV группы) способствовало повышению олеиновой кислоты на 5 % ($p \leq 0,05$) и 1,9 % при сравнении с контролем. Включение в рацион V и VI групп желчи крупного рогатого скота вызвало значительное снижение незаменимой жирной кислоте (линолевой) на 2,3 % и 2,5 %, соответственно относительно контроля.

Таблица 37 - Жирнокислотный состав печени цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток ($M \pm m$), %

Наименование жирной кислоты	Группа						
	Контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Насыщенные жирные кислоты							
Пальмитиновая (C _{16:0})	21,10 ±0,500	21,60 ±0,624	19,80 ±0,351	21,00 ±0,900	19,00 ±0,651	20,90 ±0,666	21,37 ±0,788
Стеариновая (C _{18:0})	16,27 ±0,913	17,43 ±1,017	17,67 ±1,073	14,63 ±0,285	16,87 ±0,928	16,53 ±1,468	15,17 ±0,606
Мононенасыщенные жирные кислоты							
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	1,80 ±0,115	2,30 ±0,153	1,73 ±0,267	2,27 ±0,203	2,03 ±0,186	2,07 ±0,353	1,90 ±0,265
Олеиновая (C _{18:1})	33,43 ±1,497	35,20 ±2,139	37,43 ±0,669	38,50 ±0,586 ^a	35,30 ±0,379	35,37 ±0,664	36,10 ±1,484
Полиненасыщенные жирные кислоты							
Линолевая (C _{18:2})	21,70 ±1,274	17,77 ±0,371 ^a	17,47 ±0,977	18,13 ±0,684	20,80 ±0,961	19,43 ±1,415	19,23 ±0,371
Линоленовая (C _{18:3})	0,60 ±0,058	0,53 ±0,067	0,57 ±0,033	0,70 ±0,115	0,70 ±0,153	0,57 ±0,203	0,73 ±0,033

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Анализируя жирнокислотный состав мышечной ткани (таблица 38) важно отметить достоверное повышение пальмитиновой и линоленовой кислот во II опытной группе («Лесимакс Премиум» в дозе 0,1 %) на 3,4 % ($p \leq 0,05$) и 0,3 % ($p \leq 0,01$) относительно контроля. Достоверное повышение пальмитиновой кислоты также можно отметить и в III опытной группе, при скормливании 0,1 % соевого лецитина, разница с контролем составила 3,4 % ($p \leq 0,01$). При скормливании желчи крупного рогатого скота в дозе 0,5 % (V группа) достоверно повышаются концентрации линолевой и линоленовой кислот, разница с контрольными значениями составила 1,8 % ($p \leq 0,01$) и 0,2 % ($p \leq 0,01$), соответственно.

Таблица 38 - Жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят- бройлеров

(M±m), %

Наименование жирной кислоты	Группа						
	Контроль	опытная					
		I	II	III	IV	V	VI
Насыщенные жирные кислоты							
Пальмитиновая (C _{16:0})	22,33 ±0,463	24,00 ±0,902	25,73 ±0,817 ^a	25,73 ±0,441 ^b	24,97 ±0,384	25,03 ±0,649	24,97 ±0,233
Стеариновая (C _{18:0})	10,03 ±0,467	9,63 ±0,240	9,93 ±0,145	9,70 ±0,058	9,97 ±0,186	10,67 ±0,517	10,43 ±0,120
Мононенасыщенные жирные кислоты							
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	4,07 ±0,145	3,80 ±0,058	3,70 ±0,153	3,73 ±0,088	3,93 ±0,120	3,60 ±0,153	3,63 ±0,148
Олеиновая (C _{18:1})	47,87 ±0,649	45,10 ±1,510	44,93 ±1,105	43,53 ±0,751	43,27 ±0,470	42,93 ±0,837	44,53 ±0,233
Полиненасыщенные жирные кислоты							
Линолевая (C _{18:2})	15,03 ±0,285	16,73 ±0,696	14,77 ±0,318	16,40 ±0,529	16,93 ±0,260	16,87 ±0,088 ^b	15,57 ±0,338
Линоленовая (C _{18:3})	0,67 ±0,033	0,73 ±0,033	0,97 ±0,033 ^b	0,90 ±0,029	0,93 ±0,044	0,90 ±0,029 ^b	0,87 ±0,060

Примечание: ^a - p≤0,05; ^b - p≤0,01 при сравнении контрольной и опытных групп.

Таким образом, полученные данные напрямую свидетельствуют о влиянии эмульгаторов на липидный обмен и его метаболиты, изменяя липиды крови и повышает уровень незаменимых жирных кислот в мышечной ткани цыплят-бройлеров.

2.3.7 Элементный состав тканей тела цыплят-бройлеров

2.3.7.1 Минеральный состав печени цыплят-бройлеров

Внесение в рацион цыплят-бройлеров эмульгатора «Лесимакс Премиум» (I и II опытные группы) способствовало изменению минерального профиля печени (рисунок 5). Так, наблюдается достоверное снижение уровня хрома во II опытной группе на 23,4 % (p≤0,01) относительно контроля. Важно также отметить снижение уровня макроэлементов в I и II опытных группах: кальция на 4,5 % и 13,2 %, калия на 20,2 % и 10,7 %, магния на 18,4 % и 10,3 %, натрия на 8,2 % и 15,2 %, соответственно относительно контроля.

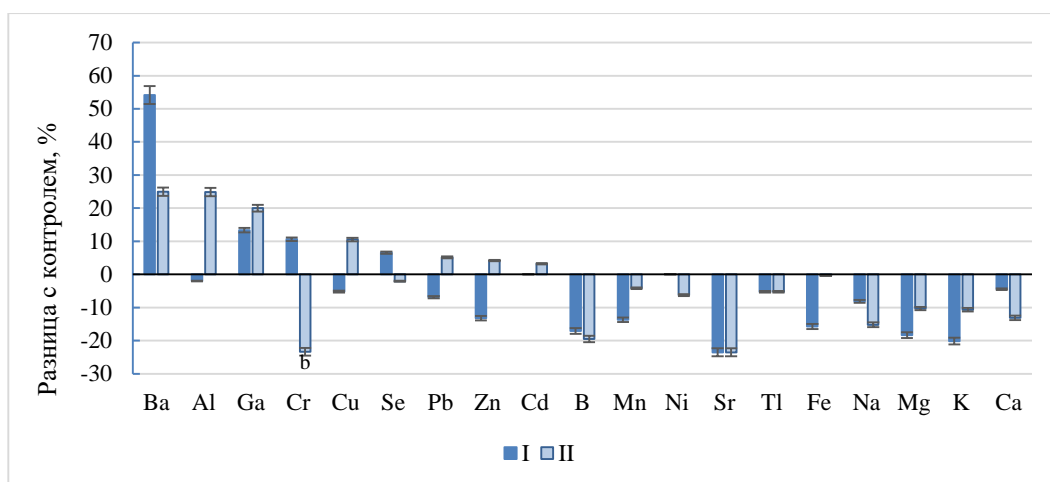


Рисунок 5 - Разница концентрации химических элементов в печени цыплят-бройлеров I и II опытных групп по сравнению с контролем (возраст 42 суток), %. Примечание: ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При скармливании рациона с добавлением соевого лецитина в дозе 0,1 % (III группа) наблюдается достоверное снижение натрия на 26,8 % ($p \leq 0,05$), магния на 25,3 % ($p \leq 0,01$), калия на 27,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно относительно контроля. Аналогичные результаты наблюдаются в IV группе (соевый лецитин в дозе 0,2 %), достоверно снижается уровень магния и калия на 25,2 % ($p \leq 0,05$) и 25,7 % ($p \leq 0,05$) при сравнении с контролем (рисунок 6).

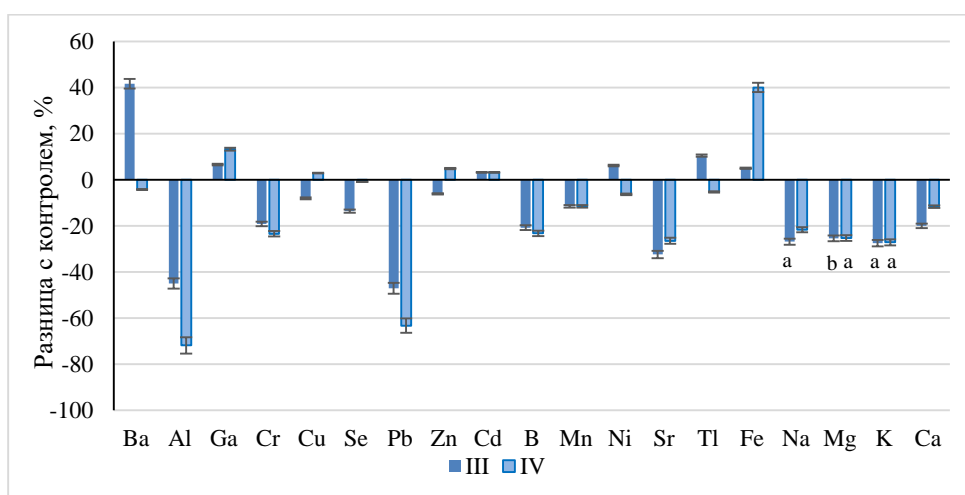


Рисунок 6 - Разница концентрации химических элементов в печени цыплят-бройлеров III и IV опытных групп по отношению к контролю (возраст 42 суток), %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При включении в рацион цыплят-бройлеров V и VI опытных групп желчи крупного рогатого скота, наблюдаются значительные изменения в минеральном составе печени. Так, в V группе, при скармливании 0,5 % желчи крупного рогатого скота, достоверно снижается уровень следующих макроэлементов: натрий на 26,9 % ($p \leq 0,05$), калий на 30,6 % ($p \leq 0,05$) и кальций на 19,2 % ($p \leq 0,05$), соответственно относительно контроля. При увеличении дозы желчи в VI группе до 1% изменение минерального профиля происходит в сторону достоверного снижения алюминия на 21,9 % ($p \leq 0,05$), при одновременном повышении данного показателя в V группе на 5,9 %, при сравнении с контрольными значениями.

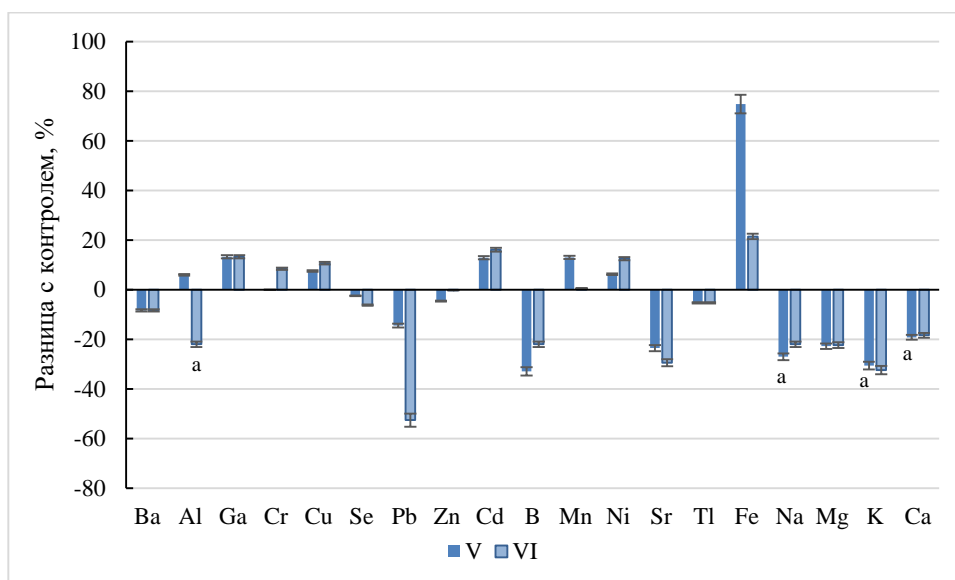


Рисунок 7 - Разница концентрации химических элементов в печени цыплят-бройлеров V и VI опытных групп по отношению к контролю (возраст 42 суток), %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Таким образом, полученные результаты исследований показывают неоднозначность влияния эмульгирующих добавок на обмен химических элементов в организме цыплят-бройлеров. Важно отметить, увеличением дозы вводимых эмульгаторов наблюдается значительное снижение концентраций минералов как в печени.

2.3.7.2 Минеральный состав тела цыплят-бройлеров

Скармливание эмульгаторов сказалось не только на минеральном составе печени, но и на элементном составе всего организма (рисунок 8-13).

В I опытной группе изменения выражались в достоверном повышении меди на 42,1 % ($p \leq 0,05$), натрия на 7,1 % ($p \leq 0,01$) и магния на 2,3 % ($p \leq 0,05$), при одновременном снижении селена на 18 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с контролем (рисунок 8).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (I гр)} = \frac{\uparrow \text{Co, Ba, Cu, Mn, Pb, Sr, Ga, Na, Ni, Zn, K, Mg, Fe}}{\downarrow \text{Cd, Ca, Cr, Se}}$$

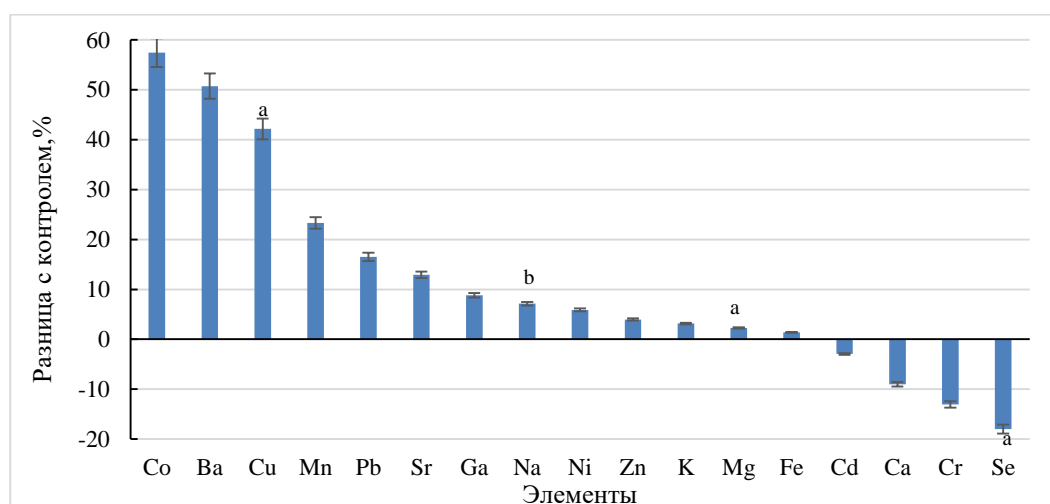


Рисунок 8 - Разница концентрации химических элементов в теле цыплят-бройлеров I опытной группы по отношению к контролю, %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Во II опытной группе эмульгатор Лесимакс Премиум в дозе 0,1 % способствовал достоверному повышению натрия на 9,3 % ($p \leq 0,05$) при одновременном снижении железа на 10,3 % ($p \leq 0,05$) и селена на 19 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля (рисунок 9).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (II гр)} = \frac{\uparrow Cr, Na, Sr, K}{\downarrow Mg, Zn, Cu, Ba, Fe, Ca, Ni, Se, Mn, Co, Ga, Cd, Pb}$$

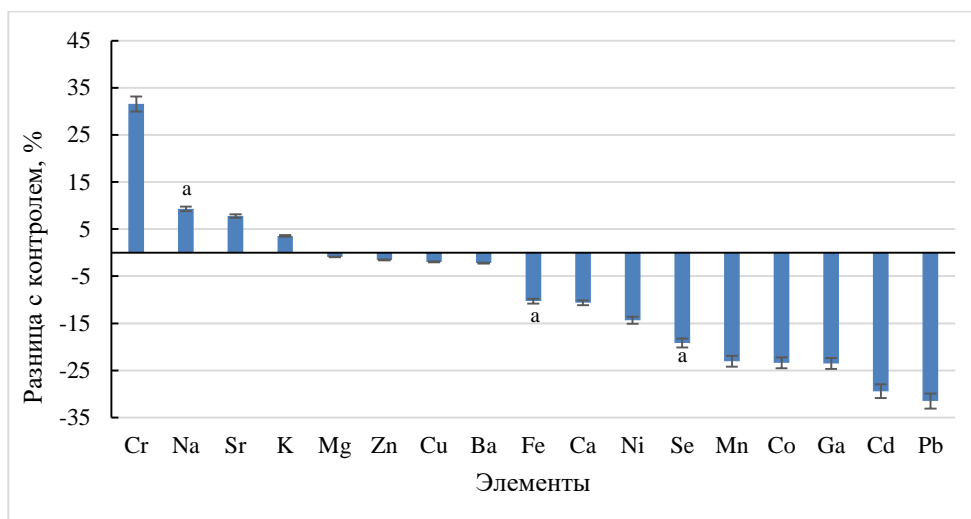


Рисунок 9 - Разница концентрации химических элементов в теле цыплят-бройлеров II опытной группы по отношению к контролю, %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

На основании полученных результатов можно предположить, что введение в рацион эмульгатора Лесимакс Премиум (I и II опытные группы) способствует изменению минерального профиля в организме цыплят – бройлеров, повышая концентрацию стронция, натрия и калия, при этом снижая уровень кадмия, кальция и селена.

Элементный профиль I и II опытной группы выглядит следующим образом:

$$\text{ЭП («Лесимакс Премиум»)} = \frac{\uparrow Sr, Na, K}{\downarrow Cd, Ca, Se}$$

При введении в рацион III группы соевого лецитина наблюдается достоверное повышение калия на 5,4 % ($p \leq 0,05$) при одновременном снижении

никеля на 12,8 % ($p \leq 0,01$) и селена на 13,9 % ($p \leq 0,05$) при сравнении с контролем (рисунок 10).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (III гр)} = \frac{\uparrow \text{Cr, Sr, K, Mg, Na, Fe}}{\downarrow \text{Cu, Ba, Co, Ca, Zn, Mn, Pb, Ni, Se, Ga, Cd}}$$

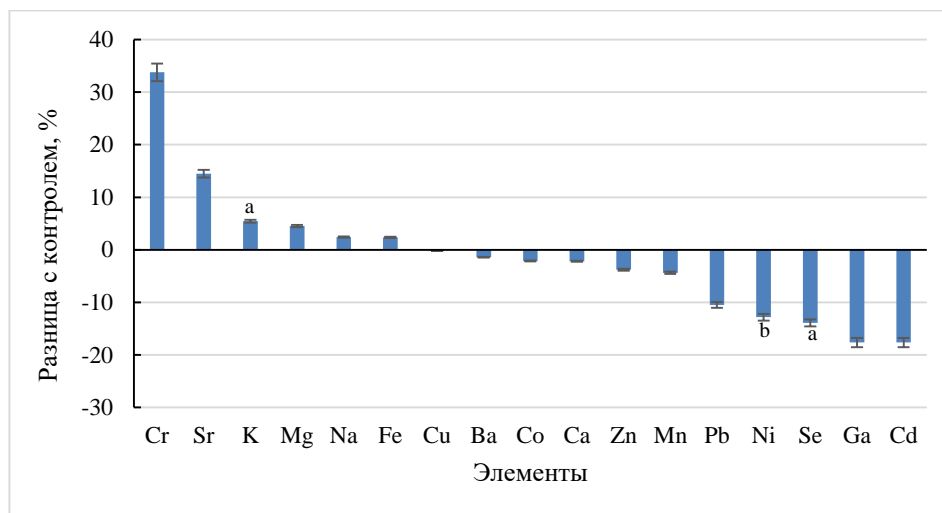


Рисунок 10 - Разница концентрации химических элементов в теле цыплят-бройлеров III опытной группы по отношению к контролю, %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При повышении дозы соевого лецитина до 0,2 % в рационе цыплят-бройлеров (IV группа) наблюдается достоверное снижение кальция на 16,7 % ($p \leq 0,01$) относительно контроля (рисунок 11).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (IV гр)} = \frac{\uparrow \text{Ba, Fe, Co, Na, Mn, Ni, Zn, Mg, Ga, Cu}}{\downarrow \text{Cr, K, Se, Ca, Pb, Cd}}$$

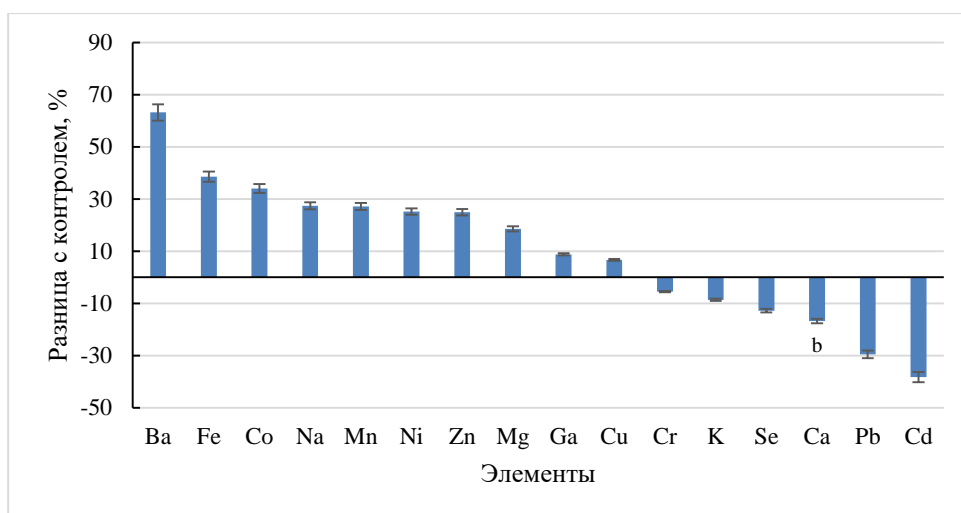


Рисунок 11 - Разница концентраций химических элементов в тканях цыплят-бройлеров IV опытной группы по отношению к контролю %. Примечание: ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Анализ минерального состава тела III и IV опытных групп, свидетельствует о непосредственном влиянии эмульгатора на состав химический элементов в организме птицы. Ввод соевого лецитина в дозе 0,1 % и 0,2 % в рационы цыплят-бройлеров способствовал изменению минерального профиля в сторону повышения концентраций магния, натрия и железа, с параллельным снижением кадмия, кальция, селена и свинца в опытных группах.

Элементный профиль III и IV опытных групп выглядит следующим образом:

$$\text{ЭП (Соевый лецитин)} = \frac{\uparrow Mg, Na, Fe}{\downarrow Cd, Ca, Se, Pb}$$

Скармливание цыплятам-бройлерам 0,5 % желчи крупного рогатого скота (V опытная группа) способствовало достоверному снижению кадмия на 29,4 % ($p \leq 0,05$) и селена на 5,7 % ($p \leq 0,01$), при одновременном повышении натрия на 8,6 % ($p \leq 0,01$), в сравнении с контрольными значениями (рисунок 12).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (V гр)} = \frac{\uparrow \text{Ba, Cu, Co, Pb, Sr, Cr, Ni, Fe, Mn, Na, Ga, K, Ca, Mg}}{\downarrow \text{Zn, Se, Cd}}$$

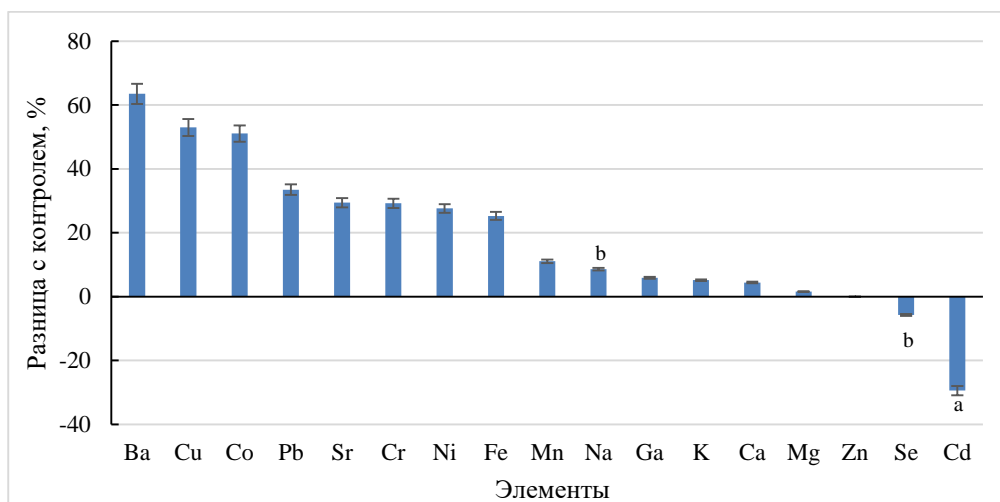


Рисунок 12 - Разница концентрации химических элементов в теле цыплят-бройлеров V опытной группы по отношению к контролю, %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При увеличении ввода желчи до 1 % (VI опытная группа) достоверно повышается уровень кальция на 18,9 % ($p \leq 0,01$), натрия на 13 % ($p \leq 0,05$) и магния на 7,4 % ($p \leq 0,05$), в то время как концентрация селена снизилась на 18 % ($p \leq 0,01$), относительно показателей контрольной группы (рисунок 13).

Элементный профиль данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (VI гр)} = \frac{\uparrow \text{Sr, Co, Ba, Mn, Ca, Fe, Ga, Na, Ni, Mg, Zn, K}}{\downarrow \text{Cr, Se, Cd, Pb}}$$

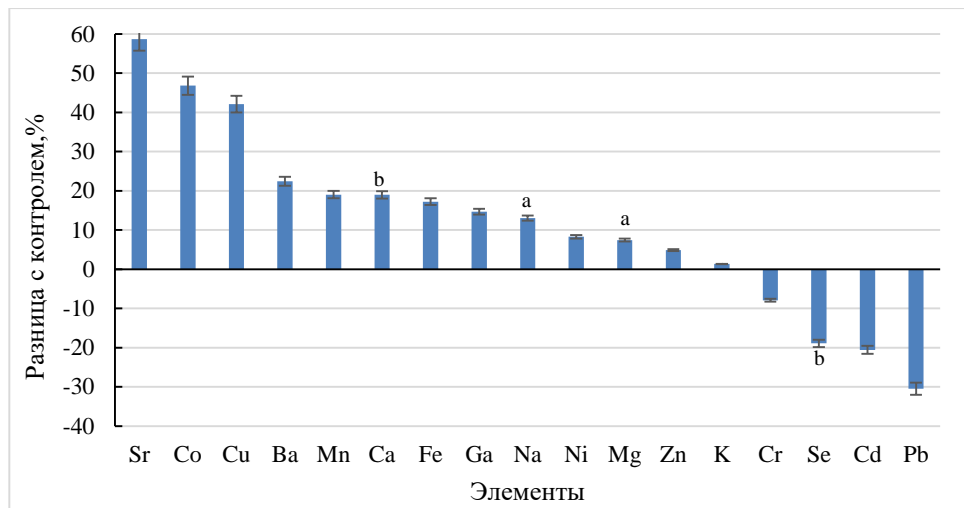


Рисунок 13 - Разница концентрации химических элементов в теле цыплят-бройлеров VI опытной группы по отношению к контролю, %. Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп.

На фоне скармливания желчи крупного рогатого скота в дозах 0,5 % и 1 % наблюдается тенденция к повышению ряда элементов (барий, кобальт, стронций, никель, железо, марганец, натрий, калий, кальций и магний), в то время как уровень селена и кадмия в теле снижается.

Элементный профиль V и VI опытных групп выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (Желчь)} = \frac{\uparrow \text{Ba, Co, Sr, Ni, Fe, Mn, Na, Ga, K, Ca, Mg}}{\downarrow \text{Se, Cd}}$$

Несмотря на значительное различие продуктивности живой массы между цыплятами-бройлерами всех опытных групп, изменения в минеральном статусе организма птицы носили схожий характер.

Элементный профиль выглядел следующим образом:

$$\text{ЭП (Эмульгаторы)} = \frac{\uparrow \text{Na}}{\downarrow \text{Se, Cd}}$$

Таким образом, проведенные нами исследования, указывают на необходимость нормирования рационов минералами, при скормливании цыплятам – бройлерам рационов с жирами и эмульгаторами. Так, снижение концентраций селена, цинка, кальция и хрома требует дополнительной корректировки при составлении рационов для высокопродуктивных кроссов птиц.

2.3.7.3 Минеральный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров

Сыворотку крови часто анализируют с целью определения минерального статуса животных (рисунок 14). Так, достоверное снижение уровня магния в сыворотке крови наблюдается в VI группе, при скормливании желчи крупного рогатого скота в дозе 1 %, разница с контролем составила 7 % ($p \leq 0,05$). Важно отметить снижение концентрации кальция во II, III, IV, V и VI группах на 13,4 %, 15,2 %, 13,4 %, 20,8 % и 24,9 %, соответственно.

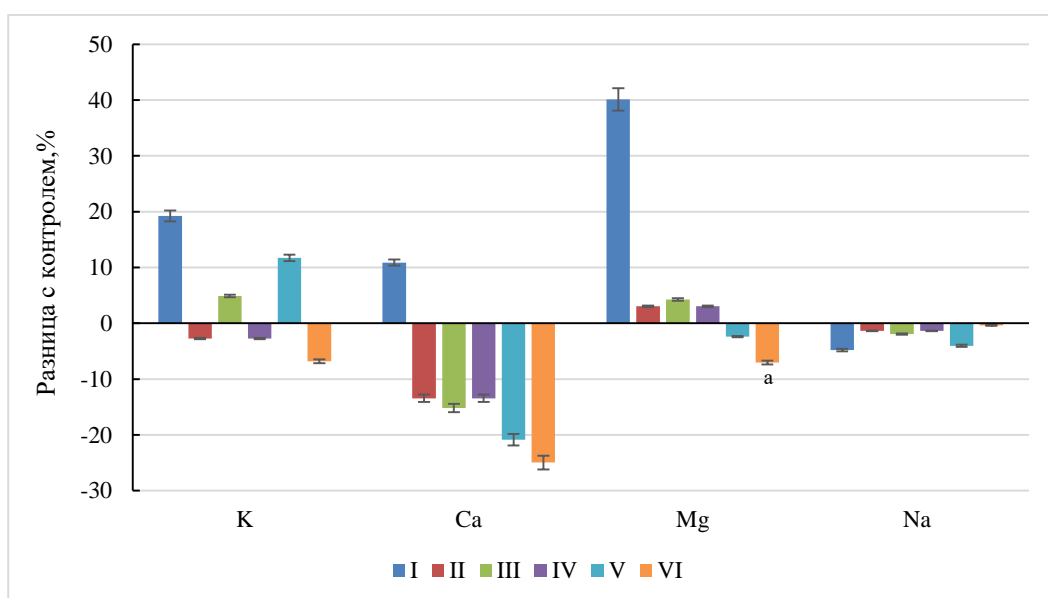


Рисунок 14 - Разница концентраций макроэлементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров опытных групп по отношению к контролю, %. Примечание:

^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

При анализе микроэлементов наблюдается достоверное снижение в VI группе концентрации железа на 30,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля (рисунок 15). Во всех опытных группах, за исключением VI, наблюдается повышение цинка в I группе на 25,6 %, во II на 8,5 %, в III на 12 %, в IV на 8,5 % и в V на 5,5 %, соответственно.

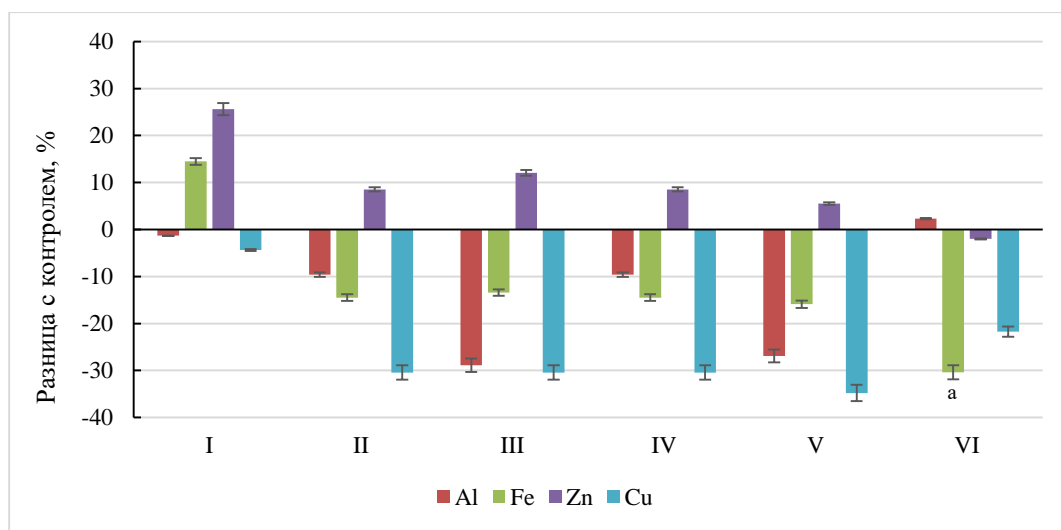


Рисунок 15 - Разница концентраций микроэлементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров опытных групп по отношению к контролю, %. Примечание:

^a - $p \leq 0,05$ при сравнении контрольной и опытных групп.

Анализ элементного состава тела цыплят-бройлеров показал, что скармливание эмульгаторов различного происхождения оказывает влияние на концентрацию химических элементов. С увеличением дозы введения «Лесимакс премиум» количество элементов, концентрация которых снижается увеличивается. Перечень элементов, диапазон которых изменяется при введении разных эмульгаторов повторяется. Нормирование некоторых элементов: кальций, хром и селен, при использовании эмульгаторов требует особого внимания и дополнительной коррекции.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о неоднозначности влияния эмульгирующих добавок на изменение минерального состава органов и тканей цыплят-бройлеров. Изменение минерального профиля организма опытных цыплят-бройлеров свидетельствует о участии эмульгаторов в обменных процессах, однако данные изменения варьируются в зависимости от вида добавки и вводимой дозы.

2.3.8 Микробное сообщество

Желудочно-кишечный тракт является одной из крупнейших систем организма и имеет высокие потребности в обмене веществ и питательных веществах.

Анализ результатов метагеномного секвенирования фрагмента гена 16srРНК показал, что микробиом слепой кишки птиц контрольной группы в основном представлен бактериями таксона *Bacillota* (71,5 %) (таблица 39).

Среди наиболее многочисленных также были отмечены бактерии, относящиеся к филумам *Bacteroidota* (11,5 %), *Campilobacterota* (7,61 %) и *Verrucomicrobia* (6,02 %). Преобладающими таксонами на уровне класса являлись *Bacteroidia* (семейства *Bacteroidaceae* и *Rikenellaceae*), *Clostridia* (семейства *Lachnospiraceae*, *Oscillospiraceae* и *Lactobacillaceae*), *Negativicutes* (семейства *Selenomonadaceae* и *Veillonellaceae*), *Epsilonproteobacteria* (семейство *Helicobacteraceae*) и *Verrucomicrobiae* (семейство *Akkermansiaceae*). На уровне рода наиболее многочисленными являлись бактерии, относящиеся к *Alistipes*, *Helicobacter*, *Mediterraneibacter*, *Ruminococcus* 2, *unclassified Lachnospiraceae*, *unclassified Oscillospiraceae*, *Megamonas*, *Allisonella* и *Akkermansia*.

Таблица 39 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров контрольной группы, %

Таксон	Группа
	Контроль
phylum	
<i>Bacillota</i>	71,52±13,230
<i>Bacteroidota</i>	11,51±9,850
<i>Campilobacterota</i>	7,61±7,556
<i>Verrucomicrobia</i>	6,02±4,560
Другие*	3,34±0,89
class	
<i>Clostridia</i>	56,40±12,878
<i>Bacteroidia</i>	10,99±9,709
<i>Negativicutes</i>	9,70±1,059
<i>Epsilonproteobacteria</i>	7,61±7,556
<i>Verrucomicrobiae</i>	6,02±4,560
<i>Bacilli</i>	4,14±0,279
Другие*	5,14±0,751
family	
<i>Rikenellaceae</i>	9,84±8,721
<i>Bacteroidaceae</i>	1,08±0,942
<i>Lachnospiraceae</i>	41,65±15,220
<i>Lactobacillaceae</i>	3,61±0,045
<i>Oscillospiraceae</i>	9,57±1,182
<i>Selenomonadaceae</i>	4,21±0,735
<i>Veillonellaceae</i>	5,49±1,794
<i>Helicobacteraceae</i>	7,61±7,556
<i>Akkermansiaceae</i>	6,02±4,560
<i>Erysipelotrichaceae</i>	1,21±1,02
Другие*	10,92 ±4,56
genus	
<i>Alistipes</i>	8,97±8,367
<i>Helicobacter</i>	7,61±7,556
<i>Mediterraneibacter</i>	9,62±2,958
<i>Ruminococcus 2</i>	7,22±5,859
<i>unclassified_Lachnospiraceae</i>	14,47±7,650
<i>unclassified_Oscillospiraceae</i>	5,68±1,473
<i>Megamonas</i>	4,21±0,735
<i>Allisonella</i>	5,49±1,789
<i>Akkermansia</i>	6,02±4,560
Другие*	30,71±0,98

Примечание: * - в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых, не превышает 2% от бщего числа

Использование в рационе цыплят эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозировке 0,5 г/кг корма способствовало более высокому количеству в

микробиоме слепой кишки бактерий филумов *Bacteroidota* и *Bacillota* на 7,36 и 2 ($p \leq 0,05$) % соответственно в сравнении с контролем. В тоже время наблюдалось меньшее количество микроорганизмов филумов *Verrucomicrobia* и *Campilobacterota*, что было связано с более низкой численностью бактерий р. *Akkermansia* и р. *Helicobacter*, которыми в основном были представлены данные таксоны. В микробиоме слепой кишки цыплят I группы было отмечено более высокое содержание бактерий семейств *Oscillospiraceae* (выше на 18 %, $p \leq 0,001$) и *Rikenellaceae* (выше на 5,07 %), и более низкое содержание микроорганизмов семейств *Lachnospiraceae* (ниже на 9,17 %, $p \leq 0,05$), *Bacteroidaceae* (ниже на 8,48 %) и *Selenomonadaceae* (ниже на 4,2 %, $p \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Микробиота слепой кишки цыплят I группы характеризовалась более низким чем в контроле количеством бактерий, относящихся к *unclassified Lachnospiraceae* (ниже на 6,51 %), *Ruminococcus 2* (ниже на 3,82 %) и *Megamonas* (ниже на 4,2 %, $p \leq 0,05$). В тоже время отмечалось более высокое содержание бактерий, относящихся к *unclassified Oscillospiraceae* (больше на 14,1 %, $p \leq 0,01$) и *Alistipes* (больше на 5,82 %).

Применение эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозировке в 1 г/кг корма в рационе цыплят характеризовалось схожими изменениями в микробиоме слепой кишки цыплят, которые были отмечены при использовании меньшей концентрации добавки (таблица 40). Аналогично, во второй группе отмечалось более низкое количество бактерий семейств *Lachnospiraceae* (ниже на 11,3 %, $p \leq 0,001$), *Bacteroidaceae* (ниже на 8,25 %), *Selenomonadaceae* (ниже на 4,08 %, $p \leq 0,05$) и *Akkermansiaceae* (ниже на 5,98 %), и более высокое число микроорганизмов *Oscillospiraceae* (выше на 20,2 %, $p \leq 0,05$) и *unclassified Eubacteriales* (выше на 5,08 %) в сравнении с контролем. Особенностью действия увеличенной дозировки эмульгатора на микробиом являлось более ярко выраженный эффект на уровне семейства при сравнении I и II групп.

Таблица 40 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров I и II опытной группы, %

Таксон	Группа	
	I опытная	II опытная
phylum		
<i>Bacteroidota</i>	18,87±12,933 ^a	10,94±0,003
<i>Bacillota</i>	73,59±15,542 ^a	77,54±1,608
<i>Campilobacterota</i>	3,79±1,923	4,56±0,053
<i>Verrucomicrobia</i>	0,21±0,076	0,04±0,041
Другие*	3,54±1,56	6,92±2,75
class		
<i>Bacteroidia</i>	18,30±12,817	9,90±0,127
<i>Clostridia</i>	63,70±13,833 ^a	69,22±0,491 ^a
<i>Negativicutes</i>	5,06±1,378	4,49±1,076
Другие*	12,94±2,63	16,39±4,36
family		
<i>Rikenellaceae</i>	14,91±11,638	5,57±1,672
<i>Lachnospiraceae</i>	32,48±15,496 ^a	30,34±1,485 ^c
<i>Oscillospiraceae</i>	27,61±0,838 ^c	29,77±5,378 ^a
<i>Veillonellaceae</i>	5,05±1,378	4,36±1,208
<i>Erysipelotrichaceae</i>	1,67±0,93	1,28±0,32
Другие*	19,95±4,89	29,96±6,23
genus		
<i>Alistipes</i>	14,79±11,554	4,72±1,531
<i>Helicobacter</i>	3,79±1,923	4,56±0,053
<i>Mediterraneibacter</i>	9,27±6,349	4,37±1,209
<i>unclassified Lachnospiraceae</i>	7,96±3,180	8,47±1,076
<i>Unclassified Peptococcaceae I</i>	5,60±5,541	0,12±0,047
<i>unclassified Oscillospiraceae</i>	19,74±1,677 ^b	16,51±2,784
<i>Faecalibacterium</i>	1,54±0,023	7,52±2,336
<i>Allisonella</i>	5,03±1,402	4,36±1,208
<i>Fusicatenibacter</i>	2,41±1,273	4,21±4,113
<i>unclassified Eubacteriales</i>	2,64±0,343	6,60±3,150
Другие*	27,23±14,36	38,56±16,75

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$; ^c - $p \leq 0,001$ при сравнении контрольной и опытных групп; * - в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых, не превышает 2% от бщего числа

Аналогично, на уровне рода для отдельных групп бактерий, отмечалось более выраженное изменение численности (*Mediterraneibacter*, *Faecalibacterium* и *unclassified Eubacteriales*), в микробиоме слепой кишки цыплят II группы в сравнении с I группой. Исключение составили микроорганизмы, относящихся к

unclassified Oscillospiraceae, численность которых была достоверно выше при использовании эмульгатора в дозе 0,5 г/кг корма.

Анализ индексов альфа-разнообразия показал высокое богатство и выравненность таксонов микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров (таблица 41). Отмечены достоверно более высокие показатели индекса Chao1 в первой и второй группах в сравнении с контролем, что свидетельствовало о тенденции к увеличению числа таксонов в микробиомах опытных групп.

Таблица 41 - Индексы альфа-разнообразия микробиоты кишечника контрольной и опытных групп

Показатель	Группа			P-value
	Контроль	I опытная	II опытная	
Chao1	319	417	443,5	0,05
Fisher's alpha	49,85	66,655	73,55	0,08
Simpson	0,935	0,935	0,975	0,23
Shannon	3,705	4,085	4,515	0,12

Расчет бета-разнообразия показал наличие различий ($p\text{-value} = 0,043$) в организации бактериальных сообществ между опытными и контрольной группами, при этом достоверных различий между опытными группами выявлено не было ($p\text{-value} = 0,677$) (рисунок 16).

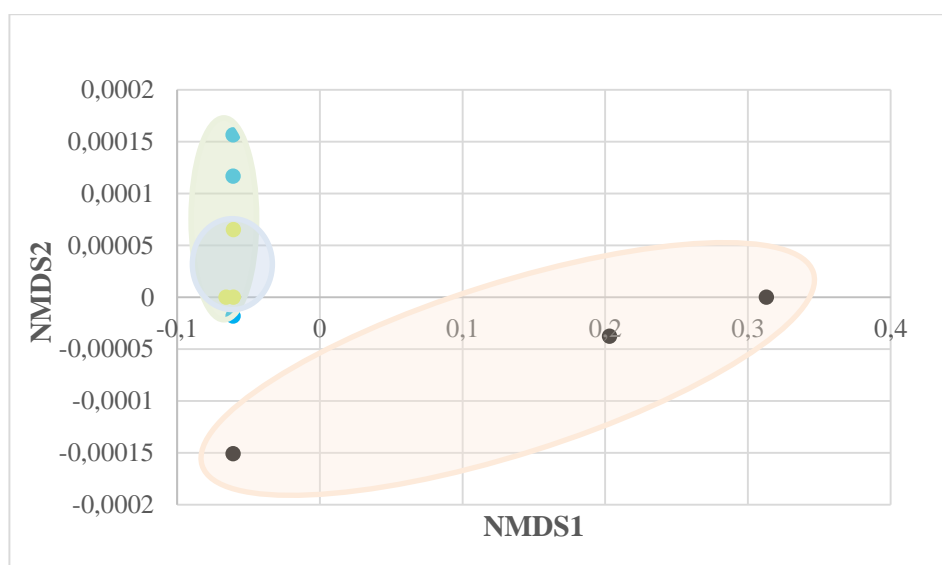


Рисунок 16 - Бета разнообразие микробиоты кишечника цыплят - бройлеров исследуемых групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса.

Изменения в микробиоме слепой кишки цыплят-бройлеров III группы, при использовании добавки «соевый лецитин» в дозе 1 г/кг корма, были связаны в основном с увеличением числа микроорганизмов филума *Bacteroidota* (на 8,14 %) и снижением числа бактерий филумов *Verrucomicrobia* (не выявлен) и *Campilobacterota* (на 4,16 %, был представлен единственным р. *Helicobacter*) в сравнении с контролем (таблица 42).

В рамках таксона *Bacteroidota*, в сравнении с контрольными значениями, отмечалось более высокое количество бактерий класса *Bacteroidia* (выше на 7,56 %), семейства *Rikenellaceae* (больше на 7,95 %) и рода *Alistipes* (больше на 8,54 %), и более низкая численность микроорганизмов семейства *Bacteroidaceae* (ниже на 10,6 %).

Существенных различий, при сравнении микробиомов слепой кишки цыплят контрольной и III групп, по количеству микроорганизмов, относящихся к филуму *Bacillota*, нами выявлено не было. В тоже время в рамках данного таксона, в микробиоме цыплят III группы в сравнении с контролем, наблюдалось достоверно большее количество бактерий семейства *Oscillospiraceae* (больше на 6,29 %, $p \leq 0,001$), р. *Allisonella* (больше 2,33 %, $p \leq 0,05$) и *unclassified Oscillospiraceae* (больше на 4,32 %, $p \leq 0,001$). Также было отмечено снижение численности микроорганизмов, относящихся к *Ruminococcus 2* и *unclassified Lachnospiraceae* в сравнении с контрольными значениями.

Использование в рационе добавки «соевый лецитин» в дозе 2 г/кг корма, способствовало увеличению в микробиоме кишечника цыплят-бройлеров числа бактерий таксона *Bacteroidota* и снижению количества микроорганизмов филума *Bacillota*. В микробиоме слепой кишки цыплят-бройлеров IV группы, отмечалось более высокое содержание бактерий, относящихся к *Rikenellaceae* (больше на 7,62 %), *Oscillospiraceae* (больше на 12,3 %), *unclassified Eubacteriales* (на 9 %), *Selenomonadaceae* (на 9 %), *Alistipes* (больше на 8,03 %), *Megamonas* (на 9 %), *unclassified Oscillospiraceae* (больше на 9,93 %) в сравнении с контролем. Было отмечено, в сравнении с контролем, меньшее число бактерий семейств *Lachnospiraceae* (ниже на 22,3 %, $p \leq 0,01$), *Bacteroidaceae* (ниже на 9,7 %), родов

Ruminococcus 2 (ниже на 5,71 %), *Mediterraneibacter* (ниже на 5,65 %, $p \leq 0,05$) и микроорганизмов относящихся к *unclassified Lachnospiraceae* (ниже на 8,25 %) в микробиоте слепой кишки цыплят-бройлеров.

Таблица 42 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров III и IV опытных групп, %

Таксон	Группа	
	III опытная	IV опытная
phylum		
<i>Bacteroidota</i>	19,65±14,889	20,63±6,363
<i>Bacillota</i>	71,13±20,783 ^a	66,03±6,677 ^a
<i>Campilobacterota</i>	3,45±2,772	8,23±0,948
Другие*	5,77±3,010	5,11±4,265
class		
<i>Bacteroidia</i>	18,55±14,345	19,95±6,726
<i>Clostridia</i>	58,41±18,958 ^a	44,68±14,655 ^a
<i>Negativicutes</i>	7,84±1,913	17,23±10,808
Другие*	15,3 ±11,569	18,14±9,658
family		
<i>Rikenellaceae</i>	17,79±14,000	17,46±6,465
<i>Bacteroidaceae</i>	0,43±0,080	1,29±1,289
<i>Lachnospiraceae</i>	37,73±20,680	19,38±5,088 ^b
<i>unclassified Eubacteriales</i>	3,22±0,501	2,30±0,906
<i>Oscillospiraceae</i>	15,86±0,724 ^c	21,86±8,153
<i>Veillonellaceae</i>	7,84±1,913	4,01±0,023
<i>Erysipelotrichaceae</i>	1,25±0,19	2,00±1,28
Другие*	17,13±4,569	33,70±6,781
genus		
<i>Alistipes</i>	17,51±14,005	17,00±6,678
<i>Helicobacter</i>	3,45±2,772	8,21±0,928
<i>Mediterraneibacter</i>	9,70±6,575	3,97±0,664 ^a
<i>unclassified_Lachnospiraceae</i>	10,80±5,291	6,22±1,737
<i>unclassified_Oscillospiraceae</i>	10,00±0,141 ^c	15,61±7,685
<i>Faecalibacterium</i>	7,25±3,816	1,65±1,005
<i>Allisonella</i>	7,82±1,924 ^a	3,98±0,003
<i>unclassified_Clostridiales</i>	3,22±0,501	2,30±0,906
<i>Ruminococcus2</i>	0,86±0,816	1,51±0,691
<i>Megamonas</i>	-	13,21±10,820
Другие*	29,39±3,456	26,34±6,482

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$; ^c - $p \leq 0,001$ при сравнении контрольной и опытных групп; * - в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых, не превышает 2% от бщего числа

Несмотря на аналогичное действие различных дозировок добавки «соевый лецитин» на микробиом слепой кишки цыплят-бройлеров, более явное действие, в отношении основных таксономических групп бактерий, наблюдалось для концентрации 2 г/кг корма.

Расчет индексов альфа-разнообразия показал высокое биоразнообразие в микробиоте слепой кишки, однако достоверных различий между контрольной и опытными группами выявлено не было (таблица 43).

Таблица 43 - Индексы альфа-разнообразия микробиоты кишечника контрольной и опытных групп

Показатель	Группа			P-value
	Контроль	III опытная	IV опытная	
chao1	319	403	393	0,43
Fisher's alpha	49,85	64,75	63,45	0,41
Simpson	0,935	0,92	0,925	0,95
Shannon	3,705	3,89	3,88	0,94

Анализ бета-разнообразия также не показал достоверных различий в организации бактериальных сообществе в микробиоте слепой кишки как при сравнении опытных групп с контрольной, так и при сравнении III и IV групп между собой (p-value = 0,87) (рисунок 17).

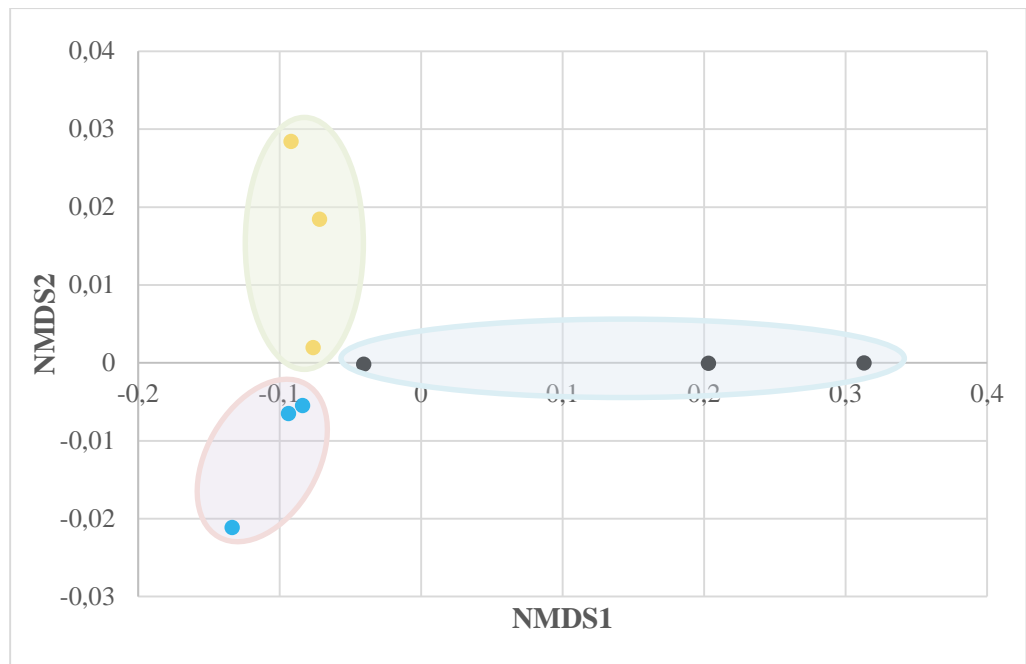


Рисунок 17 - Бета-разнообразие микробиты кишечника цыплят-бройлеров исследуемых групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса.

Применение желчи крупного рогатого скота в рационе цыплят-бройлеров способствовало изменению количественного соотношения бактерий основных таксономических групп в микробиоме слепой кишки цыплят-бройлеров V и VI групп (таблица 44). В микробиоме кишечника цыплят-бройлеров V группы отмечался сдвиг в сторону увеличения числа микроорганизмов филума *Bacillota* (+ 15,6 %, $p \leq 0,01$), и снижения численности бактерий таксонов *Bacteroidota* (- 5,07), *Campilobacterota* (- 7,44 %) и *Verrucomicrobia* (- 4,09 %) в сравнении контрольными значениями. Количество микроорганизмов, относящихся к семействам *Bacteroidaceae* и *Rikenellaceae* в микробиоме было ниже контрольных значений на 10,3 и 5,24 %, принадлежащих к родам *Alistipes*, *Helicobacter* и *Akkermansia* меньше на 7,23, 7,44 и 4,1 % соответственно.

Таблица 44 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров V и VI опытной группы, %

Таксон	Группа	
	V опытная	VI опытная
phylum		
<i>Bacteroidota</i>	6,44±5,166	5,77±3,416
<i>Bacillota</i>	87,16±4,227 ^b	84,95±9,518 ^a
<i>Campilobacterota</i>	0,17±0,164	0,22±0,065
<i>Verrucomicrobia</i>	1,92±0,633	1,55655±0,697
Другие*	4,31 ±1,364	7,56 ±1,412
class		
<i>Bacteroidia</i>	5,60±1,490	4,80±0,705
<i>Clostridia</i>	74,66±0,349 ^b	74,75±7,792 ^a
<i>Negativicutes</i>	5,83±1,104 ^a	4,45±1,036 ^a
Другие*	13,91±2,569	16,00±2,653
family		
<i>Rikenellaceae</i>	4,60±1,659	3,76±0,453
<i>Bacteroidaceae</i>	0,66±0,551	0,31±0,059
<i>Lachnospiraceae</i>	49,52±4,726 ^a	48,04±4,836 ^b
<i>Oscillospiraceae</i>	21,76±12,188	23,06±1,087 ^b
<i>Veillonellaceae</i>	5,83±0,104	4,45±1,036
<i>Erysipelotrichaceae</i>	1,94±0,21 ^b	3,48±0,48 ^a
Другие*	17,63±4,251	20,38±3,261
genus		
<i>Fusicatenibacter</i>	21,95±5,280	11,86±2,792 ^a
<i>Alistipes</i>	1,74±0,840	3,14±2,349
<i>Helicobacter</i>	0,17±0,164	0,22±0,065
<i>Akkermansia</i>	1,92±1,633	1,55655
<i>Rikenella</i>	2,84±0,820	0,60±0,089 ^a
<i>Mediterraneibacter</i>	5,46±0,535 ^a	7,30±6,097
<i>unclassified_Lachnospiraceae</i>	11,32±0,252	13,71±2,817
<i>Blautia</i>	2,68±0,292	2,84±1,650
<i>Clostridium XIVa</i>	2,12±0,071	1,86±0,698
<i>Faecalibacterium</i>	2,19±0,173	4,03±3,229
<i>Subdoligranulum</i>	3,12±0,493	0,90±0,494
<i>unclassified_Oscillospiraceae</i>	11,84±6,264	14,22±0,964 ^b
<i>Allisonella</i>	5,82±1,097	4,43±1,035
<i>Vampirovibrio</i>	1,34±1,067	2,66±2,083
<i>Bilophila</i>	1,39±0,290	2,27±1,294
<i>Ruminococcus2</i>	1,99±0,603	4,63±1,083
<i>unclassified_Clostridiales</i>	9,56±1,540	2,49±0,057
Другие*	12,55±2,689	21,34±4,458

Примечание: ^a - $p \leq 0,05$; ^b - $p \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытных групп; * - в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых, не превышает 2% от бщего числа

По сравнению с контролем, в пределах филума *Bacillota* было выявлено более высокое содержание микроорганизмов семейств *Oscillospiraceae* (больше на 12,2 %), *Lachnospiraceae* (больше на 7,87 %, $p \leq 0,05$), *Erysipelotrichaceae* (больше на 0,73 %, $p \leq 0,05$), р. *Fusicatenibacter* (больше на 19,9 %) и *unclassified Oscillospiraceae* (больше на 6,16 %), и меньшее число бактерий р. *Mediterraneibacter* (меньше на 4,16 %, $p \leq 0,05$) и р. *Ruminococcus 2* (меньше на 5,23 %).

Увеличение содержания желчи крупного рогатого скота в рационе цыплят-бройлеров VI группы до 10 г/кг корма приводило к аналогичным количественным изменениям в микробиоме слепой кишки, что и меньшая дозировка в V группе. В сравнении с контролем отмечались достоверно более высокие значения количества бактерий филума *Bacillota* (больше на 13,4 %, $P \leq 0,05$), класса *Clostridia* (больше на 18,4 % $p \leq 0,05$), семейств *Oscillospiraceae* (больше на 13,5 %, $p \leq 0,01$), *Erysipelotrichaceae* (больше на 2,27 %, $p \leq 0,05$) и *Lachnospiraceae* (больше на 6,39 %, $p \leq 0,01$), р. *Fusicatenibacter* (больше на 9,82 %, $p \leq 0,05$) и *unclassified Oscillospiraceae* (больше на 8,54 %, $p \leq 0,01$).

Аналогично действию дозы 5 г/кг корма, воздействие более высокой концентрации желчи крупного рогатого скота приводило к более низким значениям численности в микробиоме бактерий р. *Alistipes*, р. *Helicobacter*, р. *Akkermansia*, р. *Mediterraneibacter* и р. *Ruminococcus 2* в сравнении с контролем.

Индексы альфа-фарзообразия показали богатство, разнообразие и однородность исследуемых микробиомов. В V и VI группах наблюдались достоверно более высокие показатели индекса Chao1 в сравнении с контролем. Это свидетельствовало о том, что использование желчи крупного рогатого скота в рационе цыплят приводит к более высокому биоразнообразию и богатству в микробиоме кишечника (таблица 45).

Таблица 45 - Индексы альфа разнообразия микробиоты кишечника контрольной и опытных групп

Показатель	Группа			P-value
	Контроль	V опытная	VI опытная	
chao1	319	462,5	465	0,03
Fisher's alpha	49,85	71,9	72,2	0,05
Simpson	0,935	0,92	0,96	0,72
Shannon	3,705	4,075	4,3	0,61

Достоверных различий в организации бактериальных сообществ микробиомов слепой кишки цыплят-бройлеров между контрольной и опытными группами, по данным бета-разнообразия, не обнаружено (p -value = 0,47) (рисунок 18).

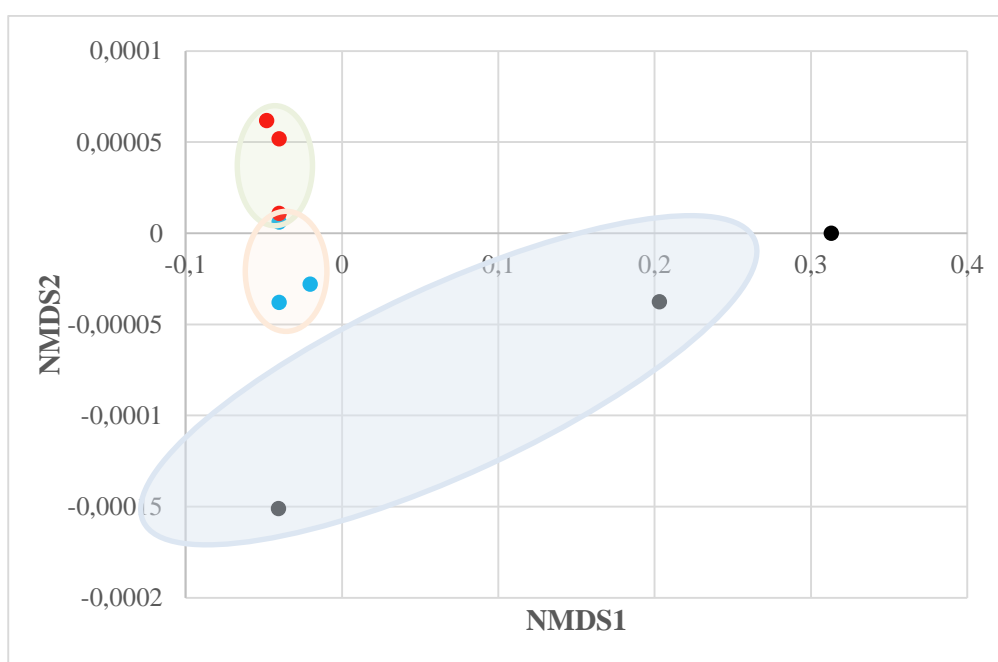


Рисунок 18 - Бета-разнообразие микробиоты кишечника цыплят-бройлеров исследуемых групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса.

Оценка микробиома слепой кишки показала, что введение эмульгаторов сопровождается схожей трансформацией бактериальных консорциумов, в частности, увеличением представителей семейств *Oscillospiraceae*,

Erysipelotrichaceae и *Lachnospiraceae*. Максимальное значение соотношения *Bacillota/Bacteroidota* отмечено на фоне скармливания соевого лецитина и желчи. При этом, «Лесимакс Премиум» и соевый лецитин обеспечивали более явные изменения на фоне высокой дозы, тогда как желчь крупного рогатого скота имела обратную тенденцию.

2.3.9 Резюме по итогам II экспериментального исследования

Используемые в исследовании эмульгирующие вещества оказали непосредственное влияние на поедаемость и живую массу цыплят-бройлеров, в соответствии с этим, происходит изменение затрат корма на 1 кг прироста. Минимальные затраты корма выявлены во II и IV опытных группах, 1,55 и 1,56 кг соответственно, максимальное в III группе – 1,62 кг. Используемый в исследованиях эмульгатор («Лесимакс Премиум»), способствовал снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы на 2,5 % по сравнению с контролем.

Максимальные еженедельные приросты наблюдаются в период с 21 на 28 сутки в III и VI группе, разница с контролем составила 3,7 % ($p \leq 0,01$) и 7,5 %. В период с 28 по 35 сутки наблюдается положительная динамика прироста во всех опытных группах за исключением IV опытной, разница с контролем составила 0,9 %. На последней неделе эксперимента зафиксировано достоверное повышение прироста в VI группе (желчь крупного рогатого скота 1 %), разница с контролем составила 17,8 % ($p \leq 0,01$).

Дополнительный ввод эмульгаторов в рационы цыплят-бройлеров оказывает стимулирующее действие на развитие органов и тканей птицы. Результаты анатомической разделки демонстрируют эффективность действия эмульгаторов. Величина предубойной живой массы II, IV и VI групп в значительной степени превосходили контрольные значения, разница составила 10,2 %, 8,9 % и 9,1 % соответственно.

Повышенный уровень циркулирующих липидов указывает на усиленный липолиз, в то время как низкий профиль липидов в крови отражает повышенную

скорость транспорта аминокислот и усиленный метаболизм с последующим снижением отложения жира. Таким образом, выявленные изменения в крови цыплят-бройлеров свидетельствуют о стимулирующем действии эмульгаторов на метаболические процессы, протекающие в организме.

Применение в рационе птиц эмульгирующих добавок способствует повышению переваримости компонентов корма и качественного состава цыплят-бройлеров. Преимущество переваривания большинства питательных компонентов корма отмечено при скармливании желчи крупного рогатого скота в дозе 1 % (VI группа). Введение в рацион цыплят-бройлеров эмульгирующих добавок сопровождается повышением уровня протеина и жира в теле, с преимуществом III и IV групп (соевый лецитин) среди тестируемых добавок.

Изменение элементного состава организма цыплят-бройлеров свидетельствует о участии эмульгаторов в обменных процессах в зависимости от вида добавки и вводимой дозы.

2.3.10 Результаты производственной проверки

С целью оценки экономической эффективности полученных результатов была проведена производственная проверка на базе ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», в бройлерном цехе.

Для проведения исследований из цыплят-бройлеров кросса «РОСС-308» сформировано две группы (n=600). Цыплята контрольной группы получали комбикорм, используемый в производственных условиях (базовый). Опытная группа получала базовый рацион с добавлением желчи крупного рогатого скота (10 г/кг комбикорма).

Данные, полученные в результате исследований, свидетельствуют о продуктивном эффекте (таблица 46).

Таблица 46 - Экономическая эффективность производства мяса цыплят-бройлеров при скармливании желчи крупного рогатого скота

Показатель	Вариант	
	базовый	опытный
Поголовье цыплят: на начало опыта	600	600
на конец опыта	568	587
Среднесуточный прирост, г	66,4	69,7
Живая масса 1 гол.	2567	2683,4
Срок выращивания, дней.	36	36
Расход корма на 1 гол, кг	3,6	3,5
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,51	1,40
Съели корм все, кг	2044,8	2054,5
Убойный вес: 1 гол, г	2567	2683,4
общий, кг	1458,06	1575,16
Убойный выход, %	77,5	77,7
Масса потрошеной тушки, г	1988,9	2086,3
Выход потрошёного мяса, кг	1129,7	1224,7
Производственные затраты, всего	141415,2	147829,9
Себестоимость 1 кг мяса, руб	99,6	93,3
Средняя реализационная цена 1 кг мяса, руб	130	130
Общая выручка от реализации, руб	146860,4	159205,6
Прибыль от реализации мяса, руб	5445,2	11375,7
Рентабельность, %	3,9	7,7

Данные, полученные в результате производственной проверки свидетельствуют о эффективности применения желчи крупного рогатого скота в качестве эмульгирующей добавки, что выражается в снижении расходов корма на 1 кг прироста на 7,3 %.

Исходя из полученных данных, расход корма в опытной группе составила 3,5 кг, что на 2,8 % ниже базового рациона. Повышение убойного выхода на 0,1 % способствовало снижению себестоимости 1 кг мяса на 6,3 рубля.

Таким образом, проведенная производственная проверка подтвердила основные результаты исследований и доказали экономическую эффективность введения в высокоэнергетические рационы желчи крупного рогатого скота.

3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сегодня в промышленном птицеводстве полноценное нормированное кормление – залог высокой продуктивности и экономической эффективности (Фисинин В.И., 2011).

Использование стратегий питания для улучшения качества продуктов животноводства – это новый подход, возникающий на стыке пищевой биотехнологий и зоотехники. Стратегии изменения профиля питания, направлены на увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот, а также снижение прооксидантных свойств сырья. Интерес к модификации перечня жирных кислот мяса обусловлен их важной ролью в формировании качественных показателей мяса, связанных с различиями в органолептических свойствах и пищевой ценности для потребления человеком (Донскова Л.А. и др., 2018).

Жиры нашли огромное применение в кормлении сельскохозяйственной птицы, являясь обязательной частью рациона, они обеспечивают организм птицы не только энергией, но и улучшают общую продуктивность (Топорков Н.В., 2004; Егоров И., 2005; Архипов А.В., 2006, 2007; Свистунов А.А., 2013; Скворцова Л.Н., 2013; Скворцова Л.Н., Свистунов А.А., 2015; Verkempinck S.H. et al., 2018). Корректировка рациона липидами – эффективна, но повышение цен на масленичные культуры, побуждает на поиск новых путей решения проблем (Овчинников Д.Д., 2018; Сизова Е.А., Рязанцева К.В., 2022).

Несмотря на широкое признание, кормовые жиры остаются наименее изученными из обычных кормовых ингредиентов. Такое отсутствие понимания укоренилось в разнообразии источников жиров, отсутствии единообразия и сложном характере опубликованных данных о факторах, влияющих на их доступную энергетическую ценность (Ravindran V. et al., 2016).

Один из лимитирующих факторов, ограничивающих использование высоких уровней жира в рационе бройлеров, является сложность его трансформации, поскольку особенно у молодых птиц, пищеварительный тракт

недостаточно развит для синтеза и секреции солей желчных кислот и липазы, а всасывание и переваривание высоких уровней пищевых липидов оказывается неэффективным (Cherian G., 2015; Lai W. et al., 2018; Hu X.Q. et al., 2019; Raheel I.A. et al., 2019; Shahid I. et al., 2020).

С целью компенсации низкой выработки эндогенных эмульгаторов и повышения усвоения липидов, в кормовой промышленности широкое применение приобрели эмульгирующие вещества (Архипов А.В., 2007; Huang J. et al., 2007; Heijden M., de Haan D., 2010; Guerreiro Neto A.C. et al., 2011; Zhang B. et al., 2011; Rovers M., Excentials O., 2014; Околелова Т.И. и др., 2015; Gheisar M.M. et al., 2015; Jansen M. et al., 2015; Siyal F. et al., 2017; Boontiam W. et al., 2017; Подобед Л.И., 2018; Upadhaya S.D. et al., 2018; Hasenhuettl G.L., 2019). Введение экзогенных эмульгаторов является положительной практикой с целью повышения переваримости масел и жиров (Tanchaenrat P. et al., 2013; Zhao P.Y., Kim I.H. 2017; Bontempo V. et al., 2018). Однако, в настоящее время, проблема эффективности применения эмульгаторов различного происхождения остается актуальной.

В связи с этим, целью является оценка комплексного исследования экзогенных эмульгаторов на фоне высокоэнергетического рациона.

В рамках первого экспериментального исследования определялась особенность скармливания рациона с различным уровнем жира. В ходе первого экспериментального исследования, установлено, что уровень жира влияет на продуктивность. Наилучшее ростостимулирующее действие наблюдается при скармливании рациона с 4-6 % подсолнечного масла. Так, в 42 – дневном возрасте, живая масса цыплят-бройлеров опытной группы составила 2269,20, что превосходит значения контроля на 19,9 % ($p \leq 0,05$). Потребление корма в опытной группе, получавший рацион с повышенным содержанием жиров, на 11,8 % больше чем в контроле, что способствовало снижению затрат корма на 1 кг прироста на 8,4 % по сравнению с контролем.

Введение в рацион цыплят-бройлеров подсолнечного масла повышало эффективность использования обменной энергии, повышая качество мясной

продукции. Выход мышечной ткани в опытной группе на 11,5 % ($p \leq 0,05$) выше контрольных значений. Анализ химического состава тела демонстрирует тенденцию увеличения содержания протеина и жира на 2,2 % ($p \leq 0,01$) и 2 % ($p \leq 0,001$) в опытной группе, соответственно относительно контрольных значений. Морфологические и биохимические показатели крови находились на уровне физиологической нормы.

Таким образом, результаты первого эксперимента свидетельствуют о метаболических изменениях (метаболических процессов синтеза липидов) в организме цыплят, получавших рационы с высоким уровнем энергетической ценности, что является эффективным в повышении мясной продуктивности.

В ходе второго экспериментального исследования изучены данные о влиянии эмульгаторов на пищеварительные процессы. Использование параллельных групп, отличавшихся только вводимой дозой, преследовало цель выявления дозозависимого эффекта.

В результате проведенных исследований, выявлено, что каждый из вводимых эмульгаторов способствовал изменениям функциональной активности систем организма, что влияло на продуктивность цыплят-бройлеров.

В результате второго экспериментального исследования установлено, что наилучшие показатели живой массы наблюдаются во всех опытных группах с высокой дозовой нагрузкой. Лидерство (10,2 %) у «Лесимакс Премиум», на втором месте (9,1 %) по продуктивному эффекту желчь крупного рогатого скота, на третьем месте (8,9 %) - лецитин соевый. Установлено, что исследуемые эмульгирующие добавки обладают дозозависимым ростостимулирующим эффектом. При этом дальнейшее увеличение дозы экономически не целесообразно.

Применение эмульгаторов снизило затраты корма. Ввод в комбикорма эмульгатора «Лесимакс Премиум» в дозе 0,1% является более эффективным при сравнении с дозой 0,05 %. Аналогичные результаты можно отметить и в VI группе (желчь крупного рогатого скота 1 %), эффективность применения которой выше V группы (желчь крупного рогатого скота 0,5 %). При этом

препарат «Лесимакс Премиум», широко используемый в промышленном птицеводстве дорогостоящий и в современных условиях его применение может быть не рентабельным. Проведённые исследования доказали наличие экономически выгодной альтернативы его применения.

Условия кормления, недостаточное или избыточное потребление компонентов зачастую влияют на гематологические показатели крови (Бессарабов Б. Ф. и др., 2009). Биохимия сыворотки — лабильная биохимическая система, которая может отражать состояние организма и изменения, происходящие на фоне влиянием внутренних и внешних факторов. Биохимические компоненты сыворотки положительно коррелируют с качеством рациона (Etuk E.V. et al., 2014).

Креатинин используется для определения состояния почек (Polat U. et al., 2011). Концентрация креатинина, при скармливании эмульгатора «Лесимакс Премиум», возрастает с увеличением вводимой дозы. Так, разница I и II группы с контролем составила 2,6 % и 5,15 %, соответственно. Аналогичные результаты наблюдаются при введении в рацион соевого лецитина, концентрация данного показателя в III и IV группе увеличилась на 5,1 % и 8,3 %. Однако, при введении желчи крупного рогатого скота в дозе 1%, уровень креатинина снижается на 7,6 %, относительно контрольных значений.

Функции почек включают выведение продуктов жизнедеятельности, образующихся в результате белкового обмена. Креатинин выводится почками как побочный продукт метаболизма креатинфосфата, который образуется в результате выработки энергии (Odunitan-Wayas F. et al., 2018). Так, повышение креатинина указывает на функциональное напряжение почек.

Метаболиты липидов в крови птицы, включая уровни триглицеридов, холестерина, фракций липопротеинов (ЛПНП и ЛПВП), а также профиль жирных кислот, являются чувствительными индикаторами интенсивности жирового обмена в организме. При нарушении липидного обмена в крови изменяются данные показатели и, как следствие, развиваются жировые эмболы в кровеносных сосудах (Durairaj V. et al., 2009).

Фракции липидов сыворотки реагировали на скармливание желчи крупного рогатого скота. Результатом стало значительное снижение уровня триглицеридов на величину от 22,2 % до 30,6 % относительно контроля. Причем, увеличение дозы желчи вызывало рост разницы в силу снижения количества триглицеридов. Подобное обстоятельство может быть связано с активностью β -окисления, что приводит к высокой скорости поступления триглицеридов из кровотока в ткани тела (Ansell B.J. et al 2005). Также общепризнано, что значения этих показателей у цыплят-бройлеров зависят от ряда факторов, таких как возраст, пол, генетический тип, условия содержания и кормления (Krasnodębska-Depta A., Koncicki A., 2000). Снижение концентрации триглицеридов в сыворотке цыплят-бройлеров может быть связан с быстрым образованием хиломикронов из крови (Roy A. et al., 2010). Кроме того, триглицериды могут гидролизоваться липопротеинлипазой (при активации аполипопротеином С-II), при этом конечными продуктами являются две свободные жирные кислоты, которые затем будут абсорбироваться. Гипотеза была подтверждена данными о повышении уровня липопротеинлипазы при использовании эмульгатора в рационе бройлеров (Lai W. et al., 2018).

В регуляции концентрации холестерина в плазме задействованы множественные механизмы, включая поглощение печенью ЛПВП и метаболизм липидов в целом (Alvarenga R.R. et al., 2011). Концентрация ЛПНП является индикатором как разложения, так и транспорта липидов у животных. Уровни ЛПНП в крови у птиц относительно постоянны и отражают доступность холестерина и триглицеридов для тканевого метаболизма (Hu X.Q. et al., 2019). Так, уровень ЛПНП при скармливании желчи крупного рогатого скота (V и VI группа) достоверно повышается на 39,7 % ($p \leq 0,05$) и 49,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных показателей.

Однако, помимо влияния на системную биодоступность жирных кислот растительные лецитины влияют на плазменные концентрации других основных классов липидов. В ранее проведенных исследованиях выявлено, что растительные лецитины способны не только снижать уровень холестерина в

крови, но также повышать уровень ЛПВП, что впоследствии снижает соотношение ЛПНП/ЛПВП в сыворотке крови, являясь маркером метаболического синдрома (Robert C. et al., 2020). Данный факт в целом согласуется с нашими результатами.

Подобный вывод можно сделать и относительно влияния лецитина на обмен триглицеридов. Хотя некоторые исследования подтверждают гипотриглицеридемический эффект лецитина в плазме, эта причинно-следственная связь далеко не однозначна. Отсутствие конвергенции существующих данных можно объяснить разнообразием и спецификой липидного обмена каждой ткани. Из них печень и жировая ткань являются центральными органами регуляции и поддержания липидного гомеостаза всего организма. Следовательно, изменения их липидного профиля под воздействием алиментарных факторов могут оказывать серьезное влияние на липидный обмен в целом (Robert C. et al., 2020).

Уровень ЛПВП при скармливании желчи (V группа) достоверно повышался на 21,2 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Наиболее известной антиатерогенной функцией ЛПВП является их способность стимулировать отток холестерина из клеток. Также ЛПВП способны ограничить перекисное окисление липидов, влияя на экспрессию цитокинов, мобилизацию моноцитов и изменение других аспектов эндотелиальной функции. Более низкий уровень ЛПНП и более высокий уровень ЛПВП помогают поддерживать расширение кровеносных сосудов, что способствует лучшему кровотоку. Между тем, ЛПВП обладают важным антиоксидантным эффектом, который может не только ингибировать окисление фосфолипидов, но и снижать активность ЛПНП (Ansell B.J. et al., 2005).

Значительные улучшения, которые были замечены в показателях, обеспечивающих рост птиц на рационе с добавлением эмульгаторов - это увеличение перевариваемости питательных веществ. Влияние эмульгатора на переваривание жиров во многом зависит от степени растворимости жира (Wickramasuriya S.S. et al., 2020). Благодаря оптимизированному процессу

липолиза и образования мицелл, эмульгаторы могут увеличить активную площадь поверхности липазы для гидролиза молекул триглицеридов до жирных кислот и моноглицеридов, тем самым способствуя образованию смешанных мицелл. Благодаря эффективному липолизу и образованию мицелл использование эмульгаторов в рационах может оказывать корректирующее воздействие на нарушения переваривания и всасывания жиров (Tancharoenrat P. et al., 2013).

Экзогенные эмульгаторы оказывают «нелипидный эффект» с повышением усвояемости сырого белка (Boontiam W. et al., 2017; Haetinger V.S. et al., 2021), энергии (An J.S. et al., 2020; Park J.H. et al., 2018) и сухое вещество (Oketch E.O. et al., 2022; Upadhaya S.D. et al., 2018; Zhao P.Y., Kim I.H., 2017). Общее улучшение усвояемости питательных веществ объясняется вероятным изменением фосфолипидного бислоя клеточных мембран для увеличения поглощения питательных веществ (Lundbæk J.A. et al., 2010).

Можно предположить, что улучшенная усвояемость жира и протеина является следствием действия эмульгатора на протеолиз, что в результате положительно сказывается и на химическом составе тела. Как правило, химический анализ дает информацию только о содержании питательных веществ в кормовых ингредиентах или рационах и не может учитывать усвояемость питательных веществ (Zaefarian F. et al., 2021).

Гистоморфологические изменения слизистой оболочки кишечника считается биомаркером его здоровья и показателем способности цыплят-бройлеров усваивать питательные вещества. Эмульгаторы вызывают изменения эпителия кишечника (Wickramasuriya S.S. et al., 2020; Oketch E.O. et al., 2022). Увеличение высоты ворсинок, связанное с усилением митоза, сопряжено с расширением площади поверхности для поглощения питательных веществ. При этом, наличие глубоких крипт увеличивает регенеративную и пролиферативную активность слизистой оболочки кишечника. Морфологические улучшения могут быть результатом синергетического эффекта взаимодействия эмульгатора с

другими ингредиентами корма (Brautigam D.L. et al., 2017; Tenório K.I. et al., 2022).

Печень выполняет множество ключевых функций по накоплению и преобразованию метаболитов (Julian R.J. et al., 2005). У птиц печень играет важную роль в синтезе и метаболизме липидов. В частности, на долю печени приходится 95 % синтеза жирных кислот (Julian R.J. 2005; Van Le H. et al., 2019). В результате большая часть эндогенных липидов организма имеет печеночное происхождение, а развитие жировой ткани зависит от наличия триглицеридов плазмы, которые гидролизуются адипоцитами (Buuse J., Decuypere E., 2015).

Печень является не только основным местом липогенеза у птиц, но и центральным местом превращения холестерина в желчные соли. Кроме того, печень участвует в клиренсе остатков портомикрона. Следуя экзогенному пути, липопротеинлипазы приводит к образованию жирных кислот из триглицеридов. Жирные кислоты затем транспортируются в жировую и мышечную ткани через капилляры, тогда как остатки портомикронов, которые в основном состоят из холестерина и белков, затем направляются в печень для опосредованного эндоцитоза (Oketch E.O. et al., 2022).

К сожалению, высокоэнергетические диеты, используемые в промышленном птицеводстве, такие как диеты с высоким содержанием углеводов, стимулируют липогенез в печени (Alshamy Z. et al., 2019). При некоторых из этих режимов кормления у бройлеров возникают такие патологические состояния, как синдром жировой печени и почек (Julian R.J. et al., 2005).

Известно, что жирнокислотный состав продуктов животного происхождения является результатом не только биосинтеза в тканях, но и жирнокислотного состава поступающих с пищей липидов. Птицы не способны синтезировать все жирные кислоты, поэтому некоторые из них считаются незаменимыми. Линолевая и линоленовая жирные кислоты признаны метаболически незаменимыми. Тем не менее, линолевая кислота является единственной незаменимой жирной кислотой, потребность в которой была

доказана. Увеличение содержания пальмитиновой кислоты является нежелательным эффектом, так как она оказывает атерогенный эффект за счет ингибирования экспрессии гена рецептора ЛПНП, таким образом увеличивая уровень холестерина (Fernandez M.L., West K.L., 2005).

Метаболизм жирных кислот в печени, как наиболее важный путь обмена липидов, и один из звеньев метаболический процесса отложения жира четко регулируется и чувствителен к корректировке питания (Li H. et al., 2017). На состав жирных кислот тканей может влиять рацион, особенности пищеварительной системы и биосинтетические процессы (Woods V.B., Fearon A.M., 2009). Снижение пальмитиновой, стеариновой, линолевой и арахидоновой кислот, возможно связано с подавлением эмульгатором абсорбции свободных жирных кислот в тонкой кишке, вероятно, за счет увеличения размера мицелл солей желчных кислот, которые медленнее диффундировали. А также замедлением доставки свободных жирных кислот к абсорбирующей клеточной поверхности (Cartoni Mancinelli A. et al., 2022). Другая возможная причина заключается в том, что сохранение мицелл солей лецитина и желчных кислот на абсорбирующей клеточной поверхности может изменить распределение свободных жирных кислот. Абсорбция свободных жирных кислот может быть снижена, если они предпочитают водную среду смешанных мицелл, а не липидную мембрану абсорбирующей клеточной поверхности (Roy A. et al., 2010).

Возможно, высокая активность метаболизма липидов на фоне использования эмульгатора (Upadhaya S.D. et al., 2018) индуцирует пролиферативную активность гепатоцитов и опосредует рост массы органа.

Эмульгатор играет определенную роль в поддержании равновесия адсорбции-десорбции, на которое влияют амфифильные молекулы, включая соли желчных кислот, фосфолипиды и белки, существующие на границе раздела фаз. Следовательно, запущенный экзогенным эмульгатором каскад химических реакций усиливает поглощение жира через мембрану энтероцитов, и вследствие приводит к более высокой биодоступности жира в рационе (Singh H. et al., 2009).

Насколько известно, влияние эмульгатора на метаболизм микроэлементов мало изучено. В ранее проведенных исследованиях выявлено, что эмульгаторы улучшают абсорбцию кальция и фосфора (Dierick N.A., Decuypere J.A., 2004) хотя имеются и противоположные результаты (Roy A. et al., 2010).

В свою очередь, изменения концентрации микроэлементов в биологических жидкостях и тканях может вызываться несколькими причинами, в первую очередь недостаточным поступлением с пищей и нарушением процессов сорбции в кишечнике (Ravindran V. et al., 2016). Изменение минерального профиля организма опытных цыплят-бройлеров свидетельствует о участии эмульгаторов в обменных процессах, однако данные изменения варьируются в зависимости от вида добавки и вводимой дозы. При скармливании цыплятам-бройлерам эмульгаторов наблюдается снижение концентрации минералов в теле, что может быть обусловлено образованием нерастворимых мыл между жирными кислотами и минеральными веществами во время пищеварения, что делает жирные кислоты и химические элементы недоступными, если мыла нерастворимы (Leeson S., Summers J.D., 2005; Calik A. et al., 2019).

Более того, рацион с включением жиров способствует снижению концентрации железа в организме. Мобилизация минералов из депо напрямую зависит от поступления макро- и микроэлементов с кормом, интенсивности их всасывания и выделения, распределения в организме (Calik A. et al., 2019). Диффузия Fe из сыворотки в ткани печени является следствием потребления высоколипидного рациона. Накопление железа в печени явилось результатом увеличения скорости его переноса из эритроцитов в печень вследствие потребления высокожирового рациона (Lobo A.R. et al., 2020). Повышение уровня отложения железа может привести к повреждению тканей и нарушению функций органа, в частности к фиброзу и циррозу (Visscher C. et al., 2017).

К нормируемым микроэлементам в рационах птиц относят железо, медь, цинк, кобальт, марганец, йод и селен. Среди микроэлементов имеются большие количественные различия как в отношении их обычного содержания в живых тканях, так и в отношении их минимальных потребностей у разных животных

(Скальный А.В., Рудаков И.А., 2004; Рахматуллин Ш.Г., 2008; Лебедев С.В., 2009; Лебедев С.В. и др., 2009; Рязанцева К.В. и др., 2021). В результате наших исследований можно выделить ряд элементов, нормирование которых, при использовании эмульгаторов требует особого внимания и дополнительной коррекции, к ним относятся кальций, хром и селен.

Печень может накапливать медь. Однако, при её дефиците в рационе, печень высвобождает в кровоток для участия в биохимических реакциях (da Cruz Ferreira Júnior H. et al., 2022). Результаты согласуются с ранее полученными исследованиями, выявившими, что рацион с высоким содержанием жиров значительно снижает уровень Cu в печени в связи с тем, что жирные кислоты снижают скорость поглощения Cu. Наблюдаемые изменения концентраций минералов могут констатироваться как абберация (Morrell A. et al., 2017).

Микробиота кишечника регулирует многие метаболические процессы в организме, включая энергетический гомеостаз, метаболизм глюкозы и липидов (Sonnenburg J.L., Bäckhed F., 2016). Функция и состав кишечной микробиоты динамичны и определяются составом рациона кормления, которая влияет главным образом метаболитами, продуцируемыми микробиотой, такими как короткоцепочечные жирные кислоты, вторичные желчные кислоты, триметиламин и липополисахарид (Nicholson J.K. et al., 2012; Schoeler M., Caesar R., 2019).

Механизмы, с помощью которых пищевые жирные кислоты влияют на микробиоту кишечника, четко не определены. Хотя большая часть потребляемых жирных кислот всасывается в тонком кишечнике, незначительная часть проходит через желудочно-кишечный тракт и, следовательно, может напрямую модулировать состав микробиоты толстой кишки. Жирные кислоты обладают широким спектром антибактериальной активности, включая лизис и солюбилизацию мембран бактериальных клеток и ингибирование продукции АТФ (Jackman J.A. et al., 2016; Shilling M. et al., 2013). На антибактериальное действие жирных кислот влияют длина углеродной цепи, насыщенность и положение двойной связи (Zheng C.J. et al., 2005).

Кишечные желчные кислоты являются противомикробными агентами, которые контролируют избыточный микробный рост в кишечнике за счет прямого противомикробного действия (разрушение фосфатного бислоя и разрыва клеточной мембраны). Желчные кислоты оказывают избирательный бактериостаз, при этом способствуют росту бактерий, толерантных к желчным кислотам, одновременно ингибируя чувствительные к желчным кислотам бактерии. Это влияет на ряд ферментов и путей, связанных с синтезом желчных кислот и метаболизмом организма (Begley M. et al., 2005).

Вторичные желчные кислоты (эндогенные желчные кислоты) усиливают ингибирующую активность антибиотиков триптофанового происхождения, 1-ацетил- β -карболина и турбомицина А, которые, по-видимому, ингибируют деление клеток *Clostridium difficile* (Kang J.D. et al., 2019).

Желчные кислоты вырабатываются в печени в виде первичной ЖК и метаболизируются в кишечнике во вторичную ЖК, которая участвует в модификациях микробиоты (деконъюгация и дегидроксилирование) с участием *Bacteroides*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus* и *Escherichia* (Wahlström A. et al., 2016).

Анализ микробиома слепого отростка слепой кишки цыплят-бройлеров экспериментальных групп показал, на уровне филумов и классов, присутствие основных типичных представителей (Kairmi S.H. et al., 2022).

Расчет соотношения Bacillota/Bacteroidota показал максимальное увеличение значений данного соотношения в IV, V и VI группах. Увеличение соотношения Bacillota/Bacteroidota в исследованиях часто связывают с ожирением у людей (Magne F. et al., 2020). В исследовании на бройлерах отмечается более высокие показатели соотношения Bacillota/Bacteroidota в группе с высокой эффективностью потребления корма (Huang Y. et al., 2021). В нашем исследовании в IV, V и VI наблюдались более высокие значения переваримости сырого жира, и увеличение содержания жира и протеина в теле цыплят бройлеров на 0,5-1,6 %.

Рассмотрение состава микробиома слепого отростка на более глубоких таксономических уровнях позволило выделить ряд особенностей, обусловленных применением различных эмульгирующих добавок.

Общим изменением в микробиомах слепого отростка всех опытных групп являлось увеличения числа микроорганизмов семейств *Oscillospiraceae* (в 2,3-3 раза в сравнении с контролем) и *Erysipelotrichaceae* (достоверные изменения были отмечены только в II, III, V и VI группах). В тоже время достоверное увеличение численности бактерий семейства *Lachnospiraceae* и *p. Fusicatenibacter* было отмечено только в микробиомах кишечника цыплят-бройлеров некоторых групп. Согласно литературным источникам большое количества бактерий данных таксонов обнаруживается в микробиомах птиц с высоким коэффициентом конверсии корма (Stanley D. et al., 2016; Kairmi S.H. et al., 2022). В наших исследованиях увеличение конверсии наблюдалось во всех группах, а максимальные значения отмечены в II, IV и VI группах. Микроорганизмы семейства *Lachnospiraceae* показывают положительную корреляцию с высокими значениями прироста живой массы (Crisol-Martínez E. et al., 2017). В нашем исследовании было отмечено увеличение живой массы во всех опытных группах, при этом максимальные приросты живой массы отмечены во II, IV и VI группах, а достоверное увеличение численности бактерий семейства *Lachnospiraceae* наблюдались лишь в V и VI группах.

Бактерии семейства *Oscillospiraceae* и *Lachnospiraceae* являются важными продуцентами в желудочно-кишечном тракте короткоцепочечных жирных кислот, некоторые из которых оказывают положительное влияние на состояние клеток кишечника и обладают противовоспалительным действием (Khan S. et al., 2020; Mirzaei R. et al., 2021). В частности, бактерии *p. Fusicatenibacter* являются продуцентами ацетата и противовоспалительных цитокинов (Takada T. et al., 2013). Отдельные исследования сообщают, что ацетат полученный из микробиоты кишечника играет важную роль в защите от колибациллеза (Peng L.Y. et al., 2021). Возможно это могло являться одной из причин снижения в микробиомах слепой кишки цыплят-бройлеров опытных групп доли условно-

патогенных микроорганизмов *p. Helicobacter* и *p. Campylobacter* (Sakaridis I. et al., 2018; Deryabin D.G. et al., 2023).

Совокупная положительная динамика увеличения численности ряда микроорганизмов, коррелирующих с благоприятным воздействием на обмен веществ в организме бройлеров, и тенденция к снижению численности условно-патогенных таксонов, может быть связана с улучшениями показателей прироста живой массы и переваримости компонентов рациона, которые мы наблюдали в опытных группах.

Таким образом, опираясь на доступный литературный научный базис, убедительно показано, что исследуемый фактор влияния спровоцировал запуск каскада реакций и механизмов обеспечив полученный результат. Выявленные причинно-следственные связи легли в основу сделанных рекомендаций и определили перспективы дальнейшего развития исследований.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа литературных данных и полученных экспериментальных результатов исследований, следует, что для достижения высоких показателей производства продукции птицеводства требуется внедрение альтернативных подходов к использованию жировых добавок в рационах цыплят-бройлеров.

1. В эксперименте установлено влияние различного уровня энергии рациона на рост и продуктивность цыплят-бройлеров. Так, разница в продуктивности цыплят-бройлеров, содержащихся на рационе с обменной энергией 13,3-13,7 МДж/кг СВ выше на 19,9 % по сравнению с птицей, получавшей рацион энергетической ёмкостью 12,61-12,99 МДж/кг СВ. При этом, разница в массе потрошеной тушки составила 11,6 %, убойный выход увеличился на 1,7 %.

2. Использование веществ эмульгирующей природы сопряжено с проявлением ростостимулирующего эффекта во всех опытных группах с высокой дозой нагрузки. Лидерство по продуктивности занимает группа, получавшая «Лесимакс Премиум» (10,2 %), на втором месте (9,1 %) - желчь крупного рогатого скота, на третьем месте (8,9 %) - лецитин соевый, на фоне снижения расхода корма на 1 кг прироста на 2,5 %, 1,3 % и 1,9 % соответственно.

3. Применение эмульгаторов: «Лесимакс Премиум», лецитин соевый, желчь крупного рогатого скота в питании цыплят-бройлеров положительно влияет на мясные качества: возрастает масса потрошенной тушки на 12,8; 11,4 и 6,4 % на фоне повышения мышечной ткани на 19,9; 16,2 и 12,3 %, что обеспечило увеличение убойного выхода на 1,8 %, 1,7 % и 2,6 % соответственно.

4. В эксперименте продуктивный эффект обеспечен изменением переваримости нутриентов и, как следствие, химического состава тела цыплят-бройлеров. Преимущество переваривания большинства питательных компонентов корма отмечено при скормливании желчи крупного рогатого скота в дозе 1 %: протеина на 4,3 %, жира на 17,6 %, что сопровождается повышением уровня протеина и жира в теле на 0,8 % и 0,4 %, соответственно. Увеличение

дозы вводимых эмульгаторов способствовало изменениям концентраций незаменимых жирных кислот с тенденцией их снижения в большей степени при введении желчи крупного рогатого скота.

5. Уровень метаболитов липидного обмена сыворотке крови меняется при применении эмульгаторов. Так, концентрация триглицеридов снижается на 30,6 %, ЛПНП имеют тенденцию к повышению на 49,3 % ($p \leq 0,05$) в большой степени на фоне скармливания желчи. В свою очередь, жирнокислотный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров характеризуется снижением линолевой и пальмитиновой кислот на 0,7 и 4 %, соответственно, при скармливании желчи крупного рогатого скота

6. Введение в рацион веществ эмульгирующего функционала влияет на энергетический обмен. В частности, желчь крупного рогатого скота в дозе 1 % приводит к увеличению обменной энергии на 4,76 % с параллельным снижением потерь энергии с пометом. При этом, с повышением дозы вводимого вещества их действие усиливается.

7. Анализ элементного состава тела цыплят-бройлеров показал, что скармливание эмульгаторов различного происхождения оказывает влияние на концентрацию химических элементов. С увеличением дозы введения «Лесимакс премиум» количество элементов, концентрация которых снижается увеличивается. Перечень элементов, диапазон которых изменяется при введении разных эмульгаторов повторяется. Использование эмульгаторов в рационах цыплят-бройлеров требует особого внимания и дополнительной коррекции при нормировании таких элементов как кальций, хром и селен.

8. Оценка микробиома слепой кишки показала, что введение эмульгаторов сопровождается схожей трансформацией бактериальных консорциумов, в частности, увеличением представителей семейств *Oscillospiraceae*, *Erysipelotrichaceae* и *Lachnospiraceae*. Максимальное значение соотношения *Bacillota/Bacteroidota* отмечено на фоне скармливания соевого лецитина и желчи. При этом, «Лесимакс Премиум» и соевый лецитин обеспечивали более

явные изменения на фоне высокой дозы, тогда как желчь крупного рогатого скота имела обратную тенденцию.

9. При проведении производственной апробации по включению желчи крупного рогатого скота в дозировке 10 г/кг комбикорма в рацион цыплят-бройлеров установлено снижение расхода корма на 7,3 % на 1 кг прироста, увеличение сохранности поголовья до 97,8 % при повышении уровня продуктивности на 4,5 %, что обеспечивает снижение себестоимости и как следствие увеличение рентабельности производства на 3,8 %.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения продуктивности, снижения затрат корма, сохранения целостности поголовья и повышения экономической эффективности производства мяса цыплят-бройлеров рекомендуем вводить в высоко жировые рационы 1 % желчи крупного рогатого скота.

6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части:

1. использования аналогичных по механизму действия эмульгирующих добавок в рационах цыплят-бройлеров при скормливании высокожировых рационов;

2. формирования новых подходов в управлении липидным обменом в организме цыплят-бройлеров с использованием эмульгаторов различного происхождения;

3. исследований по оценке связи экзогенной желчи крупного рогатого скота и микробиоты ЖКТ птицы в различных отделах и возрастных аспектах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, А. В. Липидное питание, продуктивность птицы и качество продуктов птицеводства / А. В. Архипов. – Москва: Агробизнесцентр. 2007. – 440 с.
2. Архипов, А. Жиры в питании птицы / А. Архипов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2006. - №8. - С.71-75.
3. Бессарабов Б. Ф. Гематологические показатели и здоровье птицы/ Б.Ф. Бессарабов, С. Алексеева, Л. Клетикова, О. Копоть // Животноводство России. 2009. №3. – С. 17-18.
4. Власов, А. Б. Использование жировых добавок в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы / А. Б. Власов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. - №. 77. – С. 710-719.
5. Вольнова, Е. Р. Различные способы получения лецитина из продуктов растительного и животного сырья / Е. Р. Вольнова, А. С. Козырева, А. Е. Ляшенко// Молодой ученый. – 2021. – №. 17 (359). – С. 28-32.
6. Донскова, Л. А. Жирнокислотный состав липидов как показатель функционального назначения продуктов из мяса птицы: теоретические и практические аспекты / Л. А. Донскова, Н. М. Беляев, Н. В. Лейберова // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3. - №. 1. – С. 4-10. – DOI 10.29141/2500-1922-2018-6-1-1.
7. Егоров, И. А. Альтернативный источник кормового белка и энергии для цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, Л. И. Криворучко // Птицеводство. – 2020. – № 11. – С. 12-17. – DOI 10.33845/0033-3239-2020-69-11-12-17.
8. Егоров, И. А. Совершенствование системы нормированного питания птицы высокопродуктивных кроссов в современных условиях / И. А. Егоров, Ш. А. Имангулов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 5. – С. 36-38.

9. Егоров, И. Жиры разного происхождения в комбикормах для цыплят-бройлеров / И. Егоров, Т. Егорова, М. Попова, С. Савчук // Комбикорма. – 2014. – № 12. – С. 64-66.

10. Егоров, И. Значение жиров в комбикормах для цыплят-бройлеров / И. Егоров, Н. Топорков // Комбикорма. – 2005. – № 1. – С. 60-62.

11. Егоров, И.А. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова, Т. А. Егорова, Т. М. Околелова, Е. Н. Андрианова, А. Н. Шевяков, Т. В. Егорова, Е. Ю. Байковская, Н. Н. Гогина, Л. И. Криворучко, И. Г. Сысоева (ФНЦ «ВНИТИП» РАН), И. Г. Панин, В. В. Гречишников, А. И. Панин, С. В. Кустова (КормРесурс), В. А. Афанасьев (ВНИИКП), Ю. А. Пономаренко (ООО «Фермент»). Под общей редакцией академика РАН В. И. Фисинина и академика РАН И. А. Егорова // Методическое пособие. – Москва: ЛИКА, 2019. – 215 с.

12. Имангулов, Ш. А Определение обменной энергии в кормах: методические рекомендации / Ш. А Имангулов., И. А. Егоров, П. Н. Паньков // Сергиев Посад: ВНИТИП, 1999. – 23 с.

13. Калашников, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников, Н. И. Клейменов, В. Н. Баканов. – М.: Агропромиздат, 1985. - 352 с.

14. Калашникова, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. - Москва. 2003. - 456 с.

15. Козина, Е. А. Нормированное кормление животных и птицы. Ч. I. Кормление жвачных животных: учеб. пособие / Е. А. Козина, Т. А. Полева; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 250 с.

16. Кононенко, С. И. Липидное питание цыплят-бройлеров / С. И. Кононенко // Зоотехническая наука Беларуси. – 2013. – Т. 48. – №. 1. – С. 299-306.

17. Кузнецова, А. Защищенный жир в кормлении птицы / А. Кузнецова // Эффективное животноводство. – 2019. – Т. 4 – №. 152. – С. 28-29.

18. Лебедев, С. В. Минеральный статус организма животных на фоне различной нутриентной обеспеченности / С. В. Лебедев, Ш. Г. Рахматуллин, А. И. Гречушкин, Е. А. Сизова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №. 6. – С. 201-203.

19. Лебедев, С. В. Элементный статус, обмен энергии и продуктивность кур в условиях различной нутриентной обеспеченности: дис. ... д-ра биол. наук. Оренбург. – 2009. 346 с.

20. Лукашенко, В. С. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы, морфология яиц / В. С. Лукашенко, М. А. Лысенко, Т. А. Столляр; под ред. В. С. Лукашенко. – Сергиев Посад, 2004. – 24 с.

21. Овчинников, Д. Д. Использование растительных жиров в кормлении сельскохозяйственной птицы / Д. Д. Овчинников // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 2(32). – С. 290-292.

22. Околелова, Т. М. Роль экзогенных эмульгаторов в повышении эффективности использования липидов корма / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 5. – С. 29-33. – DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2020-5-9.

23. Околелова, Т. Эмульгатор для птицеводства / Т. Околелова, Н. Мансуров, А. Сафонов // Комбикорма. – 2015. – №. 10. – С. 71–72.

24. Подобед, Л. И. Эмульгаторы жиров в рационе – это сегодня актуально / Л. И. Подобед // Наше сельское хозяйство. – 2018. – №. 20. – С. 29-33.

25. Рахматуллин, Ш. Г. Влияние нутриентной обеспеченности рациона на минеральный статус и продуктивность цыплят-бройлеров / Ш. Г. Рахматуллин // Микроэлементы в медицине. – 2008. – Т. 9. – №1-2. – С. 27-28.

26. Рахматуллин, Ш. Г. Обмен веществ и элементный статус цыплят-бройлеров при различном уровне обменной энергии и содержании микроэлементов в рационе: диссертация ... кандидата биологических наук: 06.02.02 / Ш.Г. Рахматуллин / Оренбург, 2009. - 173 с.

27. Рязанцева, К. В. Влияние эмульгатора на молодой организм цыплят-бройлеров / К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11. - № 1. – С. 72-75. – DOI 10.48612/sbornik-2022-1-15.

28. Рязанцева, К. В. Влияние эмульгаторов на продуктивность и липидный профиль цыплят-бройлеров / К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова // Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства: по Материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова, Москва, 03–04 марта 2022 года. Том ЧАСТЬ II. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 87-91.

29. Рязанцева, К. В. Нормирование минерального питания цыплят-бройлеров (обзор) / К. В. Рязанцева, К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104. - № 1. – С. 119-137. – DOI 10.33284/2658-3135-104-1-119.

30. Рязанцева, К. В. Оценка эффективности применения лецитина в кормлении цыплят-бройлеров / К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова // Птицеводство. – 2022. – № 10. – С. 52-57. – DOI 10.33845/0033-3239-2022-71-10-52-57.

31. Рязанцева, К. В. Продуктивность, метаболиты липидного обмена сыворотки крови и химический состав печени цыплят-бройлеров при скармливании эмульгаторов / К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова, К. С. Нечитайло // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 4. – С. 82-85. – DOI 10.31857/2500-2082/2023/4/82-85.

32. Рязанцева, К. В. Эффективность использования эмульгаторов в кормлении цыплят-бройлеров / К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова, А. М. Камирова // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105. - № 4. – С. 122-130. – DOI 10.33284/2658-3135-105-4-122.

33. Свистунов, А. А. Влияние растительных жиров на продуктивность и мясные качества цыплят-бройлеров / Л. Н. Скворцова, А. А. Свистунов // «Птица и птицепродукты». – 2013. - № 1.
34. Сизова, Е. А. Жиры и эмульгаторы в кормлении цыплят-бройлеров (обзор) / Е. А. Сизова, К. В. Рязанцева // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 4. – С. 664-680. – DOI 10.15389/agrobiology.2022.4.664rus.
35. Скальный А. В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине: учеб. пособие. М.: Издат. дом «ОНИКС 21 век», 2004. 272 с.
36. Скворцова Л. Н. Научное обоснование и эффективность использования источников жирных кислот в питании моногастричных животных (свиней, птицы): монография / Л. Н.Скворцова. – Краснодар: КубГАУ. – 2023. – 150 с.
37. Скворцова, Л. Н. Выращивание бройлеров на рационах с повышенным уровнем энергии / Л. Н. Скворцова, А. С. Короткин // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник II Национальной (всероссийской) конференции, Новосибирск, 26 февраля 2019 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 358-361.
38. Скворцова, Л. Н. Использование растительных жиров в кормлении птицы / Л. Н. Скворцова // Перспективное птицеводство: теория и практика. – 2013. – №3. – С. 34 -38.
39. Скворцова, Л. Н. Применение различных видов жиров в кормлении птицы / Л. Н. Скворцова, А. А. Свистунов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 68-74.
40. Скворцова, Л.Н. Влияние растительных жиров на продуктивность и мясные качества цыплят - бройлеров / Л. Н. Скворцова, А. А. Свистунов // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2015. – №5. – С. 69 -72.
41. Топорков Н. В. Использование различных источников жира при выращивании бройлеров // Птицеводство мировой и отечественный опыт: (Тез. докл. 3 Междунар. конф.). - М., 2004. - С. 51-52.

42. Фисинин, В. И. Кормление сельскохозяйственной птицы / В. И. Фисинин, И. А. Егоров, Т. М. Околелова, Ш. А. Имангулов // Сергиев Посад, 2000. – С. 90-99.
43. Фисинин, В. И. Кормление сельскохозяйственной птицы: учеб. Пособие / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, И.Ф. Драганов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 337 с.
44. Фисинин, В.И. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: Рекомендации. / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова, Т.М. Околелова // Инструкции по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы. – Москва, 2010. – 97 с.
45. Фисинин, В.И. Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.В. Егорова, Т.М. Околелова // Сергиев Посад, 2012. — С. 155.
46. Abousaad, S. Effects of In Ovo feeding of dextrin-iodinated casein in broilers: I. Hatch weights and early growth performance / S. Abousaad, K. Lassiter, A. Piekarski, P. Chary, K. Striplin, K. Christensen, S. Dridi //Poultry Science. – 2017. – №. 96(5). – P. 1473-1477. – DOI 10.3382/ps/pew438.
47. Agellon, L.B. Metabolism and function of bile acids / L.B. Agellon // Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes. – Elsevier. – 2008. – P. 423-440.
48. Ahn, Y. T. Deconjugation of bile salts by Lactobacillus acidophilus isolates / Y.T. Ahn, G.B. Kim, K.S. Lim, Y.J. Baek, H.U. Kim //International Dairy Journal. – 2003. – V. 13. – №. 4. – P. 303-311.
49. Akers, R.M., Denbow D.M. Anatomy and physiology of domestic animals. – John Wiley & Sons, 2013.
50. Alhajj, M. J. Lecithins from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors / M.J. Alhajj, N. Montero, C.J. Yarce, C.H. Salamanca // Cosmetics. – 2020. – Т. 7. – №. 4. – P. 87.
51. Allahyari-Bake, S. Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient

digestibility in broilers fed corn/soybean meal-or corn/wheat/soybean meal-based diets / S. Allahyari-Bake, R. Jahanian //Poultry Science. – 2017. – V. 96. – №. 5. – P. 1149-1158. – DOI 10.3382/ps/pew330.

52. Alshamy, Z. Structure and age-dependent growth of the chicken liver together with liver fat quantification: A comparison between a dual-purpose and a broiler chicken line / Z. Alshamy, K.C. Richardson, G. Harash, H. Hünigen, I. Röhe, H.M. Hafez, S. Al Masri //PLoS One. – 2019. – V. 14. – №. 12. – P. e0226903. – DOI 10.1371/journal.pone.0226903.

53. Alvarenga, R.R. Lipoprotein metabolism in poultry / R.R. Alvarenga, M.G. Zangeronimo, L.J. Pereira, P.B. Rodrigues, E.M. Gomide //World's Poultry Science Journal. – 2011. – V. 67. – №. 3. – P. 431-440.

54. Alzawqari, M. The effect of desiccated ox bile supplementation on performance, fat digestibility, gut morphology and blood chemistry of broiler chickens fed tallow diets / M. Alzawqari, H.N. Moghaddam, H. Kermanshahi, A.R. Raji //Journal of Applied Animal Research. – 2011. – V. 39. – №. 2. – P. 169-174. – DOI 10.1080/09712119.2011.580999.

55. An, J.S. Effects of exogenous emulsifier supplementation on growth performance, energy digestibility, and meat quality in broilers / J.S. An, W. Yun, J.H. Lee, H.J. Oh, T.H. Kim, E.A. Cho, J.H. Cho // Journal of Animal Science and Technology. – 2020. – V. 62. – №. 1. – P. 43. – DOI 10.5187/jast.2020.62.1.43.

56. Andersen, F.A. Final Report on the Safety Assessment of Trichloroethane / F.A. Andersen // Int. J. Toxicol, 2008. – №. 27. – P. 107–138.

57. Ansell, B.J. High-density lipoprotein function: recent advances / B.J. Ansell, K.E. Watson, A.M. Fogelman, M. Navab, G.C. Fonarow // Journal of the American College of Cardiology. – 2005. - V. 46. – №.10. – P. 1792-1798.

58. Arshad, M.A. Supplementation of bile acids and lipase in broiler diets for better nutrient utilization and performance: Potential effects and future implications–A review / M.A. Arshad, S.A. Bhatti, M.S.U. Rehman, W. Yousaf, G. Younus, O. Sizmaz, M.Q. Bilal //Annals of Animal Science. – 2021. – V. 21. – №. 3. – P. 757-787. – DOI 10.2478/aoas-2020-0099.

59. Ashraf, M. Use of Emulsifiers in High fat level diets of Broilers / M. Ashraf //Doct thesis, Dept Animal Production, Faculty of Agriculture, Al Azhar University, Cairo, Egypt. – 2007. – V. 235.
60. Balevi, T. Use of oil industry by-products in broiler diets / T. Balevi //Revue de Médecine Veterinaire. – 2001. – V. 152. – P. 805-810.
61. Barbara, L., Dowling, H., Hofmann, A. F., Roda, E. (Eds.). Bile Acids in Gastroenterology: Proceedings of an International Symposium Held at Cortina D'Ampezzo, Italy, 17–20th March 1982. Springer Science & Business Media. 2012
62. Barzegar, S. Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed / S. Barzegar, S.B. Wu, M. Choct, R.A. Swick // Poultry science. – 2020. – V. 99. – №. 1. – P. 487-498. – DOI 10.3382/ps/pez554.
63. Bauer, E. Principles of physiology of lipid digestion / E. Bauer, S. Jakob, R. Mosenthin //Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2005. – V. 18. – №. 2. – P. 282-295.
64. Bavaresco, C. Performance, metabolic efficiency and egg quality in Japanese quails fed with acidulated soybean soapstock and lecithin for a prolonged period / C. Bavaresco, S.N. Silva, R.C. Dias, D.C. Lopes, E.G. Xavier, V.F. Roll //Anais da Academia Brasileira de Ciências. – 2020. – V. 92. – DOI 10.1590/0001-3765202020180620.
65. Begley, M. The interaction between bacteria and bile / M. Begley, C.G.M. Gahan, C. Hill // FEMS microbiology reviews. – 2005. – V. 29. – №. 4. – P. 625-651.
66. Bergfeld, W.F. Safety Assessment of Lecithin and Other Phosphoglycerides as Used in Cosmetics / W.F. Bergfeld, D.V. Belsito, R.A. Hill, C.D. Klaassen, D.C. Liebler, J.G. Marks Jr, P.W. Snyder //Cosmetic Ingredient Review: Washington, DC, USA. – 2015.
67. Boesjes, M. Metabolic effects of bile acids in the gut in health and disease / M. Boesjes, G. Brufau //Current medicinal chemistry. – 2014. – V. 21. – №. 24. – P. 2822-2829. – DOI 10.2174/0929867321666140303142053.
68. Bontempo, V. Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks / V. Bontempo, M. Comi, X.R. Jiang, R. Rebutti, V. Caprarulo, C.

Giromini, A. Baldi //Animal Feed Science and Technology. – 2018. – V. 240. – P. 157-164. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2018.04.010.

69. Boontiam, W. Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens / W. Boontiam, B. Jung, Y.Y. Kim //Poultry science. – 2017. – V. 96. – №. 3. – P. 593-601. – DOI 10.3382/ps/pew269.

70. Borsatti, L. Apparent metabolizable energy of by-products from the soybean oil industry for broilers: acidulated soapstock, glycerin, lecithin, and their mixture / L. Borsatti, S.L. Vieira, C. Stefanello, L. Kindlein, E.O. Oviedo-Rondón, C.R. Angel //Poultry Science. – 2018. – V. 97. – №. 1. – P. 124-130. – DOI 10.3382/ps/pex269.

71. Brautigan, D.L. Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens / D.L. Brautigan, R. Li, E. Kubicka, S.D. Turner, J.S. Garcia, M.L. Weintraut, E.A. Wong // Poultry Science. – 2017. – V. 96. – №. 8. – P. 2889-2898. – DOI 10.3382/ps/pex078.

72. Brockman, H.L. Kinetic behavior of the pancreatic lipase-colipase-lipid system / H.L. Brockman //Biochimie. – 2000. – V. 82. – №. 11. – P. 987-995.

73. Buyse, J. Adipose tissue and lipid metabolism / J. Buyse, E. Decuypere //Sturkie's Avian physiology. – Academic Press, 2015. – P. 443-453.

74. Calik, A. Effects of calcium soaps of animal fats on performance, abdominal fat fatty acid composition, bone biomechanical properties, and tibia mineral concentration of broilers / A. Calik, S. Yalcin, S. Küçükersan, P. SAÇAKLI, G. YILDIZ, M.S. Ramay, S. TABAN //Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. – 2019. – V. 25. – №. 1.

75. Cartoni Mancinelli, A. Lipid metabolism analysis in liver of different chicken genotypes and impact on nutritionally relevant polyunsaturated fatty acids of meat / A. Cartoni Mancinelli, A. Di Veroli, S. Mattioli, G. Cruciani, A. Dal Bosco, C. Castellini //Scientific Reports. – 2022. – V. 12. – №. 1. – P. 1888. – DOI 10.1038/s41598-022-05986-2.

76. Cherian, G. Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet / G. Cherian //Journal of animal science and biotechnology. – 2015. – V. 6. – №. 28. – P. 1-9. – DOI 10.1186/s40104-015-0029-9.

77. Cho, J.H. Effects of emulsifier and multi-enzyme in different energy density diet on growth performance, blood profiles, and relative organ weight in broiler chickens / J.H. Cho, P. Zhao, I.H. Kim //Journal of Agricultural Science. – 2012. – V. 4. – №. 10. – P. 161. – DOI 10.5539/jas.v4n10p161.

78. Considine, G.D. Molybdenum / G.D. Considine //Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry, New York: Wiley-Interscience. – 2005. – P. 1038-1040. – DOI 10.1002/0471740039.vec1509.

79. Crisol-Martínez, E. Sorghum and wheat differentially affect caecal microbiota and associated performance characteristics of meat chickens / E. Crisol-Martínez, D. Stanley, M.S. Geier, R.J. Hughes, R.J. Moore // PeerJ. – 2017. – V. 5. – P. e3071. – DOI 10.7717/peerj.3071.

80. Cui, L. Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants? / L. Cui, E.A. Decker //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2016. – V. 96. – №. 1. – P. 18-31. – DOI 10.1002/jsfa.7320.

81. Cullere, M. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits / M. Cullere, G. Tasoniero, V. Giaccone, R. Miotti-Scapin, E. Claeys, S. De Smet, A. Dalle Zotte //Animal. – 2016. – V. 10. – №. 12. – P. 1923-1930.

82. da Cruz Ferreira Júnior, H. Broiler responses to copper levels and sources: growth, tissue mineral content, antioxidant status and mRNA expression of genes involved in lipid and protein metabolism / H. da Cruz Ferreira Júnior, D. L. da Silva, B. R. de Carvalho, H. C. de Oliveira, J. Cunha Lima Muniz, W. Junior Alves, M. I. Hannas //BMC Veterinary Research. – 2022. – V. 18. – №. 1. – P. 1-27. – DOI 10.1186/s12917-022-03286-5.

83. Deryabin, D.G. Plant-Derived Quorum Sensing Inhibitors (Quercetin, Vanillin and Umbelliferon) Modulate Cecal Microbiome, Reduces Inflammation and Affect Production Efficiency in Broiler Chickens / D.G. Deryabin, D.B. Kosyan, K.S.

Inchagova, G.K. Duskaev // *Microorganisms*. – 2023. V. 11. – №. 5. – P. 1326. – DOI 10.3390/microorganisms11051326.

84. Dhariwal, A. MicrobiomeAnalyst: A web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data / A. Dhariwal, J. Chong, S. Habib, I.L. King, L.B. Agellon, J. Xia // *Nucleic Acids Res.* – 2017. - №. 45. – P.180-188. – DOI 10.1093/nar/gkx295.

85. Dibner, J.J. The digestive system: challenges and opportunities / J.J. Dibner, J.D. Richards // *Journal of applied poultry research*. – 2004 – V. 13. – №. 1. – P. 86-93.

86. Dierick, N.A. Influence of lipase and/or emulsifier addition on the ileal and faecal nutrient digestibility in growing pigs fed diets containing 4% animal fat / N.A. Dierick, J.A. Decuypere, // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2004. – V. 84. – №. 12. – P. 1443-1450. – DOI 10.1002/jsfa.1794.

87. Duke, G.E. Alimentary canal: secretion and digestion, special digestive functions, and absorption / G.E. Duke // *Avian physiology*. – New York, NY: Springer New York, 1986. – P. 289-302.

88. Durairaj, V. Histopathology and serum clinical chemistry evaluation of broilers with femoral head separation disorder / V. Durairaj, R. Okimoto, K. Rasaputra, F. D. Clark, N. C. Rath // *Avian diseases*. – 2009. – V. 53. – №. 1. – P. 21-25.

89. Elnesr, S.S. Effect of sodium butyrate on intestinal health of poultry – a review / S.S. Elnesr, M. Alagawany, H.A. Elwan, M.A. Fathi, M.R. Farag, // *Annals of Animal Science*. – 2020. – V. 20. – №. 1. – P. 29-41.

90. Emmert, J.L. Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin / J.L. Emmert, J.L. Garrow, D.H. Baker // *Journal of animal science*. – 1996. – V. 74. – №. 11. – P. 2738-2744.

91. Engelking, L. Textbook of veterinary physiological chemistry, updated 2/e. Academic Press. 2010

92. Etuk, E.B. Blood chemistry, haematology, carcass characteristics and organ weight of finisher broilers fed breadfruit (*Treculia africana*) hull (BFH) in their diet /

E.B. Etuk, C.C. Ugwu, E. Inyama, C. Ugorji //Comparative Clinical Pathology. – 2014. – V. 23. – P. 1153-1158.

93. Fave, G. Physicochemical properties of lipids: new strategies to manage fatty acid bioavailability / G. Fave, T.C. Coste, M. Armand //Cellular and molecular biology. – 2004. – V. 50. – №. 7. – P. 815-832.

94. Fernandez, M.L. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids / M.L. Fernandez, K.L. West //The Journal of nutrition. – 2005. – V. 135. – №. 9. – P. 2075-2078.

95. Fouad, A.M. Nutritional factors affecting abdominal fat deposition in poultry: a review / A.M. Fouad, H.K. El-Senousey //Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2014. – V. 27. – №. 7. – P. 1057. – DOI 10.5713/ajas.2013.13702.

96. Ge, X.K. Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers / X.K. Ge, A.A. Wang, Z.X. Ying, L.G. Zhang, W.P. Su, K. Cheng, T. Wang //Poultry science. – 2019. – V. 98. – №. 2. – P. 887-895. – DOI 10.3382/ps/pey434.

97. Gheisar, M.M. Effects of lysolecithin and sodium stearyl-2-lactylate on growth performance and nutrient digestibility in broilers / M.M. Gheisar, A. Hosseindoust, H.B. Kim, I.H. Kim //Korean Journal of Poultry Science. – 2015. – V. 42. – №. 2. – P. 133-137. – DOI 10.5536/KJPS.2015.42.2.133.

98. Golding, M. The influence of emulsion structure and stability on lipid digestion / M. Golding, T. J. Wooster //Current Opinion in Colloid & Interface Science. – 2010. – V. 15. – №. 1-2. – P. 90-101.

99. Gu, L.A community-based study of the relationship between calcaneal bone mineral density and systemic parameters of blood glucose and lipids / L.J. Gu, X.Y. Lai, Y.P. Wang, J.M. Zhang, J.P. Liu //Medicine. – 2019. – V. 98. – №. 27.

100. Guerreiro Neto, A.C. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources / A. C. Guerreiro Neto, A.C. Pezzato, J.R. Sartori, C. Mori, V.C. Cruz, V.B. Fascina, J. C. Gonçalves, //Brazilian Journal of Poultry Science. – 2011. – V. 13. – P. 119-125. – DOI 10.1590/S1516-635X2011000200006.

101. Haetinger, V.S. Optimizing cost, growth performance, and nutrient absorption with a bio-emulsifier based on lysophospholipids for broiler chickens / V. S. Haetinger, Y.K. Dalmoro, G.L. Godoy, M.B. Lang, O.F. De Souza, P. Aristimunha, C. Stefanello // *Poultry Science*. – 2021. – V.100. – №. 4. – P. 101025. – DOI 10.1016/j.psj.2021.101025.

102. Hasenhuettl, G.L. Synthesis and commercial preparation of food emulsifiers / G. L. Hasenhuettl // *Food emulsifiers and their applications*. – 2019. – P. 11-39.

103. Havenstein, G.B. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets / G.B. Havenstein, P.R. Ferket, M.A. Qureshi // *Poultry science*. – 2003. – V. 82. – №. 10. – P. 1500-1508.

104. Hofmann, A.F. Key discoveries in bile acid chemistry and biology and their clinical applications: history of the last eight decades / A.F. Hofmann, L.R. Hagey // *Journal of lipid research*. – 2014. – V. 55. – №. 8. – P. 1553-1595.

105. Hu X.Q. Effects of fat type and emulsifier in feed on growth performance, slaughter traits, and lipid metabolism of Cherry Valley ducks / X.Q. Hu, W.B. Wang, L. Liu, C. Wang, W. Feng, Q.P. Luo, X.D. Wang // *Poultry Science*. – 2019. – V. 98. – №. 11. – P. 5759-5766. – DOI 10.3382/ps/pez369.

106. Huang, J. Effects of replacing soy-oil with soy-lecithin on growth performance, nutrient utilization and serum parameters of broilers fed corn-based diets / J. Huang, D. Yang, T. Wang // *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2007. – V. 20. – №. 12. – P. 1880. – DOI 10.5713/ajas.2007.1880.

107. Huang, Y. Community composition of cecal microbiota in commercial yellow broilers with high and low feed efficiencies / Y. Huang, H. Lv, Y. Song, C. Sun, Z. Zhang, S. Chen // *Poult Sci*. – 2021. – V. 100. – №. 4. – P. 100996. – DOI 10.1016/j.psj.2021.01.019.

108. Jackman, J.A. Nanotechnology formulations for antibacterial free fatty acids and monoglycerides / J.A. Jackman, B.K. Yoon, D. Li, N.J. Cho // *Molecules*. – 2016. – V. 21. – №. 3. – P. 305.

109. Jaldin, R.G. O processo aterosclerótico em artérias de coelhos submetidos a dieta suplementada com gema de ovo: modelo experimental de baixo custo / R.G.

Jaldin, H.A. Falcão Filho, J.L. Sequeira, W.B. Yoshida //Jornal Vascular Brasileiro. – 2006. – V. 5. – P. 247-256.

110. Jansen, M. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds / M. Jansen, F. Nuyens, J. Buyse, S. Leleu, L. Van Campenhout //Poultry Science. – 2015. – V. 94. – №. 10. – P. 2506-2515. – DOI 10.3382/ps/pev181.

111. JG Marin, J. Bile acids in physiology, pathology and pharmacology / J. JG Marin, R. IR Macias, O. Briz, J.M. Banales, M. J Monte // Current drug metabolism. – 2016. – V. 17. – №. 1. – P. 4-29. – DOI 10.2174/1389200216666151103115454.

112. Jiang, Y. Egg phosphatidylcholine decreases the lymphatic absorption of cholesterol in rats / Y. Jiang, S.K. Noh, S.I. Koo // The Journal of nutrition. – 2001. – V. 131. – №. 9. – P. 2358-2363.

113. Julian, R.J. Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – a review / R.J. Julian //The Veterinary Journal. – 2005. – V. 169. – №. 3. – P. 350-369. – DOI 10.1016/j.tvjl.2004.04.015.

114. Kaczmarek, S.A. Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens / S.A. Kaczmarek, M. Bochenek, A.C. Samuelsson, A. Rutkowski //Archives of animal nutrition. – 2015. – V. 69. – №. 4. – P. 285-296.

115. Kairmi, S.H. Effects of therapeutic levels of dietary antibiotics on the cecal microbiome composition of broiler chickens / S.H. Kairmi, K. Taha-Abdelaziz, A. Yitbarek, M. Sargolzaei, H. Spahany, J. Astill, B. Shojadoost, M. Alizadeh, R.R. Kulkarni, J. Parkinson, S. Sharif // Poult Sci. – 2022. – V. 101. – №. 6. – P. 101864. – DOI 10.1016/j.psj.2022.101864.

116. Kamiya, S. The value of bile replacement during external biliary drainage: an analysis of intestinal permeability, integrity, and microflora / S. Kamiya, M. Nagino, H. Kanazawa, S. Komatsu, T. Mayumi, K. Takagi, Y. Nimura //Annals of surgery. – 2004. – V. 239. – №. 4. – P. 510.

117. Kang, J.D. Bile acid 7 α -dehydroxylating gut bacteria secrete antibiotics that inhibit *Clostridium difficile*: role of secondary bile acids / J.D. Kang, C.J. Myers, S.C.

Harris, G. Kakiyama, I.K. Lee, B.S. Yun, P.B. Hylemon //Cell chemical biology. – 2019. – V. 26. – №. 1. – P. 27-34. e4. – DOI 10.1016/j.chembiol.2018.10.003.

118. Khan, S. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics To Enhance Gut Health and Food Safety / S. Khan, R.J. Moore, D. Stanley, K.K. Chousalkar // Appl Environ Microbiol. – 2020. – V. 86. – №.13. – P. e00600-20. – DOI 10.1128/AEM.00600-20.

119. Khonyoung, D. Influence of dietary fat sources and lysolecithin on growth performance, visceral organ size, and histological intestinal alteration in broiler chickens / D. Khonyoung, K. Yamauchi, K. Suzuki // Livestock Science. – 2015. – V. 176. – P. 111-120.

120. Kjellin M. Surfactants from Renewable Resources / M. Kjellin, I.A.R.D. Johansson. – 2010.

121. Ko, H. Effects of metabolizable energy and emulsifier supplementation on growth performance, nutrient digestibility, body composition, and carcass yield in broilers / H. Ko, J. Wang, J. W. C. Chiu, W. K. Kim //Poultry science. – 2023. – V. 102. – №. 4. – P. 102509. – DOI 10.1016/j.psj.2023.102509.

122. Koeppen, B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiolog, 6th ed. Mosby Elsevier, 2008.

123. Krasnodebska-Depta, A. Physiological values of selected serum biochemical indices in chickens / A. Krasnodebska-Depta, A. Koncicki // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 1999. – V. 2(02).

124. Kuhn, M. Utilization of crude soybean lecithin as a native choline source in feed rations of fattening pigs / M. Kuhn, B. Frohmann, A. Petersen, K. Rübesam, C. Jatsch //Lipid/Fett. – 1998. – V. 100. – №. 3. – P. 78-84.

125. Küllenberg, D. Health effects of dietary phospholipids / D. Küllenberg, L. A. Taylor, M. Schneider, U. Massing //Lipids in health and disease. – 2012. – V. 11. – P. 1-16.

126. Lai, W. Effect of high dose of bile acids supplementation in broiler feed on growth performance, clinical blood metabolites, and organ development / W. Lai, A.

Cao, J. Li, W. Zhang, L. Zhang //Journal of Applied Poultry Research. – 2018. – V. 27. – №. 4. – P. 532-539.

127. Lai, W. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens / W. Lai, W. Huang, B. Dong, A. Cao, W. Zhang, J. Li, L. Zhang, //Poultry Science. – 2018. – V. 97. – №. 1. – P. 196-202. – DOI 10.3382/ps/pex288.

128. Lammasak, K. Corrigendum to: Porcine bile powder supplementation of a high fat broiler diet in relation to growth performance and nutrient digestion / K. Lammasak, S. Kijpakorn, K. Angkanaporn //Animal Production Science. – 2019. – V. 59. – №. 7. – P. 1399-1399.

129. Lauridsen, C. Alternative fat sources to animal fat for pigs / C. Lauridsen, T. Bruun Christensen, U. Halekoh, S. Krogh Jensen //Lipid Technology. – 2007. – V. 19. – №. 7. – P. 156-159.

130. Leeson, S. Commercial poultry production / S. Leeson, J.D. Summers //University Books, Guelph, Ontario, Canada. ISBN. – 2005. – T. 969560052. – C. 63-64.

131. Leeson, S., Summers J. D. Protein and amino acids. Pages: 102-175 in Scott's Nutrition of the chicken. (4th ed.): Diss. ed. S. Leeson, and JD Summers, eds. University Books, 2001.

132. Li, H. An overall view of the regulation of hepatic lipid metabolism in chicken revealed by new-generation sequencing / H. Li, Z. Li, X. Liu // Poultry Science. IntechOpen, London, UK. – 2017. – P. 133-147.

133. Li, J. Enhanced fish oil-in-water emulsions enabled by rapeseed lecithins obtained under different processing conditions / J. Li, J. N. Pedersen, S. Anankanbil, Z. Guo //Food chemistry. – 2018. – V. 264. – P. 233-240.

134. Li, J. Identification and quantification of phenolic compounds in rapeseed originated lecithin and antioxidant activity evaluation / J. Li, Z. Guo //LWT. – 2016. – V. 73. – P. 397-405.

135. Li, T. Bile acid metabolism and signaling in cholestasis, inflammation, and cancer / T. Li, U. Apte //Advances in pharmacology. – 2015. – V. 74. – P. 263-302.

136. Lilburn, M.S. Early intestinal growth and development in poultry / M.S. Lilburn, S. Loeffler //Poultry Science. – 2015. – V. 94. – №. 7. – P. 1569-1576.
137. Lima, A.C.F. Efeito do uso de probiótico sobre o desempenho e atividade de enzimas digestivas de frangos de corte / A.C.F.D. Lima, J.M. Pizauro Júnior, M. Macari, E.B. Malheiros //Revista Brasileira de Zootecnia. – 2003. – V. 32. – P. 200-207.
138. Lin, G.L. Bilirubin and biliverdin excretion by the chicken / G.L. Lin, J.A. Himes, C.E. Cornelius //American Journal of Physiology-Legacy Content. – 1974. – V. 226. – №. 4. – P. 881-885.
139. List, G.R. Soybean lecithin: Food, industrial uses, and other applications/ G. R. List // Polar lipids. – 2015. – P. 1-33. – ISBN 9781630670450.
140. Lobo, A.R. Increased adiposity by feeding growing rats a high-fat diet results in iron decompartmentalisation / A.R. Lobo, E.H. Gaievski, C.H. de Mesquita, E. De Carli, P.D.S. Teixeira, R.M. Pereira, C. Colli //British Journal of Nutrition. – 2020. – V. 123. – №. 10. – P. 1094-1108. – DOI 10.1017/S0007114519002320.
141. Lordan, R. Phospholipids of animal and marine origin: Structure, function, and anti-inflammatory properties / R. Lordan, A. Tsoupras, I. Zabetakis //Molecules. – 2017. – V. 22. – №. 11. – P. 1964.
142. Lowe, M.E. The triglyceride lipases of the pancreas / M.E. Lowe //Journal of lipid research. – 2002. – V. 43. – №. 12. – P. 2007-2016.
143. Lu, J. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken / J. Lu, U. Idris, B. Harmon, C. Hofacre, J. J. Maurer, M. D. Lee //Applied and environmental microbiology. – 2003. – V. 69. – №. 11. – P. 6816-6824. – DOI 10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003.
144. Lundbæk, J.A. Lipid bilayer regulation of membrane protein function: gramicidin channels as molecular force probes / J.A. Lundbæk, S.A. Collingwood, H. I. Ingólfsson, R. Kapoor, O.S. Andersen //Journal of The Royal Society Interface. – 2010. – V. 7. – №. 44. – P. 373-395. – DOI 10.1098/rsif.2009.0443.
145. Magne, F. The Firmicutes/Bacteroidetes Ratio: A Relevant Marker of Gut Dysbiosis in Obese Patients? / F. Magne, M. Gotteland, L. Gauthier, A. Zazueta, S.

Pesoa, P. Navarrete, R. Balamurugan, // *Nutrients*. – 2020. – V. 12. – №. 5. – P. 1474. – DOI 10.3390/nu12051474.

146. Mastellone, I. Dietary soybean phosphatidylcholines lower lipidemia: mechanisms at the levels of intestine, endothelial cell, and hepato-biliary axis / I. Mastellone, E. Polichetti, S. Grès, C. de la Maisonneuve, N. Domingo, V. Marin, F. Chanussot // *The Journal of Nutritional Biochemistry*. – 2000. – V. 11. – №. 9. – P. 461-466.

147. Mateos, G.G. Improving the utilization of raw materials in poultry feeding: new technologies and inclusion levels / G.G. Mateos, M.P. Serrano, J. Berrocoso, A. Pérez-Bonilla, R. Lázaro // *XXXIV Worlds Poultry Congress*. Salvador de Bahia, Brazil. – 2013. – P. 1-13.

148. McClements, D.J. Controlling lipid bioavailability using emulsion-based delivery systems / D.J. McClements, E.A. Decker // *Designing functional foods*. Woodhead Publishing. – 2009. – P. 502-546.

149. McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. F., Morgan, C., Sinclair, L. Wilkinson, R. *Animal Nutrition*, 7th ed. Pearson Education, Edinburgh Gate, Harlow, England. – 2011. – P. 164-166.

150. Melegy, T. Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler / T. Melegy, N.F. Khaled, R. El-Bana, H. Abdellatif // *African journal of agricultural research*. – 2010. – V. 5. – №. 21. – P. 2886-2892.

151. Mirzaei, R. Role of microbiota-derived short-chain fatty acids in nervous system disorders / R. Mirzaei, B. Bouzari, S.R. Hosseini-Fard, M. Mazaheri, Y. Ahmadyousefi, M. Abdi, S. Jalalifar, Z. Karimitabar, A. Teimoori, H. Keyvani, F. Zamani, R. Yousefimashouf, S. Karampoor // *Biomed Pharmacother*. – 2021. – V. 139. – P. 111661. – DOI 10.1016/j.biopha.2021.111661.

152. Monte, M.J. Bile acids: chemistry, physiology, and pathophysiology / M.J. Monte, J.J. Marin, A. Antelo, J. Vazquez-Tato // *World journal of gastroenterology: WJG*. – 2009. – V. 15. – №. 7. – P. 804. – DOI 10.3748/wjg.15.804.

153. Morrell, A. The role of insufficient copper in lipid synthesis and fatty-liver disease / A. Morrell, S. Tallino, L. Yu, J. L. Burkhead // *IUBMB life*. – 2017. – V. 69. – №. 4. – P. 263-270. – DOI 10.1002/iub.1613.
154. Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Frutos, M. J., Dusemund, B. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Re-evaluation of lecithins (E 322) as a food additive. *EFSA Journal*. – 2017. – V. 15. - №.4. – P. e04742.
155. Mukherjee, M. Human digestive and metabolic lipases – a brief review / M. Mukherjee // *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. – 2003. – V. 22. – №. 5-6. – P. 369-376.
156. Mukhopadhyay, S. Chemistry and biology of bile acids / S. Mukhopadhyay, U. Maitra // *Current Science*. – 2004. – P. 1666-1683.
157. Nayebpor, M. Influence of soybean oil on growth performance, carcass properties, abdominal fat deposition and humoral immune response in male broiler chickens / M. Nayebpor, A. Hashemi, P. Farhomand // *J. Anim. Vet. Adv.* – 2007. – V. 6. – P. 1317-1322.
158. Nguyen, M.T. Mapping the chemical variability of vegetable lecithins/ M. T. Nguyen, D. Van de Walle, C. Petit, B. Beheydt, F. Depypere, K. Dewettinck // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2014. – V. 91. – №. 7. – P. 1093-1101.
159. Nicholson, J.K. Host-gut microbiota metabolic interactions / J.K. Nicholson, E. Holmes, J. Kinross, R. Burcelin, G. Gibson, W. Jia, S. Pettersson // *Science*. – 2012. – V. 336. – №. 6086. – P. 1262-1267.
160. Norn, V. Emulsifiers in food technology 2nd Edition. John & Wiley Ltd. Chichester, England, United Kingdom. – 2014.
161. Noy, Y. Digestion and absorption in the young chick / Y. Noy, D. Sklan // *Poultry science*. – 1995. – V. 74. – №. 2. – P. 366-373.
162. Noy, Y. Early nutritional strategies / Y. Noy, Z. Uni // *World's Poultry Science Journal*. – 2010. – V. 66. – №. 4. – P. 639-646.

163. Odunitan-Wayas, F. Haematological and serum biochemical responses of Ovambo chickens fed Provitamin A Biofortified maize / F. Odunitan-Wayas, U. Kolanisi, M. Chimonyo //Brazilian Journal of Poultry Science. – 2018. – V. 20. – P. 425-434. – DOI 10.1590/1806-9061-2016-0444.
164. Oke, M. Effect of soy lecithin in enhancing fruit juice/sauce quality / M. Oke, J. K. Jacob, G. Paliyath //Food research international. – 2010. – V. 43. – №. 1. – P. 232-240.
165. Oketch, E.O. Physiological responses of broiler chickens fed reduced-energy diets supplemented with emulsifiers / E.O. Oketch, J.W. Lee, M. Yu, J.S. Hong, Y.B. Kim, S.R. Nawarathne, J.M. Heo //Animal bioscience. – 2022. – V. 35. – №. 12. – P. 1929. – DOI 10.5713/ab.22.0142.
166. Oketch, E.O. Physiology of lipid digestion and absorption in poultry: An updated review on the supplementation of exogenous emulsifiers in broiler diets / E.O. Oketch, S.S. Wickramasuriya, S. Oh, J.S. Choi, J.M. Heo //Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2023. – DOI 10.1111/jpn.13859.
167. Park, J.H. Effects of exogenous lysolecithin emulsifier supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and blood lipid profiles of broiler chickens / J.H. Park, D.H. Nguyen, I.H. Kim //The Journal of Poultry Science. – 2018. – V. 55. – №. 3. – P. 190-194. – DOI 10.2141/jpsa.0170100.
168. Peng, L.Y. Protective effects of gut microbiota and gut microbiota-derived acetate on chicken colibacillosis induced by avian pathogenic Escherichia coli / L.Y. Peng, H.T. Shi, Z.X. Gong, P.F. Yi, B. Tang, H.Q. Shen, B.D. Fu // Vet Microbiol. – 2021. – V. 261. – P. 109187. – DOI 10.1016/j.vetmic.2021.109187.
169. Piekarski, A. Chenodeoxycholic acid reduces feed intake and modulates the expression of hypothalamic neuropeptides and hepatic lipogenic genes in broiler chickens / A. Piekarski, E. Decuypere, J. Buyse, S. Dridi //General and comparative endocrinology. – 2016. – V. 229. – P. 74-83.
170. Polat, U. Serum biochemical profile of broiler chickens fed diets containing rosemary and rosemary volatile oil / U. Polat, D. Yesilbag, E. Mustafa //Journal of Biological and Environmental Sciences. – 2011. – V. 5. – №. 13.

171. Polichetti, E. Dietary polyenylphosphatidylcholine decreases cholesterolemia in hypercholesterolemic rabbits: role of the hepato-biliary axis / E. Polichetti, A. Janisson, P. L. de la Porte, H. Portugal, J. Léonardi, A. Luna, F. Chanussot //Life Sciences. – 2000. – V. 67. – №. 21. – P. 2563-2576.

172. Porter, C.J.H. Lipids and lipid-based formulations: optimizing the oral delivery of lipophilic drugs / C.J. H. Porter, N.L. Trevaskis, W.N. Charman //Nature reviews Drug discovery. – 2007. – V. 6. – №. 3. – P. 231-248.

173. Raheel, I.A.R. Natural herbs CLEANACTIV®; Immune-modulator, health activator and growth promoter in broiler chickens / I.A. R. Raheel, A. Orabi, A. El-Masry, //International Journal of Veterinary Science. – 2019. – V. 8. – №. 4. – P. 267-270.

174. Raju, M. Rice bran lysolecithin as a source of energy in broiler chicken diet / M. V. L. N. Raju, S. R. Rao, P. P. Chakrabarti, B. V. S. K. Rao, A. K. Panda, B. P. Devi, R. B. N. Prasad //British poultry science. – 2011. – V. 52. – №. 6. – P. 769-774.

175. Ramadan, M. F. Antioxidant characteristics of phenolipids (quercetin-enriched lecithin) in lipid matrices / M.F. Ramadan //Industrial Crops and Products. – 2012. – V. 36. – №. 1. – P. 363-369.

176. Ravindran, V. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation / V. Ravindran, P. Tanchaorenrat, F. Zaefarian, G. Ravindran //Animal Feed Science and Technology. – 2016. – V. 213. – P. 1-21.

177. Ravindran, V. Nutrition and digestive physiology of the broiler chick: State of the art and outlook / V. Ravindran, M. R. Abdollahi //Animals. – 2021. – V. 11. – №. 10. – P. 2795. – DOI 10.3390/ani11102795.

178. Robert, C. Vegetable lecithins: A review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention / C. Robert, L. Couëdelo, C. Vaysse, M. C. Michalski //Biochimie. – 2020. – V. 169. – P. 121-132. – DOI 10.1016/j.biochi.2019.11.017.

179. Rovers, M. Saving energy and feed cost with nutritional emulsifier / M. Rovers, O. Excentials //Intl. Poult. Prod. – 2014. – V. 22. – P. 7-8.

180. Roy, A. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens / A. Roy, S. Haldar, S. Mondal, T. K. Ghosh // *Veterinary medicine international*. – 2010. – V. 2010. – DOI 10.4061/2010/262604.

181. Russell, D.W. Fifty years of advances in bile acid synthesis and metabolism / D. W. Russell // *Journal of lipid research*. – 2009. – V. 50. – P. 120-125.

182. Rychen, G. Modification of the terms of authorisation of lecithins as a feed additive for all animal species / G. Rychen, G. Aquilina, G. Azimonti, V. Bampidis, M.L. Bastos, G. Bories, A. Chesson, P.S. Cocconcelli, G. Flachowsky, B. Kolar, M. Kouba, M. López-Alonso, S. López Puente, A. Mantovani, B. Mayo, F. Ramos, M. Saarela, R.E. Villa, R.J. Wallace, P. Wester, A.K. Lundebye, C. Nebbia, D. Renshaw, M.L. Innocenti, J. Gropp // *EFSA Journal*. – 2018. – V. 16. – №. 6. – P. e05334. – DOI 10.2903/j.efsa.2018.5334.

183. Sakaridis, I. Investigating the Association Between the Caecal Microbiomes of Broilers and *Campylobacter* Burden / I. Sakaridis, R.J. Ellis, S.A. Cawthraw, A.H.M. van Vliet, D.J. Stekel, J. Penell, M. Chambers, R.M. La Ragione, A.J. Cook // *Front Microbiol*. – 2018. – V. 9. – P. 927. – DOI 10.3389/fmicb.2018.00927.

184. San Tan, H. Effect of exogenous emulsifier on growth performance, fat digestibility, apparent metabolisable energy in broiler chickens / H. San Tan, I. Zulkifli, A. S. Farjam, Y. M. Goh, E. Croes, S. K. Partha, A. K. Tee // *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*. – 2016. – V. 4. – №. 1. – P. 7-10. – DOI 10.3923/ijp.2017.396.402.

185. Schoeler, M. Dietary lipids, gut microbiota and lipid metabolism / M. Schoeler, R. Caesar // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2019. – V. 20. – P. 461-472.

186. Serpunja, S. The effect of sodium stearoyl-2-lactylate (80 %) and tween 20 (20 %) supplementation in low-energy density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, serum lipid profiles, and excreta microbiota in broilers / S. Serpunja, I.H. Kim // *Poultry Science*. – 2018. – V. 98. – №. 1. – P. 269-275. – DOI 10.3382/ps/pey342.

187. Shahid, I. Emulsifier supplementation response in ross 308 broilers at 1-10 days / I. Shahid, M. Sharif, M. Yousaf, F. Ahmad, U. Anwar, A. Ali, M. A. Rahman // *Brazilian Journal of Poultry Science*. – 2020. – V. 22.
188. Sheen-Chen, S. M. Effect of Bile Acid Replacement on Endotoxin-induced Tumor Necrosis Factor- α Production in Obstructive Jaundice / S.M. Sheen-Chen, H.S. Chen, H.T. Ho, W.J. Chen, C.C. Sheen, H.L. Eng // *World journal of surgery*. – 2002. – V. 26. – P. 448-450.
189. Shilling, M. Antimicrobial effects of virgin coconut oil and its medium-chain fatty acids on *Clostridium difficile* / M. Shilling, L. Matt, E. Rubin, M. P. Visitacion, N. A. Haller, S. F. Grey, C. J. Woolverton // *Journal of medicinal food*. – 2013. – V. 16. – №. 12. – P. 1079-1085. – DOI 10.1089/jmf.2012.0303.
190. Singh, H. Structuring food emulsions in the gastrointestinal tract to modify lipid digestion / H. Singh, A. Ye, D. Horne // *Progress in lipid research*. – 2009. – V. 48. – №. 2. – P. 92-100.
191. Siyal, F. A. Emulsifiers in the poultry industry / F. A. Siyal, D. Babazadeh, C. Wang, M. A. Arain, M. Saeed, T. Ayasan, T. Wang // *World's Poultry Science Journal*. – 2017b. – V. 73. – №. 3. – P. 611-620. – DOI 10.1017/S0043933917000502.
192. Siyal, F.A. Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens / F.A. Siyal, M.E.A. El-Hack, M. Alagawany, C. Wang, X. Wan, J. He, D. Kuldeep // *International Journal of Pharmacology*. – 2017. – V. 13. – №. 4. – P. 396-402. – DOI 10.3923/ijp.2017.396.402.
193. Soares, M. Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilisation in weaned piglets / M. Soares, C.J. Lopez-Bote // *Animal feed science and technology*. – 2002. – V. 95. – №. 3-4. – P. 169-177. – DOI 10.1016/S0377-8401(01)00324-8.
194. Sonnenburg, J.L. Diet–microbiota interactions as moderators of human metabolism / J.L. Sonnenburg, F. Bäckhed // *Nature*. – 2016. – V. 535(7610). – P. 56-64. – DOI 10.1038/nature18846.
195. Stanley, D. Bacteria within the Gastrointestinal Tract Microbiota Correlated with Improved Growth and Feed Conversion: Challenges Presented for the

Identification of Performance Enhancing Probiotic Bacteria / D. Stanley, R.J. Hughes, M.S. Geier, R.J. Moore, // *Front Microbiol.* – 2016. – V. 7. – P. 187. – DOI 10.3389/fmicb.2016.00187.

196. Sugiharto, S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry / S. Sugiharto // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* – 2016. – V. 15. – №. 2. – P. 99-111.

197. Takada, T. *Fusicatenibacter saccharivorans* gen. nov., sp. nov., isolated from human faeces / T. Takada, T. Kurakawa, H. Tsuji, K. Nomoto // *Int J Syst Evol Microbiol.* – 2013. – V. 63. – №. 10. – P. 3691-3696. – DOI 10.1099/ijss.0.045823-0.

198. Tancharoenrat, P. Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens / P. Tancharoenrat, V. Ravindran, F. Zaefarian, G. Ravindran // *Poultry Science.* – 2014. – V. 93. – №. 2. – P. 371-379. – DOI 10.3382/ps.2013-03344.

199. Tancharoenrat, P. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens / P. Tancharoenrat, V. Ravindran, F. Zaefarian, G. Ravindran // *Animal Feed Science and Technology.* – 2013. – V. 186. – №. 3-4. – P. 186-192. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013.

200. Tenório, K.I. Effect of lipid source and emulsifier on productive and physiological parameters of broilers / K.I. Tenório, C. Eyng, C.R. do Amaral Duarte, R.V. Nunes, J. Broch, N.R. Júnior, E.H. Cirilo // *Animal Bioscience.* – 2022. – V. 35. – №. 1. – P. 54. – DOI 10.5713/ab.20.0621.

201. Treede, I. Anti-inflammatory effects of phosphatidylcholine / I. Treede, A. Braun, R. Sparla, M. Kuhnel, T. Giese, J. R. Turner, R. Eehalt // *Journal of Biological Chemistry.* – 2007. – V. 282. – №. 37. – P. 27155-27164.

202. Udomprasert, P. Effect of an exogenous emulsifier on growth performance in weanling pigs / P. Udomprasert, T. Rukkhwamsuk // *Agriculture and Natural Resources.* – 2006. – V. 40. – №. 3. – P. 652-656.

203. Upadhaya, S. D. Efficacy of 1, 3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers / S. D. Upadhaya, J. W. Park, J. H. Park, I. H. Kim //Poultry Science. – 2017. – V. 96. – №. 6. – P. 1672-1678. – DOI 10.3382/ps/pew425.

204. Upadhaya, S.D. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers / S.D. Upadhaya, J.S. Lee, K.J. Jung, I.H. Kim //Poultry science. – 2018. – V. 97. – №. 1. – P. 255-261. – DOI 10.3382/ps/pex303.

205. Van der Heijden, M. Optimising moisture while maintaining feed quality / M. Van der Heijden, D. de Haan //All About Feed. – 2010. – V. 1. – №. 2.

206. Van Le, H. Fatty acid profiles of muscle, liver, heart and kidney of Australian prime lambs fed different polyunsaturated fatty acids enriched pellets in a feedlot system / H. Van Le, D.V. Nguyen, Q. Vu Nguyen, B.S. Malau-Aduli, P.D. Nichols, A.E.O. Malau-Aduli //Scientific Reports. – 2019. – V. 9. – №. 1. – P. 1238. – DOI 10.1038/s41598-018-37956-y.

207. van Nieuwenhuyzen, W. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies / W. van Nieuwenhuyzen, M. C. Tomás // European journal of lipid science and technology. – 2008. – V. 110. – №. 5. – P. 472-486.

208. Verkempinck, S. H. E. Emulsion stability during gastrointestinal conditions effects lipid digestion kinetics / S. H. E. Verkempinck, L. Salvia-Trujillo, L. G. Moens, L. Charleer, A. M. Van Loey, M. E. Hendrickx, T. Grauwet //Food chemistry. – 2018. – V. 246. – P. 179-191. – DOI 10.1016/j.foodchem.2017.11.001.

209. Visscher, C. Fat content, fatty acid pattern and iron content in livers of turkeys with hepatic lipidosis / C. Visscher, L. Middendorf, R. Günther, A. Engels, C. Leibfacher, H. Möhle, D. Radko //Lipids in Health and Disease. – 2017. – V. 16. – №. 1. – P. 1-10. – DOI 10.1186/s12944-017-0484-8.

210. Wahlström, A. Intestinal crosstalk between bile acids and microbiota and its impact on host metabolism / A. Wahlström, S. I. Sayin, H. U. Marschall, F. Bäckhed // Cell metabolism. – 2016. – V. 24. – №. 1. – P. 41-50. – DOI 10.1016/j.cmet.2016.05.005.

211. Wang, J.P. Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acids profile of broiler chickens / J.P. Wang, Z.F. Zhang, L. Yan, I.H. Kim // *Animal Science Journal*. – 2016. – V. 87. – №. 2. – P. 250-256. – DOI 10.1111/asj.12412.

212. Wang, T.Y. New insights into the molecular mechanism of intestinal fatty acid absorption / T.Y. Wang, M. Liu, P. Portincasa, D.Q.H. Wang // *European journal of clinical investigation*. – 2013. – V. 43. – №. 11. – P. 1203-1223.

213. Wang, Z. Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease / Z. Wang, E. Klipfell, B. J. Bennett, R. Koeth, B. S. Levison, B. DuGar, S. L. Hazen // *Nature*. – 2011. – V. 472. – №. 7341. – P. 57-63.

214. Watanabe, M. Bile acids induce energy expenditure by promoting intracellular thyroid hormone activation / M. Watanabe, S. M. Houten, C. Matakai, M. A. Christoffolete, B. W. Kim, H. Sato, J. Auwerx // *Nature*. – 2006. – V. 439. – №. 7075. – P. 484-489.

215. Wickramasuriya, S. S. Physiological effects of a tallow-incorporated diet supplemented with an emulsifier and microbial lipases on broiler chickens / S. S. Wickramasuriya, S. P. Macelline, H. M. Cho, J. S. Hong, S. H. Park, J. M. Heo // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2020. – V. 7. – P. 583998. – DOI10.3389/fvets.2020.583998.

216. Woodgate, S.L. Fats and oils—animal based / S.L. Woodgate, J.T. van der Veen // *Food processing: principles and applications*. – 2014. – P. 481-499.

217. Woods, V.B. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review / V.B. Woods, A.M. Fearon // *Livestock Science*. – 2009. – V. 126. – №. 1-3. – P. 1-20. – DOI: 10.1016/j.livsci.2009.07.002.

218. Wouthuyzen-Bakker, M. Persistent fat malabsorption in cystic fibrosis; lessons from patients and mice / M. Wouthuyzen-Bakker, F.A. J.A. Bodewes, H.J. Verkade // *Journal of Cystic Fibrosis*. – 2011. – V. 10. – №. 3. – P. 150-158.

219. Xu, Y. Recent progress on bile acid receptor modulators for treatment of metabolic diseases / Y. Xu // *Journal of medicinal chemistry*. – 2016. – V. 59. – №. 14. – P. 6553-6579. – DOI 10.1021/acs.jmedchem.5b00342.

220. Zaefarian, F. Trends in feed evaluation for poultry with emphasis on in vitro techniques / F. Zaefarian, A. J. Cowieson, K. Pontoppidan, M. R. Abdollahi, V. Ravindran //Animal Nutrition. – 2021. – V. 7. – №. 2. – P. 268-281. – DOI 10.1016/j.aninu.2020.08.006.

221. Zampiga, M. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens / M. Zampiga, A. Meluzzi, F. Sirri //Italian Journal of Animal Science. – 2016. – V. 15. – №. 3. – P. 521-528. – DOI 10.1080/1828051X.2016.1192965.

222. Zhang, B. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content / B. Zhang, L. Haitao, D. Zhao, Y. Guo, A. Barri //Animal Feed Science and Technology. – 2011. – V. 163. – №. 2-4. – P. 177-184. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2010.10.004.

223. Zhao, P.Y. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers / P.Y. Zhao, I.H. Kim //Poultry Science. – 2017. – V. 96. – №. 5. – P. 1341-1347. – DOI 10.3382/ps/pew469.

224. Zhao, P.Y. Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs / P.Y. Zhao, H.L. Li, M.M. Hossain, I.H. Kim //Animal Feed Science and Technology. – 2015. – V. 207. – P. 190-195. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2015.06.007.

225. Zheng, C.J. Fatty acid synthesis is a target for antibacterial activity of unsaturated fatty acids / C.J. Zheng, J.S. Yoo, T.G. Lee, H.Y. Cho, Y.H. Kim, W.G. Kim //FEBS letters. – 2005. – V. 579. – №. 23. – P. 5157-5162. – DOI 10.1016/j.febslet.2005.08.028.

226. Zuidhof, M.J. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005 / Zuidhof, M.J., Schneider, B.L., Carney, V.L., Korver, D.R., Robinson, F.E. //Poultry science. – 2014. – V. 93. – №. 12. – P. 2970-2982.