

**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



ИВАНИЩЕВА АНАСТАСИЯ ПАВЛОВНА

**Оценка продуктивности цыплят-бройлеров на фоне применения
комплексной органо-минеральной кормовой добавки**

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Е.А. Сизова

Оренбург - 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Характеристика и свойства компонентов кормовой добавки.....	10
1.1.1 Лактулоза, как пребиотический компонент.....	10
1.1.2 Янтарная кислота – вещество, улучшающее энергетический метаболизм цыплят-бройлеров.....	17
1.1.3 Применение аргинина в составе кормовых добавок.....	19
1.1.4 Использование кремния в кормлении сельскохозяйственных животных.....	21
1.2 Кормовые добавки на основе органических и минеральных компонентов.....	25
1.3 Особенности влияния органо-минеральных компонентов кормовых добавок на метаболизм и кишечную микробиоту цыплят-бройлеров.....	30
1.4 Заключение по обзору литературы.....	33
2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
2.1 Материалы и методы исследования.....	36
2.2 Результаты I эксперимента по оценке продуктивности цыплят-бройлеров на фоне применения комплексной органо-минеральной кормовой добавки.....	41
2.2.1 Корм и кормление цыплят-бройлеров.....	41
2.2.2 Рост цыплят-бройлеров и поедаемость корма.....	44
2.2.3 Переваримость питательных веществ корма.....	47
2.2.4 Убойные качества и морфологический состав тела цыплят-бройлеров.....	48
2.2.5 Химический состав тканей цыплят-бройлеров.....	49
2.2.6 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров.....	50
2.2.7 Особенности межуточного обмена.....	51
2.2.8 Морфо-биохимический состав крови цыплят-бройлеров.....	52
2.2.9 Элементный состав тканей тела цыплят – бройлеров.....	55
2.2.10 Особенности качественного и количественного состава микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров.....	60
2.2.11 Резюме по I эксперименту.....	69
2.3 Результаты II эксперимента по сравнительной оценке ОМКД с аналогом «Трегалоза».....	70
2.3.1 Рост цыплят-бройлеров и поедаемость кормов.....	70
2.3.2 Переваримость питательных веществ корма.....	72
2.3.3 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров.....	74
2.3.4 Морфологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров.....	75
2.3.5 Элементный состав биосубстратов цыплят –	

бройлеров.....	78
2.3.6 Убойные качества цыплят-бройлеров.....	82
2.3.7 Химический состав тканей цыплят-бройлеров.....	83
2.3.8 Резюме по II эксперименту.....	84
2.3.9 Научно-производственный эксперимент.....	85
3 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	87
4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	100
6 ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ.....	101
7 СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ.....	102

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Как скороспелая отрасль животноводства, позволяющая за относительно короткий срок в 35-42 суток получать готовую к реализации продукцию, птицеводство является одним из предикторов продовольственной безопасности (Xin H. and Liu K., 2017). Однако высокие темпы роста не могут быть реализованы исключительно на базовых нутриентах – белках, жирах и углеводах, для этого необходимы также функционализированные кормовые добавки (Яськова Е.В. и др., 2015), среди которых пребиотики, пробиотики и фитобиотики, органические и минеральные компоненты. Они не только позволяют снизить затраты кормов на единицу продукции, но и положительно влияют на морфо-биохимический состав крови, прирост живой массы, иммунитет и хозяйственно-экономические показатели (Khan R.U., et. al., 2022; Onrust L., et. al., 2015). Однако, в большинстве своём, это импортные препараты, базирующиеся на разных веществах, характер действия которых не всегда подтвержден широким спектром исследований, а данные по ним противоречивы. В то же время получаемая мясная продукция должна соответствовать критериям безопасности. Следовательно, полифункциональные добавки отечественного производства с подтвержденной эффективностью и безопасностью будут весьма востребованы на рынке (Орлова О.Ю. и Каримов А.Х., 2013; Xin H., 2017).

К тому же, запрет в Европейском союзе использование антибиотиков приводит к поиску новых кормовых добавок, способствующих активному росту сельскохозяйственных животных (Радчик О.Л., Семенихина В.А., 2002). Изучение новых кормовых добавок и их состава, способных действовать разносторонне на организм цыплят-бройлеров – актуальная задача современного птицеводства. Одной из перспективных композиций подобных добавок является сочетание органических и минеральных веществ

различного функционального назначения: пребиотического, минерального, метаболического.

Степень разработанности темы.

Правильно подобранные и сбалансированные по питательности компоненты корма являются основными источниками, стимулирующими рост птицы (Cho M., 2012). На продуктивность цыплят-бройлеров влияют не только основные нутриенты, но и химические вещества, обладающие биологической активностью: органические кислоты, ферменты, пробиотики, пребиотики, фитобиотики (Wiseman M., 2012; Рязанцева К.В. и др, 2021). При этом, потребность общества в безопасной продукции приводит к поиску и созданию новых отечественных кормовых добавок.

Компоненты, в составе кормовых добавок могут иметь различный функционал. Пребиотики способны продуцировать полезные бактерии в кишечнике (Rehman H. et al., 2009), и тем самым способствовать активизации пищеварения (Ахметова С.О. и Есиркепова Ж.Ж., 2017). При этом, несомненно, важнейшая роль отводится и минеральным веществам (Бао У.М., Choct M., 2009; Иванова А.С., 2017), в том числе, силатрантам (кремнийорганические соединения) (Воронков М.Г., 2010).

Стимулирование силатранами жизненно важных физиологических процессов у животных и птиц позволяет существенно повысить продуктивность в животноводстве (Scholey D.V. et al., 2018; Mustafina A.S. et al., 2021). Использование в рационах сельскохозяйственной птицы метаболических средств и подкислителей, в частности, янтарной кислоты положительно действует на состояние обмена веществ и показатели естественной резистентности (Луговая И.С. и др., 2016; Яхин О.И. и др., 2018, Kai Q. et al., 2021). Еще одним важным компонентом, обладающим анаболическим эффектом, считается аргинин, как незаменимые аминокислоты для птиц (Kidd M.T. et al., 2001; Khajali F., Wideman R. F., 2010). Ряд исследований показали положительное влияние аргинина на продуктивность (Яужева Е.В., 2015; 2016; Hassan F. et al., 2021). Их действие

связано с синтезом белка и других метаболически важных молекул: оксида азота, глутамата, полиаминов, пролина, глутамина и др.

Цели и задачи исследования.

В связи с этим, целью исследования стало изучение влияния комплексной трёх- и четырёхкомпонентной органо-минеральной кормовой добавки (ОМКД) на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров при различных сроках скармливания. Работа была выполнена в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021-2023 годы № 0761-2019-0005, № ААА-А19-119040290046-2; проектом Российского научного фонда № 20-16-00078; проектом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2024-550.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Охарактеризовать влияние ОМКД на интенсивность роста и мясную продуктивность цыплят-бройлеров при разных сроках скармливания
2. Определить влияние состава и сроков скармливания изучаемой добавки на переваримость и усвоение питательных веществ корма.
3. Оценить морфо-биохимический состав крови цыплят-бройлеров на фоне использования комплексной добавки.
4. Изучить элементный состав тканей тела цыплят-бройлеров на фоне скармливания ОМКД.
5. Исследовать изменение микробиома кишечника цыплят – бройлеров на фоне скармливания комплексной ОМКД.
6. Сравнить действие разрабатываемой кормовой добавки с коммерчески доступным на рынке аналогом.
7. Провести производственную проверку полученных результатов.

Научная новизна состоит в том, что посредством комплексного подхода апробирована рецептура и предложены доза и сроки скармливания новой ОМКД, а также изучено влияние на метаболизм и продуктивность цыплят-бройлеров.

Применение с 15-суточного возраста в составе рациона четырёхкомпонентной ОМКД в дозировке 2,45 г/кг корма (RU 2 798 992 С1) повышает интенсивность роста цыплят бройлеров.

Впервые выявлено положительное влияние четырехкомпонентной ОМКД на элементный состав биосубстратов и микробиом слепой кишки цыплят-бройлеров.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработана и апробирована гипотеза об эффективном использовании ОМКД в рационе цыплят-бройлеров. Установленные положения позволяют расширить знания и теоретическую базу физиологических процессов и биохимических реакций реализации генетического потенциала, при совершенствовании состава и питательности рационов для выращивания цыплят-бройлеров.

Практическая значимость работы состоит в том, что использование кормовой добавки в рационах цыплят-бройлеров позволит повысить рентабельности производства мяса птицы на 4,3 %.

Введение в рацион цыплят-бройлеров ОМКД позволило улучшить показатели роста и снизить затраты корма, а также повлияло на переваримость кормов и микробное сообщество в кишечнике.

Методология и методы исследования. Методология исследований по представленной теме, основана на обобщении общепринятых научных положений, изложенных в трудах отечественных и зарубежных авторов. При планировании и выполнении научных исследований по теме использовались общепринятые методы: анализ, обобщение, проведение экспериментальных исследований путем постановки научно-хозяйственных опытов, а также стандартизированные методы зоотехнического, гематологического, физико-химического анализа с применением современного сертифицированного оборудования. Полученные данные обработаны с использованием программ «Excel 2010» и «Statistica 12.0».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Эффективность действия ОМКД зависит от состава и сроков скармливания.
2. Введение в рацион цыплят-бройлеров ОМКД с 15-суточного возраста улучшает параметры продуктивности и характеристики обмена веществ.
3. Влияние разрабатываемой кормовой добавки превосходит имеющиеся на рынке в коммерческой доступности аналоги.

Степень достоверности и апробации работы. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы фактическими данными. Подготовка, 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 работы доложены на научно-практических конференциях: V International workshop on innovations in agro and food technologies (WIAFT-V-2021) (Volgograd, 17–18 июня 2021 г.); V International scientific conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies (Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 г.); International conference on world technological trends in agribusiness, WTTA 2020 (Omsk City, Western Siberia, 04 – 05 июля 2020 г.); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства» (Москва, 03–04 марта 2022 г.); Международная научно-практическая конференция «от модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК» (Екатеринбург, 24–25

марта 2022 г.); Всероссийская научно-практической конференция «Наука будущего – наука молодых» (Оренбург, 9-10 ноября 2022 г.).

Реализация результатов исследования. Результаты исследований внедрены в ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», г. Оренбург.

Структура и объем работы. Научная работа представлена на 133 страницах печатного текста, содержит 34 таблицы и 13 рисунков. Структура работы состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству. Список литературы представлен 55 отечественными авторами и 192 зарубежными авторами.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Неуклонный рост численности населения, прогноз по которой варьирует у порога в 9 миллиардов к 2050 году (Markowiak P. and Śliżewska K., 2018) опосредует растущий спрос на продукты питания растительного и особенно животного происхождения. Соответственно, поиск новых решений и подходов, интенсифицирующих производство при сопряженном снижении затрат является крайне необходимым (Mellor S., 2000; Bailey R.A. et al., 2015; Иванищева А.П. и др., 2023).

Одной из перспективных композиций подобных добавок является сочетание органических и минеральных веществ различного функционального назначения: пребиотического, минерального, метаболического. При этом, следует помнить, что вновь создаваемые и комбинированные препараты должны соответствовать всем критериям безопасности (Xin H. And Liu K., 2017).

1.1 Характеристика и свойства компонентов кормовой добавки

1.1.1 Лактулоза, как пребиотический компонент

Пребиотики, как микробиом стимулирующие и регулирующие препараты достаточно разнообразны и широко используются в птицеводстве (Ferket P.R., 2004). Это непереваримые компоненты рациона, активно метаболизируемые микрофлорой, которые можно классифицировать следующим образом (NRC, 2012): олигосахариды (соевый олигосахарид, фруктоолигосахариды, галактоолигосахариды); моносахариды (ксилит, раффиноза, сорбит, ксилобиоза и др.); дисахариды (лактuloза) (Hooge D.M., 2004; Vozkurt M. et al., 2005); полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектины, камеди, слизи, инулин и др.); пептиды (соевые, молочные и др.); ферменты (протеазы сахаромицетов, β -галактозидазы микробного

происхождения и др.); аминокислоты (валин, аргинин, глутаминовая кислота); антиоксиданты (витамины А, С, Е, каротиноиды, глутатион, Q10, соли селена и др.); жирные кислоты (эйкозапентаеновая кислота и др.); органические кислоты (уксусная, лимонная и др.) (Alçiçek A. et al., 2004; Zhang, K.Y. et al., 2005); растительные и микробные экстракты (морковный, картофельный, кукурузный, рисовый, тыквенный, чесночный, дрожжевой и др.) и другие (лецитин, парааминобензойная кислота, лизоцим, лактоферрин, лектины, экстракты различных водорослей и др.) (Molnár A.K. et al., 2005; Bhagwat V.G. et al., 2021).

Некоторые из этих веществ уже давно вошли в практику кормления (ферменты, аминокислоты, витамины), другие же, в частности, сахараиды, активно изучаются специалистами в настоящее время. С точки зрения химической структуры большинство пребиотиков на основе углеводов – это неферментируемые поли- и дисахаридаы, которые в процессе ряда биохимических превращений в прокарнотическом сообществе толстого отдела кишечника переходят в органические кислоты (уксусную, пропионовую, масляную, молочную) и водород. Последние же необходимы для нормального функционирования всего организма в целом, обеспечивая его дополнительным количеством энергии, регулируя уровень рН в просвете кишечника, всасывание воды, ионов кальция, натрия, хлора и магния, а также, за счет бактерицидных и фунгицидных свойств поддерживая оптимальную структуру мнкробиома (Ежова О. и др., 2009; Скворцова Л.Н., 2009).

Дисахаридом называют две моносахаридные единицы, соединенные ацетальной или кетальной связью (Sinnott M., 2013). Гликозидная связь соединяет 2 моносахаридных звена и может быть либо α -гликозидной связью, если аномерная гидроксильная группа сахара находится в α -конфигурации, либо β -гликозидной связью, если она находится в β -конфигурации (Ferrier D.R., 2014).

Тремя наиболее распространенными дисахаридами являются мальтоза, лактоза и сахароза (BeMiller J.N., 2014). Мальтоза – восстанавливающий сахар, продукт гидролиза крахмала ферментом α -амилазой (BeMiller J.N., 2007). Лактоза представляет собой восстанавливающий сахар, который состоит из d -глюкозильной единицы и α - d - галактопиранозильной единицы, связанных β -(1,4) гликозидной связью, и присутствует в молоке и молочных продуктах, таких как обезжиренное молоко и сыворотка (NRC., 2012). Сахароза состоит из глюкозы и фруктозы, связанных α -(1,2) гликозидной связью (Рисунок 1).

Мальтоза, лактоза и сахароза гидролизуются, в составляющие их моносахаридные единицы, ферментами: мальтазой, лактазой и сахаразой соответственно. Комплексы α -глюкозидазы мальтаза-глюкоамилаза и сахараза-изомальтаза, присутствующие в щеточной кайме тонкой кишки, расщепляют гликозидные связи в мальтозе и сахарозе соответственно, при этом большая часть мальтазной активности исходит от сахарозо-изомальтазного комплекса (Slavin J.L. et al., 2013).

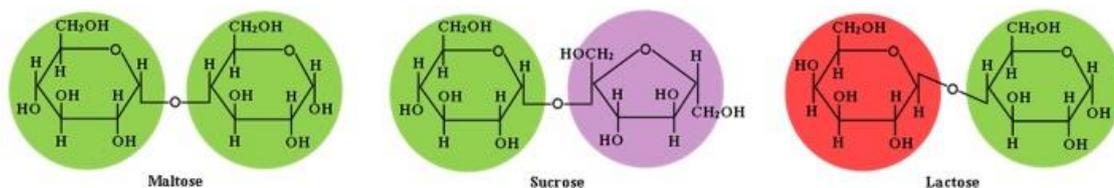


Рисунок 1 - Химическая структура дисахаридов

Синтетический дисахарид - лактулоза (4-0- β - d - галактопиранозил - d - фруктофураноза), состоящий из двух молекул сахара фруктозы и галактозы, связанных вместе β -1,4-гликозидной связью так же относится к классу олигосахаридов, подклассу дисахаридов (Рисунок 2). Представляет собой белое кристаллическое вещество, не имеющее запаха, хорошо растворимое в воде. Синтетические дисахариды в 1,5 раза слаще лактозы и могут

кристаллизоваться из спиртового раствора. β - гликозидная связь дисахарида не гидролизуется пищеварительными ферментами (Ruttloff H. et al., 1967), и попадая в организм проходит через желудок и тонкий кишечник без деградации (Ардатская М.Д., 2015). Это свойство легло в основу функциональной особенности лактулозы – способностью достигать в неизменённом виде толстого кишечника (Krueger M. et al., 2002; Скворцова Л.Н., 2010; Zhao P. et al., 2016).

Лактулозу получают химическими и ферментативными методами (Aider M., de Halleux D., 2007). В промышленных масштабах лактулоза производится путем химической изомеризации лактозы в щелочной среде (Méndez A. and Olano A., 1979). С 1950-х годов она признана бифидогенным фактором при добавлении в рацион (Petuely F., 1957). Получение лактулозы химическим методом имеет один недостаток, который заключается в использовании высоких температур и сильных кислот для очистки продукта, что может приводить к загрязнению окружающей среды (Panesar P.S. and Kumari S., 2011).

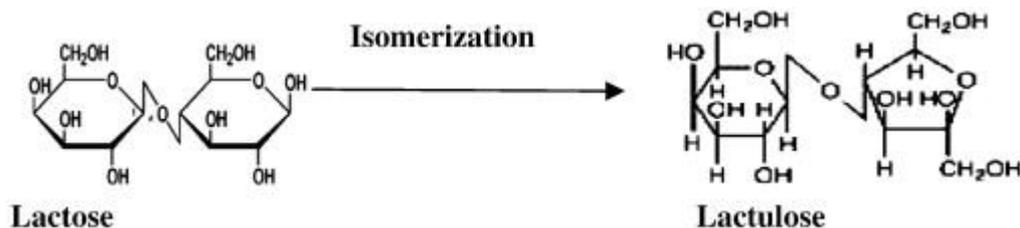


Рисунок 2 - Схема процесса изомеризации образования лактулозы (Aider M. and de Halleux D., 2007)

В отличие от этих химических методов, производство лактулозы с использованием ферментов, таких как -галактозидаза или целлобиозо-2-эпимераза, имеет различные преимущества, такие как точность реакции, специфичность, безопасность процесса реакции и экологически чистый метод производства. Однако среди ферментативных методов производства,

получение лактулозы с использованием галактозидазы экономически неэффективно, поскольку требует использования в качестве субстрата фруктозы, а также лактозы, а реакция протекает только при высокой концентрации субстрата. С целью преодоления недостатка ферментативного метода производства лактулозы, активно исследуется метод получения с использованием целлобиозо-2-эпимеразы, который может производить лактулозу с высоким выходом из одного лактозного субстрата (Navarro D.M.D.L. et al., 2019).

Пребиотики представляют собой непереваримые компоненты добавки способные продуцировать полезные бактерии и не несут негативного влияния на хозяина (Rehman H., 2009; Ashayerizadeh A. et al., 2009). Однако эти продукты ферментируются полезными бактериями из таких родов, как *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Bacteroides* (Ohimain E.I. and Ofongo R.T.S., 2012). Некоторые исследования показали, что пищевые пребиотики могут увеличивать популяцию полезных бактерий в кишечнике (Kim G.V. et al., 2011), изменять микробную активность содержимого слепой кишки (Rehman H. et al., 2008), улучшать целостность кишечника (Baurhoo B et al., 2009) и усвояемость белков и жиров (Alzueta C. et al., 2010). Таким образом, пребиотики являются альтернативой антибиотиков для повышения продуктивных качеств и здоровья кишечной микрофлоры сельскохозяйственной птицы, которые избирательно стимулируют рост полезных для здоровья бактерий (Steiner T., 2006; Hajati H., Rezaei M., 2010; Zhao P.Y. et al., 2013). Также сообщалось, что лактулоза может избирательно стимулировать рост кишечной микрофлоры в качестве пребиотика (Schumann C, 2002; Calik A. and Ergün A., 2015).

В литературе описан дозовый эффект в действии лактулозы. Так, исследования Cho J.H., Kim I.H. (2014) показали, что кормление лактулозой с 1 по 8 день увеличивало среднесуточный привес при добавлении в корм 2 г пребиотика. Calik and Ergün (2015) также сообщили, что линейное улучшение прироста наблюдались с 0 по 21 день при увеличении содержания лактулозы

в рационе с 2 г. Эти два исследования показали, что концентрация лактулозы выше 2 г оказывает благотворное влияние на продуктивность бройлеров в раннем периоде. Внесение в рацион поросят 10 г лактулозы, улучшает показатели роста (Guerra-Ordaz A.A. et al., 2013). Помимо этого, включение лактулозы в качестве кормовой добавки к рациону способствует повышению среднесуточного прироста цыплят-бройлеров (Guerra-Ordaz A.A. et al., 2014). В основе ростостимулирующего действия лактулозы лежит ее способность активировать рост полезной микрофлоры кишечника выступая в качестве пребиотика (Alzueta C. et al., 2010; Mookiah S. et al., 2014).

Однако, существует ограничение по дозированию пребиотиков в рационе цыплят-бройлеров. Известно, что внесение в корм более 8 г/кг лактулозы способствует снижению продуктивных качеств (Xu Z.R. et al., 2003). Это говорит о том, что данная концентрация является максимально допустимой в кормлении сельскохозяйственной птицы (Yegani M., Korver D.R., 2008)

Ранее проведенные исследования установили, что между концентрацией лактулозы и сроками ее скармливания может существовать взаимосвязь. Так, переваримость увеличилась при добавлении 1 г лактулозы с 28 суточного возраста у бройлеров. Однако, доза в 2 г не оказывала значительного влияния (Cho J.H., Kim I.H., 2014). Это указывает на то, что влияние лактулозы на переваримость питательных веществ у бройлеров может быть связана с её концентрацией.

Повышение переваримости питательных веществ может быть связано с использованием лактулозы в качестве пребиотиков, функционал которых заключается в улучшении пищеварения по средствам влияния на морфометрические характеристики ворсинок эпителия кишечника (Awad W.A. et al., 2006), что увеличивает площадь всасывания и как следствие позволяет эффективнее использовать энергию и белок (Santin E. et al., 2001). При этом, улучшение здоровья кишечника играет ключевую роль (Tuohy K.M. et al., 2003).

В отличие от хорошо известных пребиотиков, существует ограниченное количество исследований, посвященных влиянию лактулозы на микростроение стенок кишечника. Однако, можно предположить, что улучшение микроструктуры кишечника может быть связано с благотворным влиянием лактулозы на популяцию кишечной микрофлоры и выделение бактериальных метаболитов, которые ассоциированы с дифференцировкой и пролиферацией энтероцитов (Calik A., Ergün A., 2015).

Lactobacillus и *Bifidobacterium* – виды микроорганизмов, которые могут увеличить синтез и секрецию муцинов в кишечнике цыплят (Zhai S. et al., 2018). Наблюдаемое увеличение количества бокаловидных клеток при приеме лактулозы может быть связано с ростом бактерий, которые влияют на динамику муцина (Cheled-Shoval S.L., 2014). Гистоморфологические результаты этого исследования дают новое представление о потенциальных пребиотических эффектах лактулозы у бройлеров.

У домашней птицы в толстой кишке обитают различные микроорганизмы, а желудочно-кишечный тракт предоставляет наиболее стабильную среду для развития бактерий (Mead G.C., 1989; Meimandipour A. et al., 2010). Бактериальная ферментация в слепой кишке приводит к образованию жирных кислот (Meimandipour A. et al., 2010). Кроме того, эти продукты брожения способствуют энергетическому метаболизму бройлеров и снижают pH кишечной среды, что может ограничивать рост бактериальных патогенов (van Der Wielen P.W. et al., 2000).

Помимо лактулозы, проявляется интерес исследователей к другим пребиотикам (Rehman H. et al., 2008; Rebole A. et al., 2010), которые улучшают усвояемость сырого протеина и сырого жира в подвздошной кишке у бройлеров (Alzueta C. et al., 2010). Добавление 0,1 г хитоолигосахаридов в рацион цыплят-бройлеров увеличивает переваримость азота, сухого вещества, протеина, энергии, Ca и P (Li et al., 2007).

В заключении, добавление в рацион лактулозы может улучшить продуктивность бройлеров и улучшить морфологию кишечника за счет

выборочной стимуляции кишечной микрофлоры и повышения концентрации жирных кислот в слепой кишке.

1.1.2 Янтарная кислота – вещество, улучшающее энергетический метаболизм цыплят-бройлеров

Янтарная кислота (ЯК) относится к группе органических кислот (ОК) и представляет собой естественный метаболит, вырабатывающийся в организме и необходимый для нормального протекания процессов клеточного дыхания и образования энергии из жиров и углеводов (Евглевский Ал.А. и др., 2013).

ОК, в частности янтарная, лимонная, фумаровая, пропионовая, муравьиная и их соли, зарекомендовали себя в сельскохозяйственном производстве не только как консерваторы кормов, но и в качестве потенцирующих агентов, поддерживающих оптимальный баланс микрофлоры желудочно-кишечного тракта, улучшающих переваримость и конверсию корма (Chowdhury R. et al., 2009; Khosravi A. et al., 2010; Yang X. et al., 2018).

В птицеводстве применение ОК возможно как с кормом, так и с водой с целью индукции продуктивности и контроля бактериальной обсеменённости (Околелова Т. и Щукина С., 2006).

Для лучшего действия ОК следует использовать в комплексе с веществами другого функционала, например, пре и пробиотиками. Применение таких комплексов в кормление животных не несет негативных последствий и не вызывает расстройств кишечника (Околелова Т.М. и др., 2022).

ОК, попадая в организм, способствуют развитию полезной кишечной микрофлоры в частности, и в целом обеспечивают её становление после вылупления, улучшают состояние желудочно-кишечного тракта и здоровье (Околелова Т.М. и Енгашев С.В., 2021). Так, некоторые ОК выборочно

подавляют рост условно-патогенных бактерий, таких как *E. coli*, *Salmonella spp.* и *Clostridium perfringens*, которые вызывают желудочно-кишечные расстройства (Hassan H.M.A. et al., 2010; Gharib N.K., 2012), способствуют увеличению доступности питательных веществ (Mohammadagheri N. et al., 2016), следовательно, увеличивает переваримость и улучшают конверсию корма (Dibner J., 2004; Lan R.X. et al., 2020).

ОК, в качестве подкислителя для ЖКТ, улучшают использования питательных веществ, что приводит к повышению активности фермента протеазы (Воробьев С.С. и др., 2023). Известно, что ОК способны стимулировать синтез пепсина для лучшего переваривания белка, а также усваивание азота и таких элементов как P, Ca, Mg, Zn (Christian L., Mellor S., 2011; Suiryanrauna M.V., Ramana J.V., 2015). Еще одним положительным качеством ОК является их способность синтезировать гормоны гастрина и холецистокинина, необходимых для переваривания и усвоения нутриентов корма (Araujo R.G. et al., 2019).

Включение ОК в рацион может улучшить использование энергии некоторых кормов. Например, в соевом шроте более низкая метаболизируемая энергия, в силу замедленной усвояемости углеводной части. Так, сообщается, что включение 2% янтарной кислоты стимулирует пищеварение посредством повышения активности α -галактозидазы (Ao T., 2005).

Необходимость в применении ОК, обуславливается в первую очередь, возможностью выращивания птицы без использования антибиотиков. При этом, рацион с добавлением ОК, включающий 30% молочной, 25,5% бензойной, 7% муравьиной, 8% янтарной и 6,5% уксусной кислот улучшает качественные характеристики мяса и показатели роста (Fascina V.B. et al., 2012). Кроме того, добавление янтарной кислоты в корм стимулирует процесс переваривания питательных веществ (Dittoe D.K. et al., 2018). Применение ОК в животноводстве принесло как экономическую выгоду, так и повысило качество продукции (Медведский В.А. и др., 2010).

1.1.3 Применение аргинина в составе кормовых добавок

Рост населения мира определяет повышенную нуждаемость в продуктах растительного и животного происхождения. Растущую потребность в животном белке можно удовлетворить, выращивая цыплят-бройлеров мясного типа (Hussain J. et al., 2015).

Мясо бройлеров - дешевый источник животного белка, который доступен для потребления на рынке. При этом, спрос постоянно увеличивается. С целью удовлетворения растущей потребности, корма обогащают различными аминокислотами для улучшения показателей роста, коэффициента конверсии корма, обмена веществ (Заболотных М.В. и др., 2016). Аминокислоты не только являются структурными единицами белков, но и регулируют сигнальные пути и механизмы роста, конверсию корма и иммунитет у птиц (Ball R.O. et al., 2007).

В связи с этим, в основу формирования рационов должны закладываться особенности и закономерности белкового обмена (Фоминова И.О., 2015). Формирование рационов для птиц должно быть основано на балансировке поставки аминокислот (Яушева Е.В. и др., 2016; Пищугин Ф.В. и др., 2021). Однако стоит помнить, что аминокислоты могут выступать антагонистами как друг к другу (D-лизин антагонист L-лизина, лизин – конкурент аргинина и т.д.) (Буряков Н.П., 2022), так и к витаминам. Это означает, что необходимо тщательно планировать рационы, во избежании нежелательных взаимодействий и обеспечении оптимального питания птиц. Помимо этого, важно учитывать возможные физиологические особенности каждого вида птиц при составлении рационов, так как потребности в питательных веществах могут различаться. Таким образом, при подготовке кормов для птиц необходимо учитывать не только количественные показатели, но и качественные характеристики питательных веществ, чтобы обеспечить здоровое и сбалансированное питание птиц.

Ответственность за рост и развитие птицы несет лизин, за кроветворение – триптофан, в окислительно-восстановительных процессах участвует метионин, который также способствует повышению выводимости цыплят, увеличению яйценоскости и снижению расходов на корм. (Koelkebeck K.W. et al., 1991; Tian D.L. et al., 2019). Аминокислоты в организме птицы интенсифицируют обмен веществ, отвечают за нервную и гормональную регуляцию всех процессов в организме (Szabó, J. et al., 2014; Яушева Е.В. и др., 2016).

Аргинин считается незаменимой аминокислотой и предшественником незаменимых молекул, белков, оксида азота, полиаминов, глутамата, глутамина и креатина. Играет важную роль в синтезе белка, росте, иммунитете и некоторых метаболических путях (Khajali F., Wideman R., 2010). Аргинин стимулирует высвобождение инсулина, инсулиноподобного фактора роста и гормона роста в кровотоке (Silva L.M.G.S. et al., 2012).

Добавление аргинина в корм может улучшить переваримость компонентов корма, увеличивает выброс гормона роста что уменьшает количество подкожного жира, увеличивает анаболизм (Omid S. et al. 2020; Miri B. et al. 2022).

Еще одной важной функцией аргинина является наличие защитных действий в отношении кишечных ворсинок и крипт, что особенно актуально при кокцидиозах, клостридиозах и эймериозах у бройлеров (Tan J. et al., 2014; Yin J. et al., 2014). Подобные заболевания обуславливают возникновение ряда проблем: стресс, диарея, нарушение всасывания и разрушение эпителиальных клеток (Kidd M.T. et al., 2001; Persia M.E. et al., 2006; Metzler-Zebeli B.U. et al., 2009; Perez-Carbajal C. et al., 2010). У цыплят-бройлеров, при добавлении в рацион аргинина, подавляется рост *Clostridium perfringens* (Zhang B. et al., 2017).

Учеными доказано, что аргинин является дополнительным биосубстратом для производства многих веществ (Khajali F., Wideman R.F., 2010; Мальцева Н.А. и др., 2015). Доказано, что аргинин способствует

регуляции отложения жира в скелетных мышцах и подкожного жира у сельскохозяйственных животных (Tan B. et al., 2009; Tan B. et al., 2011).

Аргинин – предшественник оксида азота, который действует как мощное сосудорасширяющее средство и важный компонент макрофагов, участвующих в фагоцитозе, является иммуностимулятором (Khajali F., Wideman R.F., 2010).

Самый крупный иммунный орган, которым является кишечник, играет решающее значение в обеспечении здоровья животных, предотвращает распространение патогенных микроорганизмов (Shao Y. et al., 2013). Аргинин способствует росту сельскохозяйственной птицы (Zavarize K.C. et al., 2012), усиливает иммунитет благодаря лучшему развитию тимуса и селезенки (Gao T. et al., 2017).

Имеются данные, что при увеличении дозы аргинина до 23,4 г/кг содержание сывороточных иммуноглобулинов (IgM и IGGG) повышается (Liu S.S. et al., 2019), а при снижении уровня аргинина в рационе титр антител у птиц значительно снижается (Kidd M.T. et al., 2001). Однако, есть данные об отсутствии влияния на иммунокомпетентные параметры (Cengiz O., Kucukersan S., 2010; Abdullah H.M. et al., 2019).

Таким образом, из литературы очевидно, что добавление аргинина в рацион цыплят-бройлеров улучшает показатели роста, борется с возникновением патогенных состояний, помогая укрепить иммунные функции и способствуя росту полезных микробов в кишечнике.

1.1.4 Использование кремния в кормлении сельскохозяйственных животных

Кремний и его соединения обладают целым рядом положительных эффектов: выводят тяжелые металлы, способствуют накоплению эссенциальных элементов (Feoktistova N. et al., 2022), активизируют деятельность полезной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте;

проявляют противовоспалительные и лечебные свойства и т.д. (Jugdaohsingh R. et al., 2004; Sahin K. et al., 2006; Mokhov B.P., 2019; Зялалов Ш. Р. И др., 2020). Подобный функционал обеспечил их широкое использование в биологии, медицине, ветеринарии, агрономии, промышленности и зоотехнии.

Активированный диоксид кремния представляет собой природный минерал, получаемый при активации чистого диоксида кремния путем создания микронизированного порошка диоксида кремния методом электромагнитной обработки (Desaux C., 2017). В отличие от других соединений, кремний, имеет организованную структуру, хороший потенциал передачи энергии и увеличенный поверхностный контакт с окружающей средой (Tran S.T. et al., 2015; Anshory I. et al., 2017).

Диоксид кремния ускоряет биохимические изменения в пищеварительном тракте, включая ферментативное пищеварение, ионизацию и перенос питательных веществ между клетками. Катионообменные и абсорбционные свойства кремнезема, такие как увеличение времени удержания корма и снижение скорости опорожнения кишечника, улучшают усвоение питательных веществ и эффективность корма у домашней птицы (O'Connor C. I. et al., 2008; Faryadi S., Sheikahmadi A., 2017; Nakhon S. et al., 2019). Добавки кремния улучшают показатели роста бройлеров (Maradon G.G. et al., 2017) и индеек (Tran S.T. et al., 2015) и увеличивают массу яиц у перепелов (Faryadi S., Sheikahmadi A., 2017).

В последнее время все чаще сообщается о благотворном влиянии кремния на развитие и здоровье сельскохозяйственных животных и птиц, что связано с хорошим продуктивным эффектом использования пористого ультрадисперсного кремния в кормлении (Мустафина А.С. и др., 2019; 2020; Мирошников С.А. и др., 2020).

Пористый ультрадисперсный диоксид кремния не только биосовместим, но и поддается биологическому разложению. Это связано с его большой площадью поверхности, которая приводит к быстрому окислению в водном растворе, что обеспечивает хорошую растворимость. Продукт разложения

кремния - ортокремниевая кислота, представляет собой соединение, которое способствует ряду синергетических эффектов в отношении регенерации костной ткани (Mustafina A.S. et al., 2021).

Селекция современных коммерческих кроссов цыплят-бройлеров направлена на максимизацию коэффициента конверсии корма и скорости роста за минимальный период времени. При этом важен не только заложенный генетический потенциал, но и его реализация в продуктивном периоде. Определенные подходы, используемые птицеводами, привели к улучшению темпов роста, поскольку в течение 5–6 недель птица набирает примерно 2,5–3,0 кг. Однако такой быстрый набор массы также является основной причиной увеличения деформаций скелета и ног у бройлеров (Kayongo-Male H., Julson J.L., 2008). Степень минерализации делает кости более твердыми, что позволяет скелету противостоять гравитации и дополнительным нагрузкам (Shim M.Y. et al., 2012).

Традиционно, кальций и фосфор считаются основными минералами, участвующими в остеогенезе, в то время как другие микроэлементы, особенно кремний, игнорируются. При этом, кремний был классифицирован как важный микроэлемент для роста хряща, нормального развития и улучшения качества костей (Pietak A.M. et al., 2007; Incharoen T. et al., 2016).

Некоторые данные указывают на то, что кремний связан с метаболизмом кальция, а также с формированием и стабилизацией внеклеточного костного матрикса (Reffitt D. M. et al., 2003; Jugdaohsingh R., 2007). Кремний действует синергично с кальцием, регулирует его обмен, влияет на процессы кальцификации и декальцинации костей (Boguszewska-Czubara A., Pasternak K., 2011), стимулирует костеобразование и уменьшает резорбцию, что приводит к улучшению качества костей (Maehira F. et al., 2009).

Кремний-интегрированный рацион способствует повышению минеральной плотности костной ткани у крыс при дефиците кальция (Kim M.H. et al., 2009). В аналогичных условиях он может применяться и у бройлеров (Incharoen T. et al., 2016).

Кроме того, кремний может связываться с другими элементами, такими как бор, алюминий или молибден (Jurkić L.M. et al., 2013). Однако, в большинстве исследований изучались только изменения минерального баланса (O'Connor C.I. et al., 2008; Kim M.H. et al., 2014), результаты которых, хотя и информативны, но не обеспечивают понимания механизма абсорбции кремния или потенциального взаимодействия с другими минералами.

Было замечено, что добавление диоксида кремния улучшает прирост массы и переваримость корма у индеек (Tran M.E. et al., 2015), повышает конверсию энергии и протеина (Safaeikatouli M. et al., 2012). При этом, есть данные об отсутствии подобного эффекта у бройлеров (Anshory I. et al., 2017) и индеек (Majewska T. et al., 2009). Недавние исследования показывают, что эффективность добавки зависит от возраста или сроков введения в рацион. Так, добавление диоксида кремния положительно влияет на рост птицы после достижения 2-недельного возраста, с последующим усилением эффекта на 4-й и 5-й неделях (Ratriyanto A. et al., 2019).

Диетические силикатные минералы снижают скорость прохождения химуса через желудочно-кишечный тракт, благодаря чему питательные вещества дольше подвергаются перевариванию (Safaeikatouli M. et al., 2012). Диоксид кремния улучшает переваримость питательных веществ, оптимизирует среду кишечника и снижает осмоляльность (Kasula R., 2015; Faryadi S., Sheikhahmadi A., 2017). Во всех случаях на эффективность кормовых добавок влияет несколько факторов, включая вид и тип птицы, условия окружающей среды и содержание питательных веществ в рационе (Alhassani D.H., Alsukhri A.Y., 2016).

1.2 Кормовые добавки на основе органических и минеральных компонентов

При производстве продукции птицеводства используют кормовые добавки разного назначения.

Все они обладают общеукрепляющим, иммуностимулирующим, лечебно-профилактическим свойствами, способствуют восстановлению микрофлоры кишечника, изменяют конечные микробные продукты препятствуют возникновению воспалительных процессов и инфекционных заболеваний (Schumann С., 2002; Tuohy К.М. et al., 2002; Cho J.Н., Kim I.Н., 2014).

Коммерчески доступные кормовые добавки на основе олиго- и дисахаридов, в качестве пребиотического компонента могут содержать разные вещества, в том числе трегалозу, лактулозу, инулин (Таблица 1).

При сравнительной оценке эффективности препаратов Лактофит и Лактофлэкс показано, что они способствуют восстановлению микрофлоры кишечника, препятствуют возникновению воспалительных процессов и инфекционных заболеваний, улучшают зоотехнические и ветеринарные показатели, что позволяет получить значительный экономический эффект при минимальных затратах (Хорошевская Л. И др. 2010; 2011).

Таблица 1 – Перечень кормовых добавок на основе олиго- и дисахаридов

Перечень	Производитель	Дозировка	Источник литературы или ссылка
Трегалоза	100ING.RU — онлайн-дистрибьютор ингредиентов и сырья для пищевой и других отраслей промышленности		https://100ing.ru/category/tregaloz/
Trehalose (Tre)	Hayashibara Co., Ltd (Япония)	0,25, 0,50 и 0,75% от рациона	Effect of trehalose supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens (Ruangpanit Y. et al., 2020)
Инулин (цикория экстракт сухой)	SENSUS BV, Северная Америка	1 г/кг	Dietary Inulin Affects the Morphology but not the Sodium-Dependent Glucose and Glutamine Transport in the Jejunum of Broilers (Rehman H. et al., 2007)
Инулин (порошок)	Венео, Китай	1 г на 200 мл	https://100ing.ru/product/inulin-poroshok-500-gr/10878/
	Jarrow Formulas		https://100ing.ru/product/inulin-beneo-gr-orafti-1-kg/7421/

Продолжение таблицы 1

Перечень	Производитель	Дозировка	Источник литературы или ссылка
Лактулоза	ВТФ, Россия	1 г/кг	https://vtf.ru/goods/stm/
Лактовит	АО «ЧангКынДансКонКанг»	1 мл/100 г живой массы	«Лактовит - ЖК» в рационе цыплят-бройлеров (Забашта Н.Н. и др., 2017)
Лактофлэкс	ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции	0,1-0,3 г/кг живой массы	Бад на основе пребиотика лактулозы (Хорошевская Л. И др., 2011)
Экофилтрум	ОАО «АВВА РУС»	0,4-1,6 кг/т корма	Буяров В.С. (Буяров В.С. и др., 2012)
Лактумин	Германия (Lactoprot GmbH)	200 мг/кг живой массы	Продуктивность цыплят – бройлеров при использовании различных лактулозосодержащих добавок (Коссе А.Г., 2014)
Тодикам-Лакт	ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции		

Трегалоза

Кормовые добавки на основе трегалозы (Tre) обладают широким спектром свойств, в том числе, увеличивают скорость роста, возможно, за счет улучшения врожденных иммунологических показателей, таких как подавление toll-подобных рецепторов и воспалительных цитокинов в двенадцатиперстной кишке молодых цыплят (Kikusato M. et al., 2021). Tre представляет собой глюкозо-глюкозный дисахарид, связанный α , α -1,1-гликозидной связью; он встречается повсеместно у различных организмов,

включая бактерии, дрожжи, грибы и беспозвоночных (Ruangpanit Y. et al., 2020).

Интересно отметить, что, несмотря на многочисленные публикации о способности трегалозы стабилизировать белки, сохраняя их в неизменном виде в процессе охлаждения и нагревания, до сих пор не изучен механизм взаимодействия трегалозы с белками. Ученые выдвигают ряд гипотез, позволяющих объяснить характер взаимодействия дисахарида с белковыми молекулами (Тюкавкина Н.А. и др., 2016). Установлено, что в присутствии воды трегалоза формирует кластеры и движется в направлении белковых молекул, но не взаимодействует с ними. Поэтому механизм действия трегалозы до сих пор остается загадкой для науки (Ruangpanit Y. et al., 2020).

Инулин

После запрета на использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста в 2006 году Европейским союзом был проведен поиск альтернативных продуктов. Вещества с пребиотическим функционалом стали хорошей заменой антибиотикам у животных, (Liu P. et al., 2008; Zhao P.Y. et al., 2012; 2013) благодаря избирательной стимуляции роста и/или активности одной или нескольких групп бактерий в толстой кишке (Gibson G.R., Roberfroid M.V., 1995). Инулин — пребиотик, который естественным образом содержится во многих растениях. В неизменном виде достигает толстого кишечника животных, где ферментируется полезными бактериями, составляющими микробиоту кишечника. Инулин также подавляет рост патогенных бактерий. Потребление инулина в рационе цыплят улучшает продуктивность при убое; тем не менее, мало что известно о его влиянии на мясо птицы (Wuśław M., 2016).

Исследования, проведенные как с инулином в отдельности, так и в смеси с изомальтоолигосахаридом и фруктоолигосахаридом, показали, что количество лактобацилл в кишечнике птиц, получавших корм с добавками, было выше, чем у птиц, получавших такой же рацион без пребиотиков (Li, X. et al., 2008; Mookiah S. et al., 2014; Rebole A. et al., 2010).

Исследования показывают, что нарушения микрофлоры кишечника могут влиять на функционирование печени, жировой ткани, почек и поджелудочной железы (Siwek M. et al., 2018). Повышение активности ферментов поджелудочной железы - амилазы, липазы и трипсина, может быть связано с доставкой дополнительных порций фермента бактериями, живущими в кишечнике, что вызывает улучшение усвояемости питательных веществ и увеличение массы тела (Xu Z.R. et al., 2003). Pruszyńska-Oszmalek E et al. (2015) продемонстрировали, что положительные эффекты стимуляции в раннем возрасте с помощью *Lactococcus lactis* в сочетании с инулином или пребиотиком галактоолигосахаридом значительно повышали общую активность ферментов поджелудочной железы и, как следствие, увеличивали живую массу цыплят. Более того, эти авторы показывают положительное влияние обоих синбиотиков на активность двух ферментативных маркеров печени (аминотрансфераз: АЛТ и АСТ), что свидетельствует о высоком состоянии здоровья печени.

Лактулоза

Интерес к этому типу олигосахаридов может быть обусловлен многочисленными полезными свойствами, которые проявляет лактулоза (Calik A., Ergün A., 2015). Выступая в роли пребиотика, лактулоза способствует усилению роста (Calik A., Ergün A., 2015), улучшению пищеварения и укреплению иммунной системы птицы (Бовкун Г. И др., 2003; Свистунов А.А., 2014).

Лактулоза первоначально получила одобрение FDA в США в 1977 году (Рябцева С.А. и др., 2020). Сегодня лактулоза используется как в медицине, так и в пищевой промышленности (Schumann C., 2002), в том числе в перечне функциональных продуктов питания. Понятие «функциональные» связано с созданием на основе олигосахаров продуктов и компонентов питания, обладающих выраженным положительным функциональным действием на организм человека и животных в целом, и на кишечный микробиом в частности (Calik A., Ergün A., 2015; Akoy R.A.M. et al., 2015).

Основной функционал лактулозы, как пребиотика - улучшение микрофлоры кишечника. Под действием лактулозы количество бифидобактерий и лактобацилл увеличивается, тогда как количество клостридий, сальмонелл или кишечной палочки в желудочно-кишечном тракте снижается (Guerra-Ordaz A.A. et al., 2014).

Наблюдаемое увеличение количества бокаловидных клеток вследствие приема лактулозы может быть связано с ростом бактерий, определяющих динамику муцина (Cheled-Shoval S.L. et al., 2014). Гистоморфологические результаты этого исследования дают новое представление о потенциальных пребиотических эффектах лактулозы у бройлеров.

Исследования показали, что количество *Lactobacilli* в экскрементах увеличилось, а *E. coli* уменьшилось у птиц, которых кормили рационом, содержащим 0,2% лактулозы, по сравнению с таковым у контрольных птиц в 28-й день (Cho J.H., Kim I.H., 2014).

Введение пребиотиков направлено на замену или уменьшение количества потенциально патогенных бактерий в кишечнике за счет обогащения популяций полезных штаммов. Это улучшает состояние кишечника и может отражаться на общем обмене веществ, а также на органоспецифических биохимических процессах (Сложенкина М.И. и др., 2022). При необходимости возможна замена лактозы на лактулозу (Martínez-Villaluenga C. et al., 2008; Cardelle-Cobas A. et al., 2008; Николаенко В.П. и др., 2021) используют лактулозу (4 - О -β-D-галактопиранозил-D-фруктозы).

1.3 Особенности влияния органо-минеральных компонентов кормовых добавок на метаболизм и кишечную микробиоту цыплят-бройлеров

Традиционно в исследованиях кишечной микробиоты использовались методы, основанные на культивировании. По оценкам, только от 10 до 60% всех бактерий желудочно-кишечного тракта имеют возможность

культивирования (Gong J. et al., 2007). Молекулярные подходы, основанные на анализе 16S рибосомной РНК (рРНК), позволяют быстрее и более детально обнаруживать изменения в составе микробных сообществ различных экосистем, по сравнению с методами культивирования (Janczyk P. et al., 2009). Полимеразная цепная реакция (ПЦР) широко используется для исследования изменений в кишечных микробных сообществах человека и сельскохозяйственных животных. ПЦР в реальном времени позволяет определить количество генов 16S рРНК в образце. Этот метод был успешно применен для количественного анализа микробных сообществ кишечника цыплят в испытаниях режимов кормления (Wise M.G., Siragusa G.R., 2007).

Колонизация желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) бактериальной микрофлорой - ключевой фактор в развитии и регуляции иммунитета, пищеварения, усвоения питательных веществ и их метаболизма. Полезная микрофлора кишечника помогает не только переваривать пищевые соединения, но также снижает вероятность колонизации болезнетворными микроорганизмами. Весь процесс развития микробиоты модулируется огромным количеством различных факторов: составом корма, наличием антибиотиков, добавок и других нутрицевтиков, активностью ферментов, возрастом хозяина, генетическими модификациями и особенностью окружающей среды (Ari M.M. et al., 2016). Стимуляция комменсальной микробиоты важна для развития организма в онтогенезе (Попов Д.В., 2022). Взаимодействие между микробиомом и его хозяином приводит к размножению полезных бактерий и снижает развитие кишечных патогенов в кишечнике цыпленка (Patterson J.A., Burkholder K.M., 2003; Hajati H., Rezaei M., 2010).

В питании птицы большое значение имеют желудочно-кишечные микроорганизмы и их влияние на хозяина. Микрофлора кишечника может быть дополнительным источником биологически активных веществ. Бактерии, населяющие ЖКТ, обладают способностью синтезировать витамин К, а также большинство водорастворимых витаминов группы В (Морозов

А.М. и др., 2019). Микроорганизмы способствуют развитию слизистой оболочки и эпителия кишечника. Они также способны распределять полисахариды и обеспечивать организм аминокислотами и короткоцепочечными жирными кислотами, которые являются важным источником энергии и модуляторами метаболизма (Oakley V.V. et al., 2014).

Качество мяса

Влияние биологически активных веществ на качество мяса и микроструктуру скелетных мышц птиц неоднозначно. Тем не менее, все большее количество исследований предполагает наличие связи между микробиомом кишечника, метаболическими путями веществ, всасываемых в кишечнике, более поздним увеличением мышечной массы и формированием качественных характеристик мяса, хотя механизмы этих процессов по-прежнему трудно идентифицировать.

Мясо птиц, получавших пребиотики, показало более высокий уровень окисления липидов по сравнению с мясом контрольной птицы в течение всего времени хранения (Maiorano G. et al., 2017). Содержание внутримышечного жира влияет на вкус и сочность мяса, а также на внешний вид (мраморность). Избыточное содержание жира в мясе приводит к возникновению отклонений, которые могут способствовать проблемам с качеством мяса: изменения в составе ЛЖК, снижению усвояемости белка и как следственные снижение мясной ценности (Kuttappan V.A. et al., 2012; Petracci M. et al., 2014; Mudalal S. et al., 2015).

В «белом» мясе цыплят-бройлеров липиды накапливаются в соединительной ткани, окружающей волокна и пучки волокон. Показано влияние пребиотика на увеличение внутримышечного содержания жира в грудных мышцах цыплят Ross 308 (Dankowiakowska et al., 2019). Кроме того, инъекция синбиотика (*L. salivarius*) положительно влияет на кровоснабжение грудных мышц. В группе синбиотиков статистически было больше капилляров на единицу площади и на одно мышечное волокно. Увеличение количества капилляров снижает частоту возникновения патологических

изменений, таких как, некроза и расщепление волокон, и, следовательно, повышает процент нормальных волокон (Tavaniello S. et al., 2018).

На мясные качества влияет не только доза, но и способ введения. Tavaniello S. et al. (2018) изучали влияние пребиотиков на качество мяса цыплят-бройлеров, оценивая различные пути их введения. Независимо от способа введения пребиотики показали положительное влияние на массу и упругость грудных мышц, что также было связано с большей толщиной мышечных волокон. Подобные исследования были проведены Tavaniello S. et al., (2018), в которых сравнивался эффект введения *in ovo* двух различных синбиотических препаратов (с *L. salivarius* - SYN1 и RFO с *L. plantarum*-SYN2) на качество туши и мяса цыплят-бройлеров.

Развитие и функция иммунной системы

Кормовые добавки, имеющие в своем составе пребиотик, положительно влияют на иммунную систему за счет образования полезной микрофлоры и увеличения поверхности слизистой поверхности кишечника (Sławińska A. et al., 2014; Madej J.P. et al., 2015; 2016). Применение синбиотиков стимулирует иммунные органы растущих цыплят, при этом, эффективность зависит от генотипа и возраста (Yegani M., Korver D.R., 2008). Применение синбиотиков влияет на иммунный ответ и распределение клеток в миндалинах слепой кишки, подвздошной кишке и фабрициевой сумке цыплят-бройлеров (Madej J.P. et al., 2016). Иммунная система цыплят претерпевает быстрые изменения в течение первых недель, в следствии чего, эффекты применения добавок зависят от возраста (Slawinska A. et al., 2014).

1.4 Заключение по обзору литературы

Запрет использования антибиотиков для повышения продуктивности и сохранности поголовья в птицеводстве приводит к поиску новых альтернативных ингредиентов для комплексных кормовых добавок. При производстве продукции птицеводства используют кормовые добавки

разного назначения, компонентов которых могут быть пребиотики: олиго- и дисахариды, полисахариды, моносахариды, аминокислоты, антиоксиданты, органические кислоты, растительные и микробные экстракты, экстракты водорослей. При этом, в птицеводстве широко используются пребиотические препараты, созданные на основе органических кислот и лактулозы. К наиболее популярным природным пребиотиками относятся фруктаны (фруктоолигосахариды, короткоцепочечные фруктоолигосахариды, олигофруктоза, инулин), манноолигосахариды (*Saccharomyces cerevisiae*), соевые олигосахариды и галакто- или трансгалактоолигосахариды. Определенным преимуществом обладает лактулоза — синтетический структурный изомер лактозы, состоящий из двух молекул сахара, фруктозы и галактозы, связанных β -1,4-гликозидной связью. Синтетические дисахариды в 1,5 раза слаще лактозы и могут кристаллизоваться из спиртового раствора. β -Гликозидная связь дисахарида не гидролизуется пищеварительными ферментами и проходит через желудок и тонкий кишечник без деградации. В связи с этим лактулоза способна достигать в неизменном виде толстого кишечника. Кроме того, лактулоза — пребиотик с наивысшим индексом пребиотической активности, который стимулирует рост лакто- и бифидобактерий в толстом кишечнике, способствует восстановлению нормофлоры, снижению рН, угнетению роста условно патогенной микрофлоры, улучшению усвоения питательных веществ, повышению иммунитета. Коммерчески доступные кормовые добавки на основе олиго- и дисахаридов, в качестве пребиотического компонента могут содержать разные вещества, в том числе трегалозу, лактулозу, инулин. Все они обладают общеукрепляющими, иммуностимулирующими и лечебно-профилактическими свойствами.

Таким образом, в литературных данных представлено большое количество работ, посвященных пре- про- фитобиотикам, органическим и минеральным добавкам, включение которых в рацион, позволяет увеличить эффективность использования питательных веществ кормов, положительно

влияет на морфо-биохимический состав крови, естественную резистентность, продуктивность, качество получаемой продукции и хозяйственно-экономические показатели (Onrust L., et al., 2015; Khan R.U., et al., 2022). Однако, в большинстве своём, являясь продукцией импортного производства, содержат разные группы веществ, сведения по которым не систематизированы и разобщены. При этом, на фоне интенсификации и оптимизации птицеводства, мясная продукция должна соответствовать критериям безопасности. По этой причине стратегии разработки и внедрения отечественных полифункциональных добавок, в том числе, как альтернатива антибиотикам, будет востребована, вследствие отсутствия негативного влияния на качество продукции и здоровье человека и животных (Орлова О.Ю., Каримов А.Х., 2013; Xin H., 2017).

К тому же, запрет в Европейском союзе использование антибиотиков приводит к поиску новых кормовых добавок, способствующих активному росту сельскохозяйственных животных (Радчик О.Л., Семенихина В.А., 2002). Изучение новых кормовых добавок и их состава, способных действовать разносторонне на организм цыплят-бройлеров – актуальная задача современного птицеводства. Одной из перспективных композиций подобных добавок является сочетание органических и минеральных веществ различного функционального назначения: пребиотического, минерального, метаболического.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Материалы и методы исследования

Исследования были проведены в период с 2021 по 2024 гг. на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Экспериментальные и лабораторные исследования проводились на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Испытательного центра, Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП БСТ РАН) (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>).

На протяжении всего экспериментального периода контрольная и опытные группы получали рацион по нормам содержания питательных веществ и обменной энергии в соответствии с возрастом в рамках рекомендаций ВНИТИП (Фисинин В.И., Егоров И. А., 2015) и находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Эксперимент проведён в три этапа. Целью первого этапа исследования было изучение влияния комплексной трёх- и четырёхкомпонентной ОМКД на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров при различных сроках скармливания. Для достижения цели были отобраны суточные цыплята-бройлеры кросса «Арбор Айкрес» (ЗАО «Птицефабрика Оренбургская, www.pfo56.ru) и сформированы методом групп-аналогов (n=35 в каждой группе) (ВНИТИП, 2010) 4 группы (контрольная и три опытных): цыплятам I опытной в корм добавляли четырёхкомпонентную ОМКД (40,81 % - лактулоза (Lactomin.ru, Москва), 28,57 % - аргинин (Lactomin.ru, Москва), 26,54 % - кремний в виде УДЧ SiO₂ (Особо чистые вещества, Москва, ОГУ, Оренбург); 4,08 % - янтарная кислота (100ING.RU – пищевые ингредиенты, Москва) от общей массы кормовой добавки) с 7-суточного возраста, II опытной - трехкомпонентную (лишенную лактулозы)

ОМКД с 7-суточного возраста, в III опытную четырёхкомпонентную ОМКД была добавлена с 15 суточного возраста (Таблица 2). Кормовая добавка вводилась в суммарной дозе 2,45 г/кг корма в каждую группу. Продолжительность эксперимента 42 суток: подготовительный период – 7, и учетный - 35.

УДЧ SiO₂ с гидродинамическим диаметром 256,2±10,0 нм и дзета-потенциалом 60,9±0,5 мВ были изготовлены в лаборатории синтеза наноструктур Оренбургского государственного университета путем химического осаждения.

Таблица 2 – Схема первого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	Характеристика групп	
	Период эксперимента, сут.	
	Подготовительный 1-6	Учетный 7-42
I опытная группа	ОР	ОР + четырёхкомпонентная органо-минеральная кормовая добавка с 7-суточного возраста
II опытная группа		ОР + трехкомпонентная органо-минеральная кормовая добавка (без лактулозы) с 7-суточного возраста
III опытная группа		ОР + четырёхкомпонентная органо-минеральная кормовая добавка с 15-суточного возраста
Контрольная		ОР

На основании полученных результатов в I эксперименте и с целью сравнительной оценки действия различных кормовых добавок (новой и коммерчески доступной) был проведен II эксперимент. Для достижения поставленной цели были сформированы три группы (n=35 в каждой группе):

цыплятам I опытной группы добавляли четырёхкомпонентную ОМКД с 15-суточного возраста в дозе 2,45 г/кг корма, II группа получала добавку «Трегалоза» (Hayashibara Co. Ltd.) в дозировке 2 г/кг корма (Таблица 3). Выбор кормовой добавки «Трегалоза» основан на схожести состава по сравнению с остальными, коммерчески доступными, которая представляет собой невосстанавливающий дисахарид, в котором две молекулы глюкозы связаны друг с другом 1,1-гликозидной связью (состав: пребиотик, аминокислоты и органические кислоты).

Продолжительность эксперимента 35 суток: подготовительный период – 7, и учетный - 28.

Таблица 3 – Схема второго эксперимента на цыплятах-бройлерах

Группа	Характеристика групп	
	Период эксперимента, сут.	
	Подготовительный 1-14	Учетный 15-42
I опытная группа	ОР	ОР + четырёхкомпонентная органо-минеральная кормовая добавка с 15-суточного возраста
II опытная группа		ОР + «Трегалоза» с 15-суточного возраста
Контрольная		ОР

Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось по рекомендациям ВНИТИПа (Фисинин В.И. и др., 2018; Егоров И.А. и др., 2021).

Микроклимат в помещении соответствовал рекомендациям и требованиям ВНИТИП. В ходе эксперимента проводилась оценка роста и развития цыплят. Контроль над ростом производился еженедельно, путем индивидуального взвешивания, с последующим расчетом среднесуточного

прироста. Сохранность учитывали ежедневно по числу павших особей и суммировали в конце исследования. Поедаемость кормов учитывали ежедневно в каждой группе.

Переваримость питательных веществ изучалась в ходе балансовых опытов, по методикам ВНИТИПа (Фисинин В.И. и др., 2018). Сбор, взвешивание помета и формирование средней пробы проводилось ежедневно в одно и то же время. Формирование средней пробы включало отделение от помета пера, гомогенизацию и отбор в количестве 10 % от общей массы экскрементов. Фиксация аммиака осуществляли 0,1 н раствором щавелевой кислоты (4 мл на 100 г помета). По завершению балансового опыта отбирали 10 % от общей массы и высушивали при температуре 60-70 °С и хранили в ёмкости с притертой крышкой. По данным ежесуточного учета массы помета и его состава рассчитывалась потеря веществ, за вычетом которых находилась усвоенное количество корма.

Убой проводили в конце эксперимента (42-суточный возраст). Перед убоем птицу не поили 4-6 часов и не кормили 12 часов. Взвешивание производилось до и после убоя, также взвешивали отдельные ткани и органы подопытных птиц. В процессе обработки тушек были сформированы средние пробы мякоти, костной ткани, кожи, внутренних органов и жира по каждой голове, которые были использованы для определения химического и элементного состава тела птицы.

Химический состав помета, кормов и тканей тела бройлеров определялся по стандартным методикам ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 32044.1.2012, ГОСТ 13496.15-97, ГОСТ 51479-99, ГОСТ 23042-86, ГОСТ 25011-81, ГОСТ Р 53642-2009. Анализ осуществлялся на базе ЦКП ФНЦ БСТ РАН (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>).

Элементный состав биосубстратов и комбикормов, который включал определение 25 химических элементов: Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Al, B, Cd, Pb, Hg, Sn, Si, Sr. Исследование проводилось

на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 ICP-MS на базе ЦКП ФНЦ БСТ РАН (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>).

Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора DF-50 Vet («Shenzhen Dymind Biotechnology Co», Китай). Определяемые показатели крови: эритроциты, концентрацию гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроцитах (МСН), тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, гематокрит.

Биохимический анализ сыворотки крови проводился на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («DiruiIndustrialCo. Ltd», Китай с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Исследование сыворотки проводилось не позднее 2-х часов после взятия. Биохимические параметры крови включали определение общего белка, альбумина, креатинина, креатинкиназы, мочевины, билирубина (общего, прямого), холестерина, глюкозы, триглицеридов, железа, кальция, фосфора, аспаратаминотрансферазы (АсАТ) (КФКФ 2.6.1.1), аланинаминотрансферазы (АлАТ) (КФ 2.6.1.2).

Оценка микробиома 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/>).

Образцы полостного содержимого помещали в стерильные микропробирки типа «эппендорф» («Nuova Aptaca S.R.L.», Италия), ДНК выделяли и очищали по модифицированной методике. Для построения спектров оптической плотности (OD) и оценки чистоты препарата ДНК (по OD₂₆₀/OD₂₈₀) использовали спектрофотометр NanoDrop («Thermo Scientific», США), для измерения концентрации (нг/мкл) — флуориметр Qubit 2.0 («Invitrogen/Life Technologies», США). Анализ микрофлоры осуществляли методом метагеномного секвенирования (Illumina MiSeq,

«Illumina», США) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle). Для биоинформатической обработки результатов использовали программу PEAR (Pair-End AssembleR, PEAR v0.9.8).

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена с применением программного пакета «Statistica 12.0» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Полученные данные представлены в таблицах в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка средней арифметической. Проверка на нормальность распределения данных проводилась с использованием критерия согласия Колмогорова-Смирнова. С целью оценки статистической значимости был использован параметрический t - критерий Стьюдента независимых групп.

2.2 Результаты I эксперимента по оценке продуктивности цыплят-бройлеров на фоне применения комплексной органико-минеральной кормовой добавки

2.2.1 Корм и кормление цыплят-бройлеров

Энергетическая ценность кормов в эксперименте составляла 12,5 – 12,9 МДж/кг (таблица 4, 5, 6). К концу исследования сохранность поголовья равнялась 100%.

Таблица 4 – Питательность и состав предстартового комбикорма, г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса вещества
Состав комбикорма:		Кальция, %	1,1
Пшеница	380	Фосфора, %	0,75
Кукуруза	150	Фосфора усв. %	0,35
Шрот соевый	200	Натрия, %	0,15
Шрот подсолнечный	150	Железа, мг	100
Мука рыбная	26	Меди, мг	10
Масло подсолнечное	50	Цинка, мг	60

Продолжение таблицы 4

Монохлоргидрат лизина	3	Марганца, мг	100
DL-метионин	1	Кобальта, мг	0,5
L-треонин	5	Йода, мг	2
Соль поваренная	3	Селена, мг	0,2
Монокальций фосфат	14	Витаминов:	
Мел кормовой	12	А, тыс МЕ	800
Известняковая мука	5	Д, тыс МЕ	200
Сода пищевая	1	Е, мг	1000
В комбикорме		В ₁ , мг	100
содержится:			
Обм.энергии, МДж/кг	12,6	В ₂ , мг	500
Сырого протеина, %	20,92	В ₃ , мг	1000
Сырой жир, %	4,69		
Сырой клетчатки, %	5,69	В ₄ , мг	25000
Лизина, %	1,01	В ₅ , мг	200
Метионина, %	0,42	В ₆ , мг	100
Метионина+цистина, %	0,7	В ₁₂ , мг	2,5
Треонина, %	0,65	В _с , мг	50
Триптофана, %	0,25	Н, мг	5
Аргинин, %	1,19		
Лизин усв., %	0,55		
Метионин усв., %	0,35		
Метионина+цистина	0,45		
усв., %			
Треонина усв., %	0,3		
Триптофана усв., %	0,15		

Таблица 5 – Питательность и состав стартового комбикорма, г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса вещества
Состав комбикорма:		Кальция, %	0,89
Пшеница	465	Фосфора, %	0,72
Кукуруза	78	Фосфора усв. %	0,47
Шрот соевый	250	Натрия, %	0,2
Шрот подсолнечный	70	Железа, мг	17,14
Мука рыбная	48	Меди, мг	2,42
Масло подсолнечное	50	Цинка, мг	11,42
Монохлоргидрат лизина	1	Марганца, мг	22,86
DL-метионин	1,6	Кобальта, мг	0,06

Продолжение таблицы 5

L-треонин	5	Йода, мг	0,38
Соль поваренная	3,4	Селена, мг	
Монокальций фосфат	13	Витаминов:	
Мел кормовой	9	А, тыс МЕ	2,58
Известняковая мука	5	Д, тыс МЕ	0,8
Сода пищевая	1	Е, мг	9
В комбикорме		В ₁ , мг	0,76
содержится:			
Обм.энергии, МДж/кг	12,5	В ₂ , мг	1,6
Сырого протеина, %	22	В ₃ , мг	3
Сырой жир, %	4,0		
Сырой клетчатки, %	4,45	В ₄ , мг	60
Лизина, %	1,15	В ₅ , мг	9
Метионина, %	0,52	В ₆ , мг	1
Метионина+цистина, %	0,85	В ₁₂ , мг	0,008
Треонина, %	1,25	В _с , мг	0,6
Триптофана, %	0,28	С, мг	
Аргинина, %	1,32	Н, мг	0,04
Валина, %	0,9		
Гистидина, %	0,18		
Глицина, %	0,32		
Изолейцина, %	0,8		
Лейцина, %	1,34		
Фенилаланина+тирозина	0,6		
, %			
Фенилаланина, %	0,36		

Таблица 6 - Питательность и состав ростового комбикорма, г/кг

Показатель	Масса вещества	Показатель	Масса вещества
Состав комбикорма:		Кальция, %	0,8
Пшеница	425	Фосфора, %	0,61
Кукуруза	220	Фосфора усвояемого, %	0,39
Шрот соевый	150	Натрия, %	0,19
Шрот подсолнечный	100	Железа, мг	17,14
Мука рыбная	20	Меди, мг	2,42
Масло подсолнечное	50	Цинка, мг	11,42
Монохлоргидрат лизина	2,3	Марганца, мг	22,86
DI-метионин	1,2	Кобальта, мг	0,06

Продолжение таблицы 6

Л-треонин	3,5	Йода, мг	0,38
Соль поваренная	3	Селена, мг	
Монокальций фосфат	10	Витаминов:	
Мел кормовой	13	А, тыс МЕ	2,58
Известняковая мука	1	Д, тыс МЕ	0,8
Сода пищевая	1	Е, мг	9
В комбикорме		В ₁ , мг	0,76
содержится:			
Обменной энергии,	12,9	В ₂ , мг	1,6
МДж/кг			
Сырого протеина, %	18,98	В ₃ , мг	3
Сырой клетчатки, %	4,22	В ₄ , мг	60
Сырой жир, %	5,2		
Лизина, %	1	В ₅ , мг	9
Метионина, %	0,45	В ₆ , мг	1
Метионина+цистина, %	0,75	В ₁₂ , мг	0,008
Треонина, %	0,98	В _с , мг	0,6
Триптофана, %	0,23	С, мг	
Аргинина, %	1,09	Н, мг	0,04
Валина, %	0,77		
Гистидина, %	0,28		
Глицина, %	0,60		
Изолейцина, %	0,77		
Лейцина, %	1,32		
Фенилаланина+тирозина,	0,66		
%			
Фенилаланина, %	0,55		

2.2.2 Рост цыплят-бройлеров и поедаемость корма

При оценке потребления корма отмечена максимальная поедаемость во II опытной группе (Таблица 7). Напротив, в I опытной группе поедаемость снижалась относительно контроля.

Таблица 7 – Поедаемость корма цыплятами-бройлерами, г

Показатель	Группы			
	I опытная	II опытная	III опытная	контрольная
Предстартовый комбикорм	290	290	280	236
Стартовый комбикорм	2048	2268	2210	2041
Ростовой комбикорм	1232	1382	1361	1230
Всего за эксперимент	3570	3940	3851	3507

Анализ динамики живой массы за эксперимент показал наличие различий в интенсивности роста цыплят-бройлеров. Так, цыплята I опытной группы превосходили сверстников из контроля на 10,8 % (Рисунок 3), во II же – на 17,9 % относительно контроля.

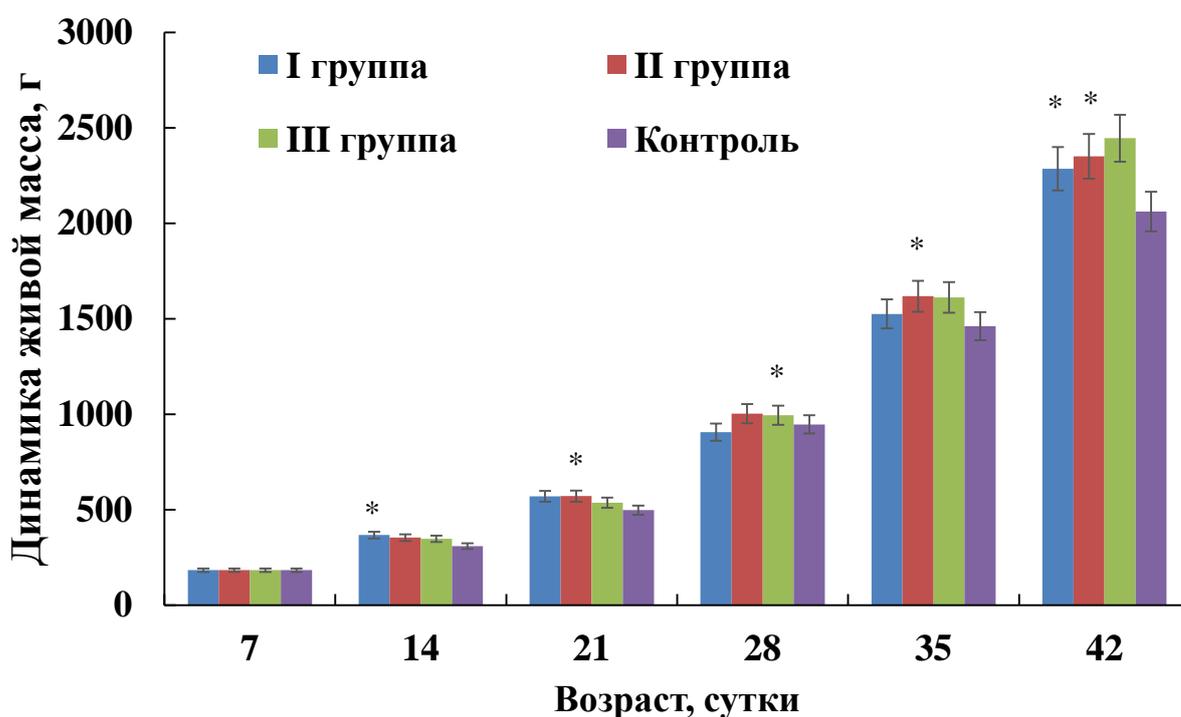


Рисунок 3 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров в эксперименте, г

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Ростостимулирующий эффект от использования ОМКД с 15-суточного возраста в III опытной группе составил 18,6 % ($p \leq 0,05$).

Так же, стоит отметить, что четырёхкомпонентная ОМКД (III группа) введённая с 15-суточного возраста приводит к увеличению живой массы при наименьших затратах корма по сравнению со II группой (после исключения лактулозы).

Таким образом, включение ОМКД в корм сопровождается повышением интенсивности роста цыплят-бройлеров.

Скармливание четырёхкомпонентной ОМКД с 7-суточного возраста (I группа) обеспечило увеличение прироста живой массы до 2,1 кг, что на 12,2 % ($p \leq 0,05$) превышало аналогичный показатель в контроле (Таблица 8).

Таблица 8 - Прирост живой массы и затраты корма

Группа	Прирост живой массы за опыт		Затраты корма на 1 кг прироста	
	кг	% к контролю	кг	% к контролю
Контрольная	1,87±0,10	100,0	1,87	100,0
I опытная	2,10±0,11	112,2	1,69	90,37
II опытная	2,24±0,12	119,7	1,75	93,58
III опытная	2,26±0,12	120,8	1,69	90,37

При этом, исключив из рациона лактулозу (II опытная) отмечали увеличение прироста живой массы (на 0,14 кг), потребления корма и затрат на производство 1 кг прироста живой массы на 3,21 % в сравнение с I опытной группой.

Внесение в состав рациона ОМКД с 15-суточного возраста позволяет получить максимальный продуктивный эффект с наименьшими затратами корма на 1 кг прироста.

Таким образом, включение лактулозы в корм и повышение возраста начала скармливания сопровождается оптимальными показателями прироста и затрат корма на него.

2.2.3 Переваримость питательных веществ корма

Коэффициент переваримости является одним из основных критериев целесообразности использования кормовой добавки для животных.

В ходе исследования было выявлено положительное действие ОМКД на переваримость компонентов корма (Таблица 9).

Таблица 9 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма, %

Группа	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ
контроль	80,3±1,68	85,1±1,27	14,3±0,72	79,6±1,74	78,8±1,81
I опытная	84,7±0,65*	88,7±0,48*	13,5±0,68	83,4±0,71*	83,5±0,71
II опытная	83,7±1,34*	88,8±0,92	10,2±0,51	86,2±1,13	81,7±1,50*
III опытная	82,2±1,32	87,1±0,95	17,6±0,88*	84,3±1,15*	80,3±1,45

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Так, в I группе переваримость сырого протеина, сырого жира и БЭВ увеличивается на 3,6 ($p \leq 0,05$); 3,8 ($p \leq 0,05$) и 4,7 % по сравнению с контролем. Такой же эффект наблюдается в III группе (2 %; 4,7 % ($p \leq 0,05$); 1,5 %).

Переваримость сырой клетчатки снижается в I и II опытных группах на 0,8 и 4,1 %, а в III группе, напротив, увеличивается на 3,3 % по сравнению с контролем.

Таким образом, внесение как трех-, так и четырехкомпонентной ОМКД в состав рациона с семисуточного возраста снижает переваримость клетчатки по сравнению с контрольным рационом, при этом увеличивается переваримость сырого жира, протеина и БЭВ. Наилучшие показатели переваримости компонентов корма, преимущественно клетчатки, отмечены при скармливании четырехкомпонентной ОМКД с 15-суточного возраста, способствующие улучшению усвоения нутриентов корма.

2.2.4 Убойные качества и морфологический состав тела цыплят-бройлеров

Внесение ОМКД привело к изменениям в мясной продуктивности цыплят-бройлеров. Так, кормление птицы с 7-суточного возраста (I и II группа) способствовало увеличению показателей убойного выхода и потрошеной тушки на 1 и 2,6 % (Таблица 10) по сравнению с контролем.

К концу эксперимента в опытных группах наблюдалась максимальная предубойная масса, которая составляла: 2285,5 г в I группе, 2431,4 г во II группе и 2445,4 г в III группе, что на 10,8; 17,9; 18,6 % ($p \leq 0,05$), выше, по отношению к контролю, соответственно. В связи с этим, показатель массы мышечной ткани был так же выше на 98,3 (I группа); 144,3 (II группа) и 56 (III группа) г по сравнению с контрольной группой.

Таблица 10 – Результаты контрольного убоя подопытных цыплят-бройлеров в конце эксперимента, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	I группа	II группа	III группа	Контрольная
Предубойная живая масса	2285,5±114,2	2431,4±121,5	2445,4±122,2*	2061,4±103,0
Потрошенная тушка	1758,0±87,9	1893,6±95,5	1914,4±90,4*	1566,3±78,3
Мышечная ткань	1221,3±61,2	1267,3±63,4	1179,0±58,95	1123,0±56,2
Костная ткань	432±21,6	508,6±25,4	515,0±25,7	353,6±17,7
Съедобная часть	1452,0±72,6	1513±63,3	1427,3±71,4	1308,9±65,4
Убойный выход, %	76,92	77,88	78,29	75,98

Скармливание четырехкомпонентной ОМКД с 15-суточного возраста способствует увеличению убойного выхода на 2,31 % по сравнению с

контролем. Второе место по величине убойного выхода занимает II группа с потреблением трехкомпонентной ОМКД с более раннего возраста -7 суток.

Таким образом, сравнивая опытные группы между собой очевидно, что лактулозу, как компонент кормовой добавки целесообразнее скармливать в более поздний срок - 15-ти суточного возраста. ОМКД, лишённая лактулозы может вноситься в рацион начиная с семи суточного возраста.

2.2.5 Химический состав тканей цыплят-бройлеров

Проанализировав полученные данные можно сказать, что внесение в рацион цыплят-бройлеров ОМКД приводит к изменениям в химическом составе тела (Рисунок 4). Концентрация протеина увеличивается как в мякоти тушки, так и в мясокостном фарше, а именно, на 1,1; 0,6 и 0,6 % в первом случае и на 0,8; 1,4 и 1,6 % в I, II и III группах во втором случае, соответственно, по сравнению с контролем.

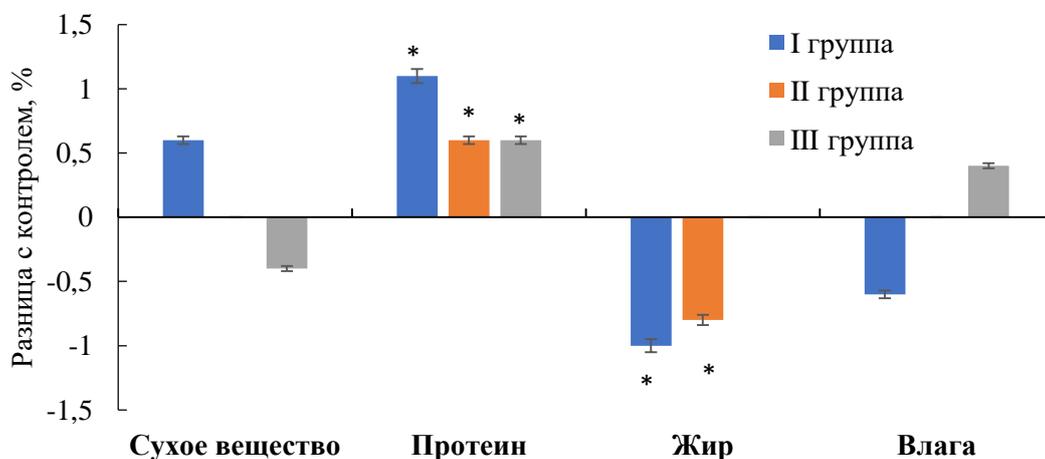


Рисунок 4 – Различия в химическом составе отдельных тканей бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$), %.

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

В мякоти тушки снижается отложение жира в I и II на 1 и 0,8 % соответственно, следовательно, уровень энергии имеет тенденцию к понижению.

Таким образом, добавление к рациону ОМКД, как трех-, так и четырехкомпонентного состава способствует синтезу и отложению протеина и одновременно снижению жира.

2.2.6 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров

Относительно баланса энергии в организме цыплят-бройлеров (Таблица 11) установлено, что II опытная группа эффективнее использовала энергию корма в сравнении с контролем. В частности, в теле птицы за экспериментальный период отложилось 16,8 МДж/гол чистой энергии (28,2 % от валовой энергии, поступившей с кормом), что на 19,1 % выше показателей контроля. Цыплята-бройлеры III опытной группы также использовали 27,7 % чистой энергии прироста, что на 2,7 % больше чем в контроле, но на 0,9 и 0,5 % меньше относительно I и II опытных групп.

В III опытной группе наблюдается увеличение потери энергии с пометом на 2,2 %, но снижение с теплопродукцией на 3,1 %. Включение в состав ОМКД лактулозы приводит у увеличение обменной энергии на 3,4 % (I группа) и на 7,2 % (III группа).

Таблица 11 – Баланс энергии в организме бройлеров за период опыта

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	56,3	27,9	40,5	46,9	14,1	25,0
I опытная	57,1	26,5	41,9	44,9	16,3	28,6

Продолжение таблицы 11

II опытная	59,4	26,4	43,7	45,4	16,8	28,2
III опытная	60,7	28,5	43,4	43,8	16,8	27,7

Таким образом, цыплята-бройлеры опытных групп эффективнее использовали энергию корма, однако, чистая энергия прироста была выше во II и III группах и составляла 16,8 МДж/гол.

2.2.7 Особенности межуточного обмена

В рамках исследования эффективности межуточного обмена (Таблица 12), было установлено, что при общем уровне обменной энергии сверхподдержания в контроле 27,9 МДж/гол, в опытных группах он составил в I – 28,7 МДж/гол, II – 30,0 МДж/гол, III – 29,8 МДж/гол.

Уровень концентрации обменной энергии был выше во всех опытных группах, а именно, в I - на 34,9 %, во II - на 35,8 %, в III – на 39,6 %, по сравнению с контролем. Энергопротеиновое отношение было максимальным в группе получавших ОМКД на основе лактулозы с 7-суточного возраста. Уровень питания был выше на 7,1 % во всех опытных группах относительно контроля.

Таблица 12 – Особенности межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол	27,9	28,7	30,0	30,8

Продолжение таблицы 12

Коэффициент полезного использования обменной энергии	0,6	0,7	0,8	0,8
Уровень питания	1,4	1,5	1,5	1,5
Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ	10,6	14,3	14,4	14,8
Коэффициент соответствия	0,074	0,04	0,039	0,04
Энергопротеиновое отношение	0,2	0,3	0,3	0,3

Таким образом, внесение в состав кормовой добавки лактулозы приводит к увеличению обменной энергии сверхподдержания в независимости от сроков введения. Однако, если рассматривать сбалансированность кормления по соотношению усвоенных нутриентов корма к желательному составу метаболитов, скармливание лактулозы с 15-суточного возраста (III группа) является более эффективной стратегией на основании увеличения не только обменной энергии сверхподдержания, но и коэффициентов полезного использования обменной энергии и соответствия.

2.2.8 Морфо-биохимический состав крови цыплят-бройлеров

К концу эксперимента уровень лейкоцитов снижается во II и III группах на 0,8 и 6,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно, в это же время в I группе наблюдается увеличение на 8,6 % относительно контроля (Таблица 13).

Таблица 13 - Морфологические показатели крови бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$)

Показатели	Контроль	I группа	II группа	III группа
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	37,0±2,23	40,2±2,82*	36,7±1,51*	34,6±3,24
Нейтрофилы, %	32,7±1,77	23,9±1,71*	26,7±2,77*	36,2±2,69
Лимфоциты, %	62,9±2,06	71,7±2,06*	67,3±5,57	54,7±3,61*

Продолжение таблицы 13

Моноциты, %	0,2±0,04	0,1±0,02	0,1±0,02	0,5±0,22
Эозинофилы, %	3,8±0,41	3,8±0,38	5,4±0,94*	7,9±1,25*
Базофилы, %	0,4±0,06	0,5±0,08	0,5±0,06	0,7±0,21*
Эритроциты, 10 ¹² /л	2,03±0,05	2,04±0,08	1,92±0,04	1,83±0,20
Гемоглобин, г/л	108,4±9,57	112,3±1,66*	106,0±2,46	98,8±10,7
Гематокрит, %	23,5±0,72	24,6±0,78*	23,4±0,51*	21,8±2,39

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Такая же картина наблюдается и с количеством лимфоцитов в крови цыплят-бройлеров. Самый высокий уровень гемоглобина наблюдается в I группе (3,59 % ($p \leq 0,05$)) относительно контроля. В III группе гемоглобин снижается на 8,8 % по сравнению с контролем.

Включение в рацион цыплят-бройлеров ОМКД приводит к некоторым колебаниям значений биохимических показателей сыворотки крови (Таблица 14).

Возраст начала скармливания ОМКД влияет на уровень глюкозы. Так, ранний период (7-суточный возраст) ведет к увеличению уровня глюкозы (I группе) на 1,68 %, однако при изменении срока скармливания концентрация (15 сут) глюкозы снижается.

Тестируемая ОМКД стимулирует рост активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) во всех группах. Так, в I группе она увеличивается на 5,35 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 18,75 %, в III группе на 57,1 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Таблица 14 - Биохимические показатели крови бройлеров «Arbor Acres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$)

Показатели	Контроль	I группа	II группа	III группа
Глюкоза, ммоль/л	11,9±0,39	12,1±0,41*	12,1±0,17	11,2±0,57*
Общий белок, г/л	27,0±0,76	27,5±0,62	25,8±0,61*	26,1±0,50
Альбумины, г/л	11,4±0,20	11,8±0,14*	11,3±0,28	11,6±0,29
АЛТ, Ед/л	11,2±1,90	11,8±2,12	13,3±0,77	17,6±2,28
АСТ, Ед/л	373,4±18,60	313,6±20,87	384,9±16,63	388,4±34,63
Триглицериды, ммоль/л	0,1±0,01	0,2±0,23*	0,2±0,01	0,1±0,02
Креатинин, мкмоль/л	50,5±3,03	60,9±5,70	50,5±3,92	60,9±3,44*
Холестерин, ммоль/л	2,9±0,09	3,0±0,12	3,12±0,15*	3,1±0,20
Мочевина, ммоль/л	0,2±0,02	0,5±0,03	0,4±0,05	0,4±0,04*
Липаза, Ед/л	17,9±0,55	15,1±0,93	15,8±0,14*	17,3±0,70

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

К концу эксперимента у бройлеров, получавших ОМКД по сравнению с контролем показатель триглицеридов был выше, с максимальным проявлением в I и II группе (в 2 раза ($p \leq 0,05$)).

Уровень креатинина изменяется лишь в группах, различающихся по срокам скармливания добавки (I и III группах) и увеличивается на 20,5 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

В показателях минерального обмена также были некоторые изменения (Рисунок 5). Содержание Са увеличивается во всех группах: I опытной на 3,7 %, во II на – 11,1 %, а в III - на 7,4 % по сравнению контролем. Уровень Mg повышается во II и III группах на 14,2 %, а во второй остается равной контролю.

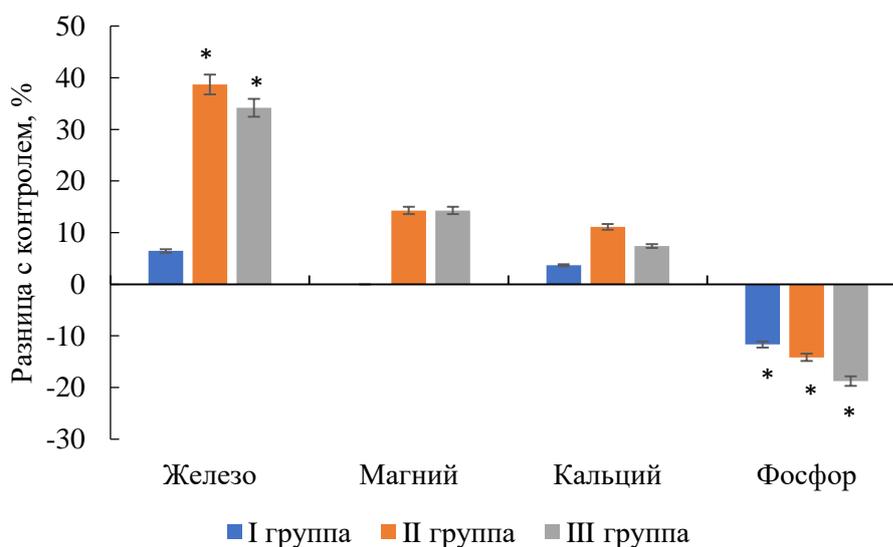


Рисунок 5 – Разница в элементном составе крови цыплят-бройлеров опытных групп по сравнению с контрольной, %

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Уровень Р снижается во всех опытных группах 11,6 % ($p \leq 0,05$); 14,1 %; 18,75 % соответственно, по сравнению с контролем.

К концу эксперимента отмечено заметное повышение уровня Fe во всех опытных группах – 6,45; 38,7; 34,1 %, соответственно, относительно контрольной группой.

Таким образом, внесение в рацион ОМКД не оказывает негативного влияния на состояния здоровья и основные звенья обмена веществ и уровень их метаболитов, о чём свидетельствуют морфологические и биохимические показатели крови.

2.2.9 Элементный состав тканей тела цыплят – бройлеров

Новая ОМКД, использованная в эксперименте, повлияла на минеральный обмен в организме птицы (Таблица 15).

Таблица 15 – Концентрация химических элементов в мышечной ткани цыплят – бройлеров в конце эксперимента

Элементы	Группы			
	Контроль	I группа	II группа	III группа
Макроэлементы, мг/кг				
Na	2296±126	2183±108	2259±112	2469±123
Mg	784±39	879±43	916±45	834±43
K	10138±506	10434±520	11698±584*	10379±518
Ca	499±23	695±34*	332±16	1036±63**
Эссенциальные, мг/кг				
Mn	0,8±0,0	1,0±0,05*	0,7142±0,03	0,8965±0,05*
Co	0,0103±0,00	0,0125±0,00	0,0075±0,00	0,0131±0,00
Ni	0,4±0,02	0,2±0,01**	0,3±0,02*	0,2±0,01
Cu	1,8±0,04	1,1±0,06*	1,3±0,06*	1,5±0,07
Fe	22,7±1,20	20,4±1,30	21,0±1,11	26,4±1,48
Zn	36,8±1,91	41,4±2,52	36,2±2,09	39,2±2,19
Se	0,5±0,02	0,5±0,03	0,5±0,03	0,4±0,02
Cr	0,5±0,04	0,6±0,03	0,4±0,03	1,1±0,09*
Токсические, мг/кг				
Al	15,3±0,82	38,9±1,94**	14,6±0,77	21,0±1,05
Ga	0,01±0,002	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
Cd	0,02±0,001	0,02±0,002	0,03±0,003	0,02±0,002
Ba	0,3±0,02	0,3±0,01	0,3±0,01	0,5±0,02
Pb	0,1±0,00	0,1±0,00	0,05±0,00**	0,07±0,0*
Bi	0,024±0,00	0,029±0,00	0,007±0,00**	0,009±0,00*
Прочие элементы, мг/кг				
Sr	0,6±0,04	0,8±0,04*	0,4±0,02	1,0±0,05
In	0,0094±0,0011	0,0053±0,0003*	0,0040±0,0004*	0,0047±0,0003*

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Выявлено, что в мышечной ткани цыплят-бройлеров опытных групп увеличилась концентрация макроэлементов, а именно: Mg на 12,1 %; K – 2,9 %; Ca – 39,3 % в I группе и на 6,4; 2,4; 107,6 %, соответственно, в III группе, по сравнению с контролем.

Концентрация всех эссенциальных элементов снижается во II опытной группе. Однако, при добавлении лактулозы и повышении возраста начала скормливания наблюдается противоположный эффект. Так, в III группе увеличивается показатели Mn на 13,5 %, Fe на 16,7 %, Zn на 6,7 %, а в I

группе - Mn и Zn на 27,3 и 12,5 %, соответственно, по сравнению с контролем.

Известно, что пребиотики (лактолоза) стимулируют наиболее интенсивное всасывание и удержание минералов в организме животных необходимых для развития костной ткани (Таблица 16).

Таблица 16 – Концентрация химических элементов в костной ткани цыплят – бройлеров

Элементы	Группы			
	Контроль	I группа	II группа	III группа
Макроэлементы, мг/кг				
Na	3667±183	3891±194	4096±204	4351±215
Mg	1538±76	1618±80	1659±84	1860±93
K	5955±297	6437±321	6188±309	6146±307
Ca	48321±2416	56885±3128*	59072±3308	69124±4009*
Эссенциальные, мг/кг				
Mn	2,7±0,15	2,6±0,14	3,3±0,17	3,3±0,18
Co	0,0895±0,00	0,1±0,00	0,1±0,01	0,1±0,00
Ni	1,1±0,05	0,8±0,05*	0,8±0,04*	0,9±0,04
Cu	2,9±0,15	2,0±0,11*	2,1±0,12*	1,7±0,08
Fe	86,6±4,5056	98,1±5,49	105,5±5,59	94,3±5,56
Zn	85,2±4,5144	89,7±4,75	105,9±5,82	117,1±6,55*
Se	0,4±0,0803	0,6±0,04	0,6±0,06	0,5±0,11
Cr	0,9±0,0698	0,7±0,03	0,9±0,05	1,8±0,12*
Токсические, мг/кг				
Al	16,4±0,82	13,4±0,66	44,8±2,28	13,7±0,82
Ga	0,04±0,002	0,05±0,004	0,05±0,004	0,06±0,004
Cd	0,03±0,003	0,03±0,001	0,02±0,001	0,02±0,002
Ba	8,2±0,46	10,1±0,52	10,6±0,60*	14,6±0,81*
Pb	0,1±0,00	0,1±0,00	0,1±0,00	0,1±0,01
Bi	0,01±0,00	0,07±0,003	0,02±0,00	0,03±0,00
Прочие элементы, мг/кг				
Sr	37,3±1,90	48,4±2,75*	51,4±,98*	60,3±3,49*
In	0,0069±0,0006	0,0078±0,0009	0,0163±0,0011	0,0048±0,0004

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Так, концентрация макроэлементов увеличивается во всех опытных группах, с максимальным проявлением при скормливании ОМКД с 15-суточного возраста (III группа).

При добавлении ОМКД к рациону цыплят-бройлеров наблюдается тенденция к увеличению минералов в костной ткани: Fe - на 13,2; 21,8; 8,8 %, Zn – на 5,4; 24,4; 37,5 %, Se – на 40,6; 51,5; 14,4 % в I, II и III группах, соответственно, относительно контроля. Концентрация Cu в этих же группах, напротив, снижается на 30,3; 25,8 и 39,4 % по сравнению с контролем.

Динамика минералов во внутренних органах характеризуется повышением концентрации почти всех элементов в I опытной группе (Рисунок 6).

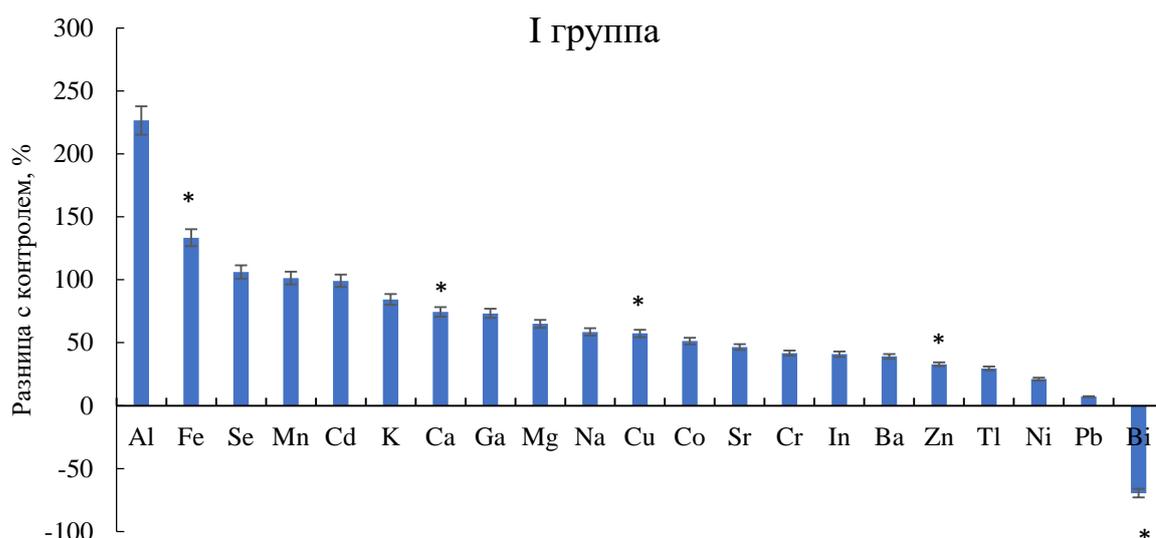


Рисунок 6 – Разница концентрации химических элементов во внутренних органах цыплят-бройлеров I опытной группы, относительно контрольной, %, * - $p \leq 0,05$

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Так, уровень макроэлементов увеличивается в диапазоне от 58,5 до 84,3 % по сравнению с контролем. Также происходит увеличение микроэлементов. А именно, Fe - на 133,4 % ($p \leq 0,05$), Se – на 106,1 %, Mn – на

101,3 %, Cu – на 57,3% ($p \leq 0,05$), Co – 51,2 %, Zn – на 32,9 % ($p \leq 0,05$), Ni – на 21,1 % относительно контрольной группы.

Подобный эффект наблюдается и при скормливании цыплятам-бройлерам 3-х компонентной ОМКД (Рисунок 7). Так, концентрация таких эссенциальных элементов как Ni, Fe и Se максимально увеличивается относительно контрольной группы на 99,8; 90,7 ($p \leq 0,05$) и 68 %.

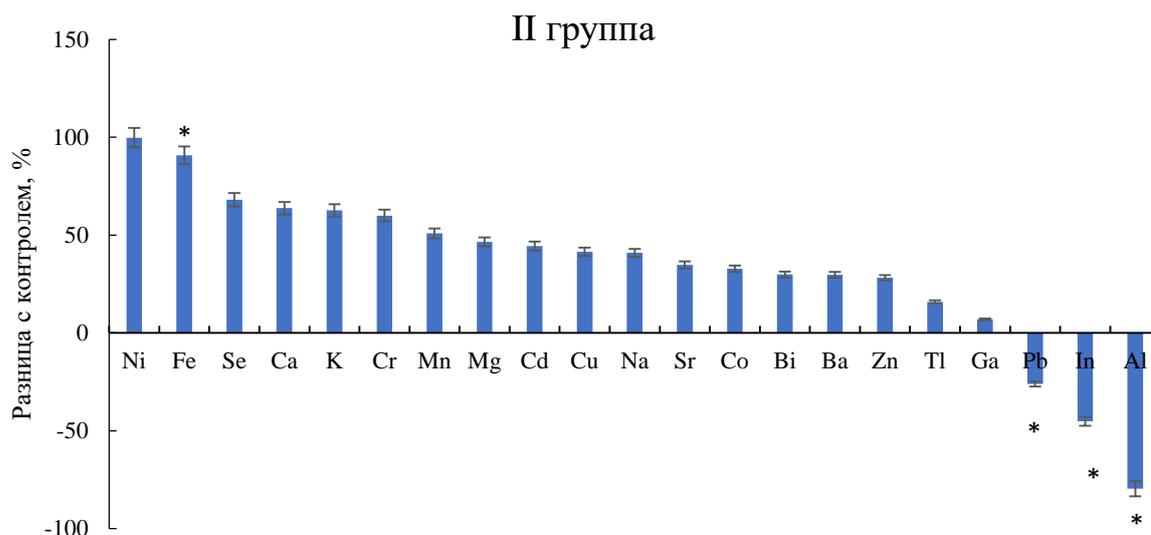


Рисунок 7 – Разница концентрации химических элементов во внутренних органах цыплят-бройлеров II опытной группы, по сравнению с контрольной, %

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Уровень Pb, In и Al, напротив, снижается на 26; 45,1 и 79,5 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольной группой.

Внесение трёх-компонентной ОМКД с 15-суточного возраста (Рисунок 8) сопровождается снижением токсических элементов. А именно: Pb - на 32%, Bi - на 37,7 % ($p \leq 0,05$), In – на 63,4 %, Al – на 76,9 % по сравнению с контрольной группой.

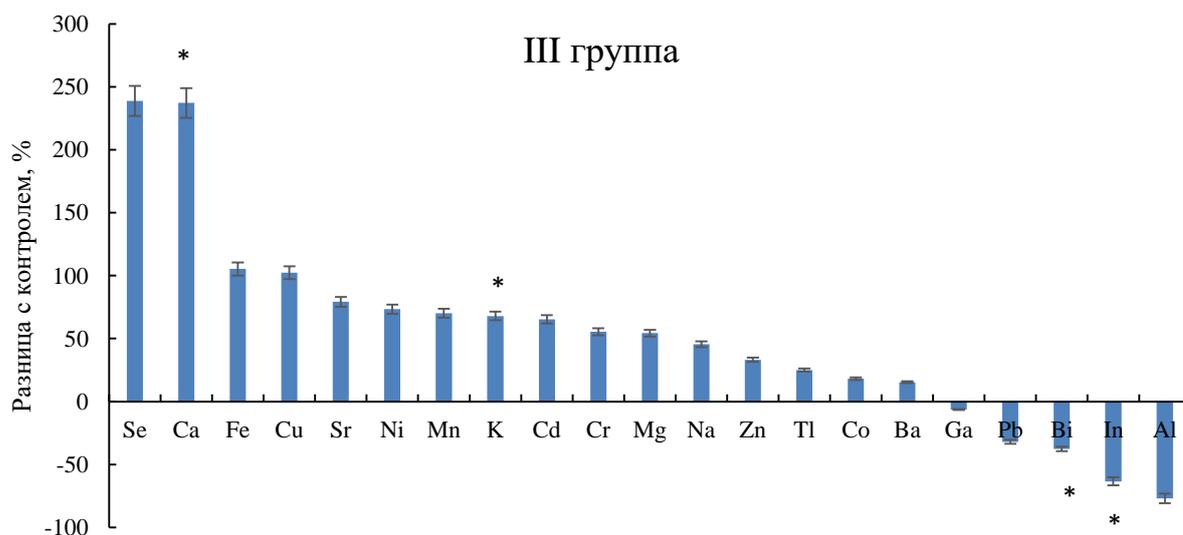


Рисунок 8 – Разница концентрации химических элементов во внутренних органах цыплят-бройлеров III опытной группы, по сравнению с контрольной, %

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

К концу исследования концентрация макро- и микроэлементов также изменяется. Так, уровень Se и Ca увеличивается в 2 раза, а Mg, Cr, K, Mn повышается более чем на 50 % по сравнению с контролем.

Таким образом, ОМКД без лактулозы, по-видимому, обладает более низким потенциалом стимулировать усвоение минералов, чем добавка на основе лактулозы.

2.2.10 Особенности качественного и количественного состава микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров

Анализ микробиоты кишечника цыплят-бройлеров, потребляющих разный состав ОМКД в одинаковые сроки начала скормливания (семисуточный возраст), показал высокое разнообразие таксономических групп. В результате секвенирования, получено 738109 ридов (прочтений), на образец приходилось от 71645 до 92261 исходных ридов. После этапов слияния и фильтрации в анализ включены 438708 ридов. После

кластеризации всего было получено 4518 OTU. В результате удаления синклтонов и даблтонов в образцах, и OTU которые встречались только в одной из 9 проб осталось 1633 OTU.

На основе полученных последовательностей и OUP были построены кривые разрежения. Кривые разрежения всех образцов имеют тенденцию выходить на плато к максимуму, что указывало на достаточность глубины секвенирования для характеристики микробиоты кишечника в данном исследовании (Рисунок 9).

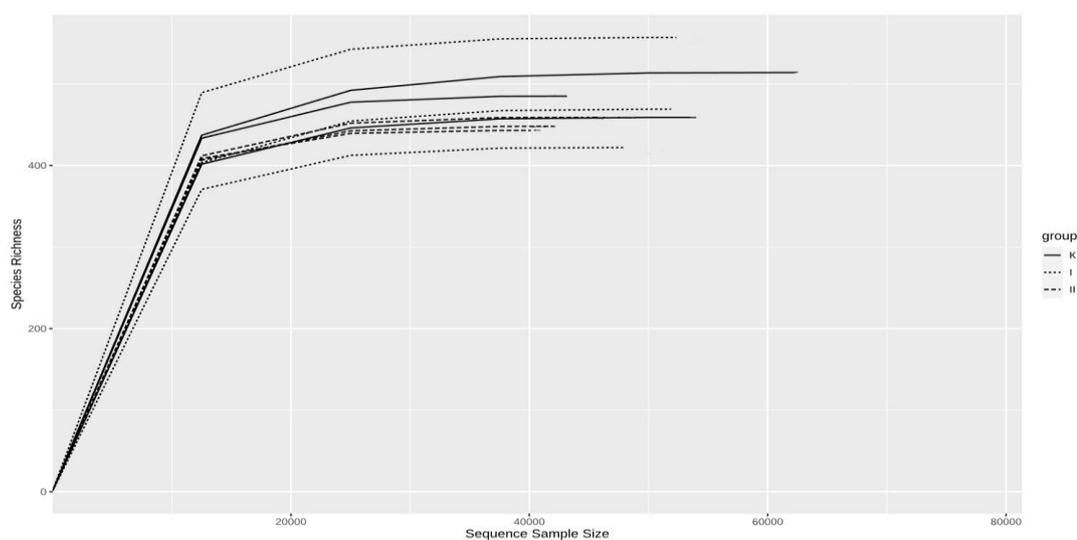


Рисунок 9 – Кривые разрежения на основе последовательностей для образцов микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров I и II опытных групп

Полученные OTUs таксономически были сгруппированы и отнесены к 7 филумам, 17 классам, 22 порядкам, 35 семействам, 93 родам в контрольной группе, к 7 филумам, 17 классам, 23 порядкам, 37 семействам, 94 родам в I группе, и к 7 филумам, 18 классам, 22 порядкам, 39 семействам, 95 родам во II группе.

Состав микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров контрольной группы был представлен на 88 % бактериями филума Firmicutes (Таблица 17). Микроорганизмы таксонов *Bacteroidetes* и *Proteobacteria* были малочисленны и составляли 6,66 и 2,78 % соответственно. Доминирующей группой являлись бактерии класса *Clostridia* (74 % от общего числа), где

основными являлись семейства *Lachnospiraceae* (15,5 %), *Ruminococcaceae* (31,6 %) и *Clostridiaceae* (4,46 %). Малочисленными являлись бактерии классов *Bacteroidia* (6,34 %), *Bacilli* (4,48 %) и *Negativicutes* (16,5 %).

Таблица 17 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров контрольной группы, %

Таксоны	Контрольная группа
phylum	
Bacteroidetes	6,66±6,345
Campilobacterota	0,82±0,737
Firmicutes	88,19±9,072
Proteobacteria	2,78±1,796
Другие**	1,55±0,077
class	
Bacteroidia	6,34±6,154
Campylobacteria	0,82±0,737
Bacilli	4,48±1,283
Clostridia	74,00±5,232
Negativicutes	6,61±1,526
Deltaproteobacteria	5,90±9,564
Другие**	1,75±0,087
family	
Bacteroidaceae	0,54±0,514
Rikenellaceae	5,67±5,512
Helicobacteraceae	0,80±0,741
Lactobacillaceae	3,75±1,313
Clostridiaceae 1	4,46±1,542
Lachnospiraceae	36,26±7,381
Ruminococcaceae	31,64±3,450
unclassified_Clostridiales	1,01±0,219
Veillonellaceae	4,23±1,235
Selenomonadaceae	2,38±2,342
Bdellovibrionaceae	1,03±0,692
Другие**	7,85±0,392
genus	
Phocaeicola	0,37±0,292
Alistipes	5,28±5,167
Helicobacter	0,80±0,741

Продолжение таблицы 17

Lactobacillus	2,26±0,575
Clostridium	4,46±1,541
Blautia	3,72±1,036
Fusicatenibacter	2,89±0,989
Mediterraneibacter	10,64±3,388
unclassified_Lachnospiraceae	15,48±3,511
Ruminococcus	4,58±2,647
Subdoligranulum	3,45±2,077
Faecalibacterium	6,65±6,013
unclassified_Ruminococcaceae	11,90±2,303
unclassified_Clostridiales	1,01±0,222
Allisonella	4,22±1,774
Megamonas	2,38±2,343
Vampirovibrio	1,03±0,692
Другие**	18,88±0,944

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

На более низких таксономических уровнях не наблюдалось явное доминирование какой-то определенной группой бактерий. Тем не менее среди наиболее многочисленных были отмечены бактерии таксонов *Mediterraneibacter* (10,6 %), *unclassified Lachnospiraceae* (15,5 %), *unclassified Ruminococcaceae* (11,9 %). *Alistipes* (5,28 %), *Faecalibacterium* (6,65 %), *Ruminococcus* (4,58 %), *Allisonella* (4,22 %), *Clostridium* (4,46 %).

Применение ОМКД с семисуточного возраста (Таблица 18), содержащей лактулозу, не приводило к значимым изменениям в рамках основных таксонов (*Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*). Анализ на более низком таксономическом уровне показал снижение численности бактерий класса *Bacteroidia* (на 2,51 %) и *Negativicutes* (на 12,3 %), и увеличение количества микроорганизмов *Clostridia* (на 7,3 %) в сравнении с контролем.

Таблица 18 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров I группы, %

Таксоны	I группа
phylum	
Bacteroidetes	4,82±1,732
Campilobacterota	2,13±1,008
Firmicutes	89,85±3,052
Proteobacteria	1,54±0,376
Другие**	1,66±0,083
class	
Bacteroidia	3,83±1,669
Campylobacteria	2,13±1,008
Bacilli	3,49±1,422
Clostridia	81,30±1,722
Negativicutes	4,22±0,860
Deltaproteobacteria	0,76±0,315
Другие**	4,27±0,213
family	
Bacteroidaceae	2,28±1,320
Rikenellaceae	1,20±0,286
Helicobacteraceae	1,62±0,908
Lactobacillaceae	2,91±1,176
Clostridiaceae 1	1,90±0,755
Lachnospiraceae	33,60±14,892
Ruminococcaceae	43,22±13,204
unclassified_Clostridiales	2,12±0,821
Veillonellaceae	2,75±0,734
Selenomonadaceae	1,48±1,206
Bdellovibrionaceae	0,13±0,066
Другие**	6,79±0,339
genus	
Phocaeicola	1,58±0,893
Alistipes	1,04±0,366
Helicobacter	1,62±0,908
Lactobacillus	2,07±1,258
Clostridium	1,90±0,755
Blautia	4,00±1,892
Fusicatenibacter	3,76±1,326
Mediterraneibacter	12,49±7,290
unclassified_Lachnospiraceae	10,78±4,034
Ruminococcus	1,62±13,443
Subdoligranulum	3,38±2,659

Продолжение таблицы 18

Faecalibacterium	27,37±14,853
unclassified_Ruminococcaceae	7,34±1,388
unclassified_Clostridiales	2,12±0,821
Allisonella	2,74±0,733
Megamonas	1,48±1,206
Vampirovibrio	0,13±0,066
Другие**	14,58±0,729

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

Отмечалось положительное действие ОМКД с лактулозой на размножение бактерий, принадлежащих к семействам *Lachnospiraceae* (+ 18,1 %), *Ruminococcaceae* (+ 11,6 %), в частности на представителей р. *Faecalibacterium* (+20,7 %). В то же время отмечали снижение количества бактерий таксонов *Alistipes*, *unclassified Lachnospiraceae* и *unclassified Ruminococcaceae* на 4-5 %.

Отсутствие лактулозы в составе ОМКД (Таблица 19) способствовало росту числа бактерий филумов *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* и *Campilobacterota* на 7,09 ($p \leq 0,05$); 4,7 и 3,2 % соответственно в сравнении с контрольными значениями. Отмечалось увеличение бактерий семейств *Helicobacteraceae* на 4,68 %, *Rikenellaceae* на 3,29 %, *Bdellovibrionaceae* на 2,16 % и *Bacteroidaceae* на 2,15 % в сравнении с данными контрольной группы. Численность бактерий филума *Firmicutes* была снижена на 15,5 % в сравнении с контролем, что выражалось в изменении количества микроорганизмов классов *Clostridia* (- 10,4 % ($p \leq 0,05$)) и *Negativicutes* (- 12,5 %).

Таблица 19 - Относительное содержание основных таксономических групп бактерий микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров II группы, %

Таксоны	II группа
phylum	
Bacteroidetes	13,75±1,544*
Campilobacterota	5,52±2,998
Firmicutes	72,67±5,344*
Proteobacteria	5,98±1,683
Другие**	2,08±0,104
class	
Bacteroidia	12,14±1,611*
Campylobacteria	5,52±2,998*
Bacilli	4,06±0,958
Clostridia	63,61±4,726*
Negativicutes	4,01±0,693
Deltaproteobacteria	4,58±1,427*
Другие**	6,08±0,304
family	
Bacteroidaceae	2,76±1,153
Rikenellaceae	8,96±2,280
Helicobacteraceae	5,48±2,983
Lactobacillaceae	3,69±0,944
Clostridiaceae 1	1,44±0,436
Lachnospiraceae	30,37±4,339*
Ruminococcaceae	26,04±2,173*
unclassified_Clostridiales	4,79±0,948
Veillonellaceae	3,25±0,296
Selenomonadaceae	0,76±0,682
Bdellovibrionaceae	3,19±1,304
Другие**	9,27±0,463
genus	
Phocaeicola	2,28±1,041
Alistipes	5,41±1,832
Helicobacter	5,48±2,983
Lactobacillus	2,54±0,813
Clostridium	1,43±0,434*
Blautia	1,44±0,121*
Fusicatenibacter	1,96±0,590
Mediterraneibacter	10,93±1,188
unclassified_Lachnospiraceae	13,13±3,527*
Ruminococcus	4,05±0,521
Subdoligranulum	2,28±1,407

Продолжение таблицы 19

Faecalibacterium	4,24±2,518*
unclassified_Ruminococcaceae	11,11±2,004
unclassified_Clostridiales	4,79±0,948*
Allisonella	3,24±0,292
Megamonas	0,76±0,682
Vampirovibrio	3,19±1,304*
Другие**	21,74±1,087

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

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

Не смотря на снижение общего числа бактерий класса *Clostridia*, внутри данного таксона отмечалось увеличение представителей семейства *Lachnospiraceae* 14,9 % ($p \leq 0,05$).

Расчеты индексов альфа разнообразия позволили оценить богатство, разнообразие и однородность микробиоты кишечника исследуемых групп. Значения индексов *Chao1*, *ACE* и *Simpson* свидетельствовали о таксономическом богатстве микробиоты кишечника контрольной группы и об отсутствии преобладания в выборках одного большого OTU. Анализ образцов микробиоты кишечника от цыплят-бройлеров, которые получали в рационе ОМКД с лактулозой, показал аналогичные результаты по разнообразию микробиоты кишечника птицы. Отсутствие в ОМКД лактулозы во второй группе приводило к незначительному снижению разнообразия микробиоты кишечника по результатам расчета индексов *Chao1* и *ACE*. Показатели разнообразия индекс *Shannon_2* и *Fisher's alpha* показали отсутствие существенных различий между экспериментальными группами (Таблица 20).

Таблица 20 - Индексы альфа разнообразия микробиоты слепой кишки цыплят-бройлеров в эксперименте

Показатель	Группа			P-value
	I группа	II группа	Контроль	
chao1	486	482,7	450	0,56
ACE	487,1	483,8	451,1	0,32
Fisher's alpha	74	73,9	70,3	0,79
simpson	0,95	0,86	0,96	0,16
shannon	4,14	3,6	4,27	0,13

Анализ PERMANOVA для оценки бета разнообразия показал наличие незначительного влияния применения ОМКД на расстояние Брея-Кертиса (Рисунок 10).

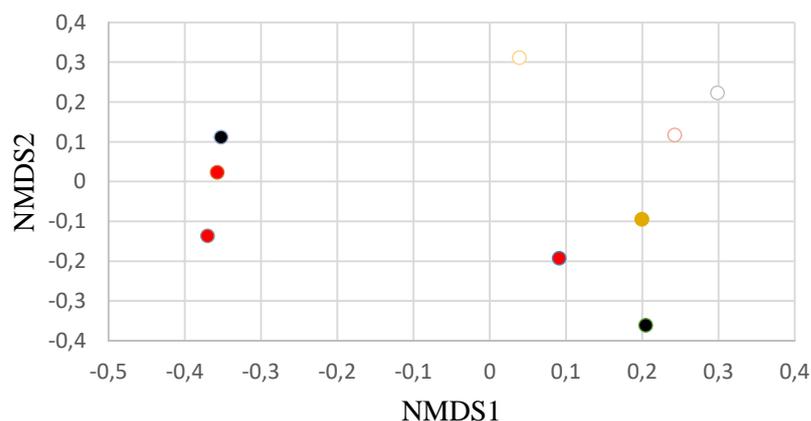


Рисунок 10 - Бета разнообразие микробиоты цыплят-бройлеров I и II групп с использованием статистического метода PERMANOVA, не метрического многомерного масштабирования и несходства Брея-Кертиса

Значимые различия в организации бактериальных сообществ кишечника отмечались между образцами от контрольной и II групп, и между образцами от I и II групп ($p\text{-value} > 0,05$).

2.2.11 Резюме по I эксперименту

1. Скармливание четырехкомпонентной ОМКД с 7-суточного возраста (I группа) обеспечивает увеличение прироста живой массы до 2,1 кг, что на 12,2 % превышало аналогичный показатель в контроле. Увеличение возраста начала скармливания ОМКД до 15-ти суточного приводит к наилучшим показателям продуктивности. А именно, живая масса возрастает на 18,6 % относительно контрольной группы, при наименьших затратах корма. В свою очередь во II опытной группе разница составляла 17,9 % относительно контроля. Таким образом, четырехкомпонентную ОМКД наиболее эффективно использовать на более поздних сроках (с 15-суточного возраста), а трехкомпонентную добавку, рекомендовано скармливать начиная с 7-суточного возраста.

2. Использование ОМКД, имеющей в своем составе лактулозу, приводит к изменениям в морфобиохимического состава крови. Увеличение концентрации гемоглобина, холестерина, триглицеридов, общего белка и мочевины свидетельствует об активации белкового и липидного обмена.

3. Анализ элементного состава тела цыплят-бройлеров, показал, что, как различные сроки скармливания, так и состав кормовой добавки оказывали влияние на концентрацию химических элементов. Применение четырехкомпонентной ОМКД не зависимо от сроков введения приводило к накоплению в мышечной ткани Mg, K, Ca на величину от 2,4 до 107,6 %. В костной ткани накапливается Fe, Zn, Se при разнице с контролем от 8,8 до 40,6 %

4. Оценка микробиома слепой кишки показала, что введение четырехкомпонентной ОМКД снижало численность бактерий класса *Bacteroidia* (на 2,51 %) и *Negativicutes* (на 12,3 %), и увеличение количества микроорганизмов семейств *Lachnospiraceae* (+ 18,1 %), *Ruminococcaceae* (+ 11,6 %), в частности на представителей р. *Faecalibacterium* (+20,7 %). Исключение лактулозы способствовало росту числа бактерий семейств

Helicobacteraceae на 4,68 %, *Rikenellaceae* на 3,29 %, снижению филума *Firmicutes* на 15,5 %, что выражалось в изменении количества микроорганизмов классов *Clostridia* (- 10,4 %) и *Negativicutes* (- 12,5 %), на фоне роста представителей семейства *Lachnospiraceae* на 14,9 %.

2.3 Результаты II эксперимента по сравнительной оценке ОМКД с аналогом «Трегалоза»

Основываясь на результатах I эксперимента и с целью сравнительной оценки влияния с зарубежным аналогом проведён второй эксперимент, в рамках которого были сформированы три группы: две опытные и одна контрольная.

Контрольная птица получила ОР по рекомендации ВНИТИП, (2010), цыплятам I опытной в корм добавляли четырёхкомпонентную ОМКД (40,81 % - лактулоза, 28,57 % - аргинин, 26,54 % - кремний (УДЧ SiO₂), 4,08 % - янтарная кислота) с 15-суточного возраста, II опытная группа получала добавку «Трегалоза» (Hayashibara Co. Ltd.) в дозировке 2 г/кг корма. Состав и питательность рациона были аналогичны I эксперименту.

2.3.1 Рост цыплят-бройлеров и поедаемость кормов

В ходе исследования было выявлено, что цыплята-бройлеры контрольной группы отличались максимальной поедаемостью корма (Таблица 21). В это время потребление корма в опытных группах было ниже на 8,19 и 4,89 %.

Используемые в эксперименте вещества оказывали влияние на поедаемость и рост массы тела, в соответствии с этим, наблюдались изменения затрат корма на 1 кг прироста.

Таблица 21 – Поедаемость корма цыплятами-бройлерами, г

Показатель	Группа		
	I опытная	II опытная	контрольная
Стартовый комбикорм	1491,97	1519,82	1653,74
Ростовой комбикорм	1398,03	1471,33	1494,33
Всего за эксперимент	2890,0	2991,15	3148,08
Затраты корма на 1 кг прироста	1,8	2,0	2,16

Цыплята-бройлеры I опытной группы отличались наименьшими затратами корма на 1 кг прироста. Так, по сравнению со своими сверстниками в контроле, разница составила 16,7 %, а со II группой – 7,4 %.

Таким образом, скармливание цыплятам-бройлерам комплексной ОМКД сопровождается оптимальными показателями прироста и затрат корма на его обеспечение. Внесение «Трегалозы» также приводит к положительной динамике, но с наибольшими затратами.

В опыте отмечено изменения в показателях живой массы (Таблица 22). Установлено, что на протяжении всего эксперимента контрольная группа превосходила своих сверстников. Максимальный ростостимулирующей эффект к 42-суточному возрасту достигается при добавлении в корм ОМКД (I группа).

Таблица 22 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров в эксперименте, г

Возраст, сут	Группа		
	I опытная	II опытная	Контрольная
7	197,8±9,89	198,0±9,9	198,2±9,91
14	385,6±19,28	390,1±19,51	384,7±19,23
21	653,5±32,6	648,3±32,41	690,5±34,52
28	983,2±49,16	959,3±47,96	1052,0±52,6
35	1306,0±65,3	1285,3±64,26	1384,0±69,2
42	1739,6±86,98*	1686,6±84,33*	1654,5±82,73

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Исходя из показателей прироста живой массы, наибольшие различия были характерны для 36-42-суточного периода у I и II опытных групп (Таблица 23).

Таблица 23 – Динамика прироста живой массы цыплят-бройлеров за период эксперимента, г/гол/неделя

Период, сут	Группы		
	контроль	I опытная	II опытная
7-14	186,6±9,32	192,2±9,60	187,8±9,39
15-21	305,7±15,28	258,2±12,90	267,8±13,39
22-28	361,5±18,07	311,0±15,55	329,7±16,48
29-35	332,0±16,60	326,0±16,30	322,8±16,14
36-42	380,5±13,52	401,3±20,06*	433,7±21,68*

Таким образом, применение ОМКД и аналога «Трегалоза» наблюдается достоверный продуктивный эффект к концу исследования.

2.3.2 Переваримость петельных веществ корма

Переваримость петельных веществ является одним из основных показателей питательности кормов (Таблица 24).

Таблица 24 - Коэффициента переваримости питательных веществ корма, %

Группа	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Углеводы в среднем
контроль	75,2±1,61	74,9±1,63	84,2±1,02	26,1±4,80	74,5±1,65
I опытная	78,6±0,26*	82,6±0,21*	81,7±0,22*	42,8±0,69*	77,1±0,27
II опытная	75,8±0,93	81,1±0,73*	81,6±0,71*	29,1±2,74	73,7±1,02

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Анализ результатов введения ОМКД (I группа) свидетельствует об увеличении переваримости сырого протеина на 3,63 %, углеводов на 2,6 % по сравнению с контролем (Рисунок 11).

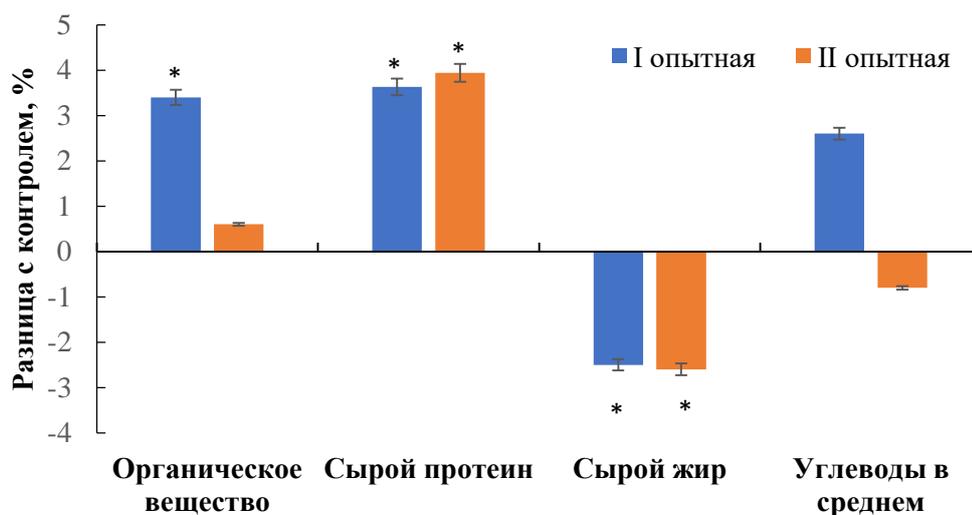


Рисунок 11 – Разница коэффициента переваримости питательных веществ корма, %

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Скармливание добавки «Трегалоза» приводит к увеличению переваримости протеина до 79,76 %, что на 3,94 % ($p \leq 0,05$) больше, чем в

контроле. Показатель переваримости жира, напротив, снижается в этой группе на 2,6 % ($p \leq 0,05$) в сравнение с контролем.

В связи с этим, можно сказать, что и ОМКД и «Трегалоза» положительно влияет на переваримость веществ корма.

2.3.3 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров

Эффективность теплообмена была исследована и признана подвижным показателем эффективности синтеза продуктов и их утилизации на основе индекса метаболической энергии (Таблица 25).

Так, уровень питания был выше в опытных группах на 23,9 и 28,7 % по сравнению с контрольной группой.

Таблица 25 – Особенности межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол	34,1	41,3	31,0
Коэффициент полезного использования обменной энергии	0,2	0,3	0,3
Уровень питания	0,824	1,012	1,061
Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ	14,5	14,6	14,4
Коэффициент соответствия	0,017	0,017	0,024
Энергопротеиновое отношение	0,187	0,189	0,173

Концентрация обменной энергии была максимальной в I группе – 14,6 МДж/кг СВ, что на 0,7 % выше, чем в контроле. В это же время коэффициент соответствия в I группе был равен контролю, а во II группе, увеличивался.

Важной составляющей обменных процессов является определение баланса энергии в организме (Таблица 26).

Уровень обменной энергии снижался в опытных группах от 3,6 до 7,1 % относительно контрольной группы. Однако, потери энергии с пометом

были выше во II группе и составляли 25,5 % от валовой энергии, в то время как потери энергии с теплопродукцией были ниже на 1,7 % по сравнению с контрольной группой.

Таблица 26 – Баланс энергии в организме бройлеров за период опыта

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	61,8	24,6	46,6	58,8	10,2	16,5
I опытная	58,5	23,4	44,9	59,2	10,3	17,7
II опытная	58,1	25,5	43,3	57,1	10,1	17,6

В I группе наблюдается противоположный эффект. Так, потери энергии с пометом были ниже на 1,2 %, а потери с теплопродукцией выше на 0,4 % относительно контрольной группы. Чистая энергия прироста составляла 17,5 % от ВЭ в I группе и 17,6 % от ВЭ во II группе.

Таким образом, исследуемые кормовые добавки положительно влияют на баланс энергии в организме цыплят-бройлеров. ОМКД способствует наибольшей концентрации чистой энергии прироста.

2.3.4 Морфологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров

Для оценки здоровья цыплят-бройлеров были проанализированы гематологические показатели крови (Таблица 27).

В ходе анализа выявлено увеличение концентрации лейкоцитов во II группе на 4,87 %, в то время как в I группе происходит снижение этого же показателя на 6,82 % по сравнению с контролем. Количество лимфоцитов и

базофилов увеличивается в I группа на 7,25 % и 0,42 % ($p \leq 0,05$) и во II – на 2,22 и 0,42 %, соответственно, относительно контроля.

Таблица 27 - Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$)

Показатели	Контроль	I группа	II группа
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	36,50±1,175	34,01±2,417	38,28±3,806
Доля нейтрофилов, %	45,25±4,250	42,56±7,339	42,53±6,071
Доля эозинофилов, %	8,70±0,600	3,77±0,581	8,20±0,815*
Доля базофилов, %	0,35±0,050	0,77±0,318*	0,77±0,108
Доля лимфоцитов, %	45,35±4,850	52,60±2,630*	47,57±4,851
Доля моноцитов, %	0,35±0,050	0,30±0,200	0,93±0,389*
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	1,98±0,020	1,77±0,137	2,00±0,111
Количество гемоглобина, г/л	106,50±1,500	96,67±6,984	113,33±7,494*

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

В ходе исследования были выявлены изменения в биохимическом составе крови цыплят-бройлеров на фоне применения добавок (Таблица 28).

Так, среди показателей белкового обмена, общий белок увеличивается на 5,7 % в I опытной группе и на 11,3 % ($p \leq 0,05$) во II опытной группе относительно контрольной группы. Подобный эффект наблюдается с уровнем альбумина, который, в I группе выше на 6,2 %, а во II группе - на 18,7 % по сравнению с контролем.

Уровень креатинина так же увеличивается в обеих группах: в I группе на 11,5 %, во II группе – на 34%. Показатель мочевины, также имел тенденцию к увеличению.

В ходе оценки ферментативных показателей сыворотки крови было выявлено снижение количества α -амилазы во II опытной группе на 23 % в сравнении с группой контроля. В I группах было отмечено увеличение

липазы на 2,4 %, а во II группе, напротив, снижается на 22,3 % относительно своих сверстников в контроле.

Таблица 28 - Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$)

Показатели	Контроль	I группа	II группа
Глюкоза ммоль/л	14,38±0,890	11,80±0,413	12,48±0,358
Общий белок г/л	30,17±1,575	31,90±1,075	33,58±0,228*
Альбумин, г/л	16,00±1,000	17,00±1,528	19,00±0,577
АЛТ, Ед/л	17,35±1,650	15,67±1,613	15,37±1,899
АСТ, Ед/л	220,25±19,150	259,53±15,553	293,13±15,392
Билирубин общий, мкмоль/л	0,54±0,055	0,79±0,021	0,79±0,035
Холестерин, ммоль/л	2,84±0,625	2,61±0,316	3,12±0,057*
Триглицериды, ммоль/л	0,18±0,035	0,3±0,057	0,30±0,072
Мочевина, ммоль/л	0,15±0,050	0,67±0,033*	0,67±0,033*
Креатинин, мкмоль/л	87,55±4,750	97,70±5,437*	118,03±9,845
А-амилаза, Ед/л	368,00±36,000	307,67±33,993	283,33±25,382
Мочевая кислота, мкмоль/л	199,00±19,000	165,40±11,264	235,93±13,874
Железо, мкмоль/л	13,05±0,750	23,80±3,100	18,87±2,217
Липаза, Ед/л	4,85±0,150	4,97±0,267	3,77±0,357
Магний, ммоль/л	1,02±0,020	1,03±0,035	1,14±0,093
Кальций мкмоль/л	3,02±0,140	6,29±0,121*	9,03±0,186*
Фосфор, ммоль/л	0,75±0,070	0,44±0,061	0,52±0,092

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Концентрация Mg увеличивается при внесении «Трегалаза» в состав рациона на 11,7 % по сравнению с контролем. Уровень Са достоверно увеличивается в I группе - в 2 раза ($p \leq 0,05$), а во II группе – в 3 раза ($p \leq 0,05$).

Таким образом, скармливание цыплятам-бройлеров коммерчески доступного препарата «Трегалоза» и новой ОМКД приводит изменению некоторых сывороточных метаболитов обмена веществ.

2.3.5 Элементный состав биосубстратов цыплят – бройлеров

При анализе полученных результатов были обнаружены существенные различия в концентрации элементов в биосубстратах при внесении в состав рациона различных кормовых добавок. Так, концентрация Mn, Co, Ni, Fe увеличивается в I опытной группе на 156; 53; 108 и 76 %, соответственно, по сравнению с контролем (Таблица 29).

Уровень всех токсичных элементов в этой же группе имеет тенденцию к снижению.

Минеральный профиль (МП) для данной группы выглядел следующим образом:

$$\text{МП (I группа)} = \frac{\uparrow Al, Mn, Co, Ni, Cd, In, Cr, Fe}{\downarrow Na, Mg, K, Ca, Cu, Ga, Sr, Ba, Tl, Pb, Bi, Zn, Se}$$

Внесение в рацион цыплят-бройлеров препарата «Трегалоза» (II группа) приводит к увеличению Mg на 8 %, K на 6,9 %, Ni на 60,5 %, Cu на 22,7 %, Fe на 6,5 %, на фоне снижения Na на 5,7 %, Ca на 28,1 %, Co на 18,4 %, Se на 11,6 % по сравнению с контролем.

Таблица 29 – Концентрация химических элементов в мышечной ткани контрольной и опытных групп цыплят – бройлеров

Элементы	Группы		
	Контроль	I группа	II группа
Na	3122±78	1891±64**	2944±97
Mg	837±23	543±19*	904±27
K	10454±324	6750±216*	11182±313
Ca	1547±32	1147±25**	1111±28
Эссенциальные, мг/кг			
Mn	1,29±0,036	3,30±0,089*	1,49±0,040*
Co	0,06±0,002	0,09±0,003*	0,05±0,002
Ni	0,41±0,016	0,87±0,026	0,67±0,022
Cu	2,23±0,053	1,90±0,057*	2,74±0,068*

Продолжение таблицы 29

Fe	53,69±1,718	95,02±2,470	57,18±1,486
Zn	37,89±1,212	27,81±0,862	40,20±1,165
Se	0,79±0,085	0,59±0,011	0,70±0,008
Cr	2,42±0,087	6,85±0,164*	8,458±0,228*
Токсичные мг/кг			
Al	12,20±0,256	12,37±0,396	32,19±1,127
Ga	0,01±0,001	0,01±0,000	0,01±0,001
Cd	0,01±0,001	0,01±0,001	0,02±0,002
Ba	0,96±0,021	0,68±0,019*	0,73±0,015*
Pb	0,23±0,006	0,14±0,003	0,21±0,007
Bi	0,06±0,002	0,03±0,001	0,06±0,002
Прочие элементы, мг/кг			
Sr	1,06±0,03	0,85±0,026*	0,87±0,028*
In	0,01±0,001	0,01±0,000	0,01±0,001

Исследование продемонстрировало, лактулоза увеличивает всасывание минералов из кишечника и оказывает положительное влияние на минеральный состав костной ткани (Таблица 30).

Так, в I опытной группе происходит увеличение макро- и микроэлементов в костной ткани: Na на 6,6 %, Mg на 7,9 %, K на 8,2 %, Ca на 31,9 %, Fe на 39,2 %, Se на 50,7 %, Co на 35,7 % относительно своих сверстников в контроле. Одновременно происходит снижением токсичных элементов.

На основании вышеизложенных данных был сформирован МП костной ткани при внесении ОМКД в рацион бройлеров:

$$\text{МП (I группа)} = \frac{\uparrow \text{Na, Mg, K, Ca, Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Ba, Fe}}{\downarrow \text{Al, Ga, Cd, In, Bi, Cr}}$$

На фоне скармливания препарата «Трегалоза», наблюдались изменения элементного состава следующего характера. В частности, увеличение Mg на 25 %, Fe на 86,6 %, Cu на 23,6 %, Al на 193 %, Cr на 7,9 % по сравнению с контролем.

Таблица 30 – Концентрация химических элементов костной ткани цыплят – бройлеров

Элементы	Группы		
	Контроль	I группа	II группа
Макроэлементы, мг/кг			
Na	4821±173	5140±164	4942±148
Mg	1719±67	1856±50	2150±66*
K	7418±222	8028±208	5814±186*
Ca	62538±2001	82517±2145**	96690±1988**
Эссенциальные, мг/кг			
Mn	4,43±0,168	5,20±0,182*	6,43±0,199*
Co	0,16±0,006	0,22±0,008*	0,24±0,005
Ni	1,14±0,039	1,26±0,037	1,67±0,035
Cu	1,89±0,039	1,97±0,065	2,33±0,070
Fe	113,89±2,505	158,60±4,440**	212,56±4,463**
Zn	107,76±2,263	104,97±2,519	137,79±3,169
Se	0,424±0,013	0,64±0,073	0,55±0,039
Cr	6,35±0,184	5,05±0,116	6,86±0,226
Токсичные, мг/кг			
Al	28,31±0,622	19,49±0,565	82,97±2,406
Ga	0,06±0,003	0,05±0,002	0,06±0,003
Cd	0,09±0,007	0,09±0,007	0,02±0,001
Ba	15,54±0,419	21,01±0,588	22,89±0,755
Pb	0,26±0,010	0,09±0,007*	0,28±0,005
Bi	0,69±0,018	0,04±0,002*	0,05±0,003*
Прочие элементы, мг/кг			
Sr	28,98±0,608	45,72±1,051	47,73±1,432
In	0,33±0,009	0,01±0,001*	0,01±0,000*

В ходе исследования был проведён анализ элементного состава внутренних органов. Так, концентрация макроэлементов в опытных группах была выше (Рисунок 12), а именно: Na – на 13,4 и 12,9 %; Mg – на 20,2 и 22,7 %; K – на 9,2 и 10,9 %; Ca – на 220,4 и 67,3 %, соответственно в I и II группах, по сравнению с контролем.

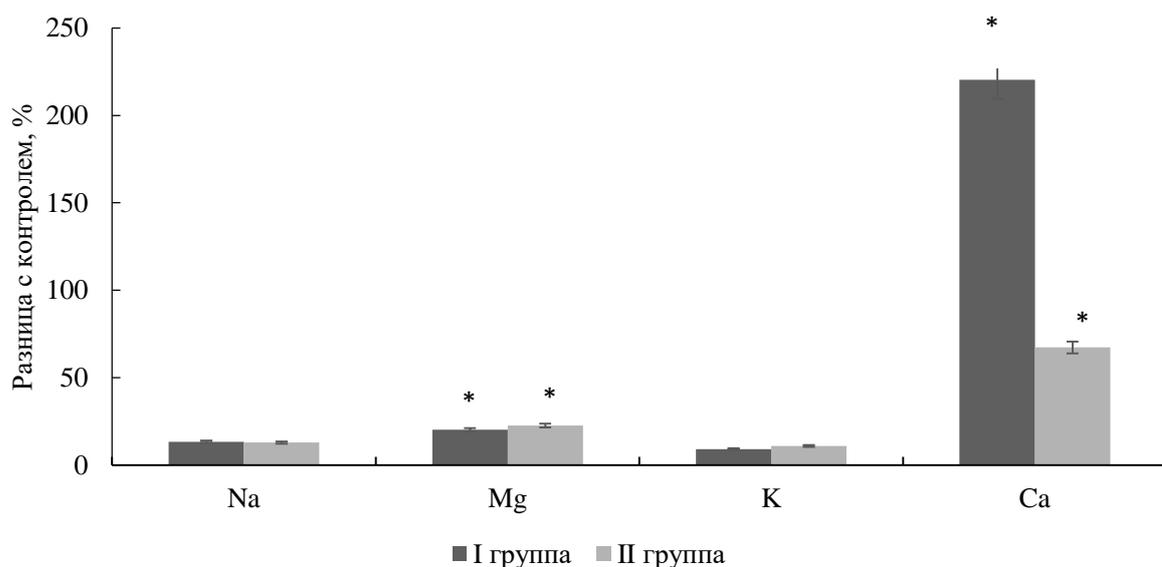


Рисунок 12 – Разница в концентрации макроэлементов во внутренних органах цыплят-бройлеров по сравнению с контролем, %

Установлено, увеличение Cu, Zn, Fe в обеих опытных группах на 5,5; 15,3 и 37,2 % - I группах и на 13,5; 26,5 и 10,1 % - II группа, соответственно, относительно контроля (Таблица 31).

Таблица 31 - Концентрация химических элементов во внутренних органах цыплят-бройлеров, мг/кг

Элементы	Группы		
	Контроль	I группа	II группа
Cu	7,43±0,208	7,84±0,188	8,44±0,228*
Cd	0,05±0,004	0,05±0,002	0,05±0,002
Zn	71,08±1,634	81,98±1,967	89,93±2,428
Ni	0,44±0,015	0,69±0,020	0,68±0,017
Fe	287,55±7,188	394,76±9,474*	316,74±8,235

Таким образом, тестируемые кормовые добавки оказывают влияние на элементный состав биосубстратов тела испытуемых животных. Было выявлено, что ОМКД избирательно действует на накопление в тканях и органах некоторых жизненно важных элементов.

2.3.6 Убойные качества цыплят-бройлеров

При сравнение новой ОМКД и коммерческой были выявлены значительные изменения в мясной продуктивности цыплят-бройлеров (Таблица 32). Так, масса потрошённой тушки была выше при скармливание комплексной ОМКД и составляла 1260 г., что на 28,64 % больше контроля и на 8,85 % выше по сравнению с опытной группой.

Таблица 32 – Результаты контрольного убоя подопытных цыплят-бройлеров в конце эксперимента, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	I группа	II группа	Контрольная
Предубойная живая масса	1739,6±86,98	1686,6±84,33	1654,5±82,73
Потрошенная тушка	1260,0±63,00	1157,6±57,88	979,5±48,97
Мышечная ткань	901,4±35,84	794,6±35,95	613,9±48,26
Костная ткань	238,6±26,28	223,0±33,45	265,6±7,65
Съедобная часть	983,8 ±49,19	897,8±44,89	749,6±37,48
Убойный выход, %	72,43	68,64	59,2

Так, убойный выход в I и II группах увеличится на 13,23 и 9,44 %, соответственно, по сравнению с контролем. При этом, сравнение между собой групп, видно, что лучший эффект показали цыплята-бройлеры, получавшие с рационом ОМКД (3,79 %).

Таким образом, включение в рацион бройлеров ОМКД сопровождается оптимальными показателями пророста и у лучшими убойными качествами.

2.3.7 Химический состав тканей цыплят-бройлеров

Внесение в рацион цыплят-бройлеров различных добавок приводит к изменению химического состава тела (Таблица 33). Так, уровень жира увеличивается в I и II группах в мякоти тушки на 0,3 и 2,6 %; протеина - на 1 % в I группе ($p \leq 0,05$) и на 0,9 % во II группе по сравнению с контролем.

Таблица 33 - Химический состав отдельных тканей бройлеров «ArborAukres» в возрасте 42 суток (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$), %

Показатель	Сухое вещество	Протеин	Жир	Влага
I группа	25,5±0,93	16,9±0,51	7,8±0,52	74,5±0,93
II группа	26,9±0,53*	15,3±0,37*	10,1±0,86	72,8±0,57
Контрольная	25,7±0,22	17,1±0,35	7,5±1,16	74,23±0,22

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Уровень протеина в костной ткани возрастает в I группе на 0,8 % и II группе на 0,6 % в отличии от контроля. Концентрация жира достоверно снижается в I опытной на 2,2 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем (Рисунок 13).

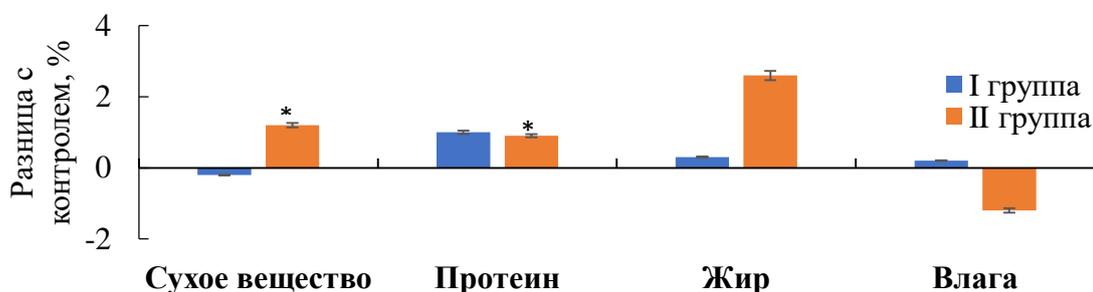


Рисунок 13 – Химический состав отдельных тканей цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, % (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 10$)

Примечание: * - достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Таким образом, внесение ОМКД и препарата «Трегалога» в состав рациона сопровождается повышением содержания протеина в мышечной и костной тканях. В это же время отложение жира увеличивается при использовании коммерческого препарата.

2.3.8 Резюме по II эксперименту

1. Используемые в эксперименте кормовые добавки оказывали влияние на поедаемость и рост массы тела. Так, скормливание ОМКД (I группа) обеспечило увеличение прироста живой массы до 1,54 кг, а внесение в рацион препарата «Трегалога» (II группа) приводит к увеличению на 1,49 кг. Таким образом, применение цыплятам-бройлерам ОМКД сопровождается оптимальными показателями прироста и затрат корма на него. Внесение «Трегалога» также приводит к положительной динамике, на фоне наибольших затрат корма.

2. Выявлено, что скормливание цыплятам-бройлеров коммерческого препарата «Трегалога» и новой ОМКД приводит к усилению обмена веществ.

3. Результаты анализа химического состава тела и отдельных тканей, показывает, что внесение ОМКД и препарата «Трегалога» в состав рациона сопровождается повышением содержания протеина в мышечной и костной тканях. В это же время отложение жира увеличивается при использовании коммерческого препарата.

4. Также, тестируемые кормовые добавки оказывают влияние на изменение элементного состава биосубстратов тела животных. Было выявлено, что ОМКД избирательно действует на накопление некоторых элементов тканей и органах.

2.3.9 Научно-производственный эксперимент

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

Для реализации поставленной цели сформировано две группы (n=600) из цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». Цыплята контрольной группы получали комбикорм, используемый в производственных условиях (базовый). Опытная группа получала базовый рацион с добавлением ОМКД (2,45 г/кг корма).

Анализ производственных расчетов бройлерного производства демонстрирует эффективность предложенного решения, в частности при включении комплексной добавки расход корма на 1 кг прироста снизился на 10,4 % (Таблица 34). Включение ОМКД в рацион бройлеров сопровождается снижением себестоимости 1 кг мяса на 7,2 руб., что повлекло за собой увеличение экономической эффективности на 4,3 %.

Таблица 34 - Экономическая эффективность по оценке продуктивного действия органо-минерального комплекса

Показатель	Вариант	
	Опытный	Базовый
Поголовье цыплят: на начало опыта	600	600
на конец опыта	585	572
Среднесуточный прирост, г	64,5	53,6
Живая масса 1 гол.	2445,4	2261,1
Срок выращивания, дней.	35	35
Расход корма на 1 гол, кг	3,5	3,6
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,55	1,73
Съели корм все, кг	2047,5	2059,2
Убойный вес: 1 гол, г	2445,4	2261,1
общий, кг	1430,6	1293,3
Убойный выход, %	74,2	78,1

Продолжение таблицы 34

Масса потрошеной тушки, г	1814,4	1766,3
Выход потрошёного мяса, кг	1061,42	1010,3
Выход потрошёного мяса с субпродуктами, кг	1146,34	1091,14
Производственные затраты, всего	197032,9	195418,1
Себестоимость 1 кг мяса, руб	171,9	179,1
Средняя реализационная цена 1 кг мяса, руб	200	200
Общая выручка от реализации, руб	212284,8	202064,7
Прибыль от реализации мяса, руб	15251,9	6646,64
Рентабельность, %	7,7	3,4

Таким образом, проведенные исследования доказали экономическую эффективность включения в рацион цыплят-бройлеров ОМКД с 15-суточного возраста. Выявленная комбинация является эффективной источником повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

3 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Пребиотики содержатся в различных компонентах рациона (Davani-Davari D. et al., 2019). Потенциальные пребиотики, которые скармливают бройлерам, включают: фруктаны, олигофруктозу, инулин, фруктоолигосахариды, галактан, галактоолигосахариды, ксилоолигосахариды (XOS), пектин, компоненты клетчатки и олигосахариды молока (Al-Sultan S. et al., 2016; Kaur A. P. et al., 2021).

Из них маннанолигосахариды и фруктоолигосахариды являются наиболее коммерчески распространенными питательными веществами при производстве кормов для птицы в связи с их экономической значимостью. При этом, пребиотики не оказывают остаточного действия и не вызывают резистентности у потребителей бройлерной продукции (Sun H.Y. et al., 2019).

В ряде работ отмечается положительное влияние пребиотиков на рост цыплят-бройлеров благодаря их микробиом-модулирующим свойствам (Zhou T.X. et al., 2011; Mookiah S. et al., 2014; Fathi M. et al., 2016). Данное исследование свидетельствует о том, что новая ОМКД имеющая в своем составе не только пребиотик, но и органические кислоты, аминокислоты и минеральные элементы способно улучшать продуктивные качества цыплят-бройлеров.

В ходе первого эксперимента выявлено, что комплексная ОМКД и с 7-суточного возраста обеспечивает увеличение прироста живой массы до 2,1 кг, что на 12,2 % превышало аналогичный показатель в контроле. Ростостимулирующий эффект от использования ОМКД с 15 суточного возраста составил 18,6 %.

Ростостимулирующий эффект обуславливается механизмом действия пребиотиков, входящих в состав кормовой добавки, которые способны благоприятно воздействовать на микрофлору и целостность кишечника (Rebole A. et al., 2010; Mookiah S. et al., 2014).

Использование ОМКД в рационе цыплят-бройлеров приводит к повышению качества мясной продукции. Доля мышечной ткани по массе тушки увеличилась в опытных группах на 8,75; 12,8 и 4,9 % по сравнению с контролем, что, в свою очередь, меняло соотношение по съедобным и несъедобным частям. Доля первых возросла на 10,9 и 9,05 %, соответственно.

Использование и нормирование аминокислот в комбикормах является основной и важной частью работы, которая направлена на улучшения мясных качеств цыплят-бройлеров. Увеличение в комбикормах аминокислот лизина и метионина до 15,0 % повышает показатели мясной продуктивности (Яушева Е.В., 2016; Мустафин Р.З. и Мустафина А.С., 2020; Сложенкина, М.И. и др., 2020). Использование ОМКД в состав которого входит аргинин увеличило массу потрошёной тушки цыплят-бройлеров на 22,2 % и повысило убойный выход до 78,3 %. Совместное использование аминокислот, пребиотиков и элементов более эффективно по сравнению с их применением по отдельности, что отражено в наших исследованиях.

Таким образом, ростостимулирующий эффект обуславливается наличием пребиотика в составе ОМКД, который способствует образованию полезных бактерий и способствует целостности кишечника цыплят-бройлеров.

В ходе второго исследования была проведена сравнительная оценка действия различных кормовых добавок (новой и коммерчески доступной).

В результате было выявлено, что скармливание новой ОМКД обеспечило увеличение прироста живой массы до 1,54 кг, а использование в кормление цыплят-бройлеров коммерческого препарата «Трегалоза» на 1,49 кг, что на 6,2 и 2,76 % превышает показателей в контроле. Внесение препарата «Трегалоза» также приводит к снижению затрат корма на 7,4 % относительно контроля. При скармливании ОМКД разница по данному показателю увеличивается и достигает 16,7 %.

Таким образом, используемые новой ОМКД на основе лактулозы – это не только естественная альтернатива антибиотикам, гормонам или иным

стимулятором роста, но и действенный механизм более качественного подхода к формированию общих полезных физических и биохимических свойств мяса цыплят-бройлеров.

Анализ результатов первого исследований показал, что ОМКД приводит к изменениям химического состава тканей тела экспериментальной птицы. Колебания показателей химического состава в большей степени характерно для скелетной мышечной ткани (мякоть тушки), мясокостного фарша. Так, содержание протеина в мякоти достоверно повышается на 1,1 % и на 0,6 % в опытных группах по сравнению с контролем. В костях также, уровень протеина увеличивается во всех группах на 0,8; 1,4 и 1,6 % по сравнению с контролем.

В ходе второго исследования также выявлены изменения в химическом составе тела. Так, уровень жира увеличивается во всех группах в мякоти тушки на 0,3 и 2,6 %, соответственно, относительно контроля. Концентрация протеина, также, увеличивается в этих же группах на 1 % при кормление ОМКД и на 0,9 % при включение в рацион «Трегалоза».

Таким образом, анализ химического состава тела и отдельных тканей, показывает, что внесение ОМКД и препарата «Трегалоза» в состав рациона сопровождается повышением содержания протеина в мышечной и костной тканях. В это же время отложение жира увеличивается при использование коммерческого препарата.

В течение первого эксперимента обнаружено улучшение коэффициентов переваримости корма, с максимальным проявлением в группе с лактулозой. Так, при внесении ОМКД с 7-суточного возраста переваримость сырого протеина, сырого жира и углеводов увеличиваются на 3,6; 3,8 и 4,7 % по сравнению с контролем. Такой же эффект наблюдается при внесении добавки с 15-суточного возраста (2 %; 4,7 %; 1,5 %).

Cho and Kim (2014) сообщили, что переваримость компонентов корма увеличивается при добавлении небольших доз лактулозы в рационе цыплят-

бройлеров. В нашем исследовании переваримость органического вещества и углеводов были увеличены при добавлении 1 г/кг корма.

Известно, что повышение усвояемости питательных веществ может быть связано с использованием пребиотиков, в том числе олигосахаридов, которые увеличивают площадь поглощения и улучшают пищеварение птицы и здоровье кишечника (Dittoe D.K. et al., 2018).

Таким образом, внесение ОМКД в состав рациона способствует улучшению переваримости и усвоению нутриентов корма. Включение в рацион добавки «Трегалоза» не оказывает негативного влияния и имеет схожий функционал.

Хорошо известно, что анализ компонентов крови может быть использован для мониторинга метаболических изменений в организме птицы. Так, при морфологическом исследовании крови выявили более высокое количество белых и красных кровяных телец при использовании лактулозы с 7-дневного возраста по сравнению с кормлением в более позднем возрасте. Лактулоза, влияя на экосистему кишечника, может оказывать значительное влияние на иммунитет организма вскоре после рождения (Рябцева С.А. и др., 2020).

В работах Hossain M.M. et al. и др. (2015) добавка пребиотиков увеличивала число лейкоцитов и лимфоцитов в крови растущих животных (Li J., Kim I.H., 2013), в то время как Zhou T.X. et al. (2011) заявили, что полиолигосахариды снижают рост лимфоцитов. Разница в результатах может быть обусловлена различиями в типе пребиотика, животных и условиях окружающей среды, использовавшихся в экспериментах.

В ходе первого исследования было установлено, что биохимические показатели сыворотки крови находились на уровне физиологической нормы во всех экспериментальных группах. В то же время были отмечены различия между параметрами опытной и контрольной групп по содержанию триглицерида, холестерина и глюкозы.

При внесении в рацион ОМКД с 7-суточного возраста наблюдается увеличение уровня гемоглобина на 3,59 % относительно контроля. При скармливании ОМКД с 15-суточного возраста гемоглобин, напротив, снижается на 8,8 % по сравнению с контролем.

Внесение в рацион цыплят-бройлеров ОМКД ведет к увеличению уровня глюкозы на 1,68 % при применении с 7-суточного возраста по сравнению с контролем. Однако применение добавки с 15-суточного возраста оказывает противоположный эффект и снижает глюкозу на 5,8 % по сравнению с контролем.

Тестируемая ОМКД стимулирует рост активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) во всех группах: на 5,35 % ($p \leq 0,05$), на 18,75 %, на 57,1 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

К концу эксперимента у бройлеров, получавших ОМКД, по сравнению с контролем показатель триглицеридов как маркеров энергетического и липидного обмена (Сахарова-Фетисова А.Л., 2011), был выше, с максимальным проявлением в I и II группе (в 2 раза).

Уровень креатинина изменяется лишь при внесении ОМКД с 7- и 15-суточного возраста, имеющих в своем рационе лактулозу, на 20,5 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Применение ОМКД вело к повышению концентрации холестерина в крови, что можно объяснить способностью лактобактерий, рост которых усиливается на фоне приёма пребиотиков, ассимилировать холестерин в присутствии желчи, способствуя его накоплению в крови цыплят-бройлеров (Никулин В.Н., Курушкин В.В., 2006).

Аналогичные результаты были получены в исследовании Joy A.D. и Samuel J.J. (1997), которые сообщили что некоторые микроорганизмы, присутствующие в желудочно-кишечном тракте, могут использовать холестерин для собственного метаболизма, таким образом, увеличивая всасывание количества холестерина (Kurmashева S.S., et al., 2021).

В ходе второго исследования, для оценки функционального состояния организма цыплят-бройлеров были изучены изменения в морфологическом и биохимическом составе крови цыплят-бройлеров.

В ходе анализа выявлено увеличение концентрации лейкоцитов при внесении «Трегалоза» на 4,87 %, в то время как при использовании ОМКД происходит снижение этого же показателя на 6,82 % по сравнению с контролем.

Так, среди показателей белкового обмена, общий белок увеличивается на 5,7 % и на 11,3 % ($p \leq 0,05$) в опытных группах относительно контрольной группы. Концентрация альбуминов в сыворотке крови так же увеличивается в опытных группах на 6,2 и 18,7 %, соответственно, по сравнению с контролем.

Концентрация Mg увеличивается при внесении добавки «Трегалоза» в состав рациона на 11,7 % по сравнению с контролем, что говорит об усилении водно-электролитного обмена. Уровень Ca достоверно увеличивается в I группе - в 2 раза ($p \leq 0,05$), а во II группе – в 3 раза.

Высокие концентрации кальция в сыворотке могут указывать на большую его доступность из источника. При этом, концентрации кальция в костях не имеет критичного расхождения между группами в текущем исследовании. Эти результаты подтверждают предыдущие выводы о влиянии добавок кремния на метаболизм кальция и магния (Najda J. et al., 1993).

Кормовые добавки на основе кремния могут препятствовать абсорбции других микроэлементов, вызывая снижение концентрации в сыворотке (Pérez-Granados A.M., Vaquero M.P., 2002; Kim M.H. et al., 2014). Также подобные различия в концентрациях в сыворотке могут указывать на повышенное поглощение тканями (Seaborn C.D., Nielsen F.H., 2002).

Таким образом, обнаруженные изменения химического состава сыворотки крови указывают на различную степень активации обменных процессов в организме цыплят-бройлеров.

Изменения в минеральном обмене у цыплят-бройлеров говорит о том, что лактулоза способна снижать рН в кишечнике, впоследствии улучшая

усвоение минералов, таких как кальций, железо и магний, благодаря повышенной растворимости минералов (Eizaguirre I. et al., 2002).

Повышение концентрации элементов в крови и теле указывает на активное всасывание минералов в двенадцатиперстной кишке (Skrypnik K. et al., 2019), что демонстрирует способность лактулозосодержащей добавки увеличивать биодоступность железа (Wang W. et al., 2011).

Выявлено, что в мышечной ткани цыплят-бройлеров увеличилась концентрация макроэлементов при внесении ОМКД как с семисуточного, так и с 15-суточного возраста.

При добавлении ОМКД наблюдается тенденция к увеличению микроэлементов в костной ткани таких как кальций, магний и цинк как с семи, так и с 15 суточного возраста. Концентрация Си напротив, снижается на 30,3 и 39,4 % по сравнению с контролем. Показано, что низкие дозы лактулозы улучшают усвоение минералов, таких как кальций и магний, из кишечника, что может иметь важные последствия для здоровья костей (Karakan T. et al., 2021).

Известно, что микрофлора кишечника является потребителем химических элементов, а дополнительное включение биологически активных веществ приводит к увеличению потребности в них для активного метаболизма (Guerra-Ordaz, A. A. et al., 2013).

Так, концентрация всех макроэлементов в костной ткани увеличивается в опытных группах. А именно: Na на 6,1; Mg на 5,2; K на 8,1; Ca на 17,7 % с 7-суточного возраста относительно своих сверстников в контроле.

Большинство исследований влияния пребиотиков, особенно в отношении развития костей, проводились на крысах. Было показано, что пребиотики стимулировали всасывание железа и важных для нормальной жизнедеятельности минералов. Доклинические исследования показали, что лактулоза стимулирует всасывание Ca и Mg из кишечника у крыс, эффект, который проявляется как в тонком кишечнике, так и в слепой кишке (Scholz-Ahrens K.E. et al., 2001).

Возможные механизмы влияния пребиотиков на усвоение минеральных веществ и профилактику заболеваний могут быть связаны с трансформацией нерастворимых неорганических солей в растворимые, что увеличивает их всасывание в кишечнике, с поддержанием и защитой абсорбционной поверхности, увеличением синтеза кальций-связывающих белков и др. (Wang W. et al., 2011).

До сих пор не было доказательств того, что стимулирующее действие пребиотиков на усвоение минералов в основном связано с усилением роста специфических бактериальных штаммов, оказывающих благотворное влияние на хозяина. Можно предположить, что основной эффект пребиотиков, отвечающих за более высокое усвоение минералов, связан с их действием в качестве «пищи для кишечника». Пища в толстой кишке служит субстратом для кишечной флоры неспецифическим образом, но может стимулировать скорость ферментации. В дополнение к этому лактулоза стимулирует абсорбцию магния, кальция и фосфора у животных (Scholz-Ahrens K.E. et al., 2001).

В своем эксперименте с цыплятами-бройлерами Abdel-Fattah S.A. et al. (2008) сообщили, что у птиц, получавших рацион, дополненный органическими кислотами, концентрация Са и Р в крови была значительно выше, что авторы объясняют снижением рН кишечника и увеличением всасывания этих макроэлементов за счет использования кислоты.

Тяжелые металлов и их концентрация в объектах окружающей среды, а также в компонентах пищевой цепи стали серьезной проблемой для здоровья в промышленно развитых странах. В этом исследовании ОМКД на основе лактулозы показал лучший защитный эффект против накопления тяжелых металлов в тканях. Так, концентрация Sr снижается на 28,3 %, при внесении ОМКД с 15-суточного возраста по сравнению с контролем. Насыщенность Ni как в костной, так и в мышечной ткани была ниже по сравнению с контролем. Показатель концентрации Рb снижается в мышечной ткани на 59,8 % при более поздних сроках скармливания.

Введение в рацион четырехкомпонентной ОМКД снижало численность бактерий класса *Bacteroidia* (на 2,51 %) и *Negativicutes* (на 12,3 %), и увеличение количества микроорганизмов семейств *Lachnospiraceae* (+ 18,1 %), *Ruminococcaceae* (+ 11,6 %), в частности на представителей р. *Faecalibacterium* (+20,7 %). Исключение лактулозы способствовало росту числа бактерий семейств *Helicobacteraceae* на 4,68 %, *Rikenellaceae* на 3,29 %, снижению филума *Firmicutes* на 15,5 %, что выражалось в изменении количества микроорганизмов классов *Clostridia* (- 10,4 %) и *Negativicutes* (- 12,5 %), на фоне роста представителей семейства *Lachnospiraceae* на 14,9 %.

В целом, многие исследования подтверждают способность лактулозы стимулировать рост полезных для здоровья бактерий *Bifidobacteria* (Ruiz-Aceituno L. et al., 2020), которые влияют на обмен веществ.

В исследованиях указывается, что после введения лактулозы микробная популяция, а именно, количество бифидобактерий значительно увеличивается, а количество потенциально патогенных бактерий *Bacteroidaceae*, *Eubacteria* и *Clostridia* уменьшается (Mizota T. et al., 2002).

На количественное и качественное разнообразие микробима влияют как доза скармливания лактулозы, так и длительность приёма. Большие дозы лактулозы увеличивают содержание *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* и *Enterococcus spp.* (Venema K. et al., 2003). Длительный период приема лактулозы вызывает относительное обилие *Bifidobacterium* и снижает *Clostridium perfringens* и *Bacteroidaceae*.

Помимо этого, наиболее важные изменения в микробиоте кишечника считается увеличение количества штаммов бактерий, связанных с ожирением, диабетом, уровнем глюкозы и энергетическим обменом *Akkermansia* (Zhang J, 2021), которые изменяют своё численное количество в присутствии лактулозы (Zhai S., 2018; Chu N, 2022).

Лактулоза способствует распространению бифидобактерий и подавляет численность бактериоидов (Chu N. et al., 2022). В нашем случае, анализ на

уровне вида показал увеличение *Bacteroides plebeius*, *Bacteroides dorei/vulgatus* и *Clostridium bolteae* после введения ОМКД.

Запрет на некоторые антибиотики способствовал развитию использования фитогеников, органических кислот, пребиотиков, пробиотиков и ферментов в качестве альтернативы при выращивании бройлеров. Подобные добавки имеют сравнимые с антибиотиками преимущества в плане повышения продуктивности и благополучия цыплят-бройлеров связанного со здоровьем. Использование таких добавок увеличивает массу тела, среднесуточный привес, массу тушки, коэффициент конверсии корма и пищевую ценность кормовых ингредиентов, а также улучшить здоровье кишечника бройлеров (Zhao P. et al., 2016, Krueger M. et al., 2021).

Основные предполагаемые эффекты новой ОМКД заключаются в улучшении пищеварения, доступности питательных веществ, повышении усвояемости нутриентов корма, антимикробной, антиоксидантной активности, барьерной функции кишечника, модулирования микрофлоры кишечника. Компоненты ОМКД и их функционал является альтернативой кормовым антибиотикам и оказывают пребиотические, синбиотические, синергические эффекты.

Таким образом, использование многофункциональных кормовых добавок при производстве мяса цыплят-бройлеров экономически обоснованная манипуляция. Дальнейшие исследования эффектов взаимодействия комбинированных добавок, питательных веществ рациона и живого организма несомненно являются актуальными

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 органо-минеральных добавок в рационах цыплят-бройлеров.

1. Скармливание ОМКД с семисуточного возраста увеличивает живую массу на 10,8 %. С повышением возраста начала скармливания до 15-сут. ростостимулирующий эффект улучшается при наименьших затратах корма на 1 кг прироста по сравнению с контролем. Трехкомпонентная кормовая добавка эффективна на ранних сроках включения в рацион. Внесение в состав рациона ОМКД с 15-суточного возраста позволяет получить максимальный продуктивный эффект.

2. В эксперименте продуктивный эффект обеспечен изменением переваримости нутриентов и, как следствие, химического состава тела цыплят-бройлеров. Внесение как трех-, так и четырехкомпонентной ОМКД в состав рациона с семисуточного возраста снижает переваримость клетчатки по сравнению с контрольным рационом, при этом увеличивается переваримость сырого жира, протеина и БЭВ. Наилучшие показатели переваримости компонентов корма, преимущественно клетчатки, отмечены при скармливании четырехкомпонентной ОМКД с 15-суточного возраста, способствующие улучшению усвоения нутриентов корма.

3. Введение разнокомпонентной ОМКД при одинаковом возрасте начала скармливания (7 сут.) имело схожий отклик в динамике различий с контролем, и выражалось в увеличении триглицеридов, холестерина и глюкозы. Морфо-биохимические показатели крови при позднем сроке введения (15-суточный возраст) четырехкомпонентной ОМКД были близки к контрольным значениям.

4. Анализ элементного состава тела цыплят-бройлеров, показал, что, как различные сроки скормливания, так и состав кормовой добавки оказывали влияние на концентрацию химических элементов. Применение четырехкомпонентной ОМКД независимо от сроков введения приводило к накоплению в мышечной ткани Mg, K, Ca на величину от 2,4 до 107,6 %. В костной ткани накапливается Fe, Zn, Se при разнице с контролем от 8,8 до 40,6 %.

5. Применение четырехкомпонентной ОМКД с семисуточного возраста снижает численность бактерий класса *Bacteroidia* (на 2,51 %) и *Negativicutes* (на 12,3 %), и увеличивает количество микроорганизмов *Clostridia* (на 7,3 %) в сравнении с контролем. Повышение сроков начала скормливания способствовало росту числа бактерий филумов *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* и *Campilobacterota* в сравнении с контрольными значениями. Численность бактерий филума *Firmicutes* была снижена на 15,5 % в сравнении с контролем, что выражалось в изменении количества микроорганизмов классов *Clostridia* (- 10,4 % ($p \leq 0,05$)) и *Negativicutes* (- 12,5 %) при увеличении представителей семейства *Lachnospiraceae* 14,9 % ($p \leq 0,05$), активно участвующих в ферментации разнообразных растительных полисахаридов с образованием короткоцепочечных жирных кислот.

6. При сравнительной оценке влияния двух схожих по составу кормовых добавок (ОМКД и «Трегалоза») наблюдается приоритет в эффектах четырехкомпонентной ОМКД. Так, скормливание ОМКД обеспечило увеличение прироста живой массы до 1,54 кг (6,2 %) и снижением затрат корма на 16,7 % относительно зарубежного аналога. Стоит отметить, что введение органо-минерального комплекса влияет на энергетический обмен. В частности, приводит к увеличению обменной энергии с одновременным снижением потерь энергии с пометом, что влечёт за собой максимально эффективное использование энергии корма.

7. При проведении производственной апробации по включению ОМКД в дозировке 2,45 г/кг корма с 15-суточного возраста в рацион цыплят-

бройлеров установлено снижение расхода корма на 1 кг прироста при повышенном уровне продуктивности, что обеспечивает снижение себестоимости и как следствие увеличение рентабельности производства на 4,3 %.

5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для достижения более высокой производительности, сокращения расходов на корм, поддержания стабильности поголовья и увеличения экономической эффективности производства мяса, рекомендуется включения в рацион цыплят-бройлеров 4-х компонентную органо-минеральную кормовую добавку с 15-дневного возраста содержащую УДЧ SiO_2 и пребиотик лактулозу, причем УДЧ SiO_2 в дозировке 0,65 г/кг корма и пребиотик лактулозу в дозировке 2,45 г/кг корма, что подтверждается повышением рентабельности на 4,3 %.

6 ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части:

1. исследований, направленных на оценку взаимосвязи между органо-минеральным комплексом и микробиотой ЖКТ птицы в разных отделах и в различных возрастных аспектах;

2. формирования новых знаний о влиянии органо-минерального комплекса на состав летучих жирных кислот;

3. получение новых знаний о роли влияния органо-минеральных комплексов на формирование аминокислотного состава.

7 СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ардатская, М.Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микрoэкологических нарушений кишечника / М.Д. Ардатская // Медицинский совет. – 2015. – № 13. – С. 94-99.
2. Ахметова, С. О. Влияние использования в составе комбикормов янтарной и лимонной кислот на убойные и мясные качества цыплят-бройлеров / С. О. Ахметова, Ж. Ж. Есиркепова // XVIII Международная научно-практическая конференция (Новосибирск). – 2017. – С. 77-78.
3. Бовкун, Г. Лактулоза полезна цыплятам / Г. Бовкун, О. Бобрик, Н. Малик, В. Панин, А. Сканчев // Птицеводство. – 2003. – № 3. – С. 10.
4. Буряков, Н. П. Эффективность добавки аминокислоты l-валина в фазовых рационах для цыплят-бройлеров / Н. П. Буряков, С. А. Щукина, К. А. Горст // в сборнике: Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова. – 2022. – С. 363-371.
5. Буяров, В. С. Применение препаратов «Экофилтрум» и «Филтрум» в промышленном птицеводстве / В. С. Буяров, И. В. Червонова // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 1. – С. 31-34.
6. Воробьев, С. С. Влияние подкислителя на продуктивность цыплят-бройлеров в условиях заражения *Salmonella Enteritidis* / С. С. Воробьев, А. А. Васильев, Э. Д. Джавадов, Л. А. Сивохина // Птицеводство. – 2023. – № 3. – С. 48-53.
7. Воронков, М. Г. Атраны – новое поколение биологически активных веществ / М. Г. Воронков, В. П. Барышок // Вестник Российской академии наук. – 2010. – Т. 80(11). – С. 985-992.
8. Евглевский, Ал. А. Биологическая роль и метаболическая активность янтарной кислоты / Ал. А. Евглевский, Г. Ф. Рыжкова, Е. П.

Евглевская, Н. В. Ванина, И. И. Михайлова, А. В. Денисова, Н. Ф. Ерыженская // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 9. – С. 67-67

9. Егоров, И. А. Ферментные препараты отечественного производства в низкоэнергетических комбикормах для цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, А. И. Панин, М. А. Кержнер // Птицеводство. – 2021. – № 7-8. – С. 27-31. – doi: 10.33845/0033-3239-2021-70-7-8-27-31.

10. Ежова, О. Пробиотики и пребиотики в бройлерном производстве / О. Ежова, А. Сенько, Ю. Габзалилова // Комбикорма. – 2009. – № 5. – С. 67-68.

11. Забашта, Н. Н. «Лактовит - ЖК» в рационе цыплят-бройлеров / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головкин, А. Б. Власов // Сборник научных трудов «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт животноводства». – 2017. – № 6(2). – С. 158-163.

12. Заболотных, М. В. Аминокислотный состав мяса бройлеров при применении кормовой добавки «микофикс» / М. В. Заболотных, А. А. Диких, И. Г. Серегин, В. Е. Никитченко // Вестник российского университета дружбы народов. серия: агрономия и животноводство. – 2016. – № 2. – С. 51-57

13. Зялалов, Ш. Р. Эффективность применения добавки на основе модифицированного диатомита в молочном скотоводстве / Ш. Р. Зялалов, С.В. Дежаткина, Н. В. Шаронина // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (50). – С. 201-205.

14. Иванищева А.П. Использование пребиотиков на основе олиго- и дисахаридов в птицеводстве - мини-обзор / А.П. Иванищева, Е.А. Сизова, Е.В. Яушева // Сельскохозяйственная биология. - 2023. – 58(4). - С. 609-621.

15. Иванова, А. С. Эффективность применения минеральных добавок в кормлении высокопродуктивных животных / А. С. Иванова // Сборник статей всероссийской научной конференции «Интеграция науки и практики для развития Агропромышленного комплекса». – 2017. – С. 47-51.

16. Коссе, А. Г. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании лактулозосодержащих добавок: автореферат дис.кандидата сельскохозяйственных наук: 06.02.10 / Коссе Андрей Георгиевич. Персиановский. – 2014. – 23 с.

17. Луговая, И. С. Влияние янтарной и аскорбиновой кислоты на сохранность, естественную резистентность и динамику живой массы цыплят / И. С. Луговая, Т. О. Азарнова, М. С. Царькова, Л. А. Фролова, С. Ю. Зайцев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2016. – № 9. – С. 19-24.

18. Мальцева, Н. А. Снижение обменной энергии при увеличении норм аминокислот в кормлении цыплят-бройлеров / Н. А. Мальцева, О. А. Ядрищенская, Е. А. Басова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2015. – № 9-1. – С. 112-118.

19. Медведский, В. А. Эффективность применения подкисляющих добавок на основе органических кислот и местных природных минералов / В. А. Медведский, А. Ф. Железко, И. В. Щебеток, В. Ю. Маслак, А. В. Синковец, // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2010. – № 13(1). – С. 75-81.

20. Мирошников, С. А. Оценка действия ультрадисперсного оксида кремния на организм цыплят-бройлеров / С. А. Мирошников, А. С. Мустафина, И. З. Губайдуллина // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – № 103(1). – С. 20-32. DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-20.

21. Морозов, А. М. Влияние микрофлоры на синтез витаминов (обзор литературы) / А. М. Морозов, Ю. Е. Минакова, И. Г. Протченко // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – № 13(6) – Р. 167-172.

22. Мустафин, Р. З. Продуктивное действие комплексного применения аминокислот и диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров / Р. З. Мустафин, А. С. Мустафина // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 4. – Р. 220-229.

23. Мустафина, А. С. Влияние ультрадисперсного кремния на продуктивные качества цыплят-бройлеров / А. С. Мустафина, В. Н. Никулин

// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6(80). – С. 300-304.

24. Мустафина, А. С. Переваримость и обмен энергии в организме цыплят-бройлеров при введении в рацион силикатных добавок / А. С. Мустафина, В. Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 278-283.

25. Николаенко, В. П. Пребиотик лактулоза для профилактики инфекционных болезней у животных / В. П. Николаенко, А. Г. Храмцов, А. И. Еремина, Н. Я. Дыкало, С. С. Школа // Ветеринария. – 2021. – № 2. – С. 56-60. Шацких, Е. В. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в предстартовом рационе органических форм микроэлементов / Е. В. Шацких, И. В. Рогозинникова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 11(53). – С. 83-84.

26. Никулин, В. Н. Уровень липидного обмена кур-несушек при совместном использовании пробиотика лактомикробиоцикла и йодида калия / В. Н. Никулин, В. В. Курушкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 4(12). – С. 33-36.

27. Околелова Т. М. Органические кислоты в кормах и воде для птиц. В сборнике: Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев, Р. И. Шарипов, Т. Р. Шарипов, М. Б. Сагинбаева // Материалы Международной научной заочной конференции, посвящённой 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства. Отв. редактор А.Б. Дымков. Омск. – 2022. – С. 157-167.

28. Околелова Т. Ферменты и подкислители в комбикормах для бройлеров / Т. Околелова, С. Щукина // Комбикорма. – 2006. – № 1. – С. 67-68.

29. Околелова, Т. М. Органические кислоты в кормах и воде: особенности применения в птицеводстве / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 20(268). – С. 38-43.

30. Орлова О.Ю. Обогащение традиционных продуктов питания полифункциональными добавками на основе растительных компонентов / О.Ю. Орлова, А.Х. Каримов // Электронный научный журнал «Argo1 серия: естественные и технические науки». – 2013. - № 1.

31. Пищугин, Ф. В. Кинетика и механизм взаимодействия гидрохлоридов пиридоксаля, аргинина и гуанидина в различных условиях / Ф. В. Пищугин, И. Т. Тулебердиев, В. А. Прохоренко // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2021. – № 3. – С. 35-41.

32. Попов, Д. В. Микробиота и репродукция у сельскохозяйственных видов млекопитающих (обзор) / Д. В. Попов // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57. – № 2. – С. 222-236 doi: 10.15389/agrobiology.2022.2.222rus

33. Радчик О.Л. Основные положения европейского законодательства о химических веществах и возможность его кодификации. (Обзор) / О.Л. Радчик, В.А. Семенихина // Право. – 2002. – С. 198-205.

34. Рябцева, С. А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы / С. А. Рябцева, А. Г. Храмцов, Р. О. Будкевич, Г. С. Анисимов, А. О. Чуκλο, М. А. Шпак // Вопросы питания. – 2020. – № 89(2). – С. 5-20.

35. Рябцева, С. А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы / С. А. Рябцева, А. Г. Храмцов, Р. О. Будкевич, Г. С. Анисимов, А. О. Чуκλο, М. А. Шпак // Вопросы питания. – 2020. – № 89(2). – С. 5-20.

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

37. Сахарова-Фетисова, А. Л. Морфологические и биохимические показатели крови у подопытных животных / А. Л. Сахарова-Фетисова //

Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – 2011. – С. 153-155.

38. Свистунов, А. А. Использование пребиотических и жирowych добавок в кормлении цыплят-бройлеров: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.02.08 / Свистунов Андрей Анатольевич. Краснодар. – 2014. – 24 с.

39. Скворцова, Л. Н. Влияние пробиотиков и пребиотика отечественного производства на рост и развитие цыплят-бройлеров / Л. Н. Скворцова // Эффективное животноводство. – 2009. – № 7(44). – С. 30-31.

40. Скворцова, Л. Н. Использование пребиотиков при выращивании цыплят – бройлеров / Л. Н. Скворцова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – №3. – С. 38-40.

41. Сложенкина, М. И. Влияние лактулозы в составе новых кормовых добавок на характеристики мясной продуктивности и обменные процессы бройлеров / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, З. Б. Комарова, А. А. Мосолов, Н. А. Карабалина, С. С. Курмашева // Аграрная Россия. – 2022. – № 4. – С. 32-36.

42. Сложенкина, М. И. Влияние новых лактулозосодержащих кормовых добавок на биологические свойства мяса цыплят-бройлеров / М. И. Сложенкина, М. В. Фролова, С. С. Курмашева, А. В. Рудковская // Аграрнопищевые инновации. – 2020. – № 4(12). – С. 61-69.

43. Степаненко, Б. Н. Курс органической химии: учебник / Б.Н. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высш. Школа. – 1974. – 436 с.

44. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учебное пособие / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - Москва: ГЭОТАР-Медиа. – 2016. – 411 с.

45. Фисинин, В. И. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы / В. И. Фисинин, И. А. Егоров // Птица и птицепродукты. – 2015. – № 3. – С. 27-29.

46. Фисинин, В.И. Изменение иммунологических и продуктивных показателей у цыплят-бройлеров под влиянием биологически активных веществ из экстракта коры дуба / В. И. Фисинин, А. С. Ушаков, Г. К. Дускаев, Н. М. Казачкова, Б. С. Нуржанов, Ш. Г. Рахматуллин, Г. И. Левахин // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – № 53 (2). – С. 385-392.

47. Фоминова, И. О. Роль аминокислот при выращивании цыплят-бройлеров / И. О. Фоминова // В сборнике: Инновации в производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2015. – С. 243-246.

48. Хорошевская, Л. Бад на основе пребиотика лактулозы / Л. Хорошевская, Т. Донцова, И. Горлов, А. Анохин // Космбикорма. – 2011. – № 2. – С. 85-86

49. Хорошевская, Л. Инновационные подходы к использованию биологически активных препаратов в бройлерном птицеводстве / Л. Хорошевская, А. Хорошевский, О. Ларичев, К. Масловский, М. Козлова // VI международный ветеринарный конгресс по птицеводству. – 2010. – С. 142–145.

50. Яськова, Е. В. Эффективность современных технологий выращивания цыплят-бройлеров / Е. В. Яськова, О. Н. Сахно, А. В. Лыткина, А. В. Гапонова, Ю. И. Казорина // Биология в сельском хозяйстве. – 2015. – № 2. – С. 47-57.

51. Яушева Е.В., Мирошников С.А., Сизова Е.А., Рогачев Б.Г., Павлов Л.Н. Способ эффективного повышения продуктивности цыплят-бройлеров при совместном применении внутримышечной инъекции наночастиц железа и аргинина в составе рациона. Патент на изобретение RU 2601812 С1, 10.11.2016. Заявка № 2015141629/13 от 30.09.2015.

52. Яушева, Е. В. Влияние ультрадисперсных препаратов железа и меди на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров: дис. ... канд. биол. наук. Оренбург. – 2016. – 169 с.

53. Яушева, Е. В. Наночастицы Fe в сочетании с аминокислотами изменяют продуктивные и иммунологические показатели у цыплят-бройлеров / Е. В. Яушева, С. А. Мирошников, Д. Б. Косян, Е. А. Сизова // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – №. 6. – С. 912-920.
54. Яушева, Е. В. Продуктивное действие совместного использования препаратов наночастиц железа и аргинина в питании цыплят-бройлеров / Е. В. Яушева, С. А. Мирошников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 5 (55). – С. 158-160.
55. Яхин, О. И. Классификация биостимуляторов / О. И. Яхин, А. А. Лубянов, И. А. Яхин // Агрехимия. – 2018. – № 3. – С. 90-95.
56. Abdel-Fattah, S. A. Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broilers chicks fed supplemental organic acids / S. A. Abdel-Fattah, M. H. El-Sanhoury, N. M. Mednay, F. Abdelazeem // International Journal of Poultry Science. – 2008. – № 7. – P. 215-222.
57. Abdullah, H. M. Effect of arginine supplementation on growth performance and immunity of broilers: A Review / H. M. Abdullah, L. R. Bielke & Y. A. Helmy // Journal of Global Innovation in Agricultural and Social Sciences. – 2019. – № 7(4). – P. 141-144.
58. Aider, M. Isomerization of lactose and lactulose production: review / M. Aider, D. de Halleux // Trends Food Sci Technol. – 2007. – № 18. – P. 356-364.
59. Akoy, R. A. M. The effects of probiotics, prebiotics and synbiotics on gut flora, immune function and blood characteristics of broilers. A thesis submitted to the University of Plymouth in partial fulfilment for the degree of Plymouth in partial fulfilment for the degree of doctor of philosophy. School of Biological Sciences Faculty of Science and Engineering. –2015.
60. Alçiçek, A. The effects of a mixture of herbal essential oil, an organic acid or a probiotic on broiler performance / A. Alçiçek, M. Bozkurt, M. Çabuk // S. Afr. J. Anim. Sci. – 2004. – № 34. – P. 217-222.

61. Alhassani, D. H. Comparative efficacy of different supplements with drinking water used to alleviate body temperature of heat-stressed broiler chickens / D. H. Alhassani, A. Y. Alsukhri // *Iraq. J. Agric. Sci.* – 2016. – № 47(Special Issue). – P. 12-18.
62. Al-Sultan, S. I. Comparative effects of using prebiotic, probiotic, symbiotic and acidifier on growth performance, intestinal microbiology and histomorphology of broiler chicks Japanese / S. I. Al-Sultan, S. M. Abdel-Raheem, W. R. El- Ghareeb, M. H. Mohamed // *J Veterinary Res.* – 2016. – № 64. – P. S187-95.
63. Alzueta, C. Effects of inulin on growth performance, nutrient digestibility and metabolisable energy in broiler chickens / C. Alzueta, M. L. Rodriguez, L. T. Ortiz, A. Rebole, J. Trevino // *Br. Poult. Sci.* – 2010. – № 51. – P. 393-398.
64. Anshory, I. Evaluation of silica+supplementation in different types of diet on performance, nutrient retention and the economic value of broilers diet / I. Anshory, S. Sumiati, I. Wijayanti // *Bull. Anim. Sci.* – 2017. – № 41(4). – P. 461-471.
65. Ao, T. Exogenous enzymes and organic acids in the nutrition of broiler chicks: effects on growth performance and in vitro and in vivo digestion / T. Ao // Ph.D. Thesis, University of Kentucky, Lexington, KY, USA. – 2005.
66. Araujo, R. G. Performance and economic viability of broiler chickens fed with probiotic and organic acids in an attempt to replace growth-promoting antibiotics / R. G. Araujo, G. V. Polycarpo, A. Barbieri, K. M. Silva, G. Ventura, V. C. C. Polycarpo // *Braz J Poult Sci.* – 2019. – № 21. – P. 1-7.
67. Ari, M. M. Promoting the proliferation of beneficial microbial populations in chickens / M. M. Ari, P. A. Iji, M. M. Bhuiyan // *World's Poultry Science Journal.* – 2016. – V. 72. – Issue 4. – P. 785-792. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933916000763>
68. Ashayerizadeh, A. Effect of dietary antibiotic, probiotic and prebiotic as growth promoters, on growth performance, carcass characteristics and

hematological indices of broiler chickens / A. Ashayerizadeh, N. Dabiri, O. Ashayerizadeh, K. H. Mirzadeh, H. Roshanfekar, M. Mamooee // Pakistan Journal of Biological Science. – 2009. – № 12. – P. 52-57.

69. Awad, W. A. Effect of addition of a probiotic microorganism to broiler diets contaminated with deoxynivalenol on performance and histological alterations of intestinal villi of broiler chickens / W. A. Awad, J. Bohm, E. RazzaziFazeli, K. Ghareeb, J. Zentek // Poult. Sci. – 2006. – № 85. – P. 974-979.

70. Bailey, R. A. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines / R. A. Bailey, K. A. Watson, S. F. Bilgili, S. Avendano // Poult. Sci. – 2015. – № 94(12). – P. 2870-2879.

71. Ball, R. O. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism / R. O. Ball, K. L. Urschel and P. B. Pencharz // J. Nutr. – 2007. – № 137. – P. 1626s-1641s.

72. Bao, Y. M. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace minerals: a review / Y.M. Bao, M. Choct // Animal Production Science. – 2009. – V. 49(4). – P. 269. doi:10.1071/ea08204

73. Baurhoo, B. Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and litter microbial populations, and carcass parameters of broilers / B. Baurhoo, P.R. Ferket, X. Zhao // Poult. Sci. – 2009. – № 88. – P. 2262- 2272.

74. Baurhoo, B. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens / B. Baurhoo, L. Phillip, C. A. Ruiz-Feria // Poult. Sci. – 2007. – № 86. – P. 1070-1078.

75. BeMiller, J. N. Carbohydrate chemistry for food scientists: book / J. N. BeMiller // St. Paul: AACC International. – 2007. – 440 p.

76. BeMiller, J. N. Essentials of carbohydrate chemistry. In: Embuscado ME, editor. Functionalizing carbohydrates for food applications: texturizing and

bioactive/flavor delivery systems / J. N. BeMiller // Lancaster: DEStech Publications, Inc. – 2014. – 39 p.

77. Bhagwat, V. G. Cocktail of chelated minerals and phytogetic feed additives in the poultry industry: A review. / V. G. Bhagwat, E. Balamurugan, P. Rangesh // *Vet World*. – 2021. – № 14(2). – P. 364-371.

78. Boguszevska-Czubara, A. Silicon in medicine and therapy / A. Boguszevska-Czubara, K. Pasternak // *J Elem*. – 2011. – № 16. – P. 489-497.

79. Bozkurt, M. Growth performance and carcass yield of broiler chickens given antibiotic, mannan oligosaccharide and dextran oligosaccharide supplemented diets / M. Bozkurt, K. Küçükyılmaz, A. U. Çatlı, M. Çınar // *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. Lexington, Kentucky, USA. – 2005. – P. 69.

80. Bozkurt, M. The effect of single or combined dietary supplementation of prebiotics, organic acid and probiotics on performance and slaughter characteristics of broilers / M. Bozkurt, K. Küçükyılmaz, A. U. Çatlı and M. Çınar // *South African Journal of Animal Science*. – 2009. – № 39(3). – P. 197-205.

81. Bruinsma, A. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision: book / A. Bruinsma // Rome: FAO. – 2012. – 155 p.

82. Buclaw, M. The use of inulin in poultry feeding: a review / M. Buclaw // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. – 2016. – № 100(6). – P. 1015-1022.

83. Calik, A. Effect of lactulose supplementation on growth performance, intestinal histomorphology, cecal microbial population, and short-chain fatty acid composition of broiler chickens / A. Calik, A. Ergün // *Poultry Science*. – 2015. – № 94(9). – P. 2173-2182.

84. Cardelle-Cobas, A. of Oligosaccharides Derived from Lactulose and Pectinex Ultra SP-L / A. Cardelle-Cobas, C. Martínez-Villaluenga, M. Villamiel, A. Olano, N. Corzo // *Cite this: J. Agric. Food Chem*. – 2008. – № 56(9). – P. 3328-3333.

85. Cengiz, O. Effects of graded contents of arginin supplementation on growth performance, haematological parameters and immune system in broilers /

O. Cengiz and S. Kucukersan // *Rev. Med. Vet-Toulouse.* – 2010. – № 161. – P. 409-417.

86. Cheled-Shoval, S. L. Differences in intestinal mucin dynamics between germ-free and conventionally reared chickens after mannan-oligosaccharide supplementation / S. L. Cheled-Shoval, N. S. Gamage, E. Amit-Romach, R. Forder, J. Marshal, A. Van Kessel, Z. Uni // *Poult. Sci.* – 2014. – № 93(3). – P. 636-644.

87. Cho, J. H. Effects of lactulose supplementation on performance, blood profiles, excreta microbial shedding of *Lactobacillus* and *Escherichia coli*, relative organ weight and excreta noxious gas contents in broilers / J. H. Cho, I. H. Kim // *J. Anim. Physiol. An. N.* – 2014. – № 98. – P. 424-430. doi: 10.1111/jpn.12086

88. Cho, M. The impact of diet energy and amino acid content on the feed intake and performance of broiler chickens: Master Thesis University of Saskatchewan, SK. Canada: Dalhousie University. – 2012. – P. 90.

89. Chowdhury, R. Effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers / R. Chowdhury, K. M. S. Islam, M. J. Khan, M. R. Karim, M. N. Haque, M. Khatun, G. M. Pesti // *Poultry Science.* – 2009. – № 88. – P. 1616-1622.

90. Christian, L. The use of organic acids in animal nutrition, with special focus on dietary potassium deformity under European and Austral-Asian conditions / L. Christian, S. Mellor // *Recent Adv Anim Nutr Aus.* – 2011. – № 4. – P. 123-130.

91. Chu, N. Pharmacomicrobiomics in Western medicine and traditional Chinese medicine in type 2 diabetes / N. Chu, J. Chan, E. Chow // *Front Endocrinol.* – 2022. – T. 13. – C. 857090. doi: 10.3389/fendo.2022.857090

92. Dankowiakowska, A. Effects of in ovo injection of prebiotics and synbiotics on the productive performance and microstructural features of the superficial pectoral muscle in broiler chickens / A. Dankowiakowska, J. Bogucka, A. Sobolewska, S. Tavaniello, G. Maiorano, M. Bednarczyk // *Poultry Science.* – 2019. – V. 98. – Issue 10. – P. 5157-5165. <https://doi.org/10.3382/ps/pez202>

93. Davani-Davari, D. Prebiotics: definition, Types, sources, mechanisms, and clinical applications / D. Davani-Davari, M. Negahdaripour, I. Karimzadeh, M. Seifan, M. Mohkam, S. J. Masoumi, A. Berenjjan, Y. Ghasemi // *Foods*. – 2019. – № 8. – P. 92. doi: 10.3390/foods8030092
94. Decaux, C. Activated silicon dioxide to achieve a synergistic effect in pigs / C. Decaux // *Int. Pig Top.* – 2017. – № 32(1). – P. 25.
95. Dibner, J. Organic acids: Can they replace antibiotic growth promoters? / J. Dibner // *Feed. Int.* – 2004. – № 25. – P. 14-16.
96. Dittoe, D. K. Organic Acids and Potential for Modifying the Avian Gastrointestinal Tract and Reducing Pathogens and Disease / D. K. Dittoe, S. C. Ricke, A. S. Kiess // *Front. Vet. Sci.* – 2018. – № 5. – P. 216.
97. Eizaguirre, I. Probiotic supplementation reduces the risk of bacterial translocation in experimental short bowel syndrome / I. Eizaguirre, N. Garcia Urkia, A. B. Asensio, I. Zubillaga, P. Zubillaga, C. Vidales, J. M. Garcia-Arenzana, P. Aldazabal // *J. Pediatr. Surg.* – 2002. – № 37. – P. 699-702.
98. Faryadi, S. Effect of nanosilicon dioxide on growth performance, egg quality, liver histopathology and concentration of calcium, phosphorus and silicon in egg, liver and bone in laying quails / S. Faryadi, A. Sheikahmadi // *Appl. Nanosci.* – 2017. – № 7(8). – P. 765-772.
99. Fascina, V. B. Phytogetic additives and organic acids in broiler chicken diets / V. B. Fascina, J. R. Sartori, E. Gonzales, F. B. De Carvalho, I. M. G. P. De Souza, G. D. V. Polycarpo, A. C. Stradiotti, V. C. Pelícia // *Rev. Bras. Zootec.* – 2012. – № 41. – P. 2189-2197.
100. Fathi, M. Effects of zinc oxide nanoparticles on antioxidant status, serum enzymes activities, biochemical parameters and performance in broiler chickens / M. Fathi, M. Haydari, T. Tanha // *J. Livest. Sci. Technol.* – 2016. – № 4. – P. 7-13.
101. Feoktistova, N. Silicon-containing minerals as additives for farm animals / N. Feoktistova, V. Akhmetova, A. Mukhitov, S. Ivanova, I. Ziruk // *In BIO Web of Conferences.* – 2022. – Vol. 51. – P. 01003. EDP Sciences.

102. Ferket, P. R. Alternatives to antibiotics in poultry production: Responses, practical experience and recommendations.nutritional biotechnology in the feed and food industries / P. R. Ferket // In: Proc. Alltech's 20 th Annual Symp. Eds. Lyons, T.P. & Jacques, K.A., Nottingham University Press. – 2004. – P. 57-67.
103. Fernandes, B. C. S. Intestinal integrity and performance of broiler chickens fed a probiotic, a prebiotic, or an organic acid / B. C. S. Fernandes, M. R. F. B. Martins, A. A. Mendes, E. L. Milbradt, C. Sanfelice, B. B. Martins, E. F. Aguiar, C. Bresne // Rev.Bras.Cienc.Avic. – 2014. – № 16 (4).
104. Ferrier, D. R. Biochemistry: book / D. R. Ferrier // Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. – 2014. – 552 p.
105. Gao, T. Effects of in ovo feeding of L-arginine on the development of lymphoid organs and small intestinal immune barrier function in posthatch broilers / T. Gao, M. M. Zhao, L. Zhang, J. L. Li, L.L. Yu, P. A. Lv, F. Gao, G. H. Zhou // Anim. Feed Sci. Technol. – 2017. – № 225. – P. 8-19.
106. Gharib, N. K. Comparison of the effects of probiotic, organic acid and medicinal plant on *Campylobacter jejuni* challenged broiler chickens / N. K. Gharib, S. Rahimi, P. Khaki // J Agric Sci Technol. – 2012. – № 14. – C.1485–1496.
107. Gibson, G. R. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics / G. R. Gibson, M. B. Roberfroid // J. Nutr. – 1995. – № 125(6). – P. 1401-1412.
108. Gong, J. 16s rRNA gene-based analysis of mucosa-associated bacterial community and phylogeny in the chicken gastrointestinal tracts: From crops to ceca / J. Gong, W. Si, R. J. Forster, R. Huang, H. Yu, Y. Yin, C. Yang, Y. Han // FEMS Microbiol Ecol. – 2007. – № 59. – P. 147-157. doi: 10.1111/j.1574-6941.2006.00193.x
109. Guerra-Ordaz, A. A. Effect of inclusion of lactulose and *Lactobacillus plantarum* on the intestinal environment and performance of piglets at weaning / A. A. Guerra-Ordaz, F. Molist, R. G. Hermes, A. Gómez de Segura, R. M. La

Ragione, M. J. Woodward, M. A. Tchorzewska, J. W. Collins, J. F. Pérez, S. M. Martín-Orúe // *Anim. Feed Sci. Tech.* – 2013. – № 185. – P. 160-168.

110. Guerra-Ordaz, A. A. Lactulose and *Lactobacillus plantarum*, a potential complementary synbiotic to control postweaning colibacillosis in piglet / A. A. Guerra-Ordaz, G. González-Ortiz, R. M. La Ragione, M. J. Woodward, J. W. Collins, F. J. Pérez, S. M. Martín-Orúe // *Appl. Environ. Microb.* – 2014. – № 80(16). – P. 4879-4886.

111. Hajati, H. The application of prebiotics in poultry production / H. Hajati, M. Rezaei // *Int. J. Poult. Sci.* – 2010. – № 9. – P. 298-304.

112. Hassan, F. A. S. Chitosan nanoparticles effectively combat salinity stress by enhancing antioxidant activity and alkaloid biosynthesis in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. / F. A. S. Hassan, E. Ali, A. Gaber, M. I. Fetouh, R. Mazrou // *Plant Physiology and Biochemistry.* – 2021. – № 162. – P. 291-300.

113. Hassan, H. M. A. Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoters on performance and intestinal microflora of broilers / H. M. A. Hassan, M. A. Mohamed, A. W. Youssef, E. R. Hassan // *Asian-Australasian Journal Animal Science.* – 2010. – № 23. – P. 1348-1353.

114. Hooge, D. M. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003 / D. M. Hooge // *Int. J. Poult. Sci.* – 2004. – № 3(3). – P. 163-174.

115. Hossain, M. M. Evaluation of lactulose on growth performance, nutrient digestibility, hematology, fecal microbial shedding and fecal noxious gas emission in the growing-finishing pigs / M. M. Hossain, M. Begum, I. H. Kim // *Indian Journal of Animal Sciences.* – 2015. – № 85 (2). – P. 195–201.

116. Hussain, J. An overview of poultry industry in Pakistan / J. Hussain, I. Rabbani, S. Aslam, H. A. Ahmad // *Worlds Poult. Sci. J.* – 2015. – T. 71(4). – P. 689-700.

117. Incharoen, T. Effects of dietary silicon derived from rice hull ash on the meat quality and bone breaking strength of broiler chickens / T. Incharoen, W.

Tartrakoon, S. Nakhon, S. Treetan // *Asian J Anim Vet Adv.* – 2016. – № 11. – P. 417-422.

118. Janczyk, P. Microbial community composition of the crop and ceca contents of laying hens fed diets supplemented with *Chlorella vulgaris* / P. Janczyk, B. Halle, W.B. Souffrant // *Poultry Science.* – 2009. – V. 88. – Issue 11. – P. 2324-2332. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00250>

119. Jugdaohsingh R. Silicon and bone health / R. Jugdaohsingh // *J Nutr Health Aging.* – 2007. – № 11. – P. 99-110.

120. Jugdaohsingh, R. Dietary silicon intake is positively associated with bone mineral density in men and premenopausal women of the Framingham Offspring cohort / R. Jugdaohsingh, K. L. Tucker, N. Qiao, L. A. Cupples, D. P. Kiel, J. J. Powell // *Journal of Bone and Mineral Research.* – 2004. – № 19. – P. 297-307.

121. Jurkić, L. M. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy / L. M. Jurkić, I. Ceganec, S. K. Pavelić, K. Pavelić // *Nutr Metab.* – 2013. – № 10. – P. 1-12.

122. Kai Q. Effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, as an alternative to antibiotics, on growth performance, serum immunity, and intestinal health in broiler chickens / Kai Qiu, Cheng-liang Li, Jing Wang, Guang-hai Qi, Jun Gao, Hai-jun Zhang, Shu-geng Wu. // *Nutrition and Microbes.* – 2021. – V. 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.786878/>

123. Karakan, T. Low-dose lactulose as a prebiotic for improved gut health and enhanced mineral absorption / T. Karakan, K.M. Tuohy, G. Janssen-van Solingen // *Front Nutr.* – 2021. – V. 27(8). – P. 672925. – doi: 10.3389/fnut.2021.672925.

124. Kasula, R. Canada: Ceresco Nutrition; Silica+a Natural and Unique Concept for Improving Animal Performance and Farm Environment. – 2015.

125. Kaur, A. P. Plant prebiotics and their role in the amelioration of diseases / A. P. Kaur, S. Bhardwaj, D. S. Dhanjal, E. Nepovimova, N. Cruz-

Martins, K. Kuča, C. Chopra, R. Singh, H. Kumar, F. Şen, V. Kumar, R. Verma, D. Kumar // *Biomolecules*. – 2021. – № 11(3). – P. 440.

126. Kayongo-Male, H. Effects of high levels of dietary silicon on bone development of growing rats and turkeys fed semi-purified diets / H. Kayongo-Male, J. L. Julson // *Biol Trace Elem Res*. – 2008. – № 123. – P. 191-201.

127. Khajali, F. Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships / F. Khajali, R. F. Wideman // *World's Poultry Science Journal*. – 2010. – V. 66(04). – P. 751-766. doi:10.1017/s0043933910000711.

128. Khajali, F. Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships / F. Khajali, R. F. Wideman // *World Poultry Sci. J.* – 2010. – № 66 – P. 751-766.

129. Khan, R. U. Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet / R.U. Khan, S. Naz, F. Raziq, Q. Quadratullah, N.A. Khan, V. Laudadio, V. Tufarelli, M. Ragni // *Environ Sci Pollut Res Int.* – 2022. – V. 29(22). – P. 32594-32604. doi: 10.1007/s11356-022-19241-8.

130. Khosravi, A. Immune response and performance of broiler chicks fed protexin and propionic acid / A. Khosravi, F. Boldaji, B. Dastar, S. Hasani // *International Journal of Poultry Science*. – 2010. – № 9. – P. 188-191.

131. Kidd, M. T. Growth and Immunity of Broiler Chicks as Affected by Dietary Arginine / M. T. Kidd, E. D. Peebles, S. K. Whitmarsh, J. B. Yeatman, R. F. Wideman // *Poultry Science*. – 2001. – V. 80(11). – P. 1535-1542. doi:10.1093/ps/80.11.1535.

132. Kidd, M. T. Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine / M. T. Kidd, E. D. Peebles, S. K. Whitmarsh, J. B. Yeatman, R.F. Wideman // *Poultry Sci.* – 2001. – № 80. – P. 1535-1542.

133. Kikusato, M. Effects of plant-derived isoquinoline alkaloids on growth performance and intestinal function of broiler chickens under heat stress / M. Kikusato, G. Xue, A. Pastor, T. A. Niewold, M. Toyomizu // *Poultry Science*. – 2021. – № 100(2). – P. 957-963

134. Kim, G. B. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers / G. B. Kim, Y. M. Seo, C. H. Kim, I. K. Paik // *Poult. Sci.* – 2011. – № 90. – P. 75-82.

135. Kim, M. H. Effect of water-soluble silicon supplementation on bone status and balance of calcium and magnesium in male mice / M. H. Kim, E. J. Kim, J. Y. Jung, M. K. Choi // *Biol Trace Elem Res.* – 2014. – № 158. – P. 238-242.

136. Kim, M. H. Silicon supplementation improves the bone mineral density of calcium-deficient ovariectomized rats by reducing bone resorption / M. H. Kim, Y. J. Bae, M. K. Choi, Y. S. Chung // *Biol Trace Elem Res.* – 2009. – № 128. – P. 239-247.

137. Koelkebeck, K. W. Research note: effect of excess lysine, methionine, threonine, or tryptophan on production performance of laying hens / K. W. Koelkebeck, D. H. Baker, Y. Han, C. M. Parsons // *Poult Sci.* – 1991. – № 70(7). – P. 1651-1653. doi: 10.3382/ps.0701651.

138. Krueger, M. Effects of lactulose on the intestinal microflora of periparturient sows and their piglets / M. Krueger, W. Schroedl, W. Isik, W. Lange, L. Hagemann // *Eur J Nutr.* – 2002. – № 41(1). – P. i26-31. doi: 10.1007/s00394-002-1104-5

139. Krueger, M. Effects of lactulose on the intestinal microflora of periparturient sows and their piglets / M. Krueger, W. Schroedl, W. Isik, W. Lange, L. Hagemann // *Eur J Nutr.* – 2002. – № 41(1). – P. i26-31. doi: 10.1007/s00394-002-1104-5

140. Kurmasheva S. S. Influence of new lactulose-containing fodder additives on basic morpho-biochical indicators of blood and resistance of broiler chicken / S. S. Kurmasheva, A. A. Mosolov, M. V. Frolova, M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, O. A. Knyazhechenko // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* – 2021. – № 848. – P. 012066.

141. Kuttappan, V. A. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets / V. A. Kuttappan, V. B. Brewer, J. K. Apple, P. W.

Waldroup, C. M. Owens. // Poultry Science. – 2012. – V. 91. – Issue 10. – P. 2677-2685. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02259>

142. Lan, R. X. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve growth performance and gastrointestinal development in broilers / R.X. Lan, S.Q. Li, Z. Zhao, L. An // Vet Med Sci. – 2020. – № 6. – P. 491-499. doi: 10.1002/vms3.250

143. Li, J. Effects of levan-type fructan supplementation on growth performance, digestibility, blood profile, fecal microbiota, and immune responses after lipopolysaccharide challenge in growing pigs / J. Li, I. H. Kim // Journal of Animal Science. – 2013. – № 91. – P. 5336-5343.

144. Li, X. Effects of supplementation of fructooligosaccharide and/or *Bacillus subtilis* to diets on performance and on intestinal microflora in broilers / X. Li, L. Qiang, C. L. Xu // Archiv fur Tierzucht. – 2008. – № 51(1). – P. 64-70.

145. Li, X. J. Effects of chito-oligosaccharide supplementation on performance, nutrient digestibility, and serum composition in broiler chickens / X. J. Li, X. S. Piao, S. W. Kim, P. Liu, L. Wang, Y. B. Shen, S. C. Jung, H. S. Lee // Poult. Sci. – 2007. – № 86. – P. 1107-1114.

146. Liu, P. Effects of chito-oligosaccharide supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of *Escherichia coli* and *Lactobacillus* in weaning pigs / P. Liu, X. S. Piao, S. W. Kim, L. Wang, Y. B. Shen, H. S. Lee, S. Y. Li // J. Anim. Sci. – 2008. – № 86(10). – P. 2609-2618.

147. Liu, S. S. Dietary L-arginine supplementation influences growth performance and B-cell secretion of immunoglobulin in broiler chickens / S.S. Liu, J. Z. Tan, Y. D. Hu, X. B. Jia, M. H. Kogut, J. M. Yuan and H. F. Zhang // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. – 2019. – № 103. – P. 1125-1134.

148. Lückstädt, C. Acid-phytobiotic blends. A sustainable alternative for feed safety, animal health and natural growth promotion in pig farming / C. Lückstädt // Feed Mix. – 2005. – № 13(4). – P. 25-27

149. Madej, J. P. Effect of in ovo- delivered prebiotics and synbiotics on the morphology and specific immune cell composition in the gut-associated lymphoid tissue / J. P. Madej, M. Bednarczyk // Poultry Science. – 2016. – V. 95. – Issue 1. – P. 19-29. <https://doi.org/10.3382/ps/pev291>

150. Madej, J. P. Effect of in ovo-delivered prebiotics and synbiotics on lymphoid-organs' morphology in chickens / J. P. Madej, T. Stefaniak, M. Bednarczyk // Poultry Science. – 2015. – V. 94. – Issue 6. – P. 1209-1219 <https://doi.org/10.3382/ps/pev076>

151. Maehira, F. Effects of calcium sources and soluble silicate on bone metabolism and the related gene expression in mice / F. Maehira, I. Miyagi, Y. Eguchi // Nutrition. – 2009. – № 25. – P. 581-589.

152. Maiorano, G. In ovo validation model to assess the efficacy of commercial prebiotics on broiler performance and oxidative stability of meat / G. Maiorano, K. Stadnicka, S. Tavaniello, C. Abiuso, J. Bogucka, M. Bednarczyk // Poultry Science. – 2017. – V. 96. – Issue 2. – P. 511-518. <https://doi.org/10.3382/ps/pew311>

153. Majewska, T. Silica grit, charcoal and hardwood ash in Turkey nutrition / T. Majewska, D. Mikulski, T. Siwik // J. Elem. – 2009. – № 14(3). – P. 489-500.

154. Maradon, G. G. Evaluation of using Silica+[®] as a feed additive on minerals metabolism, health status and excreta quality of broiler / G. G. Maradon, S. Sumiati, R. Mutia, W. Winarsih // Bull. Anim. Sci. – 2017. – № 41(3). – P. 285-297.

155. Markowiak, P. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition / P. Markowiak, K. Śliżewska // Gut Pathog. – 2018. – № 21. – P. 1-20.

156. Martínez-Villaluenga, C. Optimization of conditions for galactooligosaccharide synthesis during lactose hydrolysis by β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* (Lactozym 3000 L HP G) / C. Martínez-Villaluenga, A.

Cardelle-Cobas, N. Corzo, A. Olano, M. Villamiel // Food Chemistry. – 2008. – № 107(1). – P. 258-264.

157. Mead, G. C. Microbes of the avian cecum: types present and substrates utilized / G. C. Mead // J. Exp. Zool. Suppl. – 1989. – №3. – P. 48-54.

158. Meimandipour, A. Selected microbial groups and short-chain fatty acids profile in a simulated chicken cecum supplemented with two strains of Lactobacillus / A. Meimandipour, M. Shuhaimi, A. F. Soleimani, K. Azhar, M. Hair Bejo, B. M. Kabeir, A. Javanmard, O. Muhammad Anas, A. M. Yazid // Poul. Sci. – 2010. – № 89. – P. 470-476.

159. Mellor, S. Nutraceuticals-alternatives to antibiotics / S. Mellor // World Poul. – 2000. – № 16. – P. 30-33.

160. Méndez, A. Lactulose: A review on some chemical properties and applications in infant nutrition and medicine / A. Méndez, A. Olano // Dairy Sci. Abstr. – 1979. – № 41. – P. 531-535.

161. Metzler-Zebeli, B. U. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry / B. U. Metzler-Zebeli, M. Eklund, R. Mosenthin // World Poultry Sci. J. – 2009. – № 65. – P. 419-442.

162. Miri, B. Effects of low eggshell temperatures during incubation, in ovo feeding of L-arginine, and post-hatch dietary guanidinoacetic acid on hatching traits, performance, and physiological responses of broilers reared at low ambient temperature / B. Miri, H. A. Ghasemi, I. Hajkhodadadi, A. H. K. Farahani // Poultry Science. – 2022. – V. 101(1). – P. 101548.

163. Mizota, T. Effects of low dosages of lactulose on the intestinal function of healthy adults / T. Mizota, T. Mori, T. Yaeshima, T. Yanagida, K. Iwatsuki, N. Ishibashi, Y. Tamura, Y. Fukuwatari // Milchwissenschaft. – 2002. – № 57(6). – P. 312–315.

164. Mohammadagheri, N. Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers / N. Mohammadagheri, R. Najafi, G. Najafi // Veterinary Research Forum. Faculty of

Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran. – 2016. – T. 7. – №. 3. – P. 189.

165. Mokhov, B. P. Biological principles of energy efficiency of milk production / B. P. Mokhov // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. – 2019. – № 1(45). – P. 136-142.

166. Molnár, A. K. Influence of *Bacillus subtilis* on broiler performance. Proc. European Symp / A. K. Molnár, B. Podmaniczky, P. Kürti, Zs. Juhász, M. M. Jensen, D. Gerendai, Zs. Szábo // Poultry Nutrition. – 2005. – P. 273-275.

167. Mookiah, S. Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens / S. Mookiah, C. C. Sieo, K. Ramasamy, N. Abdullah, Y. W. Ho // J. Sci. Food Agric. – 2014. – № 94(2). – P. 341-348.

168. Mudalal, S. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat / S. Mudalal, M. Lorenzi, F. Soglia, C. Cavani and M. Petracci // Animal. – 2015. – V. 9. – Issue 4. – P. 728-734 DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>

169. Mustafina, A. S. Effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids in the broilers liver / A. S. Mustafina, E. A. Sizova, R. Z. Mustafin, A. P. Ivanishcheva and S. G. Rakhmatullin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – V. 839. – P. 032008. DOI 10.1088/1755-1315/839/3/032008

170. Mustafina, A. S. The effect of silicon on the accumulation of heavy metals in the body of poultry / A. S. Mustafina, T. N. Kholodilina, T. A. Klimova, R. Z. Mustafin // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – T. 38. – № 3. – C. 143.

171. Najda, J. The action of excessive, inorganic silicon (Si) on the mineral metabolism of calcium (Ca) and magnesium (Mg) / J. Najda, J. Gmiński, M. Drózd, A. Danch // Biol Trace Elem Res. – 1993. – № 37. – P. 107-114.

172. Nakhon, S. Growth performance, meat quality, and bone-breaking strength in broilers fed dietary rice hull silicon / S. Nakhon, S. Numthuam, R.

Charoensook, W. Tartrakoon, P. Incharoen, T. Incharoen // Anim Nutr. – 2019. – № 5. – P. 152-155.

173. Navarro, D. M. D. L. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: a review / D. M. D. L. Navarro, J. J. Abelilla, H. Hans // Steincorresponding J Anim Sci Biotechnol. – 2019. – № 10. – P. 39.

174. NRC. Nutrient requirements of swine. 11: book / NRC. -Washington, DC: Natl. Acad. Press. – 2012. – 424 p.

175. O'Connor, C. I. Mineral balance in horses fed two supplemental silicon sources / C. I. O'Connor, B. D. Nielsen, A. D. Woodward, H. S. Spooner, B. A. Ventura, K. K. Turner // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). – 2008. – № 92. – P. 173-181.

176. O'Connor, C. I. Mineral balance in horses fed two supplemental silicon sources / C. I. O'Connor, B. D. Nielsen, A. D. Woodward, H. S. Spooner, B. A. Ventura, K. K. Turner // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). – 2008. – № 92. – P. 173-181.

177. Oakley, B. B. The chicken gastrointestinal microbiome / B. B. Oakley, H. S. Lillehoj, M. H. Kogut, W. K. Kim, J. J. Maurer, A. Pedroso, M. D. Lee, S. R. Collett, T. J. Johnson, N. A. Cox // FEMS Microbiology Letters. – 2014. – V. 360. – Issue 2. – P. 100-112. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12608>

178. Ohimain, E. I. The effect of probiotic and prebiotic feed supplementation on chicken health and gut microflora: A Review / E. I. Ohimain, R. T. S. Ofongo // Int. J. Anim. Veter. Adv. – 2012. – № 4. – P. 135-143.

179. Omid, S. The impact of in ovo injection of l-arginine on hatchability, immune system and caecum microflora of broiler chickens / S. Omid, M. Ebrahimi, H. Janmohammadi, G. Moghaddam, Z. Rajabi, B. Hosseintabar-Ghasemabad // Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2020. – V. 104(1). – P. 178-185.

180. Onrust, L. Steering Endogenous Butyrate Production in the Intestinal Tract of Broilers as a Tool to Improve Gut Health / L. Onrust, R. Ducatelle, K. Van Driessche, C. De Maesschalck, K. Vermeulen, F. Haesebrouck, V. Eeckhaut, F.

Van Immerseel // Front Vet Sci. – 2015. – V. 2. – P. 75. doi: 10.3389/fvets.2015.00075.

181. Panesar, P. S. Lactulose: Production, purification and potential applications / P. S. Panesar, S. Kumari // Biotechnology. – 2011. – №29 (6). - P. 940-948.

182. Park, S. O. Effect of dietary microencapsulated-inulin on carcass characteristics and growth performance in broiler chickens / S. O. Park, B. S. Park // Journal of Animal and Veterinary Advance. – 2011. – № 10(10). – P. 1342-1349.

183. Patterson, J. A. Application of prebiotics and probiotics in poultry production / J. A. Patterson, K. M. Burkholder // Poult. Sci. – 2003. – №82. –P. 627- 631. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627>

184. Perez – Carbajal, C. Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin E to a coccidiosis vaccine and Eimeria challenge / C. Perez - Carbajal, D. Caldwell, M. Farnell, K. Stringfellow, S. Pohl, G. Casco, A. Pro - Martinez, C. A. Ruiz - Feria // Poultry Sci. – 2010. – № 89. – P. 1870-1877.

185. Pérez-Granados, A.M. Silicon, aluminium, arsenic and lithium: essentiality and human health implications / A. M. Pérez-Granados, M. P. Vaquero // J Nutr Health Aging. – 2002. – № 6. – P. 154-162.

186. Persia, M. E. Effects of dietary ingredients and Eimeria acervulina infection on chick performance, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility / M. E. Persia, E. L. Young, P. L. Utterback, C. M. Parsons // Poultry Sci. – 2006. – № 85. – P. 48-55.

187. Petracci, M. Effect of White Striping on Chemical Composition and Nutritional Value of Chicken Breast Meat / M. Petracci, S. Mudalal, E. Babini, C. Cavani // Italian Journal of Animal Science. – 2014. – V. 13. – Issue 1. – P. 179-183. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3138>

188. Petuely F. Der Bifidusfactor / F. Petuely // Deutsche Med. Wochenschr. – 1957. – № 82. – P. 1957-1960.

189. Pietak, A. M. Silicon substitution in the calcium phosphate bioceramics / A. M. Pietak, J. W. Reid, M. J. Stott, M. Sayer // *Biomaterials*. – 2007. – № 28. – P. 4023-4032.
190. Ratriyanto, A. Digestibility enhancer affects quail growth trajectory at growing phase / A. Ratriyanto, Z. E. Aryaza, S. Prastowo, N. Widyas // *AIP Conf. Proc.* – 2019. – № 2202. – P. 020075.
191. Rebole, A. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat- and barley-based diet / A. Rebole, L. T. Ortiz, M. L. Rodriguez, C. Alzueta, J. Trevino, S. Velasco // *Poult. Sci.* – 2010. – № 89(2). – P. 276-286.
192. Reffitt, D. M. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro / D. M. Reffitt, N. Ogston, R. Jugdaohsingh, H. F. Cheung, B. A. Evans, R. P. Thompson, J. J. Powell, G. N. Hampson // *Bone*. – 2003. – № 32. – P. 127-135.
193. Rehman, H. Dietary inulin affects the morphology but not the sodiumdependent glucose and glutamine transport in the jejunum of broilers / H. Rehman, C. Rosenkranz, J. Böhm, J. Zentek // *Poult. Sci.* – 2007. – № 86(1). – P. 118-122.
194. Rehman, H. Effects of dietary inulin on the intestinal short chain fatty acids and microbial ecology in broiler chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis / H. Rehman, P. Hellweg, D. Taras, J. Zentek // *Poult. Sci.* – 2008. – № 87. – P. 783-789.
195. Rehman, H. Influence of fermentable carbohydrates on the intestinal bacteria and enteropathogens in broilers / H. Rehman, W. Vahjen, A. Kohl-Parisini, A. Ijaz, J. Zentek // *World's Poult. Sci. J.* – 2009. – № 65. – P. 75.
196. Ruangpanit, Y. Effect of trehalose supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens / Y. Ruangpanit, K. Matsushita, K. Mukai, M. Kikusatod // *Vet Anim Sci.* – 2020. – № 10. – P. 100142.

197. Ruiz-Aceituno, L. Metabolism of biosynthetic oligosaccharides by human-derived bifidobacterium breve UCC2003 and bifidobacterium longum NCIMB 8809 / L. Ruiz-Aceituno, M. Esteban-Torres, K. James, F. J. Moreno, D. van Sinderen // *Int J Food Microbiol.* – 2020. – № 316. – P. 108476. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108476
198. Ruttloff, H. Enzymatic hydrolysis of galacto-oligosaccharides in the human and animal intestine with particular regard to *L. bifidus* / H. Ruttloff, A. Tafel, W. Krause, H. Haenel, K. Tafel // *Behavior of lactulose in the intestine. Nahrung.* – 1967. – № 1. – P. 39-46.
199. Safaeikatouli, M. The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ileal digestibility of energy and protein in broiler chickens / M. Safaeikatouli, F. Boldaji, B. Dastar, S. Hassani // *Int. J. Agric. Biol.* – 2012. – № 14(2). – P. 299-302.
200. Sahin, K. Dietary arginine silicate inositol complex improves bone mineralization in quail / K. Sahin, M. Onderci, N. Sahin, T. A. Balci, M. F. Gursu, V. Juturu, O. Kucuk // *Poultry Science.* – 2006. – № 85. – P. 486-492.
201. Santin, E. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diet containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall / E. Santin, A. Maiorka, M. Macari, M. Grecco, J. C. Sanchez, T. M. Okada, A. M. Myasaka // *J. Appl. Poult. Res.* – 2001. – № 10. – P. 236-244.
202. Scholey, D. V. Bioavailability of a novel form of silicon supplement / D. Scholey, V., D. J. Belton, E. J. Burton, C. C. Perry // *Scientific reports.* – 2018. – № 8(1). – P. 17022.
203. Scholz-Ahrens, K.E. Effects of prebiotics on mineral metabolism / K.E. Scholz-Ahrens, G. Schaafsma, E.G. van den Heuvel, J. Schrezenmeir // *The American Journal of Clinical Nutrition.* – 2001. – №73(2). – P. 459s-464s. – doi:10.1093/ajcn/73.2.459s.
204. Schumann, C. Medical, nutritional and technological properties of lactulose / C. Schumann // *An update. Eur. J. Nutr.* – 2002. – № 41. – P. i17-i25.

205. Seaborn, C. D. Dietary silicon and arginine affect mineral element composition of rat femur and vertebra / C. D. Seaborn, F. H. Nielsen // *Biol Trace Elem Res.* – 2002. – № 89. – P. 239-250.
206. Shao, Y. β -1, 3/1, 6-glucan alleviated intestinal mucosal barrier impairment of broiler chickens challenged with *Salmonella enterica* serovar Typhimurium / Y. Shao, Y. Guo, Z. Wang // *Poultry Sci.* – 2013. – № 92. – P. 1764-1773.
207. Shim, M. Y. The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content and bone ash in broilers / M. Y. Shim, A. B. Karnuah, A. D. Mitchell, N. B. Anthony, G. M. Pesti, S. E. Aggrey // *Poultry Sci.* – 2012. – № 91. – P. 1790-1795.
208. Silva, L. M. G. S. Effects of dietary arginine supplementation on broiler breeder egg production and hatchability / L. M. G. S. Silva, A. E. Murakami, J. I. M. Fernandes, D. D. Rosa and J. F. Ugrnani // *Braz. J. Poult. Sci.* – 2012. – № 14. – P. 267-273.
209. Sinnott, M. Carbohydrate chemistry and biochemistry: structure and mechanism: book / M. Sinnott // Cambridge: The Royal Society of Chemistry. – 2013. – P. 749.
210. Siwek, M. Prebiotics and synbiotics – in ovo delivery for improved lifespan condition in chicken / M. Siwek, A. Slawinska, K. Stadnicka, J. Bogucka, A. Dunislawska, M. Bednarczyk // *BMC Veterinary Research.* – 2018. – № 14(1). – P. 402.
211. Skrypnik, K. The Effect of Multispecies Probiotic Supplementation on Iron Status in Rats / K. Skrypnik, P. Bogdański, M. Schmidt, J. Suliburska // *Biological Trace Element Research.* – 2019. – № 192. – P. 234-243.
212. Slavin, J. L. Structure, nomenclature, and properties of carbohydrates. Biochemical, physiological, and molecular aspects of human nutrition / J. L. Slavin, M. H. Stipanuk, M. A. Caudill // St. Louis: Elsevier, Inc. – 2013. – P. 50-68.

213. Sławińska, A. Influence of synbiotics delivered in ovo on immune organs development and structure / A. Sławińska, M. Siwek, J. Żylińska, J. Bardowski, J. Brzezińska, K. A. Gulewicz, M. Nowak, M. Urbanowski, A. Płowiec, M. Bednarczyk // *Folia Biologica (Krakow)*. – 2014. – V. 62. – № 3. – P. 277-285(9). https://doi.org/10.3409/fb62_3.277

214. Solis De Los Santos, F. Gastrointestinal maturation is accelerated in turkey poult supplemented with a mannan-oligosaccharide yeast extract (Alphamune) / F. Solis De Los Santos, A. M. Donoghue, M. B. Farnel, G. R. Huff, W. E. Huff, D. J. Donoghue // *Poult. Sci.* – 2007. – № 86. – P. 921-930.

215. Steiner, T. Managing Gut Health: Natural Growth Promoters as a Key to Animal Performance / T. Steiner // Nottingham University Press, Nottingham, UK. – 2006. – 98 p.

216. Suiryarayna, M. V. A Review of the effects of dietary organic acids fed to swine / M. V. Suiryarayna, J. V. Ramana // *J Anim Sci Biotechnol.* – 2015. – № 6. – P. 45. doi: 10.1186/s40104-015-0042-z

217. Sun, H. Y. Report on the use of veterinary antibiotics in China in 2018 / H. Y. Sun, Z. N. Jiang, X. Shen, S. X. Xu // *China Anim Health.* – 2019. – № 21. – P. 8-9.

218. Szabó, J. Effect of arginine or glutamine supplementation on production, organ weights, interferon gamma, interleukin 6 and antibody titre of broilers / J. Szabó, E. Andrásosfzky, T. Tuboly, A. Bersényi, A. Weisz, N. Hetényi, I. Hullár // *Acta Vet Hung.* – 2014. – № 62(3). – P. 348-361. doi: <http://dx.doi.org/10.1556/AVet.2014.017>

219. Tan, B. Dietary L-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs / B. Tan, Y. Yin, Z. Liu, X. Li, H. Xu, X. Kong, R. Huang, W. Tang, I. Shinzato, S. Smith, G. Wu // *Amino Acids.* – 2009. – № 37. – P. 169–175

220. Tan, B. E. Dietary L-arginine supplementation differentially regulates expression of fat-metabolic genes in porcine adipose tissue and skeletal muscle / B. E. Tan, Y. L. Yin, Z. Q. Liu, W. J. Tang, H. J. Xu, X. F. Kong, X. G. Li, K.

Yao, W. Gu, S. B. Smith, G. Wu // *J. Nutr. Biochem.* – 2011. – № 22. – P. 441-445.

221. Tan, J. Supplemental dietary L-arginine attenuates intestinal mucosal disruption during coccidial vaccine challenge in broiler chickens / J. Tan, T. J. Applegate, S. Liu, Y. Guo, S.D. Eicher // *Brit. J. Nutr.* – 2014. – № 112. – P. 1098-1109.

222. Tavaniello, S. Prebiotics offered to broiler chicken exert positive effect on meat quality traits irrespective of delivery route / S. Tavaniello, G. Maiorano, K. Stadnicka, R. Mucci, J. Bogucka, M. Bednarczyk // *Poultry Science.* – 2018. – V. 97. – Issue 8. – P. 2979-2987. <https://doi.org/10.3382/ps/pey149>

223. Tian, D. L. Effects of lysine deficiency or excess on growth and the expression of lipid metabolism genes in slow-growing broilers / D. L. Tian, R. J. Guo, Y. M. Li, P. P. Chen, B. B. Zi, J. J. Wang, R. F. Liu, Y. N. Min, Z. P. Wang, Z. Y. Niu, F. Z. Liu // *Poult. Sci.* – 2019. – № 98(7). – P. 2927-2932. doi: 10.3382/ps/pez041.

224. Tran, M. E. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health, and litter quality of growing turkeys / M. E. Tran, T. K. Bowman, T. K. Smith // *Poult. Sci.* – 2015. – № 94(8). – P. 1902-1908.

225. Tran, S. T. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health, and litter quality of growing turkeys / S. T. Tran, M. E. Bowman, T. K. Smith // *Poult. Sci.* – 2015. – № 94(8). – P. 1902-1908.

226. Tuohy, K. M. A human volunteer study to determine the prebiotic effects of lactulose powder on human colonic microbiota *Microb* / K. M. Tuohy, C. J. Ziemer, A. Klinder, Y. Knöbel, B. L. Pool-Zobel, G. R. Gibson // *Ecol. Health Dis.* – 2002. – № 14. – P. 165-173.

227. Tuohy, K. M. Using probiotics and prebiotics to improve gut health / K. M. Tuohy, H. M. Probert, C. W. Smejkal, G. R. Gibson // *Therapeutic Focus.* – 2003. – № 8. – P. 692-700.

228. van Der Wielen, P. W. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth / P. W. van Der Wielen, S.

Biesterveld, S. Notermans, H. Hofstra, B. A. Urlings, F. van Knapen // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2000. – № 66. – P. 2536-2540.

229. Venema, K. The effect of lactulose on the composition of the intestinal microbiota and short-chain fatty acid production in human volunteers and a computer-controlled model of the proximal large intestine / Venema K, van Nuenen MH, van den Heuvel EG, Pool W, van der Vossen JM. // *Microbial Ecol Health Dis.* – 2003. – № 15(2-3). – P. 94-105. doi: 10.1080/08910600310019895

230. Wang, W. Enterococcus faecium Modulates the Gut Microbiota of Broilers and Enhances Phosphorus Absorption and Utilization / W. Wang, H. Cai, A. Zhang, Z. Chen, W. Chang, G. Liu, A. Zheng // *Animals.* – 2011. – № 10(7). – P. 1232.

231. Wise, M. G. Quantitative analysis of the intestinal bacterial community in one- to three-week-old commercially reared broiler chickens fed conventional or antibiotic-free vegetable-based diets / M. G. Wise, G. R. Siragusa // *Journal of Applied Microbiology.* – 2007. – V. 102. – Issue 4. – P. 1138-1149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03153.x>

232. Wiseman, M. Evaluation of Tasco as a Candidate Prebiotic in Broiler Chickens: master's thesis. Canada: Dalhousie University. – 2012. – P. 25.

233. Xin, H. Precision livestock farming in egg production / H. Xin, K. Liu // *Animal Frontiers.* – 2017. – V. 7(1). – P. 24-31. doi: 10.2527/af.2017.0105.

234. Xu, Z. R. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers / Z. R. Xu, C. H. Hu, M. S. Xia, X. A. Zhan, M. Q. Wang // *Poult Sci.* – 2003. – № 82. – P. 1030–1036.

235. Yang, X. Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens / X. Yang, H. Xin, C. Yang, X. Yang // *Anim. Nutr.* – 2018. – № 4. – P. 388-393.

236. Yegani, M. Factors Affecting Intestinal Health in Poultry / M. Yegani, D. R. Korver // *Poultry Science.* – 2008. – V. 87. – Issue 10. – P. 2052-2063. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00091>

237. Yin, J. Dietary arginine supplementation enhances intestinal expression of SLC7A7 and SLC7A1 and ameliorates growth depression in mycotoxin challenged pigs / J. Yin, W. Ren, J. Duan, L. Wu, S. Chen, T. Li, Y. Yin, G. Wu // *Amino Acids*. – 2014. – № 46. – P. 883-892.
238. Zavarize, K. C. Morphological changes of the intestinal mucosa of broilers and layers as affected by fasting before sample collection / K. C. Zavarize, J. R. Sartori, E. Gonzales, A. C. Pezzato // *Rev. Bras. Cienc. Avic.* – 2012. – № 14. – P. 2002-2012
239. Zhai, S. Effect of lactulose intervention on gut microbiota and short chain fatty acid composition of C57 BL/6J mice / S. Zhai, L. Zhu, S. Qin, L. Li // *Microbiologyopen*. – 2018. – № 7(6). – P. e00612. doi: 10.1002/mbo3.612
240. Zhang, B. Dietary L-arginine inhibits intestinal *Clostridium perfringens* colonisation and attenuates intestinal mucosal injury in broiler chickens / Zhang B., Lv Z., Li H., Guo S., Liu D., Guo Y. // *Brit. J. Nutr.* 2017. – № 118. – P. 321-332.
241. Zhang, K. Y. Evaluation of microencapsulated essential oils and organic acids in diets for broiler chickens / K. Y. Zhang, F. Yan, C. A. Keen, P. W. Waldroup // *Int. J. Poult. Sci.* – 2005. – № 4(9). – P. 612-619.
242. Zhao, P. Effect of dietary lactulose supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, and excreta microflora in broilers / P. Zhao, H. Li, M. Mohammadi, I. Kim // *Poultry Sci.* – 2016. – № 95(1). – P. 84-89. doi: 10.3382/ps/pev324.
243. Zhao, P. Effect of dietary lactulose supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, and excreta microflora in broilers / P. Zhao, H. Li, M. Mohammadi, I. Kim // *Poultry Sci.* – 2016. – № 95(1). – P. 84-89. doi: 10.3382/ps/pev324.
244. Zhao, P. Y. Effect of dietary levan fructan supplementation on growth performance, meat quality, relative organ weight, cecal microflora, and excreta noxious gas emission in broilers / P. Y. Zhao, J. P. Wang, I. H. Kim // *J. Anim. Sci.* – 2013. – № 91. – P. 5287-5293.

245. Zhao, P. Y. Effect of mannan oligosaccharides and fructan on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and diarrhea score in weanling pigs / P. Y. Zhao, J. H. Jung, I. H. Kim // J. Anim. Sci. – 2012. – № 90(3). – P. 833-839.

246. Zhou, T. X. Effects of supplementation of chito-oligosaccharide on the growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and appearance of diarrhea in weanling pigs / T. X. Zhou, J. H. Cho, I. H. Kim // Livestock Science. – 2011. – № 144. – P. 263-268.

247. Zhou, T. X. Effects of supplementation of chito-oligosaccharide on the growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and appearance of diarrhea in weanling pigs / T. X. Zhou, J. H. Cho, I. H. Kim // Livestock Science. – 2011. – №144. – P. 263-268.