

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

На правах рукописи

ШАКЕР ОЛА

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОРООБРАЗУЮЩИХ
БАКТЕРИЙ В КОРМЛЕНИИ ЯИЧНЫХ КУР-НЕСУШЕК**

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

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доктор биологических наук
Маркин Юрий Викторович

Москва, 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. КРАТКО О ПРОБИОТИКАХ.....	11
1.1.1. История пробиотиков	11
1.1.2. Классификация пробиотиков.....	13
1.1.3. Механизмы действия пробиотиков	16
1.1.4. Терминология, связанная с пробиотиками.....	28
1.1.5. Производство пробиотиков.....	34
1.1.6. Проблемы с использованием пробиотиков	35
1.1.7. Безопасность.....	36
1.2. ЭФФЕКТ СПОРОВЫХ ПРОБИОТИКОВ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПТИЦЫ	38
1.2.1. Влияние бацилл.....	38
1.2.2. Влияние <i>Clostridium butyricum</i>	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ	56
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	58
2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЫТНЫХ ПЛОЩАДОК	58
2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК «БАСУЛИФОР-С» И «CLOSTRIDIUM BUTIRICUM»	59
2.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	62
3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	74
3.1. АНАЛИЗ ПЕРЕВАРИМОСТИ И УСВОЯЕМОСТИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЦИОНЕ КУР-НЕСУШЕК.....	74
3.1.1. Определение обменной энергии рациона кур – несушек	79
3.2. ДИНАМИКА ЖИВОЙ МАССЫ.....	81
3.3. ЯИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУР-НЕСУШЕК В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ ОПЫТЕ.....	82
3.4. КАЧЕСТВО ЯИЦ	83
3.4.1. Содержание питательных веществ в цельных яйцах	86
3.5. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ	89
3.6. ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА.....	97
3.7. ЯИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУР-НЕСУШЕК И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА БАСУЛИФОР-С В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ	99

3.7.1. Яичная продуктивность кур-несушек на рационах с вводом пробиотического препарата Басулифор-С	99
3.7.2. Сохранность кур-несушек в период производственного опыта	102
3.7.3. Потребление и затраты корма на единицу продукции несушкой в возрасте 69-84 недели.....	104
3.7.4. Качество яиц у кур-несушек в возрасте 69-84 недели	106
3.7.5. Экономическая эффективность использования спорового пробиотика на финальной фазе продуктивности	110
4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	113
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
5.1. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	130
5.2. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	130
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	131
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	134
ПРИЛОЖЕНИЯ	161

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Во всем мире, в связи с постоянным увеличением численности населения, наблюдается рост потребностей, в том числе на продукцию животноводческого сектора, и это создает проблемы из-за ограниченного предложения на фоне растущего спроса. Поэтому крайне важно стремиться к достижению устойчивого экономического роста и повышению продовольственной безопасности. Сельскохозяйственный сектор сталкивается с многочисленными проблемами, такими как использование традиционных методов ведения сельского хозяйства, дорогостоящее оборудование и технологии или устаревшая техника, требующая много энергии (Кузьмицкая А.А. и соавторы, 2013). В попытке решить эту проблему в последние годы были приложены огромные усилия и внесены значительные улучшения в секторе животноводства. Были сделаны значительные инвестиции в улучшение состояния здоровья животных и птицы, при производстве кормов использовались современные технологии, предприняты попытки улучшить систему кормления за счет использования множества различных компонентов, таких как микробиологические и химические, которые добавляются в корма для улучшения пищеварения, повышения эффективности обмена веществ, роста, устойчивости к болезням, тем самым поддерживая высокий статус здоровья и безопасность животных (Маркин Ю., Нестеров Н., 2018). Благодаря использованию интенсивных методов разведения и генетического потенциала животных и птицы, улучшилось состояние животноводства и снизились экономические затраты (Свистула И.А., Шарапов А.В., 2013). Однако, иногда это происходит в ущерб благополучию животных и окружающей среде. Поскольку животные содержатся в стесненных условиях, существует высокая вероятность распространения инфекций и болезней среди них, что может повлиять на их здоровье и продуктивность. Одним из способов избежать этой проблемы является использование антибиотиков, которые обладают высокой эффективностью против бактериальных инфекций и снижают

заболеваемость животных, тем самым снижая смертность. Также было доказано, что они помогают улучшить использование корма, что улучшает рост и повышает продуктивность (Бочарова К.А. и соавторы, 2025). Но нерегулярное и длительное их употребление привело к появлению множества негативных факторов, они воздействуют не только на патогенные бактерии в организме, но и на полезные бактерии и формируют устойчивость к ним не только из-за присутствия следов этих антибиотиков в продуктах животного происхождения, таких как мясо, яйца и молоко (Афанасьева Ю.Г. и соавторы, 2023), но также и через антибиотики, от которых организм избавляется с отходами жизнедеятельности. Они переносятся в почву и воздействуют на содержащиеся в ней почвенные микроорганизмы, а следовательно, и на биохимические процессы в ней, такие как разложение органических веществ (Бочарова К.А. и соавторы, 2025).

В ответ на растущую глобальную угрозу устойчивости к антибиотикам крайне важно контролировать риски, связанные с применением антибиотиков, и искать альтернативу, которая не только помогает противостоять болезням и поддерживать здоровье кишечных бактерий, но и стимулирует рост и повышает продуктивность животных. За последнее десятилетие было разработано множество способов с целью снижения или исключения их использования при производстве животноводческой продукции. Одной из таких альтернатив, позволяющих достичь этой цели, является применение пробиотиков в рационах сельскохозяйственных животных и птицы в виде отдельных культур или композиций эффективных штаммов (Афанасьева Ю.Г. и соавторы, 2023).

Степень разработанности. Многие исследования показали важность использования пробиотиков в кормах сельскохозяйственных животных и птицы для повышения эффективности кормления и улучшения роста, живой массы и иммунной реакции (Овсепьян В. А. и соавторы, 2023; Орлова Т. Н., Дорофеев Р.В., 2017; Агеев Б.В. и соавторы, 2022; Ramasamy K. и соавторы, 2009; Pan X. и соавторы, 2022; Shini

S. и соавторы, 2013; Huang J. и соавторы, 2024; Panda A. K. и соавторы, 2008). Однако существует множество факторов, влияющих на механизм и эффективность действия пробиотиков, таких как выбор эффективных штаммов микроорганизмов и или комбинации нескольких бактерий, подходящих для каждого вида животных или птицы, возраста, типа кормления, а также количество применяемого препарата. Поэтому необходимо тщательно изучить этот вопрос, прежде чем вводить в рацион пробиотики (Жучаев К.В. и соавторы, 2016).

Цель и задачи исследования.

Цель работы - подбор видов и композиций споровых пробиотических культур, повышающих усвояемость питательных веществ в рационе кур-несушек, а также изучение продуктивного и экономического влияния пробиотической кормовой добавки «Басулифор-С» на кур-несушек.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить влияние споровых пробиотических препаратов на переваримость питательных веществ и усвоение азота, Са и Р у кур-несушек в возрасте 50-60 недель;
2. Изучить влияние различных споровых пробиотических бактерий и их комбинаций на яичную продуктивность кур в возрасте 50-60 недель;
3. Оценить влияние различных споровых пробиотических бактерий и их комбинаций на показатели обмена веществ кур-несушек;
4. Определить зоотехническую эффективность споровых кормовых добавок Басулифор-С и *Clostridium butyricum* на курах-несушках в возрасте 50-60 недель.
5. В производственном опыте определить влияние пробиотической кормовой добавки «Басулифор-С» на основе споровых бактерий на яичную продуктивность,

качество скорлупы, конверсию корма, сохранность кур-несушек кросса Хайсекс коричневый в возрасте 69-84 недель и кросса Ломанн белый в возрасте 65-78 недель;

6. Определить экономическую эффективность применения пробиотического препарата Басулифор-С в рационах кур-несушек кросса Хайсекс Коричневый в возрасте 69-84 недель и кросса Ломанн белый в возрасте 65-78 недель.

Объектом исследования является пробиотический препарат Басулифор-С на основе споровых бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* и споровая пробиотическая бактерия *Clostridium butyricum*.

Предметом исследования являются показатели переваримости питательных веществ, продуктивности, сохранности, обмена веществ и экономические показатели производства яйца у кур-несушек в III фазе кормления при использовании пробиотической кормовой добавки Басулифор-С и споровой пробиотической бактерии *Clostridium butyricum*.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые на курах-несушках будет изучено влияние споровых пробиотиков рода *Bacillus* и *Clostridium* на показатели переваримости питательных веществ, обмена веществ, неспецифического иммунитета, яичную продуктивность и качество скорлупы, экономические показатели производства яйца.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость данной исследовательской работы заключается в расширении знаний о влиянии споровых пробиотиков на показатели переваримости питательных веществ, обмен веществ и продуктивность у кур-несушек в третьей фазе кормления.

На основе полученных в производственном опыте данных разработаны рекомендации по применению пробиотической добавки «Басулифор-С» в III фазе

кормления промышленной несушки для повышения яичной продуктивности и экономической эффективности производства товарного яйца.

Материал и методы исследования. Для решения поставленных задач и достижения цели в рамках комплексных исследований использовали физиологические, биохимические, зоотехнические, экономические и статистические методы исследований.

Методология исследования основывалась на многочисленных сведениях и статьях, написанных отечественными и зарубежными исследователями. Была использована информация по применению пробиотиков в кормлении птицы, механизму их влияния на живой организм.

Положения диссертации, выносимые на защиту. На основании проведенных комплексных исследований на защиту вынесены следующие положения:

- влияние пробиотических добавок Басулифор-С и *Clostridium butyricum* на показатели обмена и переваримость питательных веществ рациона у кур-несушек яичного кросса Хайсекс коричневый;
- влияние пробиотических добавок Басулифор-С и *Clostridium butyricum* на показатели неспецифического иммунитета;
- влияние пробиотических добавок Басулифор-С и *Clostridium butyricum* на яйценоскость и качественные характеристики яйца;
- экономическая эффективность использования кормовой добавки «Басулифор-С» в кормлении несушки Хайсекс коричневый и Ломанн Белый в III фазе кормления.

Степень достоверности и апробация результатов.

Заключение, выводы и рекомендации производству обоснованы данными, которые представлены в таблицах, рисунках и приложениях диссертации. Достоверность материалов и практическая значимость работы для производства подтверждены актами производственной проверки и внедрения в производство, а также широкой апробацией материалов диссертации на научных мероприятиях. Результаты исследований за период с 2023 по 2024 гг. на ПАО «Птицефабрика «Боровская» и ЗАО «Птицефабрика «Пышминская» доложены на заседании научно-технического Совета при Департаменте агропромышленного комплекса Тюменской области по теме «Экономическая эффективность применения пробиотиков в яичном птицеводстве»; рекомендовано проведение производственных исследований в других отраслях животноводства области (Протокол №1 от 28 февраля 2024 г.).

Основные положения и результаты диссертационного исследования были апробированы и получили положительные оценки на Всероссийских и международных конференциях:

- Российского отделения ВНАП «Мировое и российское птицеводство: динамика и перспективы развития — научные разработки по генетике и селекции сельскохозяйственной птицы, кормлению, инновационным технологиям переработки яиц и мяса, ветеринарии, экономике отрасли», ВНИТИП, г. Сергиев Посад, Московская обл., 2024;

- Международных и молодежных научно-практических конференциях на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, 2023 г.; Москва, 2024 г);

- XXV Российской агропромышленной выставке «Золотая осень 2023» (Москва, 2023 г.). На конкурсе «За производство высококачественных кормов и кормовых добавок» присуждена Золотая медаль за работу «За разработку способа

повышения продуктивности кур-несушек яичных кроссов при использовании в рационе пробиотиков».

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в т.ч. 2 статьи – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Реализация результатов исследований. Диссертация – законченная работа, имеющая научно-хозяйственное, теоретическое и практическое значение для развития яичного птицеводства.

Физиологический опыт проведен на на виварии ВНИИФБиП г. Боровск, производственные опыты проведены в условиях ПАО «Птицефабрика «Боровская» и ЗАО «Птицефабрика «Пышминская» Тюменской области.

Полученные данные подтверждены представленными в диссертационной работе таблицами, рисунками, актом внедрения результатов научно-исследовательской работы и передового опыта в ПАО «Птицефабрика «Боровская».

Личный вклад автора. Диссертация содержит материалы практического экспериментального характера, которые выполнены при непосредственном участии автора. Работа содержит материал, полученный лично автором, а также при непосредственном его участии в проведении совместных исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из оглавления, введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований, обсуждение результатов исследования, заключения, предложений производству, перспектив дальнейшей разработки темы, списка литературы и списка сокращений. Диссертационный материал изложен на 164 страницах машинописного текста. Список литературы включает в себя 181 источник, в том числе 114 источников на иностранных языках. Диссертация иллюстрирована 11 рисунками и 26 таблицами.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Кратко о пробиотиках

1.1.1. История пробиотиков

Несмотря на широкую известность и популярность концепции пробиотиков, многие считают, что это современная концепция. Однако в некоторых исследованиях было обнаружено, что история пробиотиков восходит к 2000 году до нашей эры, когда молочные закваски использовали для производства ферментированных молочных продуктов с целью сохранения молочных продуктов в течение более длительного периода (Nakazawa Y., Hosono A., 1992). Что касается сыра, то его происхождение восходит к временам Рима, когда молоко сквашивали сычужным ферментом, взятым из желудков коз или телят (Савинова Ю.С. и соавторы, 2022). С развитием науки и современных технологий было обнаружено множество следов использования ферментированных продуктов. На египетской фреске, датируемой 1000-1500 годами до нашей эры, есть графические свидетельства, изображающие фермеров, заполняющих силосные ямы урожаем, похожим на сорго (Mannetje L., 2016). В других регионах земли ферментированные напитки появились после многочисленных проб и ошибок, в том числе алкогольные напитки, вино и пиво (Godoy A. и соавторы, 2003). Таким образом, пробиотики начали использовать в процессе производства ферментированных продуктов, но без знания механизма и причины этого процесса. Изобретение микроскопа в 1673 году сыграло основополагающую роль в обнаружении и наблюдении микроорганизмов в природе. Затем, в 1857 году Пастер открыл, что молочнокислое брожение осуществляется микроорганизмами. Позднее было открыто множество бактерий, но они были связаны с инфекционными заболеваниями (Яблокова Е.А. , Горелов А.В., 2018).

И только трудами Мечникова И.И. (1911), о влиянии молочнокислых бактерий на здоровье человека было положено начало науки о полезных бактериях, которые впоследствии были названы пробиотиками. Основным средством в борьбе против старения и самоотравления организма человека Мечников считал болгарскую молочнокислую палочку — *Lactobacillus bulgaricus*. В 1907 году были опубликованы результаты первого в мире медицинского исследования функциональных свойств болгарской палочки и болгарского кислого молока.

Несмотря на свою долгую историю, потребовалось много времени, вплоть до начала двадцатого века, чтобы Всемирной организацией здравоохранения было дано четкое определение пробиотиков. Пробиотики - это живые микроорганизмы, которые при использовании в достаточном количестве обеспечивают пользу для здоровья хозяина (FAO/WHO., 2002).

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) США дало «пробиотикам» новое определение как “микроорганизмы прямого скармливания” (DFM), но ничего не было сказано о его медицинских и терапевтических свойствах. Затем (FDA) опубликовало список микроорганизмов, совместно с Ассоциацией по контролю за кормами (AAFCO) которые могут быть использованы в качестве DFM (Di Gioia D., Biavati B., 2018).

Поначалу пробиотикам не уделялось того внимания, которого они заслуживали, но после широкого применения антибиотиков и подтверждения того, что они подавляют как патогенные так и полезные микроорганизмы, негативные последствия широкого применения антибиотиков усилились, особенно в плане возникновения антибиотикорезистентных видов бактерий. С другой стороны было обнаружено, что, когда полезные бактерии попадают в организм, они оказывают положительный эффект, аналогичный действию антибиотиков, не нанося вреда

хозяину. Поэтому интерес специалистов к пробиотикам возрос из-за их эффективности и безопасности (Успенский Ю.П., Барышникова Н.В., 2012).

Пробиотики представляют собой живые микроорганизмы, которые при естественном попадании в организм оказывают положительное влияние на физиологические процессы, биохимические реакции и поведенческие особенности хозяина, улучшая его микробиологический баланс.

Воздействие пробиотиков на животных и птиц условно можно классифицировать на три основные категории:

1. Общие эффекты: синтез нутриентов и антиоксидантных веществ; регулирование иммунного ответа Th1/Th2; подавление потенциально патогенных микроорганизмов; уменьшение выработки эндотоксинов; снижение мутагенного воздействия.

2. Гуморальные эффекты: подавление синтеза IgE; стимуляция продукции IgA; активация синтеза оксида азота (NO); модуляция цитокинового ответа.

3. Клеточные эффекты: активация макрофагов; поддержка роста и регенерации клеток; содействие физиологическому апоптозу.

1.1.2. Классификация пробиотиков

Существует множество классификаций пробиотиков, их можно систематизировать в соответствии с их способом действия в организме на три категории - повышение иммунитета путем улучшения здоровья кишечника и лечения заболеваний и инфекций; оказание профилактического эффекта путем прямого воздействия на микроорганизмы в кишечнике, будь то полезные или патогенные; наконец, по их воздействию на хозяина или питательные компоненты, такие как детоксикация или изменение показателей переваримости и усвоения питательных веществ рациона (Бондаренко В. М., Рыбальченко О. В., 2015).

Пробиотики также классифицируются в первую очередь на основе характеристик их штаммов, при этом основное внимание уделяется роду и видам.

Молочнокислые бактерии (LAB) характеризуются способностью ферментировать углеводы в молочную кислоту. Согласно Руководству Берджи по систематической бактериологии, молочнокислые бактерии подразделяется на несколько родов, включая *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Leuconostoc* и *Pediococcus*. Эти бактерии, как правило, устойчивы к кислоте и желчеотделению и прочно прикрепляются к поверхности слизистой кишечника. Молочнокислые бактерии предотвращают заражение патогенами, снижая pH и конкурируя за места связывания с кишечным эпителием, одновременно стимулируя иммунную систему и сохраняя кишечный барьер (Salminen, S. и соавторы, 2004).

Примеры распространенных видов пробиотиков - лактобациллы-грамположительные палочковидные бактерии, не образующие спор. Одним из основных продуктов их жизнедеятельности является молочная кислота, которая образуется в результате ферментации углеводов. Лактобациллы поддерживают здоровье организма хозяина, повышают его иммунитет, защищают от патогенов и снижают уровень холестерина, вырабатывая множество органических кислот и антибиотикоподобных веществ (Новик Г.И., Сидоренко А.В., 2007). Бифидобактерии - это положительные анаэробные бактерии, которые естественным образом присутствуют в кишечнике с рождения и передаются от матери через молоко. Они помогают переваривать трудноусвояемые углеводы, вырабатывают короткоцепочечные жирные кислоты и витамины, улучшают метаболизм белков, жиров и минералов, оказывают антиоксидантное и противоаллергическое действие, противостоят патогенным кишечной палочке и сальмонелле, что делает их незаменимыми для здоровья кишечника (Функ И.А., Иркитова А.Н., 2016).

Пробиотическая кишечная палочка - грамотрицательная палочковидная бактерия, которая обычно обитает в тонком и толстом кишечнике. Она помогает

формировать иммунитет против патогенных бактерий, защищает кишечную микробиоту, вырабатывает витамин К и применяется как пробиотик, однако включает штаммы, среди которых встречаются патогенные, способные вызывать кишечные и внешние заболевания, например, диарею и токсическое поражение толстой кишки (Тюрин Ю.А., Анохин В.А., 2002).

Спорообразующие бактерии - встречаются в почве и некоторых ферментированных продуктах. Они не подвержены влиянию суровых внешних условий и устойчивы к патогенным микробам, будь то бактерии, такие как *Escherichia* и *Mycobacterium tuberculosis*, грибки или даже вирусы. Они действуют как антагонисты патогенных бактерий, стимулируют рост молочнокислых бактерий и за счет секреции пищеварительных ферментов повышают переваримость питательных веществ рациона у птицы и животных. Наиболее распространенными представителями споровых пробиотиков являются бактерии рода *Bacillus* — это грамположительные спорообразующие палочки, способные выживать в аэробных или анаэробных условиях. Их споры обеспечивают устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды. Споры *Bacillus* известны своей термостойкостью, быстрым прорастанием и выработкой ферментов широкого спектра активности. К наиболее часто используемым видам в животноводстве относятся *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus natto*, *Bacillus licheniformis* и *Bacillus coagulans*. Они поддерживают анаэробную среду в кишечнике, препятствуют размножению патогенов, вырабатывают органические кислоты и продуцируют ферменты. Кроме того, они выделяют вторичные метаболиты, такие как бактериоцины, и стимулируют иммунный ответ организма. Также, в последнее время стала использоваться *Clostridium butyricum* для решения проблем с качеством скорлупы у несушки и кишечными расстройствами у поросят на ранних стадиях выращивания (Тарабукина Н.П., 2019; Егоров Н.С. 1989; Wang Y. и соавторы, 2023).

Стрептококки. Некоторые виды, такие как *Streptococcus thermophilus* и другие, считаются непатогенными, профилактируют такие заболевания, как диарея и кишечные инфекции, повышают иммунитет у животных и птицы (Allouche R. и соавторы, 2024), вырабатывают молочную кислоту и помогают переваривать лактозу и белки.

Дрожжи, в первую очередь *Saccharomyces*, — это гетеротрофные факультативно-анаэробные грибы, которые сбраживают сахара в этанол и углекислый газ. Они широко используются в пивоварении и пищевой ферментации. В качестве пробиотиков дрожжи обладают питательной ценностью, богаты белками и полисахаридами и оказывают антагонистическое действие на патогены, улучшая экологию кишечника. Экстракты клеточных стенок дрожжей, содержащие маннаны и глюканы, повышают иммунитет кишечника (Егоров Н.С. 1989; McFarland L. и соавторы, 1995).

Saccharomyces cerevisiae и *boulardi* полезны при лечении расстройств пищеварения, таких как диарея, а также улучшают состояние слизистой оболочки кишечника, стимулируют выработку новых клеток, устраняют патогены и инфекции, а также противостоят токсинам и антибиотикам (Czerucka D. и соавторы, 2007). Однако эффективность живых дрожжей и дрожжевых культур в животноводстве значительно варьирует в зависимости от таких факторов, как вид животных и условия их содержания.

Энтерококки. Некоторые штаммы используются в качестве пробиотиков и доказали свою эффективность против листериозных инфекций, поскольку обладают антибактериальной активностью против листерий и многих других патогенных (Щепитова Н.Е. и соавторы, 2015).

1.1.3. Механизмы действия пробиотиков

Эффект пробиотиков включает следующие сферы активности:

1. Модуляция микробиоты кишечника. Пищеварительная система содержит большое разнообразие микробов, некоторые из которых полезны, а другие вредны для организма. Это разнообразие начинается с рождения, так как эти микробы передаются от матери через плаценту. Это разнообразие стабильно, но слабо, так как на него может влиять множество различных факторов, таких как условия окружающей среды или питания.

Микробиота выполняет широкий спектр функций, среди которых можно выделить обеспечение организма и его эпителия питательными веществами и энергией, активацию как системного, так и местного иммунитета, включая синтез иммуноглобулинов, а также участие в процессах регенерации и дифференцировки тканей. Кроме того, микробиота способствует поддержанию кишечной моторики, обеспечивает детоксикацию и выведение различных токсинов, разрушает мутагены, активирует некоторые лекарственные вещества, синтезирует сигнальные молекулы (например, нейротрансмиттеры), регулирует ионный и газовый баланс, а также физико-химические параметры среды при эпителии. Важной функцией является защита эпителиальных клеток от канцерогенов, подавление роста патогенных микроорганизмов и препятствие их прикреплению к слизистой, а также участие в элиминации вирусов. Микробиота поставляет субстраты для глюконеогенеза и липогенеза, участвует в обмене белков, желчных кислот, стероидов и других макромолекул, а также синтезирует витамины группы В и другие биологически активные соединения. Помимо этого, она служит резервуаром генетического материала микробного происхождения. Ключевым элементом взаимодействия между микробиотой и организмом хозяина выступают клетки кишечного эпителия. Микроорганизмы, населяющие кишечник, существенно влияют на здоровье человека, регулируя иммунные реакции, а также пищеварительные и метаболические процессы (Гриневич В.Б. и соавторы, 2020; Плужников Н.Н., и соавторы, 2012).

В ситуации, когда этот баланс нарушается и полезные бактерии не могут контролировать вредные микробы, возникают заболевания, иммунные расстройства, воспаления и другие проблемные состояния. Это происходит потому, что эти полезные микробы взаимодействуют с рядом регуляторных клеток через сигнальный путь TLR-MyD88, чтобы поддерживать этот баланс (Карлос Л. и соавторы, 2017; Романчук Н.П., 2020). Этот дисбаланс может возникнуть в результате хирургического или патологического вмешательства, применения антибиотиков. Из-за нарушения передачи материнской полезной микрофлоры пробиотики используются для лечения и профилактики многих заболеваний, таких как диарея, воспалительные заболевания кишечника, запоры и даже потеря веса (Карлос Л. и соавторы, 2017). Было показано, что количество анаэробных бактерий снижается у пациентов с синдромом системного воспалительного ответа (SIRS) с увеличением стафилококков и *Pseudomonas aeruginosa*. Количество лактобацилл и бифидобактерий также значительно снижается у людей, перенесших операцию на прямой или толстой кишке, при этом количество вредных бактерий увеличивается на 46% по сравнению с теми, кто получал лечение пробиотиками, у которых этот процент снизился до 14% (Stavrou G., Kotzampassi K., 2016). Использование антибиотиков также влияет на кишечную микробиоту, уменьшая ее численность. Это приводит к многочисленным проблемам со здоровьем и даже смерти, в 2015 году в Европе из-за устойчивых к антибиотикам бактерий умерло более 50 000 человек (Усенко Д. В., 2016). Прием пробиотиков способствовал росту популяции полезных микроорганизмов и увеличению концентрации короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), играющих роль посредников в химической коммуникации между кишечником и мозгом. Данный эффект проявился в увеличении содержания *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* у людей с воспалительными заболеваниями кишечника после употребления йогурта (Wang X. и соавторы, 2021). Существуют также альтернативы антибиотикам, такие как бактерии, которые вырабатывают бактериоцины, которые важны для слизистой оболочки кишечника и имеют

решающее значение для поддержания баланса. Эти бактериоцины представляют собой группу пептидов, такие как лантан (Lan), которые помогают устранять бактерии, влияя на проницаемость стенок клеток. Это приводит к гибели патогена после высвобождения цитоплазмы (Заславская М.И. и соавторы, 2019).

Таким образом, существуют различные механизмы, с помощью которых пробиотики регулируют микробиоту: либо напрямую, вырабатывая вещества, подавляющие действие вредных микроорганизмов, такие как бактериоцины, либо вещества, стимулирующие рост полезных микроорганизмов, такие как короткоцепочечные жирные кислоты, либо косвенно, улучшая кишечный барьер и уменьшая воспаление (Sanders M.E., 2011).

2. Усиление кишечного барьера. В кишечнике эпителиальные клетки образуют слой, отделяющий кишечное содержимое с одной стороны от собственной стенки кишечника и лимфоидной ткани с другой. Этот эпителий важен как барьер для патогенов и для процесса пищеварения. Было доказано, что микробы не прикрепляются непосредственно к стенке кишечника из-за слоя слизи, выделяемого бокаловидными клетками в этом эпителии, который удерживает микробы на расстоянии 50 микрометров от конца кишечных ворсинок (Bron P.A. и соавторы, 2017; Vaishnava S. и соавторы, 2011). Muc2 - один из муцинов, секретируемых этими бокаловидными клетками, и его дефицит приводит к различным заболеваниям, таким как колит. У мышей после генетической инактивации и снижения экспрессии Muc2 наблюдались аденомы, которые перерастали в рак кишечника. У мышей также наблюдалось снижение массы тела из-за недоедания, вызванного воспалением кишечника, а также кровотечения и диарея (Van der Sluis M. и соавторы, 2006).

Эпителиальные клетки также могут вырабатывать антибактериальные белки, которые действуют, чтобы удерживать бактерии подальше от эпителия. Примером этого является Muc88, который контролирует секрецию RegIII γ в кишечнике,

особенно в подвздошной кишке, из клеток Панета, расположенных на эпителии. Изолирующая функция этого эпителия и эпителиальных клеток, а также влияние Myd88 на микробы были подтверждены путем проведения экспериментов на мышах, генетически модифицированных для ограничения экспрессии Myd88. После наблюдения было обнаружено, что количество микробов с адгезией к слизистой оболочке, было значительно больше, чем в контрольной группе (Vaishnava S. и соавторы, 2011).

Исследование показывает, что пробиотики могут прикрепляться к эпителию, содержащему глико-конъюгированные рецепторы. При адгезии они стимулируют ген MUC-3, увеличивая пролиферацию клеток в эпителиальном слое и активируя эпителиальные рецепторы. Это повышает устойчивость эпителия к бактериям и защищает его. Чтобы подтвердить это, была добавлена смесь разнообразных бактерий, таких как *Lactobacillus* и *B. bifidum*, степень адгезии благодаря этому бактериальному взаимодействию составила 39-44% (Корниенко Е.А., 2007).

Пробиотики также могут увеличивать выработку слизи путем ферментации клетчатки для получения энергии, необходимой бокаловидным и кишечным клеткам, преобразуя ее в короткоцепочечные жирные кислоты. Когда *Akkermansia muciniphila* и *Bacteroides thetaiotaomicron* использовались как пробиотики, секреция слизи и антибактериальных веществ увеличивалась, а клетки Панета стимулировались к секреции IgA для защиты кишечника (Liu Q. и соавторы, 2020). Бутират может усиливать барьер, увеличивая потребление кислорода, необходимое для балансировки экспрессии генов HIF, фактора гипоксии, для защиты клеток и адаптации их к гипоксии, тем самым повышая устойчивость к болезням (Liu Q. и соавторы, 2020).

Пробиотики влияют не только на выработку слизи, но и на проницаемость эпителия. Синдром проницаемости эпителия (СПЭП) это проблема, которая может

привести к различным инфекциям. Этот барьер, состоящий из нескольких типов слизи, гликопротеинов, активных фосфолипидов и других, выстилает и защищает желудочно-кишечный тракт изнутри. Исследования показали, что *H. pylori* снижает выработку слизи, что влияет на плотность мембраны, регулирующей всасывание. Это позволяет токсинам или бактериальным продуктам проникать в желудочно-кишечный тракт, создавая условия, благоприятствующие размножению бактерий. Пробиотики обеспечивают поддержание этого барьера. В эксперименте на мышах отсутствие микробов привело к проникновению микроорганизмов в лимфу из-за уменьшения толщины мембраны, что привело к различным заболеваниям (Туркина С.В. и соавторы, 2022). Пробиотики влияют на состояние кишечного барьера. *L. plantarum* G83 использовался для защиты от инфекции *Escherichia coli* K88. Он ингибировал делокализацию ZO-1, защищал эпителиальную мембрану и стимулировал иммунные и лимфоцитарные реакции для выработки цитокинов и IgA, IgM и IgG, которые, в свою очередь, защищали эпителий слизистой оболочки (Liu Q. и соавторы, 2017).

3. Устойчивость и подавление патогенов. Кишечник содержит большое количество микроорганизмов. Организм находится в естественном состоянии, когда в нем содержатся как полезные, так и патогенные микроорганизмы. Однако опасность возникает тогда, когда количество патогенных микроорганизмов увеличивается и баланс нарушается, что приводит к заболеванию (Лобзин Ю.В. и соавторы, 2014). Влияние микробиома кишечника на иммунитет изучалось в многочисленных исследованиях. В исследовании Kennedy E.A. и соавторы (2018), вводили мышам антибиотики. Антибиотики воздействуют как на вредные, так и на полезные микробы в кишечнике, что приводит к повышенной восприимчивости ко многим заболеваниям, провоцируемым такими патогенами как сальмонелла и клостридии. Пробиотики из группы молочнокислых бактерий использовались на группе мышей после нарушения кишечного микробного баланса мышей путем

введения им антибиотиков широкого спектра действия, таких как ампициллин, вводимых внутримышечно и перорально. Когда пробиотики вводились мышам, наблюдали явное улучшение веса по сравнению с другой группой, у которой наблюдалась потеря аппетита и многочисленные кишечные расстройства (Ермоленко Е.И. и соавторы, 2009). Многочисленные исследования продемонстрировали важность пробиотиков в подавлении патогенных бактерий. Существует несколько способов, которыми этот эффект осуществляется. Они могут ограничивать патогены, не давая им доступа к питательным веществам, или конкурировать с ними за адгезионные рецепторы в эпителии слизистой оболочки, предотвращая колонизацию организма патогенными бактериями. Другой способ - выработка многообразных антибактериальных веществ, таких как органические короткоцепочечные жирные кислоты (Яковенко Э.П. и соавторы, 2011). Например, эксперимент, проведенный Fang K. и соавторы (2018), показал, что пробиотик *Escherichia coli* Nissle 1917 (EcN) использовался для лечения расстройств пищеварения. Они смогли колонизировать поверхность кишечника и повысить иммунитет, стимулируя клетки к высвобождению β -дефензина2. Исследование, проведенное Khaneghah A.M. и соавторы (2020) продемонстрировало секрецию нескольких антимикробных веществ пробиотиками. Эти биоактивные вещества могут включать молочную кислоту, пептиды, перекись водорода и другие. Исследователи также продемонстрировали способность короткоцепочечных жирных кислот и бутирата, вырабатываемых пробиотиками, влиять на экспрессию генов вредных бактерий. Наличие молочнокислых бактерий в кишечнике птиц важно и обеспечивает безопасность, так как их большое количество является показателем здоровья птиц. Использование их в качестве пробиотиков увеличивает количество полезных микроорганизмов и улучшает здоровье и продуктивность. Птица также может легче переносить тепловой стресс. Исследование Рябчик Ирины (2021) показало, что при использовании пробиотика Vactosel, который содержит *Pediacoccus acidilactici*, считающийся молочнокислой бактерией, уровень

кислотности снижается и создаются условия для распространения полезных микроорганизмов. *Pediococcus acidilactici* также конкурирует с вредными микроорганизмами за пищу, что способствует снижению их численности.

Дрожжи использовались в качестве пробиотика в исследовании Саубенова М.Г. и соавторы (2023). Они производят аминокислоты, пептиды и витамины посредством ферментации пищи и обладают антибактериальной активностью. Когда *S. boulardii* использовали на мышах с колитом, они помогли улучшить эпителиальный барьер и иммунитет, вырабатывая антибактериальные пептиды и конкурентно исключая патогены. Дрожжи также оказали влияние на выработку метаболитов, а также помогли сократить количество раковых клеток и ускорить их гибель.

Использование *Lactobacillus plantarum* подтвердило, что пробиотики конкурируют с патогенными бактериями за рецепторы адгезии. Их способность колонизировать кишечник обусловлена контролем экспрессии гена, который отвечает за синтез адгезинов маннозы, которые связывают их с эпителиальными клетками кишечника или муцинами через механизмы, чувствительные к протеазе. Также изучалось их действие в толстой кишке против *Escherichia coli*, поскольку это связывание предотвращает колонизацию патогенными бактериями, такими как *E. coli* (Adlerberth I. и соавторы, 1996).

4. Модуляция ответной реакции и иммунной системы. Эпителий и соединительная ткань считаются физическими барьерами, которые составляют кишечную иммунную систему, поскольку они содержат иммунные клетки. Кроме того, лимфоидная ткань, ассоциированная с кишечником (GALT), влияет на иммунитет, поскольку она содержит дендритные клетки и пейеровы бляшки, эпителиальные пузырьки. Она также содержит большое количество В- и Т-клеток, которые стимулируют иммунный ответ (Mazziotta C. и соавторы, 2023). В исследовании Rossouw C. и соавторы (2025), обнаружили изменения в иммунной

функции у животных гнотобионтов по сравнению с животными с микрофлорой кишечника. Было отмечено снижение количества клеток Т-хелперов 17 (Th17) и плазматических клеток, продуцирующих IgA, а также более мелких лимфатических узлов, что увеличивает риск кишечных инфекций, астмы, рака и других заболеваний.

Пробиотики влияют на иммунную систему, включая как врожденный иммунитет (первую линию защиты), представленный иммунными клетками кожи и слизистых оболочек, так и адаптивный иммунитет за счет В- и Т-клеток. Пробиотики влияют на Т-клетки, которые борются с инфекциями. Пробиотики продуцируют короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК), такие как пропионат, который ингибирует гистондеацетилазу и уменьшает количество Т-клеток, или бутират, который увеличивает их количество. Таким образом, КЦЖК регулируют количество иммунных клеток (Плотникова Е.Ю., Захарова Ю.В., 2020). В исследовании Guo N. и Lv L. (2023), *B. longum* использовался для лечения колита, что приводило к снижению уровня цитокинов IL-23, IL-12 и IL-27, связанных с воспалением, и увеличению количества Т-лимфоцитов.

Что касается В-клеток, их функция усиливается пробиотиками, стимулируя выработку иммуноглобулина А. Например, бактерии *Lactobacillus rhamnosus* использовались для исследования влияния пробиотиков на В-клетки у мышей, и было доказано, что эти бактерии стимулируют созревание В-клеток в костном мозге и образование антигена (Rousseaux A. и соавторы, 2023). Также было доказано, что пробиотики взаимодействуют с дендритными клетками или модифицируют их для регулирования иммунитета. В исследовании Kwon H. K. с соавторами (2010) использовался пробиотик (IRT5), который генерировал CD4⁺Foxp3⁺ Tregs в мезентериальном лимфатическом узле (MLN), подавляя экспрессию воспалительных (IL-17, IFN- γ и TNF- α) и противовоспалительных (IL-10) цитокинов как в В-, так и в Т-клетках. Было обнаружено, что без дендритных клеток пробиотик (IRT5) не мог бы индуцировать Foxp3⁺ Tregs. *Lactobacillus* также изменяет незрелые дендритные

клетки и активирует их, влияя на сигнальные пути PRR и активацию пути NF-κB, что приводит к их созреванию (Wells J.M., 2011).

Пробиотики влияют на естественные клетки-киллеры (NK-клетки), которые являются гранулоцитами, являющимися компонентами врожденной иммунной системы, защищают хозяина от патогенных инфекций и приводят к их цитолизу. На них влияют иммунорецепторные тирозиновые активирующие мотивы (ITAM) и иммунорецепторные тирозиновые ингибирующие мотивы (ITM), поскольку они содержат множество рецепторов, включая рецепторы иммуноглобулинов. Когда пробиотики работают в кишечнике, дендритные клетки распознают их и активируются, вырабатывая цитокины, особенно IL-12, который, в свою очередь, стимулирует иммунную систему и клетки-киллеры и увеличивает экспрессию CD69 в них (Aziz N., Bonavida B., 2016). Пробиотики также влияют на активность макрофагов, усиливая фагоцитоз патогенов. Например, молочнокислые бактерии были введены новорожденным стерильным мышам, чтобы проследить их влияние на *E. coli*. Через семь дней было подтверждено, что эти бактерии были устранены, а фагоцитоз значительно улучшился (Erickson K.L., Hubbard N.E., 2000).

Пробиотики стимулируют секрецию цитокинов, которые, в свою очередь, модулируют иммунный ответ. Заболевания могут возникать в зависимости от цитокинов, вырабатываемых на основе взаимосвязи между микробиотой кишечника и иммунными клетками хозяина. Эти микробы влияют на воспалительные процессы, Т-клетки и Toll-подобные рецепторы (TLR), тем самым изменяя профиль цитокинов, связанный с воспалительным или противовоспалительным ответом. Этот профиль варьируется в зависимости от штамма бактерий и состояния хозяина. Первоначально, когда пробиотики достигают кишечника, они взаимодействуют с Toll-подобными рецепторами на дендритных и эпителиальных клетках. Это изменяет сигнализацию в воспалительном пути NF-κB и продукцию цитокинов. Пробиотики увеличивают противовоспалительный цитокин IL-10 и уменьшают провоспалительные цитокины IFNγ и IL-8 (Бухарин О.В. и соавторы, 2023).

Например, *Bifidobacterium* не вырабатывает IL-12 и подавляет его выработку *L. acidophilus*. Кроме того, *B. infantis*, попав в организм хозяина, вырабатывает IL-10 и TGF- β , одновременно снижая выработку IL-12 и IFN- α (Бухарин О.В. и соавторы, 2015).

Пробиотики также влияют на стволовые клетки, увеличивая секрецию CD4⁺ Foxp3, и Т-клетки, увеличивая выработку TGF- β и IL-10. Они также помогают достичь баланса Th1/Th2 и влияют на В-клетки, стимулируя их выработку IgA и IgG4. Молочнокислые бактерии снижают реакцию Th2, уменьшая выработку IL-4 и IL-5. *B. lactis* также стимулирует выработку TGF- β , что полезно в случаях аллергии (Eslami M. и соавторы, 2020).

Таким образом, животные, которые стерильны и содержатся в тех же условиях, имеют много дефектов по сравнению с другими животными с точки зрения развития эпителия слизистой оболочки и лимфоидных тканей. То есть кишечник имеет иммунную систему, которая противостоит патогенам, но с помощью кишечной микрофлоры этот иммунитет усиливается, и это подтверждает его важность для иммунитета организма.

5. Выработка короткоцепочечных жирных кислот. Органические кислоты образуются в пищеварительной системе, где присутствуют живые микроорганизмы. К ним относятся короткоцепочечные жирные кислоты, которые появляются в результате ферментации трудноусвояемых пищевых компонентов, таких как клетчатка, в толстом кишечнике. Среди них особое значение имеет масляная, уксусная и пропионовая кислоты (Ríos-Covián D. и соавторы, 2016). Клетчатка, которая имеет такие полезные для здоровья свойства, как снижение уровня холестерина и сахара в крови, ферментируется не пищеварительными ферментами и соками, а ферментами, выделяемыми микрофлорой кишечника. Виды и количество короткоцепочечных жирных кислот, образующихся в процессе ферментации, определяются характером субстрата, который разлагается микроорганизмами (Седакова В.А. и соавторы, 2016). Повышение разнообразия микрофлоры,

например, при применении пробиотиков, способствует увеличению продукции этих короткоцепочечных жирных кислот, особенно масляной и уксусной кислот (Ozimek M. и соавторы, 2022). Существует несколько способов, которыми бактерии расщепляют сахара. Они могут преобразовываться в пируват бифидобактериями или в спирт при ферментации глюконата *Escherichia coli*. Когда присутствуют несколько видов бактерий, таких как те, что находятся в кишечнике, происходит кислотное брожение, в результате которого образуются несколько типов кислот. Это делают *Escherichia*, *Salmonella* и *Shigella*. Маслянокислое брожение, в результате которого образуются масляная и уксусная кислоты, выполняют бактерии *Clostridium* (Markowiak-Korpeć P., Śliżewska K., 2020). Эти бактерии с помощью выделяемых ими ферментов гидролаз расщепляют и ферментируют полисахариды и олигосахариды, вырабатывая энергию, необходимую для роста этих бактерий, а также продукты метаболизма, такие как короткоцепочечные жирные кислоты и газы - метан и углекислый газ (Topping D.L., Clifton P.M., 2001). Короткоцепочечные жирные кислоты также могут быть получены путем расщепления белков, а не только сахаров. Бактерии *Clostridium* способны образовывать бутират и ацетат в результате расщепления и брожения аминокислот (Markowiak-Korpeć P., Śliżewska K., 2020). Далее большая часть бутирата окисляется до кетоновых тел клетками толстой кишки. Большая часть ацетата поглощается печенью и используется для производства холестерина и глутамина в качестве источника энергии. Пропионат преобразуется в пропионилацетат, стимулируя печень вырабатывать глюкозу. Эти кислоты также регулируют иммунитет, влияя на иммунные клетки и метаболизм при использовании в качестве цитокинов, поддерживая здоровье организма (Du Y. и соавторы, 2024). Когда количество этих микробов в организме низкое из-за болезни и воспаления, это приводит к снижению выработки короткоцепочечных жирных кислот. Поэтому этот дефицит можно компенсировать пробиотиками, отвечающими за выработку этих кислот (Yoo J.Y., Kim S.S., 2016).

Чтобы подтвердить роль пробиотиков в выработке короткоцепочечных жирных кислот, в кишечник человека был введен Symprove™, пробиотик, содержащий три вида *Lactobacillus* и *Enterococcus faecium*. Это привело к увеличению концентрации лактата после того, как бактерии этого пробиотика колонизировали толстую кишку. Эти соединения необходимы для роста других живых микроорганизмов и являются важным источником энергии. Затем после гидролиза сахаров происходит ферментация белка, в результате чего образуются короткоцепочечные жирные кислоты, аммоний и бутират. Symprove™ также полезен в случаях воспаления и влияет на выработку цитокинов, повышая уровни IL-6 и IL-10, одновременно снижая уровни MCP-1, CXCL-10 и IL-8 (Moens F. и соавторы, 2019). В исследовании Но S.T. и соавторы (2019) пробиотик PM-1, содержащий два вида *Lactobacillus* и *Streptococcus*, использовался на мышах для изучения его антивозрастного эффекта. Они обнаружили, что он защищает гиппокамп, снижая апоптоз. Кроме того, он стимулирует выработку антиоксидантов в печени из-за своего влияния на долю короткоцепочечных жирных кислот, концентрация которых увеличивается после обработки этих мышей d-галактозой. Исследование Wang L. и соавторы (2014) показало, что выработка короткоцепочечных жирных кислот (ацетата и пропионата) увеличилась после перорального приема *Lactobacillus plantarum* P-8, в то время как воспаление уменьшилось, а количество других микроорганизмов, таких как бифидобактерии, увеличилось.

1.1.4. Терминология, связанная с пробиотиками

Пребиотики представляют собой компоненты пищи, которые при регулярном употреблении с продуктами питания способствуют поддержанию оптимального баланса и активности полезной кишечной микрофлоры у человека и животных. Эти вещества избирательно стимулируют рост и функционирование защитных бактерий, не всасываются и не перевариваются полностью или частично в организме птиц и

животных. Благодаря своему действию пребиотики создают благоприятные условия для размножения и жизнедеятельности собственных полезных микроорганизмов кишечника. Проще говоря, пребиотики служат своеобразной пищей для пробиотиков, обеспечивая им необходимые условия для нормального существования.

В группу пребиотиков входят такие компоненты, как моносахариды (сорбит, рафиноза, ксилобиоза), олигосахариды (фруктоолигосахариды, соевый олигосахарид, галактоолигосахариды), дисахариды (лактоулоза), полисахариды (гемицеллюлоза, целлюлоза, камеди, декстрин, слизи, инулин).

Действие пребиотиков обусловлено их влиянием на взаимодействие между микробиотой и макроорганизмом, что проявляется в следующих эффектах:

- метаболические воздействия (образование короткоцепочечных жирных кислот, а также увеличение абсорбции кальция, железа и магния);
- усиление иммунной защиты организма (стимуляция продукции IgA, модуляция цитокинового ответа).

К пребиотикам выдвигаются достаточно строгие требования:

- не должны разрушаться под воздействием пищеварительных ферментов у птиц, человека и животных;
- не должны всасываться в верхних отделах пищеварительного тракта;
- должны избирательно стимулировать рост одного вида или определенной группы микроорганизмов, обитающих в толстой кишке.

Большую часть пребиотиков составляют углеводы. Пребиотики включают в себя фруктаны, включая инулин и фруктоолигосахариды (FOS). Исследования показали их способность увеличивать количество полезных бактерий, таких как

бифидобактерии, и увеличивать выработку молочной кислоты (Scott K.P. и соавторы, 2014). Галактоолигосахариды приносят организму также много пользы, включая увеличение количества полезных бактерий, улучшение пищеварительной и всасывающей функций пищеварительной системы, а также защиту от расстройств пищеварения, таких как диарея. Они также содержатся в грудном молоке (Симоненко С.В., Шахайло Н.А., 2015). К пребиотикам относится резистентный крахмал, это тип крахмала, который может достигать толстого кишечника, не подвергаясь перевариванию в тонком кишечнике. Попадая в толстый отдел кишечника, он ферментируется до короткоцепочечных жирных кислот. Это оказывает положительное влияние на организм (Birt D.F. и соавторы, 2013). Инулин — это природный полисахарид, относящийся к группе полифруктозанов, который выполняет функцию запасного углевода и обнаруживается во множестве растений, таких как цикорий, топинамбур, ямс, лук-шалот, пшеница, репчатый лук и другие. При гидролизе под действием кислот и фермента инулиназы образует D-фруктозу и небольшое количество глюкозы. Как пребиотик, инулин оказывает значительное влияние на регулирование микробиома кишечника, стимулируя рост полезных бактерий. Кроме того, инулин также демонстрирует превосходные свойства для здоровья, регулируя липидный обмен веществ, способствуя снижению веса, подавляя развитие воспалительных факторов, улучшая усвоение минералов, таких как кальций и магний, и влияя на минерализацию костей (Abrams S.A. и соавторы, 2005).

Лактуло́за (4-О-бета-D-галактопиранозил-D-фруктоза) представляет собой дисахарид, состоящий из остатков галактозы и фруктозы. Не встречается в природе, она является синтетическим структурным изомером молочного сахара — лактозы. Лактулоза применяется в медицине как осмотическое слабительное средство, способствующее усилению кишечной перистальтики. Она используется для лечения запоров, а также при печёночной энцефалопатии и в диагностических процедурах,

таких как водородный дыхательный тест, направленный на выявление нарушений работы желудочно-кишечного тракта. В промышленных масштабах лактулозу получают путём синтеза из лактозы, которая, в свою очередь, извлекается из подсырной сыворотки — побочного продукта молочной промышленности. Лактулоза оказывает слабительный эффект за счёт повышения осмотического давления в кишечнике, стимулирует его моторику, способствует улучшению всасывания фосфатов, кальция и магния, а также помогает выводить ионы аммония из организма. Кроме того, она эффективно применяется для профилактики и терапии печёночной энцефалопатии, улучшая при этом функциональное состояние печени (Федоров И. и соавторы, 2012).

Многие из указанных веществ обладают не только одним пребиотическим эффектом, но и рядом дополнительных полезных свойств. Лактулоза достигает толстой кишки в неизменном виде, где служит питательной средой для сахаролитических бактерий, включая бифидобактерии, способствуя образованию короткоцепочечных жирных кислот в ходе бактериального метаболизма. Кроме того, лактулоза объединяет в себе функции пребиотика и мягкого слабительного средства, а также применяется в терапии печеночной энцефалопатии и других заболеваний (Als-Nielsen B. и соавторы, 2004).

Бифидобактерии используют парааминобензойную кислоту (ПАМБК) в своих метаболических процессах, что способствует росту их биомассы. Кроме того, ПАМБК оказывает ингибирующее действие на протеолитические ферменты, вырабатываемые условно-патогенными микроорганизмами и грибами. Также данное соединение играет ключевую роль в клеточных механизмах ацетилирования и окисления, участвует в обмене углеводов и липидов, стимулирует продукцию кортикостероидов в корковом слое надпочечников и способствует синтезу ацетилхолина (Correa-Basurto J. и соавторы, 2005).

Синбиотики представляют собой комбинацию пробиотиков и пребиотиков. Они были разработаны для повышения положительного эффекта пробиотиков, поскольку иногда пробиотическим бактериям бывает трудно выживать в пищеварительной системе в течение длительного времени. Чтобы повысить их жизнеспособность и устойчивость ко многим факторам, таким как кислотность, кислород, их объединяют с пребиотиками, которые покрывают их потребность в энергии (Тарасюк А.В., Коньков С.В., 2022; Тумунова С.Б. и соавторы, 2012). Существует два типа синбиотиков - дополнительные и синергические синбиотики. В случае дополнительных синбиотиков пробиотики и пребиотики используются вместе, но желаемый эффект не обязательно подразумевает их синергию. Достаточно, чтобы каждый компонент действовал независимо, чтобы достичь одного или нескольких преимуществ для здоровья. У синергических синбиотиков биологический субстрат выбирается так, чтобы соответствовать микроорганизмам, выбранным в пробиотике, для достижения определенной пользы для здоровья в организме, а пребиотики поддерживают их для достижения этой цели. Естественно, достигнутая польза будет больше по сравнению с тем, если бы каждый компонент работал по отдельности (Swanson K.S. и соавторы, 2020).

Метабиотики включают в себя как метаболические продукты, так и структурные элементы пробиотических микроорганизмов. К числу препаратов, относящихся к этой категории, относится Бактистатин. В его составе присутствуют активные метаболиты *Bacillus subtilis* (пробиотическая часть), цеолит, выполняющий функцию энтеросорбента, а также гидролизат соевой муки, который играет роль пребиотика. Активные метаболиты *B. subtilis* представляют собой комплекс природных биологически активных веществ, включая лизоцим, бактериоцины, каталазы, ферменты, аминокислоты, полипептиды и другие компоненты.

Комплекс биологически активных компонентов способствует восстановлению нарушенного баланса микрофлоры желудочно-кишечного тракта путем подавления

условно-патогенных бактерий и активации нормальной кишечной микрофлоры; кроме того, он обладает свойствами, регулирующими иммунитет. Цеолит выполняет двойную роль: выступает как селективный сорбент и служит носителем компонентов. Также цеолит является источником кремния, который участвует в процессе синтеза коллагена. Гидролизат соевой муки действует как пребиотик, стимулируя рост бифидобактерий благодаря содержанию соевого олигосахарида, состоящего из смеси сахарозы (44%), стахиозы (23%), раффинозы (7%) и моносахаридов. Он входит в состав защитной среды метаболитов, обеспечивающей прочное связывание с поверхностью цеолита, а также служит дополнительным источником витаминов, микроэлементов и аминокислот, таких как лизин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, лейцин, пролин и другие, согласно инструкции по применению «Бактистатин®» (АО «Нижфарм», 2025).

Постбиотики и парaproбиотики – нежизнеспособные микроорганизмы или экстракты, не содержащие бактерий, которые могут принести пользу хозяину, предлагая биоактивность в дополнение к пробиотикам. Парапробиотики и постбиотики обладают ценным потенциалом для разработки биотехнологических продуктов с функциональными ингредиентами для нутрицевтической промышленности. Новые клинические и доклинические исследования показали, что парaproбиотики играют важную роль в поддержании общего здоровья и благополучия, а также в улучшении иммунной функции организма, как и пробиотики (Berni Canani R. и соавторы, 2017). Предполагается, что парaproбиотики вызывают изменения в микробиоме кишечника и составе кишечных микроорганизмов, которые связаны с повышением уровня биомаркеров врождённого и приобретённого иммунитета (Arai S. и соавторы, 2018; Komano Y. и соавторы, 2018). Парапробиотики также обладают антиоксидантными свойствами, что подчеркивает их потенциальное применение в пищевой и фармацевтической промышленности (Jang H.J. и соавторы, 2018).

1.1.5. Производство пробиотиков

Процесс производства пробиотиков это сложный процесс, включающий несколько этапов для получения стабильного продукта с высокой жизнеспособностью и эффективными штаммами, которые обеспечивают высокую эффективность в течение всего срока годности.

Во-первых, штамм должен быть выбран и изучен. Затем необходимо рассмотреть его внешние и генетические характеристики, обеспечивающие широкую активность против патогенных и условно-патогенных бактерий и устойчивость к воздействию различных пищеварительных соков (Каночкина М.С. и соавторы, 2023). Кроме того, его генетический состав должен быть свободен от патогенных характеристик, что делает его неспособным производить токсины или ферменты, которые могут вызывать заболевания. Также необходимо определить потребности в питании каждого штамма для обеспечения оптимального роста и устойчивости к различным факторам. Он также должен быть свободен от веществ, которые могут вызывать аллергию или наносить вред хозяину. Затем эти штаммы культивируются в больших резервуарах в стерильных условиях в питательной среде для достижения желаемой концентрации. Это может занять от нескольких часов до суток при постоянном контроле окружающей среды, включая температуру, концентрацию кислорода, влажность и pH. После ферментации микроорганизмы должны быть отделены от питательной среды центрифугированием. Затем для преобразования этих микроорганизмов в сухой порошок используются методы распылительной сушки или сублимационной сушки (Fenster K. и соавторы, 2019). Для обеспечения защиты от неблагоприятных условий также могут использоваться профилактические методы, такие как микрокапсулирование. Штамм может быть смешан с другими пробиотическими штаммами, пребиотиками или другими ингредиентами для формирования конечного продукта в виде порошка или жидкого раствора (Молохова

Е.И. и соавторы, 2022). Конечно, все это делается с непрерывным контролем качества.

1.1.6. Проблемы с использованием пробиотиков

Широкое применение пробиотиков связано с возросшим интересом к здоровью людей и животных. Первоначально их применение ограничивалось ферментированными молочными продуктами, которые улучшают пищеварение. Позже они расширились и стали включать в себя многие распространенные пищевые продукты и добавки. Любой продукт сталкивается с многочисленными проблемами, и это не является исключением в отношении пробиотиков и связанных с ними проблем. Технологические проблемы: Одним из требований к производству пробиотических продуктов является то, что они содержат большое количество живых микроорганизмов и их трудно поддерживать живыми в течение длительного периода до истечения срока годности продукта. Многие живые микроорганизмы погибают во время обработки или хранения, что снижает их эффективность. Кроме того, они попадают в неблагоприятные условия в пищеварительном тракте, что уменьшает количество клеток, которые в конечном итоге попадают в кишечник, и снижает пользу для хозяина. Продукт, содержащий вегетативные клетки, высушенный распылением, имеет меньшую эффективность и качество по сравнению с сублимационной сушкой (Kierś J. и соавторы, 2023). Однако из-за высокой стоимости этого метода он считается одним из препятствий при разработке продукта. Поэтому в качестве альтернативного решения были использованы спорообразующие бактерии. Поскольку они устойчивы ко многим неблагоприятным условиям окружающей среды, таким как температура и влажность, и превращаются в активные клетки в пищеварительном тракте птицы и животных, их можно легко использовать при производстве гранулированных комбикормов. Кроме того, существует риск контаминации, поэтому процесс производства пробиотиков - это деликатный процесс, требующий соблюдения правил безопасности и

предотвращения загрязнения на производственных линиях, поскольку в этом случае продукт будет отбракован во время проверки качества (Киселева И.А. и соавторы, 2020). Также следует обратить внимание на выбор штамма, поскольку известно, что желаемые эффекты, будь то устойчивость к болезням или улучшение роста и продуктивности, при использовании пробиотиков варьируются в зависимости от используемого штамма и типа животного, будь то домашнее животное или сельскохозяйственное животное (FAO/WHO., 2002). Научные исследования по разработке продукта, отбор новых полезных штаммов, которые могут быть использованы, и их тестирование для подтверждения эффективности также требуют больших затрат. Поскольку эти продукты являются новыми и незнакомы многим на рынке, они также требуют затрат на маркетинг, внедрение и повышение осведомленности. Например, на птицефабриках, где в некоторых странах сроки производства невелики, использование пробиотиков для борьбы с болезнями или повышения продуктивности является относительно дорогостоящим. Пробиотики увеличивают стоимость кормов примерно на 1,5%, или примерно на 0,45 доллара за 100 кг корма, и являются более рентабельными в условиях, когда наблюдается большое количество инфекций (Van Wageningen C.P.A. и соавторы, 2020).

1.1.7. Безопасность. Продолжительное применение пробиотиков и анализ их безопасности и эффективности привели к формированию строгих критериев к этим средствам, включающие:

- В состав должны входить микроорганизмы, пробиотические свойства которых подтверждены результатами рандомизированных контролируемых исследований;
- Необходимо наличие устойчивой клинической эффективности;
- Препарат должен быть безопасным: не обладать патогенностью и токсичностью, а также не вызывать побочных эффектов даже при длительном использовании.;

- Способствовать улучшению состояния организма хозяина, например, усиливая его сопротивляемость инфекционным болезням.

- Обладать колонизационным потенциалом, что подразумевает длительное выживание в желудочно-кишечном тракте с целью обеспечения высокой эффективности, а также к антимикробным веществам и ферментам, продуцируемым патогенными микроорганизмами;

- Поддерживать стабильное состояние и жизнеспособность бактерий при длительном хранении;

Ключевые критерии предъявляются к штаммам бактерий, используемым для производства пробиотиков. Они должны:

- быть получены от здоровых людей или животных и иметь идентификацию по признакам фенотипа и генотипа до уровня вида;

- обладать генетической характеристикой (генетического паспорта);

- демонстрировать широкий диапазон антагонистического действия против патогенных и условно-патогенных микроорганизмов;

- не оказывать подавляющего влияния на функционирование нормальной микрофлоры;

- обеспечить безопасность для человека и животных, включая иммунологический аспект, что является обязательным;

- производственные штаммы должны сохранять стабильность биологической активности и соответствовать установленным технологическим стандартам.

В настоящее время проводится оценка используемых продуктов для обеспечения безопасности пробиотиков. В связи с большим разнообразием используемых микроорганизмов неизбежно возникновение рисков между хозяином и пробиотиком или продуктами его метаболизма. Существует два типа действия пробиотиков: один стимулирует иммунную систему в борьбе с болезнями, а другой способен уменьшать аллергии и хронические воспаления, связанные с повышенной чувствительностью иммунной системы. Поэтому для обеспечения безопасности

необходимо понимать правильный механизм действия пробиотиков. Важно знать о наличии пробиотических штаммов, устойчивых к антибиотикам. Некоторые из этих штаммов могут не представлять угрозы, например, молочнокислые бактерии, если они становятся устойчивыми к определенным антибиотикам. Однако ситуация становится опасной, если эта устойчивость может быть передана другим вредным бактериям (Gueimonde M. и соавторы, 2004). Поэтому необходимо проводить постоянное тестирование, отслеживать новые используемые штаммы, правильно их идентифицировать и обеспечивать точность информации на этикетке продукта, чтобы избежать занесения патогенных микроорганизмов. Было много сообщений о неточной информации о микроорганизмах в продукте (Sanders M.E. и соавторы, 2010).

1.2. Эффект споровых пробиотиков на продуктивные показатели птицы

1.2.1. Влияние бацилл

Как и другие живые организмы, домашняя птица содержит полезные бактерии в своей пищеварительной системе, которые участвуют во многих процессах, таких как пищеварение, повышение иммунитета, синтез витаминов и ферментов, подавление вредных микробов. На них влияют различные факторы, такие как условия кормления, плотность посадки, методы выращивания и заболевания. Обычно считалось, что эти бактерии отсутствуют при рождении, а появляются позже, но это мнение ошибочно. При выращивании домашней птицы, особенно в первые дни, существуют меры, которые можно реализовать для повышения ее иммунитета и продуктивности, включая использование пробиотиков в питании из-за их большой пользы. В исследовании, проведенном Володиной А.И. и др. (2016) споровый пробиотик Басулифор-С использовался для кормления молодых несушек, что демонстрирует важность кормления их пробиотиками с первого дня их жизни. *B. subtilis* и *B. licheniformis*, характеризуются своей способностью вырабатывать ферменты, которые повышают переваримость питательных веществ, таких как белок

и углеводы, и противостоять многим патогенам. Результаты показали четкое увеличение прироста цыплят на 3,4% и сохранности на 0,29% для групп, которые получали пробиотики с первого дня по сравнению с группами, которые получали пробиотик начиная со второй недели жизни. Это связано с тем, что пробиотики изначально увеличивали энзиматическую активность содержимого кишечника за счет собственных ферментов.

Пища проходит множество процессов, чтобы быть расщепленной и легко переваренной. Поскольку микроорганизмы являются жителями пищеварительной системы, они должны участвовать и влиять на функционирование пищеварительной системы и ее здоровье. Однако, когда качество корма низкое и возникают заболевания из-за пренебрежения экологическими и санитарными условиями и использования антибиотиков, все это влияет на кишечную микрофлору и ее баланс. После введения пробиотиков было обнаружено, что многообразие кишечной микрофлоры увеличивается (Мирошниченко О.Н. и соавторы, 2008). Это важно, так как значительный отход домашней птицы, например, вызван кишечными бактериальными инфекциями и увеличением количества патогенных бактерий в ЖКТ. После скармливания цыплятам-бройлерам *Bacillus subtilis* улучшились показатели роста, значительно снизилась смертность и желудочно-кишечные расстройства, такие как некротический энтерит, а также снизилось количество патогенных бактерий, таких как *Clostridium perfringens* и *Escherichia coli* в слепой кишке. Доля бифидобактерий и лактобацилл увеличилась, что привело к улучшению микробного баланса в кишечнике (Qiu K. и соавторы, 2021).

Пробиотики влияют на состояние пищеварительной системы. Они стимулируют рост кишечных ворсинок, которые играют важную роль в абсорбции питательных веществ. Это было подтверждено в исследовании Yu L. и соавторы (2019), где пробиотик *Enterococcus faecium* NCIMB был введен в рацион суточных цыплят-бройлеров. Это привело к увеличению количества молочнокислых бактерий

в кишечнике, длины кишечных ворсинок, улучшению эффективности пищеварения и веса. Исследователи достигли того же результата в другом эксперименте, но на этот раз у кур-несушек при использовании *Bacillus subtilis* улучшилось состояние кишечника, а в слизистой оболочке кишечника увеличилась активность каталазы на 64%, и общей супероксиддисмутазы на 8% в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки, а уровень МДА снизился на 34%, что является маркером для мониторинга состояния перекисного окисления липидов в организме, что снизило уровень окислительного стресса. Увеличилась масса яиц на 1,8%, и яичная продуктивность на 1,7%. Коэффициент конверсии корма снизился на 1%, а длина кишечных ворсинок в двенадцатиперстной кишке увеличилась на 33%, а в тощей кишке – на 8,6% (Chen J.F. и соавторы, 2020).

Микробы могут перерабатывать различные питательные вещества, включая белки, углеводы, жиры, минералы в пищеварительной системе и способствовать улучшению процессов пищеварения и усвоения за счет своих метаболитов и воздействия на ферменты (Ушакова Н.А. и соавторы, 2015). При использовании *Bacillus subtilis* были изменены условия ферментации и улучшена выработка щелочной протеазы, которая является одним из важнейших ферментов, помогающих переваривать белки и расщеплять их на пептиды и аминокислоты (Sun B. и соавторы, 2023). Пробиотики улучшают переваривание белков, использование *Bacillus subtilis* в корме для бройлеров снижает выбросы аммиака за счет улучшения переваривания и фиксации азота. Бациллы также производят молочную кислоту, которая подавляет рост патогенных бактерий, повышает кислотность кишечника и улучшает процессы пищеварения (Jeong J.S. и соавторы, 2014). При кормлении кур-несушек *Bacillus subtilis*, помимо улучшения яйценоскости на 3% и увеличения веса яиц на 3,4%, уменьшилось количество тонкоскорлупных и разбитых яиц на 14%, а толщина скорлупы увеличилась на 0,02 мм. Расход корма снизился на 3%. Это также увеличило срок годности яиц. После четырех недель хранения, по сравнению

с контрольной группой, вес яиц был на 0,4 г больше, высота белка яйца - на 0,01 мм, а вес белка яйца превысил контрольный на 0,6%. Прочность скорлупы увеличилась на 6%, а показатель Хау увеличился на 36%. Улучшился иммунитет, увеличилось содержание глобулина в сыворотке на 2%, IgM на 5% и IgG на 4%, а также эффективность процессов пищеварения. Сывороточный белок увеличился на 1,9%, альбумин на 1,4%, калий на 1,5%, кальций на 4,3% и фосфор на 16%. Уровень глутамат-оксалоацетаттрансаминазы в печени, которая является индикатором повреждения печени и сердца, снизился на 13% (Tsai M.Y. и соавторы, 2023).

При использовании *Bacillus licheniformis* DSM5749 у кур-несушек наблюдалось снижение потребления корма на 2,5%, но увеличилась яйценоскость на 2%, масса яиц на 0,28 г, снизился отход несушки на 20%, увеличилась активность липазы на 50%, глутатионпероксидазы на 43% и супероксиддисмутазы на 25%. Кроме того, длина кишечных ворсинок увеличилась на 1%, что способствовало лучшему перевариванию и усвоению питательных веществ. Уровень глюкозы в крови также снизился на 7%, поскольку глюкоза в крови является источником энергии, а пробиотики могут регулировать уровень глюкозы в крови либо путем стимуляции синтеза гликогена, либо через короткоцепочечные жирные кислоты, которые регулируют уровень глюкозы путем стимуляции гормона инсулина (Pan X. и соавторы, 2022). Использование *Bacillus licheniformis* у цыплят-бройлеров улучшило усвоение питательных веществ за счет повышения активности ферментов тонкой кишки (мальтазы на 44%, сахаразы на 22% и α -амилазы на 7%). В подвздошной кишке мальтазы увеличилось на 25%, сахаразы на 27% и α -амилазы на 32%. Иммунитет также был усилен, со снижением экспрессии “воспалительных” генов: IL-1 β на 20%, IL-8 на 25% и IL-10 на 20%. Наблюдалось улучшение барьерной функции кишечника, с увеличением уровней мРНК для генов плотных контактов, которые играют роль в поддержании целостности барьера: клодина-1 на 30%, ZO-1 на 25% и муцина-2 на 20%. Это способствовало поддержанию баланса кишечной

микрофлоры, что было достигнуто за счёт значительного увеличения количества полезных кишечных бактерий. Отмечено увеличение количества *Proteobacteria* и *Firmicutes* (на 16,81% и 73,94%), соответственно. Также увеличилось количество *Peptostreptococcus*, *Sphingomonas* и *Lactobacillus* - на 26,92%, 5,39% и 22,97%, соответственно ($P > 0,95$), при этом снижалось количество *Staphylococcus aureus*, *Bacteroides* и *Vibrio cholerae* (Han Y. и соавторы, 2023).

У птиц короткая жизнь, поэтому их рацион рассчитан на максимальное потребление питательных веществ за короткий период времени для достижения оптимального роста. Однако это не всегда работает; иногда такое кормление может нарушить баланс микробиоты кишечника, и птица не обязательно может получить пользу от увеличенного потребления питательных веществ. Однако после введения пробиотиков ферменты, которые они продуцируют, помогают восстановить этот баланс, воздействуя на полезные бактерии, стимулируя их рост и размножение и конкурируя с патогенными бактериями. Это поддерживает кишечный барьер, укрепляет иммунитет и уменьшает уровень воспалительных процессов. Эти ферменты также расщепляют питательные вещества, облегчая их переваривание и усвоение, тем самым максимизируя использование корма. У несушек кросса Браун Ник при использовании *Bacillus subtilis* было отмечено значительное улучшение функции пищеварительной системы, а также устойчивость ко многим патогенам, увеличение яйценоскости на 0,52% и повышение сохранности на 0,31%, что привело к снижению потерь птицы и, таким образом, поддержанию качества жизни птицы и интенсивности производства (Агеев Б.В. и соавторы, 2022).

B. subtilis и *B. licheniformis*, входящие в составе пробиотика Басулифор-С, после попадания в пищеварительную систему являются основным источником для производства и стимуляции многих ферментов, которые помогают в переваривании и усвоении питательных веществ, даже тех, которые трудно перевариваются, тем самым увеличивая их использование и достигая лучшей яичной продуктивности и

качества яиц. Следовательно, данные бациллы могут эффективно использоваться в низкопитательных рационах, что позволяет снизить затраты на корм (Бетляева Ф. и соавторы, 2018). Введение пробиотика Басулифор-С в рацион родительского стада несушек породы Ломанн белый способствовало повышению показателей неспецифического иммунитета за счет повышения концентрации иммуноглобулинов в крови на 26%, увеличения лизоцимной активности на 63%. Это способствовало увеличению производства инкубационных яиц у кур на 2,33%, увеличению массы яиц на 0,7 г и выхода кондиционных цыплят на 4,3% и повышению сохранности на 3,26% по сравнению с контрольной группой. Кроме того, препарат оказал положительное влияние на инкубационные качества яиц, повысив содержание каротиноидов на 2,13 мкг/г, витаминов А - на 0,18 мкг/г и Е на 0,29 мкг/г, а также снизил процент неоплодотворенных яиц на 3% (Величко О. и соавторы, 2022).

При производстве яйца важно обращать внимание на фазовое кормление для повышения экономической эффективности. После достижения пика яйценоскость начинает снижаться, а производственный цикл занимает больше времени. На это влияют многие условия, такие как снижение эффективности процессов пищеварения, или даже способность противостоять патогенам и внешним условиям. Это не только снижает продуктивность, но и качество производимых яиц, тем самым влияя на экономическую эффективность на более поздних стадиях производства (Маркин Ю.В. и соавторы, 2024). Чтобы избежать этого, эффективным является использование пробиотиков в кормах для птицы, особенно, на поздних стадиях содержания несушки, что изменяет в лучшую сторону структуру микробиоты кишечника, улучшает яичную продуктивность, качество скорлупы и конверсию корма. Когда пробиотик Басулифор-С использовался в корме для кур-несушек кросса «Ломанн белый» в третьей фазе, это привело к увеличению продолжительности использования несушки с 560 до 620 дней (Маркин Ю.В. и соавторы, 2023). Пробиотик *Enterococcus faecium* увеличил яйценоскость на 0,3% с

начала эксперимента до 9 недель и на 2% с 10 до 18 недель, толщину яичной скорлупы на 0,2% на 9-й неделе и до 1,8% на 18-й неделе по сравнению с контрольной группой, и увеличил усвоение питательных веществ, а также снизил выделение аммиака из помета у кур-несушек за счет улучшения усвоения азота (Park J.W. и соавторы, 2016). Качество яичной скорлупы может быть ухудшено из-за плохого всасывания кальция в кишечнике, что, в свою очередь, снижает отложение карбоната кальция и его использование в яичной скорлупе. Увеличение кальция в корме для птиц может улучшить всасывание кальция, но не всегда. Использование пробиотика *Bacillus subtilis* у кур-несушек в возрасте 72 недель улучшило эффективность усвоения питательных веществ в кишечнике, включая кальций, длину ворсинок на 10%, снизило кислотность кишечника. Это увеличило отложение кальция в скорлупе и улучшило качество яиц. Также было обнаружено, что после его использования снизились коэффициенты конверсии корма на 3%, повысились уровни сывороточного кальция до 0,04 % и увеличились уровни мРНК кальбиндина-D28k, белка, который влияет на транспорт кальция. Яйценоскость увеличилась на 0,6%, масса яйца - на 0,4%, толщина скорлупы на 79 неделе увеличилась до 0,4 мм, прочность скорлупы - на 2,2%, содержание кальция в яичной скорлупе увеличилось на 8% (Wang J. и соавторы, 2021).

Яичники играют ключевую роль в производстве яиц, и любые патологические изменения, которые могут в них произойти, влияют на яйценоскость, а, следовательно, на экономическую эффективность производства яйца. Пробиотики могут влиять на функциональную активность яичников. Например, при использовании в кормах кур-несушек *Bacillus amyloliquefaciens* повышал сывороточные концентрации ФСГ на 82%, прогестерона на 9% и лютеинизирующего гормона на 14%, то есть гормонов, которые влияют на производство яиц. Стресс также снижался у птиц, при этом снижались сывороточные уровни АКТГ на 45%, и кортикостерона на 9%, что привело к

повышению яйценоскости на 2%, веса яиц на 0,9% и улучшению качества яиц, поскольку высота белка яйца увеличилась на 7%, единиц Хау на 3,5%, прочность скорлупы яйца на 13%, а толщина скорлупы увеличилась на 0,041 мм (Zhou Y. и соавторы, 2020).

Помимо улучшения продуктивности, пробиотики доказали свою способность решать проблемы с пищеварением, а также свою антагонистическую активность ко многим микробам, которые наносят вред пищеварительной системе, таким как шигелла, протей, кишечная палочка, стафилококк и псевдомонада. Пробиотики также могут снижать уровень падежа кур-несушек, что подтверждается многочисленными исследованиями. Например, при использовании пробиотика Басулифор-С на курах-несушках, сохранность увеличилась на 0,55%, а яйценоскость увеличилась на 0,46%. За счет снижения в рецепте доли дорогостоящих компонентов средневзвешенная цена комбикорма опытной группы была на 284,6 руб./т ниже, чем цена комбикорма контрольной группы. В опытной группе на 0,03 руб. была ниже стоимость кормового дня несмотря на некоторое увеличение расхода корма (Маркин Ю.В. и соавторы, 2023).

Температура является фактором, который необходимо учитывать при выращивании кур-несушек, поскольку их иммунитет и продуктивность снижаются, и они восприимчивы к тепловому стрессу. В этих неблагоприятных условиях клетки противостоят стрессу, вырабатывая белки теплового шока (HSP), которые защищают клетку от повреждения или смерти. *B. subtilis* может стимулировать продукцию трех типов белков стресса в зависимости от механизма их действия (Hecker M. и соавторы, 1996). *B. licheniformis* подобно *B. subtilis* подавляет гены поглощения железа, избыток железа в клетке может вызывать окислительное повреждение, таким образом, бактерии регулируют баланс железа в клетке и профилактируют тепловой стресс у несушек (Nielsen A.K. и соавторы, 2010).

1.2.2. Влияние *Clostridium butyricum*

Здоровая кишечная система имеет основополагающее значение для эффективного переваривания и усвоения питательных веществ, надежной иммунной системы и устойчивости к патогенам при выращивании птицы. Однако домашняя птица часто подвергается воздействию различных стрессовых факторов, таких как тепловой стресс, инфекции, микотоксины и другие вредные вещества, которые могут нарушить структуру и функцию слизистой оболочки кишечника и его защитного барьера. В данном случае особый интерес представляет споровая бактерия *Clostridium butyricum*, которая является продуцентом масляной кислоты и способна улучшить состояние слизистой кишечника и значительно повысить усвоение кальция, что критично для несушки на поздних сроках эксплуатации.

Доказано, что добавление в рацион птицы *Clostridium butyricum* способствует развитию и здоровью желудочно-кишечного тракта. Этот пробиотик улучшает морфологию и структуру кишечника, а также стимулирует секрецию пищеварительных ферментов. Исследования показывают, что *C. butyricum* положительно влияет на целостность слизистой оболочки кишечника, способствуя развитию ворсинок, увеличивая их высоту (VN), уменьшая глубину крипт (CD) и улучшая соотношение высоты ворсинок к глубине крипт (VCR). Например, Obianwuna U. E. и соавторы (2022) обнаружили, что пищевые добавки с *C. butyricum* значительно увеличивали высоту ворсинок на 408,85 и 247,83 мкм соответственно, ширину ворсинок на 66,73 и 26,18 мкм соответственно, площадь поверхности на 0.44, 0.19 мм² и VCR на 90% и 53 %, одновременно снижая уровень CD на 42,2 и 31,8 мкм у кур-несушек. Аналогичным образом, Xu X. и соавторы (2021) сообщили, что в то время как патогенная *C. perfringens* повреждает структуру кишечника у бройлеров, добавки *C. butyricum* могут восстановить морфологию кишечника. Эти структурные улучшения повышают всасывающую способность кишечника, что приводит к лучшему усвоению питательных веществ.

Благотворное влияние *C. butyricum* на морфологию кишечника во многом объясняется его высокой способностью вырабатывать масляную кислоту. Масляная кислота служит непосредственным источником энергии для роста и восстановления кишечных ворсинок и эпителиальных клеток, играя важную питательную роль в развитии кишечника. Кроме того, *C. butyricum* стимулирует секрецию ключевых пищеварительных ферментов, включая щелочную фосфатазу, амилазу, протеазу, трипсин и липазу, которые способствуют расщеплению крахмала, жиров, белков и других антипитательных веществ. Это, в свою очередь, повышает эффективность переваривания и усвоения питательных веществ.

Clostridium butyricum повышает антиоксидантную способность кишечника. Продуктивность кур ухудшается, когда возникает дисбаланс между антиоксидантами и активными формами кислорода, что приводит к оксидативному стрессу. Многочисленные исследования показали, что добавление в рацион птицы *Clostridium butyricum* эффективно снижает уровень маркеров окислительного стресса в тканях кишечника. Например, Xiang Q. и соавторы (2019) сообщили, что включение *C. butyricum* в корм привело к снижению концентрации активных форм кислорода (АФК) как в подвздошной кишке (с 4,12 Ед/мл до 3,57 Ед/мл), так и в слепой кишке (с 3,81 Ед/мл до 3,08 ед/мл), а также снижению уровня малонового диальдегида (MDA) в сыворотке крови кур-несушек (с 16,82 нмоль/мл до 13,40 нмоль/мл). Аналогичным образом, Li Z. и соавторы (2023) сообщили, что у бройлеров, получавших *C. butyricum*, значительно повысилась активность супероксиддисмутазы (SOD) в сыворотке крови (с 83,85 ЕД/мл до 90,90 ЕД/мл на 21 день и со 117,2 ЕД/мл до 128,1 ед/мл на 42 день) и общего антиоксидантного потенциала (Т-АОС) (с 0,68 ед/мл до 0,71 ЕД/мл через 42 дня), сопровождающийся заметным снижением уровня MDA (с 4,15 нмоль/мл до 3,67 нмоль/мл через 42 дня). Более того, эта добавка усиливала экспрессию мРНК ядерного фактора эритроид 2, связанного с фактором 2 (Nrf2) и SOD1, в слизистой оболочке тощей кишки. Nrf2 является фактором транскрипции, который играет важную роль в поддержании

клеточного окислительно-восстановительного гомеостаза, модулируя реакцию на окислительный стресс. Антиоксидантные ферменты, такие как супероксиддисмутаза, каталаза (CAT), играют решающую роль в уничтожении АФК, уменьшении окислительного повреждения и сохранении клеточного окислительно-восстановительного равновесия. В совокупности эти данные свидетельствуют о том, что *C. butyricum* смягчает окислительные повреждения в кишечнике домашней птицы, активируя сигнальный путь Nrf2. Когда *Clostridium butyricum* использовали на суточных цыплятах-бройлеров, было замечено, что он увеличивает антиоксидантную активность, тем самым защищая ненасыщенные жиры от перекисного окисления и предотвращая перекисное окисление липидов. MDA печени снизился до 15,6%, гормон роста (GSH) увеличился на 2%, а уровень сывороточного холестерина снизился на 14%, триглицеридов - на 22%, HDL-C на 8,7%, и LDL -C на 1,9%. Это вызвало уменьшение жировой прослойки, рост мышечной массы и повышение выработки жирных кислот, включая гондоевую кислоту на 4%, эйкозапентаеновую и эйкозатетраеновую кислоты на 23%, а также дигомо-гамма-линоленовую кислоту (DGLA) на 57%, что привело к улучшению качества мяса (Liao X. и соавторы, 2015).

В птицеводстве патогенные микроорганизмы, такие как кишечная палочка (*E. coli*), сальмонелла и *Clostridium perfringens*, обычно угрожают здоровью кишечника, повышая его проницаемость и повреждая слизистый барьер. Эти сбои часто приводят к значительным экономическим потерям в птицеводстве. Например, исследование, проведенное Zhang L. и соавторы (2016), показало, что у бройлеров, инфицированных *E. coli* были значительно повышены уровни эндотоксина в сыворотке крови (0,252 ЕД/мл в начале эксперимента, увеличившись до 0,380 ЕД/мл через 21 день) и активность диаминоксидазы (DAO) (увеличившись до 3,952 ед/мл через 21 день с 0,819 ЕД/мл), что указывает на нарушение целостности кишечного барьера.

Обширные исследования показали, что *Clostridium butyricum* оказывает благоприятное воздействие на слизистый барьер кишечника домашней птицы посредством нескольких механизмов, во-первых, снижая проницаемость кишечника. Проницаемость кишечника определяется избирательным прохождением веществ через эпителий кишечника, что является критическим фактором в поддержании барьерной функции. Повышенная проницаемость способствует проникновению патогенов и токсинов, что приводит к воспалению, нарушению роста и повышенной восприимчивости к болезням. Zhang L. и соавторы (2016) обнаружили, что кормовые добавки с *C. butyricum* значительно снижали уровень эндотоксина в сыворотке крови (0,380 ЕД/мл против 0,304 ЕД/мл через 21 день) и уровень DAO (3,952 ЕД/мл против 2,419 ед/мл через 21 день), что свидетельствует о снижении повреждения слизистой оболочки, вызванного *E. coli*. Аналогичным образом, Ху Х. и соавторы (2021) наблюдали, что у цыплят-бройлеров, зараженных *C. perfringens* и получавших *C. butyricum*, повышалась эффективность всасывания питательных веществ в кишечнике, а также снижался поток флуоресцеина изотиоцианата–декстрана, что указывает на улучшение целостности кишечного барьера. Улучшенная барьерная функция ограничивает проникновение вредных веществ, таких как бактерии и токсины, в системный кровоток, одновременно способствуя усвоению питательных веществ, тем самым повышая эффективность кормления и снижая падеж птицы. После использования *Clostridium butyricum* у кур-несушек падежа не наблюдалось во время эксперимента, что сопровождалось повышением яйценоскости на 3,7% и массы яиц на 2.2% (Obianwuna U.E. и соавторы, 2022).

Во-вторых, при использовании *C. butyricum* отмечается усиление регуляции белков, обеспечивающих защитные связи в кишечнике. Белки, включая клаудин-1 и окклюдин, являются неотъемлемой частью защиты эпителиального барьера кишечника от патогенной инвазии. Zhao X. и соавторы (2020) продемонстрировали, что использование *C. butyricum* значительно повышало экспрессию гена ZO-1 у

бройлеров, инфицированных сальмонеллезным энтеритом (через 6 дней после заражения), и в клетках кишечного эпителия кур (через 6 часов после заражения). Более того, Li W. и соавторы (2021) сообщили, что 42-дневный рацион кормления, содержащий *C. butyricum* масляная кислота ($1 \times 10,9$ кое/кг) заметно повышает экспрессию мРНК клаудина-1 и ZO-1 в подвздошной кишке цыплят-бройлеров.

В-третьих, *C. butyricum* стимулирует дифференцировку бокаловидных клеток и секрецию муцина. Бокаловидные клетки выделяют муцины (MUCs), которые образуют защитный слой слизи, необходимый для защиты кишечника. Zhao X. и соавторы (2020) обнаружили, что *C. butyricum* облегчает состояние кишечника у бройлеров, инфицированных сальмонеллезным энтеритом, путем усиления экспрессии мРНК MUC-2. Кроме того, Xu L. и соавторы (2021) наблюдали, что у цыплят-бройлеров, которых кормили *C. butyricum* (1×10^9 КОЕ/кг) в течение 28 дней, наблюдалось значительное увеличение числа, длины и плотности бокаловидных клеток в сочетании с повышением уровня мРНК MUC-2 в подвздошной кишке.

Кишечный эпителий функционирует не только как физический барьер, но и как важнейший компонент врожденной иммунной системы, вырабатывая иммунные тела и способствуя взаимодействию иммунных клеток. Когда этот слизистый барьер нарушен, могут проникать вредные грамотрицательные бактерии; однако секреторный иммуноглобулин А (sIgA), вырабатываемый плазматическими клетками слизистой оболочки кишечника, играет ключевую роль в предотвращении такой бактериальной инвазии и повреждения. Исследования показывают, что *C. butyricum* может стимулировать секрецию sIgA в кишечнике, тем самым укрепляя иммунный барьер кишечника. Этот эффект особенно важен для домашней птицы, где здоровье кишечника напрямую влияет на рост и устойчивость к болезням. Кроме того, *C. butyricum* стимулирует выработку противовоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-10 (IL-10) и трансформирующий фактор роста-бета (TGF- β), которые помогают подавлять чрезмерное воспаление и поддерживают

восстановление тканей. Например, Zhao X. и соавторы (2020) и Zhang X. и соавторы (2022) показали, что *C. butyricum* значительно ингибирует выработку провоспалительных цитокинов, таких как IL-1 β , IL-6, IL-8, интерферон (IFN- γ) и TNF- α , таким образом, облегчают воспалительные процессы в кишечнике, вызванные сальмонеллой у бройлеров. Аналогичным образом, Li W. и соавторы (2021) показали, что *C. butyricum* значительно снижал уровни экспрессии провоспалительных цитокинов (IL-1 β и TNF- α), что уменьшало воспалительные повреждения кишечника у цыплят-бройлеров. Хотя иммуномодулирующие механизмы *C. butyricum* являются общими, их эффекты могут быть видоспецифичными. Это связано с тем, что состав кишечной микробиоты у разных пород домашней птицы различается из-за различий в генетическом происхождении, физиологических характеристиках и методах выращивания (Kogut M.H., 2013), что может повлиять на колонизацию экзогенных микроорганизмов (таких как *C. butyricum*) в желудочно-кишечном тракте.

В то же время *C. butyricum* ингибирует такие провоспалительные цитокины, как IL-1 β , IL-6 и фактор некроза опухоли-альфа (TNF- α), способствуя сбалансированному иммунному состоянию. Например, *C. butyricum* может ингибировать сигнальный путь toll-подобного рецептора 4 (TLR4), таким образом, играя защитную роль при индуцированном сальмонеллой воспалении кишечника у бройлеров (Zhao X. и соавторы, 2020; Zhao X. и соавторы, 2017). Li Z. и соавторы (2023) показали, что *C. butyricum* ослабляла воспалительную реакцию кишечника у цыплят-бройлеров путем ингибирования активации NF- κ B, что проявлялось в снижении экспрессии TNF- α и повышении экспрессии противовоспалительного цитокина IL-10. Zhao X. и соавторы (2020; 2017) было показано, что *C. butyricum* снижала экспрессию провоспалительных факторов (IFN- γ , IL-1 β , IL-8, TNF- α) путем ингибирования пути TLR4-миелоидного фактора дифференцировки 88 (MyD88)-NF- κ B, тем самым ослабляя воспалительную реакцию кишечника бройлеров, вызванную сальмонеллезной инфекцией.

Снижение яйценоскости может быть связано с иммунным статусом и повышением уровня воспалительных цитокинов и хемокинов. Качество яиц также может зависеть от состояния костей, в которых хранятся минералы, которые будут включены в яичную скорлупу. Использование бутирата кальция, продукта ферментации *Clostridium butyricum*, у коричневых кур после пика яйцекладки увеличило количество фолликулов в яичниках на 12% и качество яиц, вес яиц увеличился на 2%, яйценоскость - на 1,6%, толщина скорлупы - на 0,01 мм, прочность скорлупы - на 7% по сравнению с контрольной группой. Это было связано с улучшением иммунного статуса у кур-несушек, получавших рацион, содержащий бутират кальция, наблюдалось снижение уровня провоспалительного цитокина IL-1 на 6% и TNF- α на 7%, повышение уровня IgA на 13% и повышение концентрации противовоспалительного цитокина TGF- β на 8,5%. (Zhang H. и соавторы, 2024).

Clostridium butyricum играет решающую роль в регулировании микробиоты кишечника домашней птицы. Он способствует размножению полезных бактерий, таких как лактобактерии и бифидобактерии, которые естественным образом присутствуют в желудочно-кишечном тракте, и одновременно подавляет рост патогенных бактерий, включая сальмонеллу, кишечную палочку, кампилобактерию и *Clostridium perfringens*. Это двойное действие способствует снижению заболеваемости домашней птицы дизентерией. Полезные свойства пробиотика *Clostridium butyricum* в значительной степени обусловлены ее способностью продуцировать жирные кислоты с короткой цепью (SCFA), особенно масляную кислоту. Этот метаболит снижает pH в кишечнике, создавая неблагоприятную среду для вредных бактерий и тем самым улучшая микробный состав кишечника. Кроме того, было показано, что масляная кислота активирует ген AVBD-9 в иммунных клетках, таких как макрофаги, клетки костного мозга и моноциты, и повышает экспрессию генов защитных пептидов организма, включая AVBD-9, AVBD-10, AVBD-14 и кателицидин B1, в кишечнике птицы. Все эти эффекты в совокупности

помогают предотвратить проникновение внешних патогенных микроорганизмов (Sunkara L.T. и соавторы, 2011; Kim D.M. и соавторы, 2024).

В дополнение к своим метаболическим эффектам, *C. butyricum* действует как пробиотик, конкурируя с патогенными микробами за места прикрепления в кишечнике, тем самым препятствуя их колонизации. Например, исследование, проведенное Yang C.M. и соавторы (2012), показало, что добавление в рацион бройлеров 2×10^7 или 3×10^7 КОЕ/кг *C. butyricum* значительно уменьшило популяцию вредных бактерий (кишечной палочки, сальмонеллы и *C. perfringens*) при одновременном увеличении количества полезных бактерий, таких как сам *C. butyricum*, лактобактерии и бифидобактерии в подвздошной кишке.

Clostridium butyricum повышает эффективность производства птицеводческой продукции. Формирование оптимальной структуры и морфологии кишечника способствует выработке пищеварительных ферментов, что, в свою очередь, улучшает переваривание и усвоение питательных веществ (Zhang L. и соавторы, 2016). Включение *Clostridium butyricum* в рацион домашней птицы продемонстрировало положительный эффект как для бройлеров, так и для кур-несушек. Добавление *Clostridium butyricum* способствует улучшению пищеварения и усвоения за счёт повышения интенсивности липидного обмена и усиления окисления жирных кислот посредством увеличения синтеза желчных кислот, что снижает отложение жира и улучшает качество куриного мяса. *Clostridium butyricum* также увеличивает активность ферментов липазы, амилазы и протеазы, а также регулирует активность транспортеров питательных веществ в кишечнике, что стимулирует обменные процессы, улучшает эффективность пищеварения и увеличивает скорость роста. Бактерия увеличивает выработку масляной кислоты, которая улучшает состояние слизистой кишечника, повышает иммунитет, стимулируя иммунные клетки к секреции цитокинов. *Clostridium butyricum* также увеличивает процент оплодотворенных яйцеклеток, длину кишечных ворсинок и уменьшает риск воспаления в кишечнике (Liu M. и соавторы, 2023).

Аналогичным образом, у кур-несушек на рационе с *C. butyricum* повышается яйценоскость на 7%, увеличивается масса яиц на 8,7%, а также снижается соотношение корма и яиц на 11%. После использования *Clostridium butyricum* у кур-несушек в возрасте 48 недель улучшилось качество яиц и прочность скорлупы повысились на 48%, а толщина скорлупы увеличилась на 0,03 мм, единицы Хау на 7,5%, и цвет желтка на 7,6 %, а также увеличилось содержание альбумина на 17 %. Это может быть связано с повышением уровня иммуноглобулина А до 81%, Ig G до 47% и Ig М до 90%, увеличением общего сывороточного белка на 35%, альбумина на 16% и кальция на 19%; снижением концентрации мочевой кислоты на 30%; увеличением количества полезных микробов в кишечнике, таких как *Bifidobacterium*, на 29% и снижением количества вредных бактерий, таких как *Escherichia coli*, на 12%. Она также оказывает влияние на антиоксиданты, увеличивая активность супероксиддисмутазы на 18%, глутатионпероксидазы на 16% и каталазы на 59%, что способствовало повышению иммунитета, антиоксидантной активности и улучшению микрофлоры кишечника (Zhan H.Q. и соавторы, 2019).

Повышение продуктивности птицы с помощью *C. butyricum* может быть обусловлено несколькими факторами: она ферментирует и расщепляет непереваренные пищевые волокна в кишечнике с образованием короткоцепочечных жирных кислот, таких как масляная кислота, которые обеспечивают клетки кишечника энергией, способствуют росту ворсинок и улучшают переваривание и всасывание питательных веществ, повышая производительность; стимулирует выработку пищеварительных ферментов (амилазы, протеазы, липазы), которые расщепляют углеводы, белки и липиды, повышая усвояемость питательных веществ и эффективность корма; и поддерживает здоровый кишечный барьер.

Изолированное применение *Clostridium butyricum* продемонстрировало благоприятное воздействие на рост птицы, однако его совместное применение с другими пробиотиками или функциональными веществами, по-видимому, оказывает синергетическое воздействие на показатели роста. Например, Zeng X. и соавторы

(2021) сообщили, что кормовые добавки с пробиотическим комплексом из нескольких штаммов, включающим *C. butyricum*, *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, значительно улучшают здоровье бройлеров, показатели роста, иммунную функцию и модулируют структуру микробного сообщества слепой кишки. Аналогичным образом, Zhang Q. и соавторы (2023) обнаружили, что пробиотическая смесь *C. butyricum* и *B. subtilis* эффективно улучшает показатели роста и качество мяса цыплят-бройлеров, а также влияет на микробиологический состав их выделений, что имеет существенное значение для производства мяса птицы. Однако важно понимать, что эффективность комбинаций пробиотиков может варьироваться в зависимости от нескольких факторов, включая штаммы и дозировки пробиотиков, породу птицы и условия окружающей среды во время выращивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ

Пробиотики имеют богатую историю развития, а также эволюционирующие концепции, касающиеся их определения, классификации и использования. Классификация пробиотиков включает широкий спектр родов и видов, при этом особое внимание уделяется спорообразующим организмам, таким как определенные штаммы *Bacillus* и *Clostridium*. Понимание механизмов их действия от конкурентного устранения возбудителя болезни, иммуномодуляции до усиления барьерной функции кишечника, дает научное обоснование для их использования в охране здоровья животных и птицы. Были усовершенствованы процессы производства пробиотиков с акцентом на обеспечение жизнеспособности и стабильности, особенно в кормах и условиях окружающей среды, с которыми приходится сталкиваться при выращивании птицы.

Споровые пробиотики, такие как *Bacillus spp.* и *Clostridium butyricum*, демонстрируют устойчивость к стрессовым воздействиям окружающей среды и способность колонизировать желудочно-кишечный тракт птиц. Исследования показывают, что пробиотики на основе бацилл могут улучшить показатели роста, здоровье кишечника и иммунную функцию птицы, часто выступая в качестве потенциальной альтернативы антибиотикам, стимулирующим рост. Также было показано, что *Clostridium butyricum* оказывает положительное влияние на морфологию кишечника, качество яйца на финальных фазах содержания несушки, снижает количество патогенов и улучшает усвоение питательных веществ, хотя исследования все еще продолжаются, и результаты могут варьироваться в зависимости от вида птицы, рациона питания и методов содержания.

Применение спорообразующих пробиотиков в птицеводстве является перспективным подходом к улучшению здоровья и продуктивности птицы, улучшения экономической эффективности производства птицеводческой продукции.

Недостаточно изученным остается вопрос влияния споровых пробиотиков на процессы пищеварения у птицы, в частности у кур-несушек. Важным представляется изучение влияния споровых пробиотиков у яичной птицы на качество яйца и его технологические характеристики. Требуется тщательная проработка экономической эффективности применения споровых пробиотиков в яичном производстве, так как этому моменту уделяется недостаточное внимание в проводимых исследованиях. Область применения пробиотиков в птицеводстве продолжает развиваться и у спорообразующих пробиотиков есть прочная научная база для подтверждения их физиологической и практической целесообразности применения.

.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа по теме исследования проводилась в 2 этапа.

Первый этап – физиологический эксперимент был проведен на виварии ВНИИФБиП г Боровск.

Второй этап - производственный опыт провели на ПАО «Птицефабрика «Боровская» и ЗАО «Птицефабрика «Пышминская» Тюменской области.

2.1. Характеристика опытных площадок

Виварий Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных (ВНИИФБиП) представляет собой площадку для проведения научных исследований и расположен в Калужской области, г. Боровск. Это современная ферма, которая содержит множество отделов и помещений, оснащенных современным оборудованием для содержания различных животных и птицы и для проведения различных исследований.

АО «Птицефабрика «Боровская» – основана в 1963 году, предприятие известно не только в России, но и за рубежом. За успехи в развитии птицеводства оно удостоено многочисленных наград. Расположена в экологически чистом районе (Тюменская область, Тюменский район, рп. Боровской) с климатом с выраженной сезонностью: холодной зимой и теплым летом. Зима длительная, морозная, со средними температурами января от -16°C до -20°C . Лето сравнительно короткое, теплое, средняя температура июля - около $+18...+20^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков - 400–500 мм, большая часть выпадает летом. Поэтому фабрика уделяет большое внимание сбалансированному кормлению и микроклимату в помещениях. Такие климатические условия требуют особого подхода к содержанию и выращиванию птицы, в том числе использование современных технологий для поддержания

оптимального микроклимата в птичниках, чтобы обеспечить высокую продуктивность и здоровье поголовья. Птицефабрика обладает замкнутым циклом производства: выращивание птицы, производство и хранение зерна, изготовление комбикормов, переработка и упаковка продукции. На предприятии более 40 структурных подразделений, площадь комплекса - около 250 гектаров. Численность персонала достигает примерно 2,5 тысяч человек. Компания сертифицирована по международному стандарту ISO 9001, что подтверждает высокое качество менеджмента и продукции. Является одной из крупнейших яичных птицефабрик с поголовьем несушки на 2024 год в 3,6 млн голов.

ЗАО «Птицефабрика «Пышминская» – крупное сельскохозяйственное предприятие, основано в 1968 году и расположено в Тюменской области, Тюменском районе, Онохинское муниципальное образование. Проведена реконструкция птицеводческих корпусов, собственное производство кормов. Раньше производило мясо утки, а теперь специализируется на яичном птицеводстве, имея около 945 000 кур-несушек породы Ломан белый и производя около 330 миллионов яиц в год.

2.2. Характеристика изучаемых кормовых добавок «Басулифор-С» и «*Clostridium butiricum*»

Объекты исследования В качестве объектов исследования для определения продуктивного и экономического эффекта на яичной птице использовали пробиотические споровые препараты «Басулифор-С» и *Clostridium butiricum*.

Кормовая добавка «Басулифор-С» представляет собой порошок бежевого цвета и содержит спорообразующие бактерии рода *Bacillus subtilis* ВКМБ-1601Д/ВКМ В-2250Д и *Bacillus licheniformis* В -1602/ВКМ В-2252 Д (соотношение 1:1) в количестве не менее 2×10^9 КОЕ (колониеобразующих единиц) в 1 г и наполнитель (известняковая мука).

Спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, используемые для изготовления кормовой добавки «Басулифортм-С», отличаются высокой устойчивостью к пищеварительным сокам и ферментам желудочно-кишечного тракта животных и обладают антагонистической активностью в отношении грамотрицательной и грамположительной патогенной и условно-патогенной микрофлоры (Таблица 1).

Таблица 1– Показатели антагонистической активности бацилл к патогенной микрофлоре

№ п/п	Тест штамм	Диаметр зон подавления роста, мм, тест культур на блоках/штрихах изолята	
		<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
1	<i>Salmonella enteritidis</i> 237	10/9	10/9
2	<i>Escherichia coli</i> 3R	11/10	11/10
3	<i>Yersinia pseudotub.</i> 693	20/14	15/13
4	<i>Yersinia enterocolitica</i> 03	12/10	13/12
5	<i>Pasteurella multocida</i> 1231	11/9	11/10
6	<i>Listeria monocytogenes</i> 776	15/11	13/11

• *Данные представлены производителем препарата*

Ферменты, продуцируемые каждой бактерией (амилилотические, протеолитические, целлюлозолитические, липолитические, ксиланаза и фитаза), повышают эффективность усвоения питательных веществ корма в ЖКТ (Таблица 2).

Один из существенных выводов по способности бацилл синтезировать ферменты во внешнюю среду заключается в том, что бактерии являются живыми фабриками ферментов. Причем фабрика, которая живет, самовоспроизводится в желудочно-кишечном тракте птицы и в значительной степени усиливает энзиматический комплекс хозяина.

Таблица 2 – Ферментативная активность бацилл *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*

Бактерия	Энзиматическая активность бацилл, ед/млн клеток						
	амилаза	липаза	протеаза	бета- глюканаза	целлюлаза	ксиланаза	Фитаза
<i>B. subtilis</i>	0,050	0,372	0,640	0,032	0,014	0,122	0,0037
<i>B. licheniformis</i>	0,058	0,397	0,294	0,047	0,037	0,106	0,0025

Данные представлены производителем препарата

Исследования по определению энзиматической активности бацилл показали, что разные виды бацилл обладают специфической активностью к разным субстратам. У субтилиса протеолитическая активность в 2 раза выше, чем у лихениформиса, а у последнего в 1,5-2 раза выше глюканазная и целлюлазная активность.

Применение препарата повышает естественную резистентность организма птицы, восстанавливает уровень полезной микрофлоры кишечника до физиологической нормы, повышает продуктивность, сохранность и улучшает конверсию корма.

Кормовая добавка *Clostridium butyricum* - это строго анаэробная эндоспорообразующая грамположительная бактерия, вырабатывающая масляную кислоту.

Таблица 3 – Качественные характеристики добавки *Clostridium butyricum*

Показатель	Характеристики
Органолептика	Порошок бежевого цвета с специфическим запахом продуктов брожения
Влажность, %	6,1
<i>Clostridium butyricum</i>	$2,0 \cdot 10^9$
Производитель	Nanchang Lifeng Industry and Trading Co, Ltd, Китай

Она редко рассматривается как патоген для человека и широко используется в качестве пробиотика в Японии, Корее и Китае. Добавление *Clostridium butyricum* в корма кур-несушек эффективно способствует пролиферации бифидобактерий и сдерживает пролиферацию кишечной палочки, улучшает качество скорлупы и функцию яичников (Wang Y. и соавторы, 2023).

Общая схема исследований и изучаемые показатели представлены на Рисунке 1.

2.3. Методы исследований

1 этап - физиологический опыт на базе вивария ВНИИФБиП г Боровск.

Целью исследований являлось определение эффективности применения пробиотических споровых препаратов «Басулифор-С» и *Clostridium butyricum* в кормлении яичной несушки в возрасте 50 недель.

Задачи исследований:

- Определить влияние пробиотических споровых бактерий *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и *Clostridium butyricum* на переваримость и усвоение питательных веществ рациона курами в возрасте 50 недель.
- Изучить качество скорлупы у несушки в возрасте 50 недель.
- Определить влияние споровых пробиотических бактерий *Bacillus* и *Clostridium butyricum* на показатели неспецифического иммунитета кур-несушек.
- Определить влияние споровых пробиотических бактерий *Bacillus* и *Clostridium butyricum* на показатели межуточного обмена веществ.
- Определить зоотехническую эффективность споровых пробиотических бактерий.

Эффективность применения спорообразующих бактерий в кормлении яичных кур-несушек								
Объект исследования: споровые пробиотический препарат Басулифор-С и пробиотическая бактерия <i>Clostridium butyricum</i>.								
Научный физиологический опыт					Научный производственный опыт			
Контрольная 1 Основной рацион (ОР)	1 опытная ОР+Басулифор-С	2 опытная ОР+ <i>C. butyricum</i>	3 опытная ОР+ Басулифор-С +<i>C. butyricum</i>	Контрольная Основной рацион (ОР)	Опытная ОР+ Басулифор-С 200 г/1000 кг корма			
Изучаемые показатели								
Переваримость питательных веществ	Определение обменной энергии	Динамика живой массы	Яйценоскость	Качество яиц	Показатели неспецифического иммунитета	Показатели яичной продуктивности	Качество яичной скорлупы	Экономическая эффективность использования пробиотика «Басулифор-С»

Рисунок 1. Общая схема исследования

Экспериментальная оценка поставленных задач осуществлялась в условиях вивария Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных на четырех группах кур-несушек кросса Хайсекс коричневый (по 10 голов в группе) методом групп-аналогов.

Куры всех групп получали стандартный комбикорм (ПК-1-2-13) производства Истринского комбината хлебопродуктов (ОАО «Истра-хлебопродукт»), состоящий из пшеницы, ячменя, кукурузы, жмыха подсолнечного, рыбной муки, шрота соевого, кукурузного глютена, масла подсолнечного, витаминно-минеральных добавок. Комбикорм содержал в 1 кг корма: Обменной энергии – 2650 кКал, сырого протеина – 150 г, сырого жира – 35 г, сырой клетчатки – 50 г, линолевой кислоты – 19 г, лизина общего – 7 г, метионина общего – 5 г, метионин + цистина общего – 6 г, триптофана общего – 2 г, треонина общего – 4,5 г, лизина усвояемого – 5,3 г, метионина усвояемого – 2 г, метионин + цистеина усвояемого – 3,4 г, триптофана усвояемого – 1,3 г, треонина усвояемого – 3,3 г, кальция 39 г, фосфора усвояемого – 4,2.

Количество корма на 1 голову в сутки – 150 г – Основной рацион.

Таблица 4 – Схема научного физиологического опыта

№ п/п	группа	Количество несушек	Рацион кормления	Титр бактерий в корме, КОЕ/г
1	Контроль	10	Основной рацион (ОР)	0
2	1 опытная	10	ОР + 200 г/т Басулифор-С	$4 \cdot 10^5$
3	2 опытная	10	ОР + 50 г/т <i>Clostridium butyricum</i>	$1 \cdot 10^5$
4	3 опытная	10	ОР + 200 г/т Басулифор-С + 50 г/т <i>Clostridium butyricum</i>	$5 \cdot 10^5$

Препараты задавали с комбикормом ежедневно в течение 64 дней. Куры находились в клетках по 2 головы в каждой, с достаточным фронтом кормления по

всей длине клетки. Кормление два раза в день, вода из автопоилок в свободном доступе. В начале и в конце эксперимента проводили индивидуальное взвешивание птицы с целью выявления динамики прироста живой массы.

На 2 этапе был проведен научный производственный опыт в ПАО «Птицефабрика «Боровская» и птицефабрике «Пышминская» Тюменская область

Цель работы – изучение влияния ввода в рацион кур-несушек кросса Хайсекс коричневый и Ломанн белый пробиотической кормовой добавки Басулифор-С в 3 фазе кормления на уровень яичной продуктивности, качество яйца и экономические показатели производства яйца.

В задачи исследований входило:

1. Изучить влияние кормовой добавки Басулифор-С на продуктивные показатели кур-несушек.
2. Изучить качество яичной продукции.
3. Рассчитать экономическую эффективность применения пробиотической добавки Басулифор-С.

Период проведения исследований в ПАО «Птицефабрика «Боровская»: июль 2023 - февраль 2024 г., до убоя птицы.

Объект исследований: куры-несушки кросса Хайсекс Коричневый в возрасте 69-84 недель.

Таблица 5 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта в ПАО
«Птицефабрика «Боровская»

Группа	Количество голов	Условия кормления
Контрольная 1 (корпус № 5)	179300	Основной рацион (ОР) - комбикорм с питательностью, соответствующей рекомендациям для кросса с 69-й недели жизни до убоя
Контрольная 2 (корпус № 7)	181400	Основной рацион (ОР) - комбикорм с питательностью, соответствующей рекомендациям для кросса с 69-й недели жизни до убоя.
Опытная 1 (корпус № 1)	174957	ОР + Басулифор-С 200 г/1000 кг комбикорма с 69-й недели жизни до убоя.
Опытная 2 (корпус № 3)	182181	ОР + Басулифор-С 200 г/1000 кг комбикорма с 69-й недели жизни до убоя.

Группы: две контрольные и две опытные, формируются по принципу аналогов – одинаковых по происхождению, возрасту, живой массе, продуктивности, общему развитию в 69 недельном возрасте. Продолжительность эксперимента – с 69 по 84 неделю содержания птицы. Группы сформированы в промышленном цехе №3, корпуса № 5 и 7 – контроль, корпуса № 1 и 3 – опыт. Начало опыта 02 июля 2023г.

Технологические параметры содержания контрольной и опытной птицы соответствовали рекомендациям, принятым в ПАО «Птицефабрика «Боровская» для данного кросса. Согласно схеме научно-хозяйственного опыта (Таблица 5) контрольная группа получала основной рацион, принятый на птицефабрике для данного кросса и возраста птиц. Опытная группа птиц, в составе основного рациона получала Басулифор-С, начиная с 69-й недели в дозировке 200 г / 1000 кг комбикорма.

Влияние пробиотка Басулифор-С на продуктивные качества кур-несушек изучалось на птицефабрике «Пышминская» на 454-548-дневных несушках кросса Ломанн белый на третьей стадии кормления (Таблица 6).

Таблица 6 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество голов	Возраст, дни	Условия кормления
Контрольная (корпус № 59)	21739	с 507 по 548	3 фаза. Основной рацион (ОР) -
Опытная 1 (корпус № 56)	27581	с 462 по 503	3 фаза. ОР + Басулифор-С 200 г/1000 кг
Опытная 2 (корпус № 57)	27540	с 454 по 495	3 фаза. ОР + Басулифор-С 200 г/1000 кг

Пробиотик Басулифор-С вводился в состав кормовой смеси из расчета 200 г/т комбикорма в течение 42 дней в течение трех различных периодов. В течение этих трех периодов были изучены продуктивные характеристики и сохранность кур-несушек, а также определено экономическое влияние использования пробиотика на яйценоскость.

В ходе проведения экспериментов учитывались следующие зоотехнические показатели:

1.1. Живая масса (г) – путем индивидуального взвешивания кур каждый продуктивный месяц;

1.2. Сохранность поголовья (%) – путем ежедневного учета падежа с выяснением его причин и расчета в процентах от начального поголовья;

1.3. Конверсия корма (кг) – затраты корма на 10 яиц путем деления количества израсходованного комбикорма за весь период опыта на количество полученной продукции;

1.4. Яичная продуктивность за период опыта – путем ежедневного подсчета количества снесенных яиц.

1.5. Интенсивность яйцекладки (%) – путем определения отношения количества яиц, снесенных за определенный период к числу кормодней того же периода, выраженного в процентах;

1.6. Масса яиц (г) – путем индивидуального взвешивания на электронных весах с точностью до 0,01 г по 30 штук яиц из каждой группы каждый продуктивный месяц;

1.7. Качество яиц - с использованием цифрового тестера яиц det 6500. Это устройство, используемое для всестороннего анализа качества яиц. Он предназначен для измерения нескольких ключевых параметров, определяющих качество и свежесть яиц. Измерение толщины и прочности яичной скорлупы. Показатель желтка - показывает свежесть и качество желтка, рассчитывая его высоту по отношению к диаметру. Расчет высоты белка и единицы (ХАУ) - отражает свежесть яйца путем измерения высоты белка по отношению к массе яйца. На основе веса яйца и высоты белка, автоматически вычисляет ХАУ по формуле:

$$HU=100 \times \log(H - 1.7W^{0,37} + 7,6),$$
 где H - высота белка; W - масса яйца;

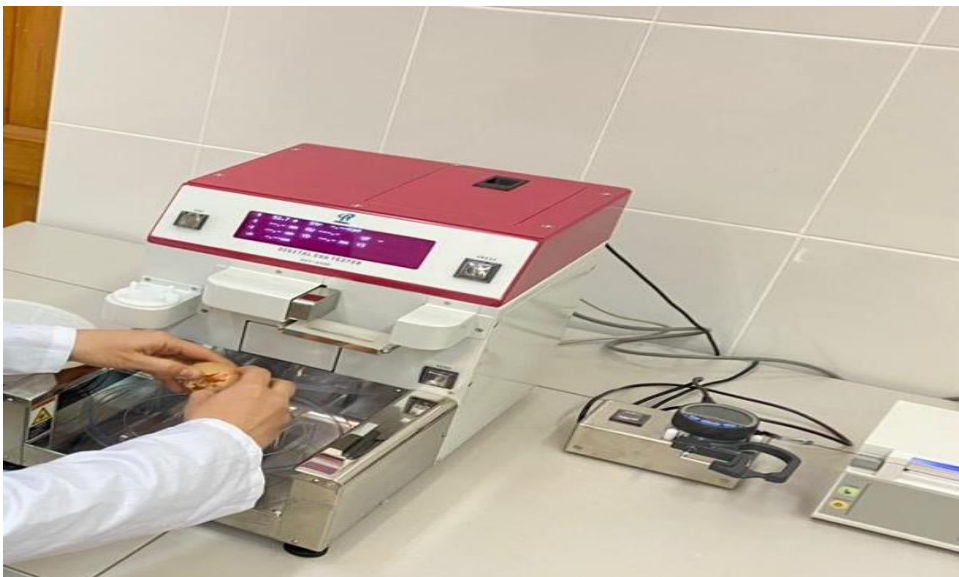


Рис. 2. Анализ качества яиц с использованием цифрового тестера det 6500

1.8. Анализ кормов, помета и яиц производили в соответствии с соответствующим ГОСТом: содержание сухого вещества по ГОСТ 31640-2012,

общий азот и сырой протеин по ГОСТ 32044.1-2012, сырой жир по ГОСТ 13496.15-2016, сырая клетчатка по ГОСТ ISO 6865-2015, содержание влаги в яйце – по ГОСТ 33319-2015; содержание белка в яйце – методом определения общего азота по Кьельдалю по ГОСТ 25011-2017; содержание жира – экстрагированием сухой навески в аппарате Сокслета по ГОСТ 23042-2015.

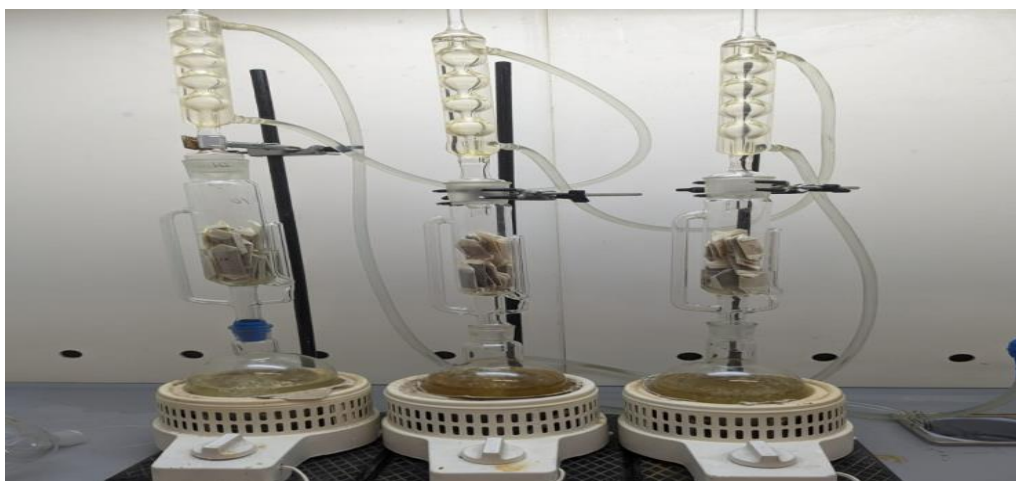


Рис.3. Определение жира методом Сокслета

Расчет содержания азота по методу Кьельдаля. Сущность метода заключается в озолении органического вещества анализируемой пробы серной кислотой в присутствии катализатора, подщелачивании продукта реакции, отгонке и титровании выделяющегося аммиака, вычислении массовой доли азота и расчете массовой доли сырого протеина путем умножения полученного результата на коэффициент пересчета массовой доли азота на массовую долю сырого протеина, равный 6,25.

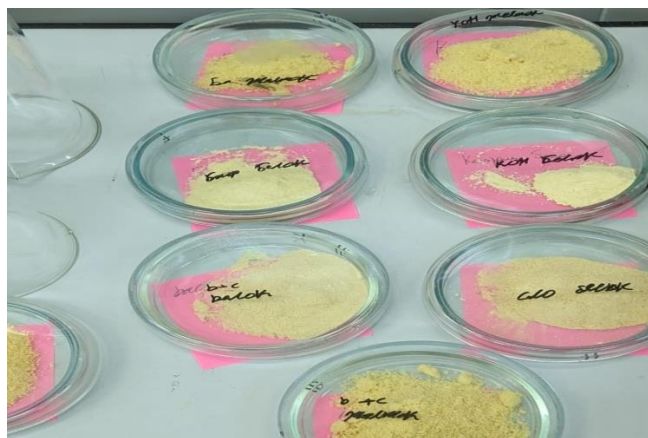


Рис.4. Образцы высушенных яиц

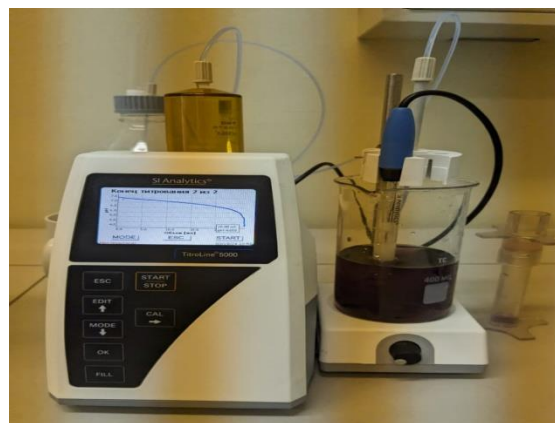


Рис.5. Титрование и расчет содержания азота

1.9. По окончании физиологического опыта из подкрыльцовой вены была отобрана кровь с дальнейшим определением биохимических, гематологических показателей и показателей неспецифической резистентности. После центрифугирования в сыворотке крови были проведены исследования с использованием следующих приборов:

Анализатор электролитов крови E-Lyte Plus - это усовершенствованный автоматический анализатор электролитов. Он используется для измерения концентрации натрия (Na^+), калия (K^+), хлорида (Cl^-), ионизированного кальция (iCa) и pH в биологических жидкостях, таких как сыворотка крови, плазма, моча и спинномозговая жидкость. Принцип работы- анализатор использует метод потенциометрии для определения концентрации ионов с высокой точностью.



Рис.6. Подготовка сыворотки крови Рис.7. Анализатор электролитов E-Lyte Plus

BioChem FC-120 - это полностью автоматизированный биохимический анализатор, который измеряет уровень ферментов (аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), и др...), альбумина, глюкозы, мочевины, кальция, магния и фосфора. Принципы измерения - прибор использует колориметрические, кинетические и турбидиметрические методы измерения для определения концентрации анализируемых веществ в образцах.



Рис. 8. Подготовка реагентов для приборе BioChem FC-120

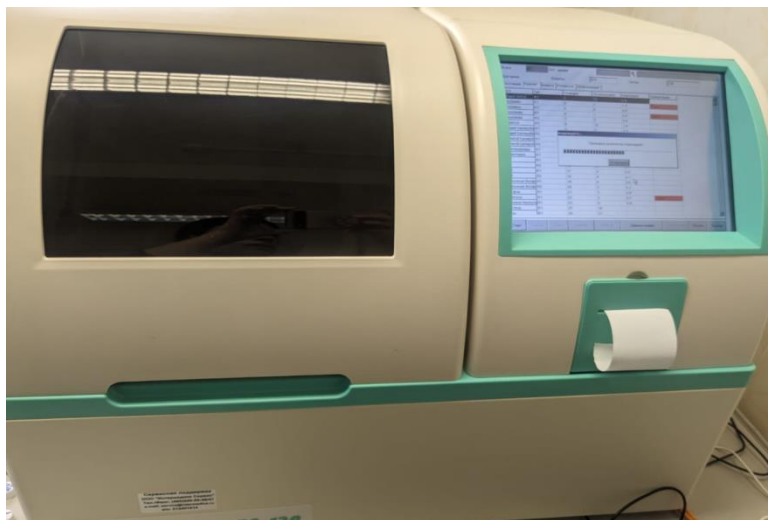


Рис. 9. Биохимический анализатор BioChem FC-120

Прибор ChemWell 2910 - это полностью автоматизированный анализатор, способный выполнять иммуноферментный анализ и биохимические анализы.

Фагоцитарная активность, % - показывает процент лейкоцитов (обычно нейтрофилов), способных к фагоцитозу в соответствии со следующей формулой

$$\text{Фагоцитарная активность, \%} = \frac{\text{Число фагоцитирующих нейтрофилов}}{\text{Общее число подсчитанных нейтрофилов}} \times 100$$

Фагоцитарный индекс: Среднее количество микробных тел, поглощённых одним активным (фаготирующим) расчет в соответствии со следующей формулой

$$\text{Фагоцитарный индекс} = \frac{\text{Число фагоцитированных микробов}}{\text{Число активных лейкоцитов}}$$

Бактерицидная активность сыворотки крови, %: Показывает способность сыворотки крови уничтожать бактерии. В соответствии со следующей формулой:

$$\text{Бактерицидная активность, \%} = \frac{\text{Число бактерий в контроле} - \text{Число бактерий в опыте}}{\text{Число бактерий в контроле}} \times 100$$

Согласно методическим рекомендациям «Иммунологические методы исследования в ветеринарии», Краснодар, 2001 г.

1.10. Минеральный анализ: Для определения содержания фосфора, кальция и магния в сухой золе применялась атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС), метод включает сухое озоление для подготовки пробы с последующим инструментальным анализом с оптимизированными параметрами.

Расчет концентраций элементов в исходном образце по следующей формуле:

$$\text{Концентрация, (мг/100 г)} = \frac{C \times V \times D}{W \times 10},$$

где, С - концентрация в образце раствора (мкг/мл); V - общий объем образца раствора (мл); D - коэффициент разбавления (при наличии) ; W - вес образца (г);



Рис.10. Определение содержания минералов методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС)

1.11. Валовая энергия (ВЭ) определялась с использованием калориметрической бомбы АБК-1В. Калориметр работает в адиабатическом режиме. Анализируемая проба помещается в калориметрическую бомбу, заполняемую кислородом под давлением. При сгорании пробы выделяется тепло, которое пропорционально энергии сгорания вещества. Калориметрический сосуд герметично заполнен жидкостью и помещен в адиабатическую оболочку, что исключает теплообмен с окружающей средой.

После определения валовой энергии (ВЭ) корма и помета птицы возможно рассчитать переваримую энергию. Переваримая энергия (ПЭ) — это часть валовой

энергии корма, которая остается после вычитания энергии, потерянной с калом. Она отражает количество энергии, фактически усвоенной организмом животного из корма, за вычетом тех потерь, которые не были переварены и вышли с фекалиями. Формула расчёта: $ПЭ = ВЭ - ЭК$. Так как у птицы через клоаку выделяется смесь мочи и фекалий, после определения валовой энергии из образца помета можно рассчитать обменную энергию.

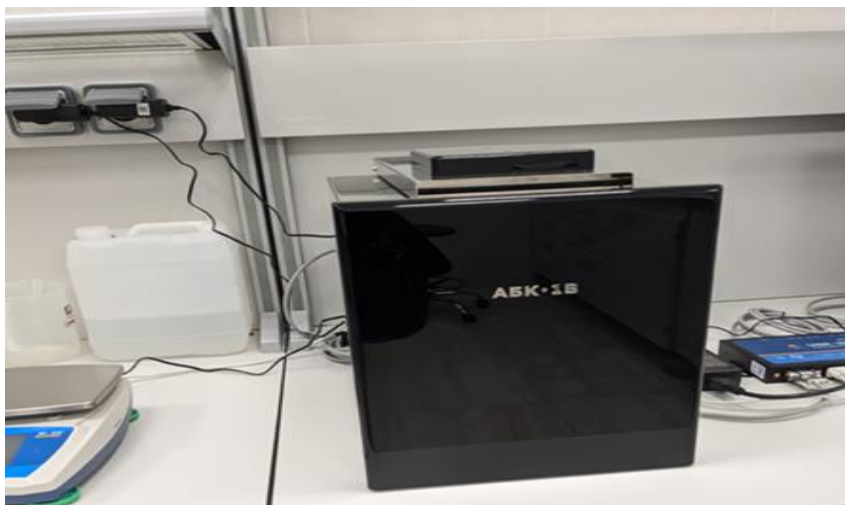


Рис. 11. Калориметрическая бомба АБК-1В

1.12. На основании результатов научно-хозяйственного опыта рассчитывалась экономическая эффективность использования изучаемой кормовой добавки.

1.13. Обработку статистических данных проводили с использованием статистической программы Microsoft Excel и Statistica (StatSoft Inc., США). Для оценки статистической значимости различий был использован t-критерий Стьюдента, и значение $p < 0,05$ по сравнению с между вариантами было признано значимым.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Анализ переваримости и усвояемости питательных веществ в рационе кур-несушек

Изучение переваримости питательных веществ кормов и анализ метаболических процессов в организме птиц представляют собой ключевые методы для оценки качества кормовых рационов. Это обусловлено тем, что показатель переваримости отражает долю питательных веществ, которые подвергаются гидролизу и всасыванию в желудочно-кишечном тракте, что влияет на энергетическую ценность корма и эффективность его использования организмом птицы.

Анализ данных, представленных в Таблице 7, демонстрирует повышение переваримости питательных веществ во всех экспериментальных группах физиологического опыта, получавших пробиотические добавки. Данный факт является отражением увеличения энзиматической активности содержимого кишечника за счет привнесенной дополнительной секреции бактериальных ферментов, которая отражена в Таблице 2. Переваримость сухого вещества увеличилась на 1,3% в группе, получавшей препарат Басулифор-С, и 0,6% в группе *Clostridium* и на 1% в группе смеси *Clostridium* и Басулифор С по сравнению с контролем (Таблица 7).

Переваримость сухого вещества увеличилась с 84,0% в контроле до 85,3; 84,6 и 85,0%% в опытных группах, таким образом бациллы препарата Басулифор-С оказали максимальный эффект на переваримость сухого вещества. Клостридия оказала несущественное влияние на этот показатель.

По органическому веществу тенденция повышения переваримости группами с пробиотиками аналогична таковой по сухому веществу. Больше всего разница по переваримости органического вещества по сравнению с контролем в группе с

Басулифор-С – 1%, 3 группа с бациллами и клостридией занимает промежуточное положение 0,9% и минимальная разница с контролем у группы с клостридией – 0,5%.

Таблица 7– Показатели переваримости питательных веществ рациона у кур –
несушек, %

Показатель	Группа			
	Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Сухое вещество	84,0	85,3	84,6	85,0
Органическое вещество	86,3	87,3	86,8	87,2
Сырой протеин	86,6	88,8	86,9	88,1
Сырой жир	82,7	85,3	82,3	85,7
Сырая клетчатка	28,0	33,1	24,7	31,4
Сырая зола	66,8	69,9	67,9	68,6
Кальций	67,3	69,9	67,6	68,9
Фосфор	65,7	70,3	69,7	69,5
Магний	67,3	68,1	67,6	68,9

Как было уже показано в Таблице 2 бациллы обладают достаточно высокой протеолитической активностью, что отразилось на эффективности переваривания протеина. У птицы в клоаке формируются смесь фекалий и мочи, соответственно, обсуждая эффективность процессов переваривания протеина можно говорить об эффективности усвоения азота. Разница по показателю усвоения азота с контролем и группой с Басулифор-С составила 2,2%, в третьей – 1,5% и второй – 0,3%. Максимальный показатель усвоения азота был у кур в группе с Басулифор-С – 88,8% против 86,6% в контроле, 86,9% и 88,1% во 2 и 3 группах.

По переваримости жира ситуация аналогична таковой как у протеина. Максимальная переваримость жира отмечается в группе с Басулифор-С – 85,3%, против 82,7% в контроле, и 82,3% и 85,7% во 2 и 3 группах. Факт повышения

переваримости жира бациллами оказывает существенное значение на показатель энергетической ценности рациона и, соответственно, на показатели продуктивности.

Важным моментом является ситуация с переваримостью клетчатки. Показатели, полученные в эксперименте, достаточно высокие для птицы, но в данном случае клетчатка главным образом представлена клетчаткой пшеничных отрубей, которая является достаточно легкопереваримым источником клетчатки. Ввод бацилл в рацион кур привел к существенному повышению эффективности переваривания клетчатки. По сравнению с контролем в 1 группе показатель переваримости клетчатки был выше на 5,1%, 33,1% против 28,0% в контроле, в третьей группе – переваримость клетчатки оказалась на 3,4% выше, чем в контроле, соответственно, 31,4% и 28,0%. Клостридия, продуцирующая масляную кислоту, которая является бактериостатиком и подавляет определенные группы микроорганизмов, возможно, оказала ингибирующее действие на целлюлолитические бактерии, что привело к снижению переваримости клетчатки во второй группе. Переваримость клетчатки во 2 группе составила 24,7% против 28,0% в контроле.

В рационах кур-несушек значительную долю составляют минеральные источники кальция, фосфора и магния и действие бацилл, которые обладают свойствами растворять карбонаты макроэлементов, представляет большой интерес в плане повышения эффективности усвоения макро- и микроэлементов. В целом в группах с бациллами усвояемость золы была существенно выше, чем в контроле. В 1 опытной группе усвояемость золы составила 69,9% против 66,8% или на 3,1% выше, в 3 группе показатель усвояемости составил 68,6% или на 1,8% выше контроля, в группе с клостридией разница с контролем составила 1,1%. В целом, все изучаемые бактерии и их комбинации повышали усвояемость минералов.

Определяющим макроэлементом, влияющим на состояние костяка и качество скорлупы является кальций. Его усвояемость в 1 опытной группе была выше на 2,6% чем в контроле, в 3 группе эта разница с контролем составила 1,6% и 2 группе –

0,3%, то есть практически клостридия не оказала положительного эффекта на усвояемость кальция.

Следующим важным макроэлементом в обеспечении крепости костяка и обмене фосфолипидов является фосфор. Свойство бацилл повышать растворимость природных источников макроэлементов проявилось в процессах усвоения фосфора и магния. Коэффициенты усвоения фосфора и магния были максимальными в 1 группе с пробиотиком Басулифор-С – соответственно, 70,3% для фосфора и 68,1% для магния, что на 4,6% и 0,4% выше по сравнению с контролем. Следующей группой по эффективности усвоения фосфора и магния является 3 группа с теми же бациллами, что и первая. Коэффициенты усвоения фосфора и магния составили 69,5% и 68,9%, или на 3,8% и 1,6% выше контрольных показателей. Клостридия также оказала положительное влияние на усвояемость фосфора и магния, но не в столь сильной степени как бациллы, тем не менее коэффициенты усвояемости фосфора и магния во 2 группе были выше контрольных на 4,0% и 0,3%.

Подытоживая вышесказанное, можно констатировать, что бациллы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, входящие в состав пробиотика Басулифор-С оказывают значительное влияние на повышение переваримости практически всех питательных веществ, увеличение усвояемости макроэлементов, тем самым увеличивая пул субстратов в обмене веществ. Клостридия, которая в силу своей способности продуцировать масляную кислоту – бактериостатика, оказывала сдерживающий эффект на ферментативную активность бацилл пробиотика Басулифор-С. Вследствие этого при одинаковой концентрации бацилл в единице корма в 1 и 3 группах показатели переваримости питательных веществ в 3 группе были несколько ниже, чем в 1 группе. Следовательно, такая композиция при изучаемых концентрациях клостридии в 1 грамме корма оказалась неэффективной по сравнению с чисто бациллами.

При одинаковом потреблении питательных веществ в условиях нормированного кормления повышение эффективности переваривания питательных веществ привело к тому, что количество переваренных веществ было более высоким в группах с пробиотическими бактериями (Таблица 8).

Таблица 8 – Количество переваренных питательных веществ рациона кур-несушек

Показатель		Группа			
		Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Сухое вещество	г	115,1	116,8	115,9	116,5
	%	100,0	101,5	100,7	101,2
Органическое вещество	г	104,2	105,4	104,9	105,3
	%	100,0	101,2	100,7	101,1
Сырой протеин	г	22,5	23,1	22,6	22,9
	%	100,0	102,7	100,4	101,8
Сырой жир	г	1,72	1,77	1,71	1,78
	%	100,0	102,9	99,4	103,5
Сырая клетчатка	г	2,1	2,5	1,9	2,4
	%	100,0	119,0	90,5	114,3
БЭВ	г	77,88	78,03	78,69	78,22
	%	100,0	100,2	101,0	100,4
Сырая зола	г	10,9	11,4	11,0	11,2
	%	100,0	104,6	100,9	102,8

Количество переваренного органического вещества было максимальным в 1 опытной группе – 105,4 г или на 1,2% больше чем в контроле. Следующей группой по данному показателю идет 3 группа – соответственно, 105,3 г и 1,1%. В группе с клостридией органического вещества было переварено 104,9 г или на 0,7% больше, чем в контроле. Однако, по этому показателю 2 группа отстает от 1 и 3 опытных групп, соответственно, по степени влияния на эффективность пищеварительных процессов в нашем опыте клостридия уступает бациллам. По количеству

переваренного органического вещества группы с пробиотиком Басулифор-С практически не отличались между собой. Если анализировать ситуацию в разрезе отдельных питательных веществ, то по наиболее критичным и в большей степени влияющим на яичную продуктивность кур-несушек – протеину и жиру максимальное их количество приходится на 1 группу. Количество переваренного протеина в 1 группе составило 23,1 г или на 2,7% больше, чем в контроле, количество переваренного жира составило 1,77 г или на 2,9% больше контрольных показателей. Несколько ниже количество переваренных протеина в 3 группе. Группа с клостридией по данным показателям практически не отличалась от контрольной. Бациллы 1 и 3 групп оказали существенное влияние на количество усвоенной золы, соответственно ее количество было на 4,6% и 2,8% больше, чем в контроле. Разница с контролем у 2 группы составила 0,9% или всего 0,1 г. Таким образом, повышение эффективности переваривания питательных веществ бациллами за счет привнесенной ферментативной активности позволило обеспечить кур-несушек в нашем опыте большим количеством питательных веществ для продукции яйца, прироста живой массы, а макроэлементами – для обеспечения строительным материалом костяка и скорлупы яиц.

3.1.1. Определение обменной энергии рациона кур – несушек

Калориметрия используется для прямого определения валовой энергии корма и помета, что дает возможность рассчитать обменную энергию рациона, как объективный показатель эффективности усвоения питательных веществ и потенциала рациона на покрытие потребностей в энергии на продукцию и жизнедеятельность. В случае, когда помет имеет высокую калорийность, это говорит о том, что часть энергии корма не использовалась курами для роста, поддержания жизни или производства яиц, а выводилась из организма, что указывает на более низкую эффективность процессов пищеварения. С другой стороны, низкий уровень калорийности помета свидетельствует о лучшем переваривании и усвоении

питательных веществ. Из Таблицы 9 видно, что валовая энергия суточного помета была минимальной в группах с Басулифор-С, соответственно 264,2-264,9 кДж или на 9,7% ниже, чем в контроле и ниже на 5,5% по сравнению с группой с клостридией, как подтверждение результатов по определению показателей переваримости питательных веществ. Чем выше были коэффициенты переваримости по органическому веществу в 1 и 3 группах, тем меньше энергии выделялось в помете в этих группах по сравнению с контролем и 2 опытной группой.

Таблица 9 – Показатели Обменной энергии рациона кур-несушек

Показатель	Группа			
	Контроль	1	2	3
Валовая энергия комбикорма, кДж/г	16,02	16,02	16,02	16,02
Валовая энергия помета, кДж/г СВ	13,36	13,10	13,23	12,90
Потреблено валовой энергии, кДж/сут	2403,0	2403,0	2403,0	2403,0
Выделено валовой энергии, кДж/сут	292,5	264,2	279,4	264,9
Обменная энергия, кДж/сут	2110,5	2138,8	2123,6	2138,1
Обменная энергия, % от ВЭ	87,83	89,01	88,38	88,98
Обменная энергия, % от контроля	100,00	101,34	100,62	101,31

Причем в 1 и 3 группах также была максимальной доля обменной энергии в валовой энергии корма, соответственно, 88,98-89,01% против 87,83% в контроле и 88,38% во 2 группе. Разница с контролем по обменной энергии составила в 1 группе 28,3 кДж, в 3 группе – 27,6 кДж и во 2 группе – 13,1 кДж. Эта разность по обменной энергии, вызванная эффектом бацилл и клостридии на переваримость питательных веществ является базой для увеличения яичной продуктивности, как количества яиц так и их массы. Это положение верно в случае, когда пробиотик вводится в рецептуру корма без учета его вклада в повышение энергетической ценности корма и прироста переваренного протеина. В ситуации увеличения рыночных цен на зерно

и белковое сырье представляется весьма приемлемым учитывать вклад бацилл в повышение энергетической и протеиновой питательности рациона кур-несушек. В этом случае результатом будет снижение стоимости корма при сохранении яичной продуктивности кур-несушек. Исходными данными для коррекции питательности комбикорма за счет введения пробиотика Басулифор-С в количестве 200 г/т по результатам нашего физиологического опыта могут служить следующие показатели – увеличение энергетической ценности рецепта на 1,34% и протеиновой питательности на 2,7%.

3.2. Динамика живой массы

Данные по росту и развитию живой массы кур в течение всего эксперимента показали, что существенного прироста во всех группах не было. По группам живая масса увеличилась от 4 до 6 г/период в 2 и 1 опытных группах, до 34 г в 3 группе. В контроле живая масса увеличилась на 25 г. В целом по данному показателю существенной разницы между группами отмечено не было, хотя в контрольной и 3 группах по сравнению с 1 и 2 группами часть энергии и белка были потрачены на прирост живой массы (Таблица 10).

Таблица 10 – Живая масса и среднесуточный прирост у кур

Показатель	Группа			
	Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Живая масса в начале периода, кг	1,889± 0,2249	1,875±0,1713	1,894±0,1509	1,886±0,1236
Живая масса в конце периода, кг	1,914±0,2531	1,881±0,1252	1,898±0,2143	1,92±0,134
Прирост живой массы, кг	+0,025	+0,006	+0,004	+0,034

Потребление корма во всех группах было одинаковым за весь учетный период эксперимента – 150 г/гол/сут.

3.3. Яичная продуктивность кур-несушек в физиологическом опыте

Ввод в рацион пробиотического препарата Басулифор-С оказал положительное влияние на яичную продуктивность кур-несушек (Таблица 11).

Таблица 11– Яичная продуктивность кур-несушек

Показатель	Группа			
	Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Яйценоскость, %	82,1 ±1,10	86,4±1,09*	80,2±1,00	86,6±0,88*
Разность с контролем	0	4,3	-1,9	4,5
масса яиц, г	64,4±1,45	64,7±1,05	64,8±2,75	63,5±1,13
Яичная масса, г/сут	52,9	55,9	52,0	55,0
% к контролю	100,0	105,7	98,3	104,0
Потребление корма, г/сут	150,0	150,0	150,0	150,0
Затраты корма, г/яйцо	182,7	173,6	187,0	173,2
% к контролю	100,0	95,0	102,4	94,8
Затраты корма, г/г яичной массы	2,84	2,68	2,89	2,73
% к контролю	100,0	94,6	101,7	96,1

Примечание: * - $p \leq 0,05$ достоверность разности с контролем

В группах с препаратом Басулифор-С яйценоскость оказалась на 4,3% - 4,5% выше по сравнению с контролем вследствие большей энергетической и протеиновой обеспеченности организма кур из этих групп. В группе с клостридией показатель яйценоскости оказался на 1,9% ниже, хотя разница по этому показателю статистически недостоверна. Объяснением данному факту, возможно, может служить способность клостридии выделять гормоноподобные вещества, которые могли оказать влияние на процесс яйцеобразования. В группе с клостридией несколько выше была масса яиц и поэтому разница с контролем по суточной продукции яичной массы составила 1,7%. В 3 группе с бациллами эффект клостридии на фоне более высокой яйценоскости сказался на снижении массы яиц, разница с контролем составила 0,9 г/яйцо и с 1 опытной группой – 1,2 г. По

продукции яичной массы максимальный результат наблюдался в группе с Басулифор-С – плюс 5,7% к контролю и в 3 группе – 4%.

На фоне вышеуказанной информации по яйценоскости и продукции яичной массы важным представляется показатель расхода корма на 1 яйцо и единицу яичной массы, так как он определяет экономическую эффективность производства яйца. Минимальный расход корма на 1 яйцо был в 3 группе – 173,2 г против 182,7 г в контроле. В 1 группе с Басулифором затраты корма составили 173,6 г/яйцо, что примерно сопоставимо по данному показателю с 3 группой. И максимальное значение в силу более низкой яйценоскости по расходу корма оказалось в 3 группе – 187,0 г.

Однако, если относить показатель расхода корма на единицу яичной массы, то преимущество остается за группой с пробиотиком Басулифор-С – 2,68 г/г яичной массы против 2,84 в контроле и 2,89 в 2 группе. Третья группа по этому показателю незначительно в большую сторону отличалась от 1 группы. Показатель расхода корма на единицу яичной массы относительно контроля был минимальным в группе с Басулифором – 94,6%, следующим идет 3 группа – 96,1% и в группе с клостридией показатель расхода превышал контроль на 1,7%.

Таким образом, бациллы оказали значительное положительное влияние не только на показатель яйценоскости кур-несушек, но и на экономическую составляющую производства яйца – расход корма на 1 яйцо и на единицу яичной массы, клостридия в этом плане оказала отрицательный эффект.

3.4. Качество яиц

Качество яиц оценивают по комплексу признаков. Основные из них: масса, форма яиц, плотность, соотношение массы составных частей яйца, высота белка и желтка, толщина и прочность скорлупы.

Последний показатель представляет особый интерес, так как определяет долю товарного яйца. Насечка из-за слабой скорлупы снижает количество яйца направляемого на реализацию. В предыдущих разделах было показано, что пробиотики повышают усвояемость макроэлементов – кальция, фосфора и магния и, следовательно, можно ожидать увеличения толщины скорлупы. В 1 опытной группе толщина скорлупы была на 2,4%, а в 3 группе на 1,8% больше, чем в контроле (Таблица 12).

Таблица 12– Влияние добавок пробиотиков на качество яиц кур-несушек, отобранных для испытаний.

Показатель	Группа			
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Масса яйца (г)	64,46 ± 0,214	64,66 ± 0,163	64,95 ± 0,327	63,43 ± 0,165**
Масса скорлупы, г	8,13 ± 0,266	8,24 ± 0,349	8,55 ± 0,517	7,95 ± 0,275
Масса желтка, г	20,7 ± 1,65	20,2 ± 0,57	20,6 ± 1,12	20,7 ± 0,56
Масса белка, г	34,00 ± 1,559	34,30 ± 0,380	34,88 ± 2,722	33,52 ± 1,088
Высота белка, мм	4,64 ± 0,229	4,79 ± 0,321	4,70 ± 0,25	4,67 ± 0,165
Единицы ХАУ	64,76 ± 2,19	65,59 ± 2,868	65,13 ± 1,885	65,71 ± 1,889
Прочность яичной скорлупы, кгс	3,87 ± 0,354	3,89 ± 0,359	3,765 ± 0,3241	3,82 ± 0,269
Толщина скорлупы, мм	0,380 ± 0,0050	0,388 ± 0,0094	0,377 ± 0,0083	0,387 ± 0,0063
Высота желтка, мм	16,19 ± 0,535	16,14 ± 0,228	17,33 ± 0,338	16,16 ± 0,26
Диаметр желтка, мм	43,7 ± 0,62	43,7 ± 0,63	43,5 ± 0,62	43,7 ± 0,64
Индекс желтка	0,37 ± 0,016	0,37 ± 0,016	0,40 ± 0,009	0,37 ± 0,0115

Примечание * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$ достоверность разности с контролем

В группе с клостридией этот показатель оказался ниже на 0,8%. При этом следует учитывать тот факт, что количество произведенного яйца в 1 и 3 группах существенно было больше и, соответственно, кальция было затрачено также больше. По прочности скорлупы 1 группа с Басулифором практически не отличалась от контроля, во 2 и 3 группах прочность скорлупы незначительно – на 2,6% и 1,3%

была ниже. В данном случае четко виден эффект отрицательного влияния клостридии как на толщину, так и на прочность скорлупы.

Таким образом, увеличение яйценоскости в 1 и 3 опытных группах с бациллами не сказалось на толщине скорлупы и ее прочности. Объяснением данному факту может служить большой обменный пул макроэлементов в силу их большей усвояемости.

Высота плотного слоя белка зависит от величины яйца, поэтому разработана специальная таблица, по которой определяют качество белка в зависимости от его высоты и массы яйца, выраженное в единицах Хау. Чем больше высота белка и меньше масса яйца, тем больше единиц Хау, тем выше качество белка яйца. Согласно данным таблицы 12, в группах, получавших Басулифор-С на 0,15 мм, *Clostridium butyricum* на 0,06 мм и их комбинацию на 0,03 мм, высота белка была выше, чем в контрольной группе. Согласно результатам, показатель ХАУ увеличился на 1,5% в группе, получавшей пробиотики Басулифор-С и *Clostridium butyricum*, по сравнению с контрольной группой, в то время как у группы с *Clostridium butyricum* и с Басулифор-С этот показатель был выше на 0,6% и 1,3%. О лучшем качестве яиц свидетельствуют более высокие значения ХАУ в единицах измерения, которые связаны с более плотной и эластичной структурой белка, что связано со свежестью продукта.

Одним из показателей свежести и качества яиц является индекс желтка, который определяется путем деления высоты желтка на его диаметр. Значения индекса желтка были одинаковыми во всех группах, кроме второй (Таблица 12). В группе с *Clostridium butyricum* этот показатель был на 8,1% выше чем в контроле.

В целом, бациллы стимулируя яйценоскость, не оказали отрицательного влияния на толщину и прочность скорлупы и качество содержимого яйца.

3.4.1. Содержание питательных веществ в цельных яйцах

Улучшая усвоение питательных веществ, сохраняя здоровье кишечника и интенсифицируя метаболические процессы у кур-несушек, пробиотические добавки повышают питательную ценность яиц. В таблице 13 показано, что процентное содержание белка и жира в группе, получавшей Басулифор-С, по сравнению с контролем увеличилось на 2,39% ($p < 0,01$) и 1,87% ($p < 0,01$) соответственно, в то время как в группе, получавшей комбинацию Басулифор-С и *Clostridium butyricum*, наблюдалось увеличение только на 0,77% ($p < 0,05$) и на 0,43% ($p < 0,05$), что также явилось следствием более высокого обеспечения процесса яйцеобразования белком и жиром в силу более высокой переваримости этих питательных веществ в этих группах под воздействием бацилл.

Таблица 13–Содержание питательных веществ в цельных яйцах (со скорлупой)

Показатель	Группа			
	Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Белок %	29,16 ± 0,155	31,55 ± 0,182**	30,49 ± 0,015**	29,93 ± 0,055*
Жир %	22,09 ± 0,1854	23,96 ± 0,005**	21,42 ± 0,275	22,52 ± 0,005
Зола, %	23,25 ± 0,002	23,15 ± 0,002***	23,12 ± 0,002***	23,01 ± 0,002***
Р, мг% в золе	3524,8 ± 60,29	3277,8 ± 50,93	3476,0 ± 80,69	3243,5 ± 196,84
Р, мг% в яичном порошке	819,5 ± 13,95	758,9 ± 11,72	803,5 ± 18,73	746,3 ± 45,26
Са, мг% в золе	12681,4 ± 554,74	13691,8 ± 1276,11	12797,4 ± 28,01	13037,8 ± 118,67
Са, мг% в яичном порошке	2948,3 ± 128,72	3169,9 ± 295,71	2958,2 ± 6,25	2999,8 ± 27,11
Mg, мг% в золе	0,014 ± 0,0002	0,014 ± 0,0009	0,013 ± 0,0005	0,015 ± 0,0014
Mg, мг% в яичном порошке	0,003 ± 0,00005	0,003 ± 0,0002	0,0029 ± 0,00011	0,0034 ± 0,00031

Примечание * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ достоверность разности с контролем

В группе с клостридией содержание белка в яйце было на 1,33% выше, а жира на 0,67% ниже, чем в контроле.

Яичная зола как минеральный остаток при озолении яйца со скорлупой представляет собой высококальциевый продукт, обусловленный в первую очередь карбонатом кальция, который составляет приблизительно 96% минерального содержания скорлупы яйца. Из таблицы 13 видно, что по сравнению с контролем уровень кальция в золе повысился на 8% ($p < 0,05$) в группе, получавшей Басулифор-С, и на 1,0% ($p < 0,05$) в группе, получавшей Басулифор-С и *Clostridium butyricum*. Это объясняется тем, что бациллы улучшают усвоение кальция у кур-несушек, повышая тем самым толщину и прочность скорлупы, что отразилось в большем выносе кальция с скорлупой в этих группах. При пересчете суточной продукции яиц и массы скорлупы (Таблицы 11 и 12) получим, что за сутки несушки контрольной группы произвели 6,7 г скорлупы, 1 опытной – 7,1 г, 2 и 3 групп – по 6,9 г. При более высоком содержании кальция в золе получается, что максимальный вынос кальция из организма имел место в 1 и 3 опытных группах, что компенсировалось более высокой усвояемостью кальция в группах с пробиотиками. Максимальный эффект по усвоению и выносу кальция отмечается в 1 опытной группе с Басулифор-С.

Показатели Таблицы 13 также показывают уменьшение процентного состава фосфора в яйцах несушек, получавших в рационе пробиотические бактерии: на 6,2% ($p < 0,05$) в группе с Басулифор-С, на 2,2% в группе с *Clostridium butyricum* и на 9% ($p < 0,05$) в группе, получавшей комбинированный препарат, по сравнению с контролем. Аналогичная ситуация сложилась по разности между группами по содержанию фосфора в золе. Такое снижение содержания фосфора может быть вызвано рядом факторов, таких как повышение эффективности усвоения кальция, что может изменить кальциево-фосфорный баланс, который имеет решающее значение для формирования скорлупы. Возможно, данное снижение содержания фосфора в яйце связано с более низким уровнем фосфолипидов в силу того, что фосфор был более вовлечен в энергетический обмен в виде АТФ на покрытие потребностей на производство яйца. При этом содержание фосфора в яйце во 2

группе незначительно отличалось от контроля. Содержание магния как в яйце, так и в скорлупе было незначительным и практически не различалось между группами.

Многочисленные исследования показали, что пробиотики косвенно влияют на показатели качества яиц, скорее всего, в результате изменения содержания влаги в яйцах. Поскольку она влияет на потерю веса и параметры качества при хранении. Влажность яиц является критическим фактором, определяющим срок их хранения. Согласно исследованиям, пробиотические добавки помогают поддерживать качество белка и желтка, предотвращая потерю влаги во время хранения, повышают их антиоксидантные свойства. Согласно анализу данных, приведенных в таблице 14, содержание влаги в яичном белке в группах, получавших пробиотики, было выше, чем в контрольной группе: содержание влаги увеличилось на 1% в группе, принимавшей Басулифор-С, на 2,5% в группе, принимавшей *Clostridium butyricum*, и на 2% в группе, получавшей оба пробиотика вместе.

Таблица 14 – Содержание влаги и белка в яичных белках и желтках, %

Образец	Влага	Азот	Белок
Белок Контроль	84,6±1,80	12,36±0,004	77,25±0,0235
Желток Контроль	51,4±1,82	5,12±0,001	32,00±0,007
Белок 1 опытная	85,6±0,33	12,83±0,003**	80,19±0,02***
желток 1 опытная	51,1±2,06	5,29±0,004**	33,06±0,019**
Белок 2 опытная	87,1±1,95	12,45±0,002**	77,81±0,016***
Желток 2 опытная	48,8±2,21	5,18±0,002**	32,38±0,015 **
Белок 3 опытная	86,6±2,14	12,38±0,001**	77,38±0,009**
Желток 3 опытная	51,1±2,88	5,18±0,0015**	32,38±0,020**

Примечание * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ достоверность разности с контролем

По содержанию белка в порошке белковой части яйца максимальное его значение было в группе с Басулифор-С, оно превышало аналогичный показатель в

контроле на 2,9% ($p < 0,01$), в группе с *C. butyricum* оно было выше на 0,56% ($p < 0,01$), в 3 группе содержание белка было аналогичным контрольному. В результате использования пробиотиков повышается содержание белка и влаги в яйцах, улучшая их качество и, возможно, продлевая срок хранения.

3.5. Биохимические показатели крови

В птицеводстве биохимический анализ крови является важным диагностическим инструментом для проверки здоровья, диагностики заболеваний, мониторинга здоровья стада и эффективности течения обменных процессов (Ruiz-Jimenez F. и соавторы, 2021). Анализы крови предоставляют информацию об общем состоянии здоровья, иммунном статусе, состоянии питания, нарушениях обмена веществ, а также о состоянии печени и почек. Сравнение биохимической картины крови исследуемых кур-несушек позволило определить влияние рационов кормления на биохимические показатели крови. В этом физиологическом эксперименте было исследовано влияние споровых пробиотических добавок Басулифор и *Clostridium butyricum* на биохимические показатели кур-несушек кросса Хайсекс Коричневый. На начало опыта возраст исследуемых кур составлял 50 недель. В конце научного эксперимента у яичной несушки из подкрыльцовой вены были отобраны образцы крови для лабораторной диагностики клинического и иммунологического статуса подопытной птицы. Анализы проводились в лаборатории кафедры кормления животных. Использование пробиотиков существенно влияет на биохимические показатели крови кур-несушек (Таблица 15).

Анализ ситуации с отдельными биохимическими показателями крови целесообразно проводить на основе блокового подхода.

Таблица 15 – Биохимические показатели сыворотки крови экспериментальных кур

Показатель	Группа			
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Общий белок, г/л	69,04± 2,834	80,13 ±1,821**	77,42 ± 2,097*	76,83 ±1,668*
Альбумин, г/л	32,30 ± 0,970	35,13 ± 0,994*	33,38 ± 1,411	34,73 ±1,414
Глобулины, г/л	34,9 ± 1,79	34,9 ± 2,22	34,2 ± 2,11	38,4 ± 2,01
Мочевина, ммоль/л	4,14 ± 0,618	3,97 ± 0,603	3,69 ± 0,702	3,89 ± 0,429
Мочевая кислота, ммоль/л	447,5 ± 26,91	320,9 ± 18,86***	380,1 ± 15,04*	365,9 ± 18,46*
АЛТ, ед/л	14,93 ± 1,889	14,79 ± 2,261	12,37 ± 1,207	16,35 ± 1,197
АСТ, ед/л	182,8 ± 11,91	183,4 ± 5,43	197,8 ± 3,89	183,6 ± 6,89
Щелочная фосфатаза, ед/л	283,0 ± 12,9	344,7 ± 22,84*	330,3 ± 23,33	303,4 ± 13,73
Прямой билирубин, ммоль/л	0,146 ± 0,0132	0,168 ± 0,0189	0,172 ± 0,0153	0,148 ± 0,0193
Общий билирубин, ммоль/л	39,09 ± 3,767	46,85 ± 5,703	64,9 ± 10,59	49,63 ± 7,374
Триглицериды, ммоль/л	7,6 ± 0,41	7,4 ± 0,31	7,5 ± 0,34	7,5 ± 0,33
ЛПНП, ммоль/л	0,4 ± 0,06	0,4 ± 0,04	0,3 ± 0,06	0,4 ± 0,07
Холестерин, ммоль/л	2,72 ± 0,155	2,72 ± 0,182	2,61 ± 0,127	2,51 ± 0,235
Креатинин, ммоль/л	40,58 ± 5,098	29,66 ± 2,721	23,98 ± 2,022**	25,35 ± 3,488*
Глюкоза, ммоль/л	14,10 ± 0,765	13,02 ± 0,619*	14,51 ± 0,563	13,40 ± 0,560
Амилаза, ед/л	460,1 ± 25,14	566,5 ± 23,51*	461,3 ± 19,096	556,5 ± 24,37*
Кальций, ммоль/л	5,79 ± 0,162	6,1 ± 0,34	5,9 ± 0,08	6,8 ± 0,15**
Фосфор, ммоль /л	1,8 ± 0,08	1,89 ± 0,136	1,9 ± 0,08	2,19 ± 0,069**
Магний, ммоль/л	1,13 ± 0,127	1,41± 0,085	1,41 ± 0,019	1,58 ± 0,032**

Примечание * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ достоверность разности с контролем

Белковый обмен. При оценке показателей белкового обмена предпочтение по эффективности использования азотистых веществ рациона следует отдать группе с пробиотиком Басулифор-С. В этой группе по сравнению с контролем на 16,1%

повысилось содержание общего белка ($p < 0,01$), 8,8% альбуминов, снизилась концентрация конечных продуктов распада аминокислот – мочевины на 4,1% и мочевой кислоты на 28,3% ($p < 0,001$). О более эффективном течении процессов азотистого обмена наряду с более низкими концентрациями мочевины и мочевой кислоты свидетельствует активность трансаминаз, которые являются индикаторами сбалансированности аминокислотного пула. Она была незначительно ниже, но это при том, что количество переваренного протеина в этой группе было максимальным (Таблица 8). К количеству переваренного протеина можно соотнести концентрацию общего белка и альбуминов. Последние являются лабильным источником аминокислот для покрытия потребностей организма на продукцию яйца, которая по яичной массе была также максимальной в этой группе (Таблица 11). Следовательно, прослеживается тесная корреляция между биохимическими показателями крови кур-несушек, получавших в рационе спорный пробиотик Басулифор-С и количеством переваренного протеина и яичной продуктивностью. Показатели белкового обмена у кур-несушек 1 группы четко свидетельствуют, что пробиотик оказывал положительное влияние не только на процессы пищеварения в кишечнике, но на течение обменных процессов в сторону повышения их эффективности.

Следующей по эффективности белкового обмена следует назвать 3 группу – содержание мочевой кислоты было ниже на 18,2% чем в контроле и на 3,7% чем во 2 группе, альбуминов наоборот было выше, соответственно, на 7,5 и 4%%, глобулинов – на 10,0 и 12,3%%. Концентрация мочевины была на 6% ниже, чем в контроле, и только на 5,4% выше, чем во 2 группе, хотя по абсолютным показателям эта разница незначительная.

Группа с клостридией занимает промежуточное положение между группами с Басулифором и контролем. Тем не менее, клостридия оказала влияние на показатели белкового обмена в сторону улучшения его отдельных показателей по сравнению с контролем – концентрация общего белка (+12,1%), альбуминов (+3,3%), мочевины (-

10,9%) и мочевой кислоты (-15,1%). Несколько расбалансированной представляется активность трансаминаз, что говорит о не оптимальном профиле всосавшихся в кровь аминокислот. Таким образом, показатели белкового обмена свидетельствуют, что споровые пробиотики *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в составе пробиотика Басулифор повышали эффективность азотистого обмена у кур, что выразилось в более высоком содержании белка в яйце, большей продукции яичной массы, соответственно, более высокой продукции белка с яйцом.

Липидный обмен. По концентрации триглицеридов группы практически не отличались между собой, однако следует отметить, что при увеличении на 3% переваренного жира в 1 и 3 группах (Таблица 8), увеличении продукции яичной массы в этих группах составило 5,7 и 4% (Таблица 11), соответственно, можно было ожидать большей разницы по сравнению с контролем в сторону снижения содержания триглицеридов в сыворотке крови. В контроле и 2 группе было меньше переваренного жира и более низкая яйценоскость, что обусловило относительно более высокие концентрации триглицеридов в крови по сравнению с 1 и 3 группами. По липопротеину низкой плотности и холестерину статистически достоверной разницы между группами не отмечено. Тем не менее, четко прослеживается эффект клостридии на снижение холестерина в крови, его содержание было на 4% -7,7% ниже во 2 и 3 группах по сравнению с контрольной и 1 опытной группами.

Креатинин — продукт обмена веществ, который образуется в мышцах и выводится из организма почками. Креатинин образуется в результате распада креатинфосфата - вещества, участвующего в энергетическом обмене мышц. Поскольку он является продуктом обмена, организм не использует его для каких-либо физиологических функций, и креатинин сразу выводится с мочой. Уровень креатинина был ниже по сравнению с контролем на 27% ($p < 0,05$) в группе Басулифор-С, на 41% ($p < 0,01$) в группе *Clostridium butyricum* и на 38% ($p < 0,05$) в группе, получавшей оба препарата. Таким образом пробиотические бактерии

подавляли катаболические процессы в мышечной ткани и способствовали перетоку сохраненных аминокислот на синтез яичного белка.

Во всех группах пробиотиков наблюдается повышение уровня прямого и общего билирубина. Превышение уровня общего и прямого билирубина над контролем в опытных группах составило в 1 группе соответственно 19,9% и 15,1%, 2 группе – 66,0% и 17,8% и 3 группе – 27,0% и 1,4%. Билирубин образуется под действием фермента биливердинредуктазы из биливердина, зелёного пигмента, который также является продуктом распада гема. Под действием фермента глюкуронилтрансферазы в печени билирубин соединяется с глюкуроновой кислотой (образует глюкуронид билирубина), благодаря чему становится водорастворимым. После этого билирубин экскретируется в составе жёлчи и поступает в тонкую кишку. Как только желчь попадает в пищеварительный тракт, билирубин под действием бактериальных ферментов толстой кишки превращается в ряд уробилиногенов. Уробилиногены и их производные частично всасываются из кишечника в портальную систему кровообращения и в некоторой степени подвергаются энтерогепатической рециркуляции, прежде чем выводятся с калом или мочой (Околелова, Т.М. и соавторы, 2023).

Вероятно, в нашем опыте пробиотические бактерии оказали стимулирующий эффект на процесс энтерогепатической рециркуляции, что привело к столь значительному повышению общего и прямого билирубина в крови.

Углеводный обмен. Ключевым в энергообмене организма птиц выступает углеводный метаболизм, так как большинство клеток тканей и органов эволюционно приспособлены покрывать свои энергозатраты за счёт окислительного распада экзогенных или эндогенных углеводов. Непосредственным источником энергии в организме птицы является глюкоза, гомеостаз которой в крови поддерживается за счёт совокупности следующих процессов: переваривания углеводов корма,

метаболизма гликогена печени и синтеза глюкозы из различных неуглеводных предшественников (глюконеогенеза). Это, с одной стороны, свидетельствует об активном использовании в организме птицы углеводных субстратов в качестве энергетического сырья, что обеспечивает высокую интенсивность метаболических реакций в клетках органов и тканей. Следовательно, быстрота распада и окисления, возможность быстрого извлечения из депо позволяют организму кур-несушек использовать глюкозу для покрытия возрастающих энергозатрат, обусловленных увеличением яичной продуктивности в ходе репродуктивного периода. Совокупность данных, характеризующих углеводный обмен в организме кур-несушек кросса «Ломанн-белый» в ходе репродуктивного периода, показала, что повышение продуктивности птицы в виде яйценоскости на одну несушку и массы яйца увеличивает расход энергии на производство продукции (Лосева Е.А., Степченко Л.М., 2005).

В нашем случае с увеличением яйценоскости и продукции яичной массы в 1 и 3 группах содержание глюкозы в сыворотке крови было на 7,8% и 5,0% ниже, чем в контрольной группе, что свидетельствует о повышенном расходе лабильного источника энергии в виде глюкозы. В этих группах значительно выше была активность амилазы, как следствие повышенной секреции этого фермента поджелудочной железой. Активность амилазы в 1 и 3 группах была выше, чем в контрольной группе на 23,1% и 21,0%. Во 2 группе активность амилазы была на уровне контрольной группы, а концентрация глюкозы на 2,8% выше, что согласуется с меньшим количеством произведенной яичной массы по сравнению с контролем.

Минеральный обмен. Показатели содержания макроэлементов в сыворотке крови отражают процессы их усвоения в кишечнике (Таблица 7). Пробиотические бактерии оказали значительный положительный эффект на повышение усвояемости кальция, магния и фосфора. Отражением этих процессов явилось увеличение содержания макроэлементов в сыворотке крови опытных групп. Содержание

кальция, фосфора и магния в сыворотке, которые определяют качество скорлупы, увеличилось в группе с Басулифор-С по сравнению с контролем, соответственно, на 5,4; 5,9 и 24,8%, в группе с клостридией – соответственно, на 1,9; 5,6 и 24,8%. Максимальный эффект был достигнут в группе, получавшей Басулифор-С и *Clostridium butyricum* - увеличение по сравнению с контролем составило, соответственно, на 17,4, 21,7 и 39,8%.

Электролитный баланс. Электролитный баланс имеет важное значение для здоровья и продуктивности кур-несушек, поскольку определяет состояние птицы при тепловом стрессе и способствует оптимальному усвоению питательных веществ. Эффективное использование компонентов корма птицами также обеспечивается достаточным уровнем электролитов. На качество яиц в значительной степени влияет физиологическая функция таких электролитов, как натрий, калий и хлор, которые отвечают за поддержание осмотического давления и кислотно-щелочного баланса. В частности, электролитный баланс напрямую контролирует метаболизм кальция, который является важным компонентом в формировании яичной скорлупы (Costa F.G.P. и соавторы, 2011).

В рамках настоящего исследования был изучен эффект введения пробиотиков на содержание ионов металлов в крови кур. Согласно данным, представленным в таблице 16, содержание калия в сыворотке существенно увеличивалось в группах с пробиотиком Басулифор-С - на 10,6-10,8% по сравнению с контролем. В группе с клостридией содержание калия было на 2,5% выше контрольного.

Таблица №16– Содержание электролитов в сыворотке крови кур-несушек

Показатель	Группа			
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
K, ммоль/л	3,97 ± 0,159	4,4±0,27	4,07± 0,219	4,39± 0,254
Na, ммоль/л	144,22 ± 1,51	147,87±0,8 29*	144,01±1,113	144,24±1,196
Cl, ммоль/л	129,5±3,63	130,4±3,52	131,08±3,252	129,56±3,599
iCa, ммоль/л	1,07± 0,094	1,17± 0,151	1,08± 0,081	1,17± 0,131
pH	7,38 ± 0,105	7,31± 0,089	7,34± 0,079	7,33± 0,058

Примечание * - $p \leq 0,05$ достоверность разности с контролем

Разница с контролем по концентрации натрия и хлора была не столь существенной между 2 и 3 группами. И только в 1 группе концентрация натрия была на 2,5% выше. Натрий в данном случае представляет особый интерес в плане формирования показателя осмотического давления. Осмотическое давление обусловлено электролитами и некоторыми неэлектролитами с низкой молекулярной массой (глюкоза, мочевины). Чем больше концентрация таких веществ в растворе, тем выше осмотическое давление. Около 60% всего осмотического давления обусловлено солями натрия. При расчете осмотического давления по формуле:

$P_{осм} = 2(Na + K) + \text{мочевина} + \text{глюкоза}$, где $P_{осм}$ – осмотическое давление (мОсм/л); натрий, калий, мочевины и глюкоза - ммоль/л, показатель осмотического давления в группах составил, соответственно, контроль – 314,6; первая группа – 321,5; вторая – 314,4 и третья – 314,6 мОсм/л.

Важность этого показателя определяется его влиянием на потребление корма, чем выше осмотическое давление, тем выше потребление. Для несушки в силу нормированного кормления этот показатель не столь значим, но для ремонтной молодки и особенно для бройлеров, увеличение показателя осмотического давления

под влиянием спорового пробиотика может иметь важное значение. И второй момент – пробиотик Басулифор, повышая осмотическое давление в крови, будет оказывать положительное влияние на продуктивность и сохранность кур-несушек во время теплового стресса.

Оптимальный уровень ионизированного кальция, физиологически активной формы, необходимой для свертывания крови, секреции гормонов, функционирования мышц и нервной системы, составляет от 0,96 до 1,22 ммоль/л. Как в группе, получавшей Басулифор-С, так и в группе, получавшей комбинацию Басулифор-С и *Clostridium butyricum*, его концентрация в нашем эксперименте увеличилась на 9,3% ($p \leq 0,05$) и во 2 группе – на 0,9% по сравнению с контролем.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что прием спорового пробиотика Басулифор-С оказывает существенное влияние на показатель осмотического давления в крови и может положительно влиять на потребление корма и показатели продуктивности и сохранности в условиях теплового стресса.

3.6. Показатели неспецифического иммунитета

Основная защита организма от патогенных микроорганизмов состоит из клеточных, молекулярных и физиологических показателей, которые определяют врожденный (неспецифический) иммунитет кур-несушек. Эти показатели представляют собой фундаментальный уровень иммунной защиты, который не зависит от предшествующего воздействия определенных антигенов.

Устойчивость организма к бактериальным инфекциям определяется фагоцитарной активностью лейкоцитов в зависимости от степени поглощения и переваривания патогенов. Исследования показали, что фагоцитарная активность повысилась на 9,8% в группе, получавшей Басулифор-С и до 11,6% в группе, получавшей *C. butyricum*. Однако в группе, получавшей смесь *C. butyricum* и Басулифор-С, этот показатель снизился на 3,7% (Таблица 17).

Таблица 17– Показатели неспецифической резистентности кур-несушек

Показатель	Группа			
	Контроль	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Фагоцитарная активность, %	43,0 ± 5,15	47,2±11,92	48,0 ± 6,78	41,4 ± 3,58
% к контролю	100,0	109,8	111,6	96,3
Фагоцитарный индекс	4,85 ± 0,66	6,68 ± 1,18	5,90± 0,75	6,10 ± 1,18
% к контролю	100,0	137,7	121,6	125,8
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	39,46±1,09	45,95±0,45	42,34± 0,55	44,83±2,73
% к контролю	100,0	116,4	107,3	113,6

Способность организма уничтожать чужеродные вещества характеризуется фагоцитарным индексом (ФИ). Анализ данных показал, что группа, принимавшая Басулифор -С, имела максимальное увеличение данного показателя по сравнению с контролем - на 37,7%, за ней следовала группа, потреблявшая смесь *C. butyricum* и Басулифор-С – на 25,8%. В группе с *C. butyricum* этот показатель был на 21,6% выше контрольного значения.

Использование специальных кормовых добавок и иммуномодуляторов может повысить бактерицидную активность сыворотки крови кур-несушек, что свидетельствует о том, насколько хорошо работает врожденный иммунный ответ, и помогает улучшить продуктивность и здоровье птицы. Согласно результатам этого исследования, добавление пробиотиков повышало бактерицидную активность сыворотки, особенно в группах, получавших бациллярные бактерии на 16,4% в первой и на 13,6% в 3 группе по сравнению с контролем. В группе с *C. butyricum* этот показатель увеличился на 7,3%.

Таким образом, бациллярные пробиотические бактерии в составе Басулифор-С в значительной степени улучшали показатели неспецифического иммунитета –

фагоцитарную активность лейкоцитов, фагоцитарный индекс и бактерицидную активность, что свидетельствует о более высоком иммунном статусе опытных кур и их большей защищенности от патогенов, что будет иметь прямое влияние как на сохранность, так и на количество и качество продукции.

3.7. Яичная продуктивность кур-несушек и экономическая эффективность применения пробиотического препарата Басулифор-С в производственных экспериментах

3.7.1. Яичная продуктивность кур-несушек на рационах с вводом пробиотического препарата Басулифор-С

Полученные в физиологическом опыте результаты по эффективности переваривания питательных веществ и изменению энергетической и протеиновой питательности рациона кормления кур-несушек приводят к следующему выводу: за счет введения пробиотика Басулифор-С в количестве 200 г/т корма возможна корректировка рациона на следующие величины – увеличение энергетической ценности рецепта на 1,34% и протеиновой питательности на 2,7%.

Данное положение явилось стратегией проведения производственных опытов на несушке возрастом старше 60 недель в 3 фазе кормления. Исследования проводили в ЗАО «Птицефабрика Пышминская» на птице кросса Ломанн белый 454–548-дневного возраста. В составе кормосмеси птица получала пробиотик «Басулифор-С» в течение 42 дней в разные периоды: группа 1 (21739 гол., корпус № 59) — с 507-го дня по 548-й, группа 2 (27581 гол., корпус № 56) — с 462-го дня по 503-й, группа 3 (27540 гол., корпус № 57) — с 454-го дня по 495-й. В эти три периода были изучены продуктивные качества и сохранность несушек, а также определен экономический эффект производства яиц с применением пробиотика.

Более масштабный опыт был проведен в ПАО «Птицефабрика «Боровская» Тюменская область на курах-несушках кросса Хайсекс коричневый. В этом опыте рацион кормления кур позволили скорректировать рецептуру комбикорма в

производственном опыте с вводом корректирующего коэффициента по обменной энергии и протеина. Вследствие чего изменилась рецептура комбикорма (Таблица 18). Прежде всего снизилось количество вводимого в рацион наиболее ценного как по энергетической питательности, так и по стоимости подсолнечного масла, его содержание снизилось на 10 кг/т корма, соответственно увеличилась доля более дешевых ингредиентов – пшеницы и ячменя – в сумме с 64,6% в контроле до 65,88% в опыте или на 1,28%. На 3 кг/т снизился ввод соевого шрота. Данные изменения доли ингредиентов или замена более дорогого подсолнечного масла и соевого шрота на зерновые привели к снижению стоимости 1 тонны комбикорма на 517 руб.

Таблица 18 – Состав и показатели питательности комбикорма для кур-несушек
3 фазы кормления

Компонент	Контроль	Опыт
Пшеница, %	47,7	48,75
Ячмень, %	16,9	17,13
Овес без пленок, %	7	7
Горох, %	6	6
Шрот соевый, %	5,9	5,6
Шрот подсолнечный, %	4	4
Масло подсолнечное, %	1,5	0,5
Басулифор-С, %	0	0,02
БВМК, %	11	11
Итого	100	100
Обменная энергия, ккал/100 г	272	272
Сырой протеин, %	14,53	14,56
Лизин SID птица, %	0,70	0,71
Метионин+цистин SID птица, %	0,60	0,62
Треонин SID птица, %	0,46	0,47
Са, %	3,90	3,90
Р усвояемый, %	0,42	0,42
Стоимость рецепта с НДС, руб/т	14543	14026

При таком подходе к оптимизации рациона на фоне включения пробиотика Басулифор-С с добавленной энзиматической активностью можно ожидать как

минимум таких же показателей по яичной продуктивности и качеству яйца, что практически наблюдалось в течение первых двух недель скормливания пробиотика Басулифор-С (Таблица 19).

Таблица 19 – Показатели яйценоскости (%) кур-несушек в возрасте 69-84 недель (ПАО «Птицефабрика «Боровская»)

Возраст, недель	Норматив	Опытные корпуса			Контрольные корпуса			Разность, опыт-контроль, %
		3-1	3-3	Среднее	3-5	3-7	Среднее	
69	79,85	92,29	92,32	92,31	91,42	92,62	92,02	0,28
70	79,85	91,94	91,03	91,49	90,50	93,17	91,84	-0,35
71	79,85	91,98	91,06	91,52	87,22	92,79	90,01	1,52
72	79,85	92,08	90,42	91,25	84,90	91,22	88,06	3,19
73	77,85	91,72	89,87	90,80	84,86	91,23	88,05	2,75
74	77,85	89,95	90,41	90,18	83,73	91,42	87,58	2,61
75	77,85	91,15	88,82	89,99	83,55	89,46	86,51	3,48
76	77,85	89,68	89,18	89,43	82,98	87,95	85,47	3,97
77	75,85	89,19	87,93	88,56	77,64	86,55	82,10	6,47
78	75,85	88,58	85,12	86,85	84,19	86,06	85,13	1,72
79	75,85	87,79	84,08	85,94	80,33	84,83	82,58	3,36
80	75,85	88,17	83,39	85,78	79,41	86,01	82,71	3,07
81	73,85	84,84	80,06	82,45	78,30	83,75	81,03	1,43
82	73,85	84,63	81,64	83,14	78,63	84,04	81,34	1,80
83	73,85	81,28	80,81	81,05	78,91	82,87	80,89	0,16
84	73,85	81,15	79,79	80,47	77,98	82,75	80,37	0,10
Среднее	76,85	88,53	86,62	87,57	82,78	87,92	85,35	2,22

Далее, начиная с 3 недели скормливания пробиотика опытные корпуса превышали контроль по яичной продуктивности на 1,52% и в последующем до 80 недели эта разность составляла 2,6- 3,97% за исключением 77 и 78 недель. В период, начиная с 81 недели разность между опытными корпусами и контрольным по яйценоскости постепенно снижалась, практически исчезнув на 83-84 неделе. За эксперимент в период с 69 по 84 неделю опыта разница по яичной продуктивности

между опытными и контрольными корпусами составила 2,22%, соответственно, 87,57% и 85,35% в среднем за период. Изначально, ожидания были получить одинаковую продуктивность по опытным корпусам в сравнении с контролем, но полученная разность требует дальнейшего уточнения поправочных коэффициентов энергетической и протеиновой питательности. В целом следует отметить, что яйценоскость как опытных, так и контрольных корпусов за период опыта существенно превышала нормативную для кросса, соответственно, на 8,5% в контроле и на 10,72% в опыте. Эта разность свидетельствует о том, что эксперимент был проведен на высоком уровне яичной продуктивности отобранной несушки и применение пробиотика Басулифор-С будет иметь значительный эффект также на высокопродуктивном поголовье.

3.7.2. Сохранность кур-несушек в период производственного опыта

Важным аспектом применения пробиотических препаратов в кормлении кур-несушек, особенно на финишной фазе содержания является показатель сохранности поголовья. В период с 69 по 78 неделю отход несушки несущественно различался между опытными и контрольными корпусами и составлял 0,1– 0,18% в неделю (Таблица 20). Однако, начиная с 79 недели отход птицы в контрольных корпусах существенно стал превышать отход в опытных, что явилось накопительным эффектом влияния пробиотика на иммунитет кур-несушек. В опытных корпусах еженедельный отход в период с 79 по 84 неделю составлял 0,18– 0,24%, в контрольных – 0,22 – 0,34%. В целом за период опыта при меньшем поголовье на 7935 голов в опытных корпусах отход был меньше на 1225 голов, чем в контрольных. Сохранность в опытных корпусах за период опыта составила в расчете на посадочное поголовье 97,35%, в контроле – 97,07% или 0,28% ниже. В производственном эксперименте нашло практическое выражение в повышении сохранности несушки на финальной фазе содержания эффект споровых пробиотиков в улучшении показателей неспецифического иммунитета (Таблица 17).

Таблица 20 – Показатели сохранности кур-несушек в возрасте 69-84 недель
(ПАО «Птицефабрика «Боровская»)

Возраст, недель	Опытные корпуса			Контрольные корпуса			Разность, опыт- контроль, гол
	3-1	3-3	Сумма	3-5	3-7	Сумма	
Поголовье на начало опыта, гол	175567	174414	349981	178013	179903	357916	-7935
69	219	172	391	157	207	364	27
70	321	178	499	193	172	365	134
71	231	210	441	194	203	397	44
72	270	194	464	208	187	395	69
73	253	217	470	207	214	421	49
74	258	249	507	217	237	454	53
75	251	211	462	246	317	563	-101
76	332	237	569	245	308	553	16
77	315	291	606	236	320	556	50
78	312	305	617	255	405	660	-43
79	356	275	631	353	428	781	-150
80	346	277	623	308	567	875	-252
81	413	278	691	336	551	887	-196
82	449	289	738	318	632	950	-212
83	432	312	744	323	770	1093	-349
84	467	350	817	338	843	1181	-364
Отход всего, гол	5225	4045	9270	4134	6361	10495	-1225
Сохранность, %	-	-	97,35	-	-	97,07	-

3.7.3. Потребление и затраты корма на единицу продукции несушкой в возрасте 69-84 недели

Ввод пробиотика Басулифор-С сказался на потреблении корма курами несушками (Таблица 21).

Таблица 21– Потребление корма несушкой в возрасте 69-84 недели, г/сут

Возраст, недель	Норматив	Опытные корпуса			Контрольные корпуса			Разность, опыт-контроль
		3-1	3-3	Среднее	3-5	3-7	Среднее	
69	125	123,18	131,02	127,10	123,1	126,97	125,04	2,07
70	125	119,54	125,81	122,68	117,11	126,50	121,81	0,87
71	125	120,72	124,87	122,80	118,82	123,88	121,35	1,45
72	125	119,92	123,65	121,79	121,9	123,55	122,73	-0,94
73	125	118,48	126,32	122,40	120,45	124,91	122,68	-0,28
74	125	119,87	127,04	123,46	120,87	120,85	120,86	2,60
75	125	120,41	127,12	123,77	128,30	125,54	126,92	-3,16
76	125	121,74	125,17	123,46	125,65	124,75	125,20	-1,75
77	125	118,30	124,82	121,56	124,91	124,08	124,50	-2,94
78	125	128,54	126,91	127,73	124,96	112,78	118,87	8,85
79	125	126,67	122,31	124,49	126,38	126,48	126,43	-1,94
80	125	126,41	122,72	124,57	125,39	127,04	126,22	-1,65
81	125	123,35	122,00	122,68	125,41	127,24	126,33	-3,65
82	125	116,65	121,92	119,29	126,07	122,08	124,08	-4,79
83	125	122,34	124,00	123,17	126,66	95,08	110,87	12,30
84	125	123,00	125,41	124,21	108,64	113,7	111,17	13,04
Среднее	125,00	121,82	125,07	123,44	122,79	121,59	122,19	1,25

Из 16 недель опыта только в течение 7 недель несушка опытных корпусов потребляла корма больше, чем контроль. Определяющую роль в разности потребления сыграли последние недели опыта – 83 и 84. В этот период разность с опытом по суточному потреблению корма составила 12,3– 13,04 г, что и определило конечный результат по этому показателю. В среднем за опыт ежедневно опытная

несушка потребляла по 123,44 г корма, в то время как контрольная по 122,19 г. Разница составила 1,25 г/сут, то есть опытная несушка за период опыта потребляла корма на эту величину больше.

Потребление корма важный показатель в определении экономической эффективности производства яйца, но более показательным является показатель конверсии или затраты корма на произведенное яйцо, так как конверсия учитывает также и произведенную продукцию (Таблица 22).

Таблица 22– Затраты корма на произведенное яйцо, кг/10 яиц

Возраст, недель	Опытные корпуса			Контрольные корпуса			Разность, опыт-контроль
	3-1	3-3	Среднее	3-5	3-7	Среднее	
69	1,34	1,42	1,38	1,34	1,38	1,36	0,02
70	1,30	1,37	1,33	1,29	1,36	1,32	0,01
71	1,31	1,37	1,34	1,34	1,33	1,33	0,01
72	1,30	1,36	1,33	1,40	1,33	1,36	-0,03
73	1,29	1,39	1,34	1,39	1,36	1,38	-0,04
74	1,31	1,40	1,36	1,41	1,32	1,36	0,00
75	1,32	1,41	1,37	1,53	1,38	1,46	-0,09
76	1,34	1,39	1,37	1,51	1,38	1,44	-0,07
77	1,31	1,39	1,35	1,53	1,40	1,47	-0,11
78	1,45	1,48	1,46	1,52	1,31	1,42	0,05
79	1,43	1,44	1,43	1,57	1,50	1,54	-0,10
80	1,43	1,46	1,44	1,57	1,48	1,53	-0,08
81	1,41	1,46	1,44	1,59	1,49	1,54	-0,10
82	1,38	1,50	1,44	1,60	1,43	1,52	-0,07
83	1,46	1,56	1,51	1,61	1,14	1,38	0,14
84	1,49	1,58	1,53	1,37	1,37	1,37	0,16
Среднее	1,37	1,44	1,40	1,47	1,37	1,42	-0,02

За период опыта в течение только 6 недель конверсия в опытной группе была выше, чем в контроле, причем как и в потреблении корма наибольшая разница между группами пришлась на последние 2 недели опыта. В целом по опыту затраты

корма на произведенные 10 яиц составили в опыте 1,40 кг корма против 1,42 кг в контроле или на 0,02 кг меньше. При том, что в яичном производстве примерно 80% себестоимости яйца приходится на корма, такая разница в нашем опыте по затратам корма на произведенное яйцо подтверждает экономическую привлекательность применения пробиотика Басулифор-С в кормлении кур-несушек на финальной фазе их содержания.

3.7.4. Качество яиц у кур-несушек в возрасте 69-84 недели

Важнейшим товарным признаком является прочность скорлупы пищевых яиц. От этого параметра зависит сохранность яиц при их сборе, упаковке, транспортировке и реализации. Низкое качество скорлупы приводит к существенным экономическим потерям на производстве (Околелова, Т.М. и соавторы, 2020; Кавтарашвили А.Ш., 2023).

Значительное ухудшение качества скорлупы яиц наблюдается у кур-несушек в возрасте старше 45 недель под влиянием ряда факторов: изменений в репродуктивной системе; снижения интенсивности формирования органической основы (матрикса) и, собственно, кальцификации (Мударисов Т. и соавторы, 2015); изменения состояния пищеварительного тракта, снижения перевариваемости и использования питательных и минеральных веществ корма (Околелова, Т.М. и соавторы, 2020).

При использовании в рационе несушек пробиотика «Басулифор-С» с возрастом отмечено замедление процесса снижения прочности скорлупы яиц. Так, в контрольной группе с 69 по 73 неделю интенсивность снижения составила 0,32 Н/нед., в то время как в опытной она увеличивалась на 0,12 Н/нед. (Таблица 23). С увеличением возраста несушки влияние пробиотика на качество скорлупы усиливается. В 69 недельном возрасте средняя прочность скорлупы яйца опытных несушек была на 1,1 Н ниже, выше на 3,5% была доля яиц с прочностью скорлупы менее 33 Н. В возрасте 73 недель в опытной группе установлено статистически

достоверное уменьшение коэффициента вариации прочности скорлупы ($P \geq 0,95$), а также снижение количества яиц с прочностью скорлупы менее 33 и 26 Н: на 13,3 и 10,1%, соответственно, по сравнению с контрольной группой. Средняя прочность скорлупы увеличилась по сравнению с контролем на 1,1 Н.

Таблица 23 – Прочность скорлупы куриных яиц (ПАО «Птицефабрика «Боровская»)

Показатель	Группа		Разность, опыт-контроль
	Контрольная	Опытная	
Возраст несушек — 69 нед.			
Средняя прочность скорлупы, Н	39,3±1,59	38,2±1,11	-1,1
Коэффициент вариации, %	21,1±2,81	15,3±2,04	−5,8
Количество яиц (%) с прочностью скорлупы, Н:			
менее 33	14,3	17,8	+3,5
менее 26	3,6	0	−3,6
Возраст несушек — 73 нед.			
Средняя прочность скорлупы, Н	37,7±1,71	38,8±1,25	+1,1
Коэффициент вариации, %	24,9±3,21	17,1±2,25	−7,8*
Количество яиц (%) с прочностью скорлупы, Н:			
менее 33	23,3	10,0	−13,3
менее 26	16,7	6,6	−10,1

Примечание: * - $p \leq 0,05$ достоверность разности с контролем.

Таким образом, наблюдается четкая тенденция на улучшение качества скорлупы под действием пробиотика с увеличением возраста.

Также в опытной группе значительно была ниже изменчивость показателя средней прочности скорлупы, в 69 недель в контроле этот показатель был равен 21,1% против 15,3% в опыте или на 5,8% выше. В 73 недельном возрасте эта разность между опытом и контролем увеличилась, соответственно, 24,9 и 17,1% ($P \geq 0,95$) или ниже в опыте на 7,8%, что свидетельствует о более однородном качестве скорлупы яиц.

Прочность скорлупы определяли прямым методом — путем непосредственного механического воздействия на нее до появления трещин. Кроме того, прочность скорлупы оценивается косвенно: по ее толщине, относительной массе и показателю упругой деформации (степени прогиба скорлупы при воздействии груза массой 500 г). Толщина скорлупы определяется по количеству времени, в течение которого яйцо находилось в организме птицы, и по скорости осаждения кальция при формировании яичной скорлупы (Кочиш И.И. и соавторы, 2007), а также на ее величину влияют особенности формирования микроструктуры ее органической и минеральной частей (Кавтарашвили А.Ш., 2023). Достоверных различий в толщине скорлупы яиц с увеличением возраста кур между группами не обнаружено (Таблица 24).

Таблица 24 – Толщина скорлупы куриных яиц

Показатель	Группа		Разность
	Контрольная	Опытная	
Возраст несушек — 69 нед.			
Средняя толщина скорлупы, мкм	382,9±6,56	376,6±3,85	–6,3
Коэффициент вариации, %	8,9±1,19	5,4±0,72	–3,5
Количество яиц (%) с толщиной скорлупы, мкм:			
более 350	82,1	82,1	0,0
349–320	14,3	17,9	+3,6
менее 320	3,6	0	–3,6
Возраст несушек — 73 нед.			
Средняя толщина скорлупы, мкм	375,8±5,43	374,8±6,07	–1,0
Коэффициент вариации, %	7,9±1,02	8,8±1,36	+0,9
Количество яиц (%) с толщиной скорлупы, мкм:			
более 350	76,7	76,7	0,0
349–320	23,3	13,3	–10,0
менее 320	0	10,0	+10,0

В контрольной группе на 69-й неделе отмечена большая на 6,3 мкм толщина скорлупы по сравнению с опытом. В возрасте 73 недели толщина скорлупы в контроле и опыте практически сравнялась, соответственно, 375,8 мкм в контроле и 374,8 мкм в опыте. Однако следует учесть следующую взаимосвязь показателя толщины скорлупы и яичной продуктивности. В 69 недель яйценоскость несушки составила 92,31% в опыте и 92,02 в контроле, толщина скорлупы составила соответственно, 376,6 мкм и 382,9 мкм. Через 5 недель толщина скорлупы в опыте и контроле сравнялась, но продуктивность была существенно выше в опыте – 90,80% против 88,05% в контроле. Таким образом, при увеличении выноса кальция с яйцом, толщина скорлупы осталась на прежнем уровне, что свидетельствует, как и в физиологическом опыте об увеличении эффективности усвоения кальция из корма, как это отмечалось в физиологическом опыте.

Повышение доступности питательных и минеральных веществ рациона за счет использования пробиотика положительно отразилось на процессе формирования скорлупы и ее микроструктуре, а также способствовало стабилизации прочности скорлупы яиц несушек опытной группы.

Следует отметить, что селекция на повышение прочности скорлупы яиц затруднена, поскольку этот признак существенно изменяется с возрастом кур и под влиянием условий кормления, а также имеет отрицательную корреляцию с показателем яйценоскости (Кочиш И.И. и соавторы, 2007). Для минимизации проблемы ухудшения качества скорлупы яиц в конце продуктивного цикла несушек, связанного с изменениями в их репродуктивной системе и снижением интенсивности формирования органической основы (матрикса) и собственно кальцификации (Мударисов Т. и соавторы, 2015), а также с изменением состояния пищеварительного тракта, снижением переваримости и использованием питательных и минеральных веществ корма (Околелова, Т. М. и соавторы, 2020), целесообразно использовать в кормлении несушки споровый пробиотик Басулифор-С.

3.7.5. Экономическая эффективность использования спорowego пробиотика на финальной фазе продуктивности

По факту опыта в ПАО «Птицефабрика «Боровская», опытные корпуса, получавшие пробиотик, имели яйценоскость на 2,22% выше, чем контрольные. За период опыта с 69 до 84 недель средняя яйценоскость в контроле составила 85,35% против 87,57% в опыте (Таблица 25).

Таблица 25 – Экономическая эффективность применения пробиотика Басулифор -С на несушке в 3 фазе кормления (ПАО «Птицефабрика «Боровская»)

Показатель	Группа		Разность
	Контрольная	Опытная	
Яйценоскость, %	85,35	87,57	+ 2,22
Сохранность несушек, %	97,07	97,35	+ 0,28
Получено яиц в расчете на одну начальную несушку , шт/ период	95,6	98	+2,4
Расход корма, г/гол/день	122,19	123,44	+1,25
Расход корма на производство одного яйца, г	143,15	141,07	-2,08
Затраты корма, кг/10 яиц	1,42	1,40	-0,02
Стоимость комбикорма, руб/т	14543	14026	- 517
Кормовая стоимость 10 яиц, руб	20,65	19,64	- 1,01

Причем, в среднем потребление корма в опытной группе увеличилась до 123,44 г/сут против 122,19 г/сут в контроле, но увеличение яйценоскости нивелировало это повышение потребления корма в расчете затрат корма на производство 1 яйца - они снизились на 2,08% с 143,15 г/яйцо в контроле до 141,07 г/яйцо в опыте. В целом, конверсия в расчете на 10 яиц снизилась с 1,42 в контроле до 1,40 в опыте или на 2 единицы. Данный факт является определяющим в доказательстве положительного эффекта применения пробиотика Басулифор-С в

кормлении яичной птицы. В конечном итоге эффект пробиотика на повышение продуктивности, снижении стоимости корма и повышение сохранности кур привел к тому, что кормовая составляющая себестоимости производства 10 яиц снизилась с 20,65 руб в контроле до 19,64 руб или на 1,01руб.

При проведении эксперимента в ЗАО «Птицефабрика Пышминская» использовали пробиотик Басулифор-С в рационе несушек с начала III фазы яйцекладки в возрасте 454-462 дня (группы 2 и 3), фактическая яйценоскость птицы превысила нормативный показатель кросса на 2,67–2,68% (Таблица 26).

Таблица 26 – Экономическая эффективность скармливания пробиотика Басулифор-С несушкам в возрасте 454–548 дней (ЗАО «Птицефабрика Пышминская»)

Показатель	Группа / корпус		
	1/59	2/59	3/57
Возраст несушки, дни	507–548	462–503	454–495
Поголовье несушек в начале опыта, гол.	21 739	27 581	27 540
Сохранность несушек, %:			
нормативная для кросса	98,45	98,85	98,91
фактическая	98,53±0,08	98,99±0,063	98,93±0,065
разность (опыт – норматив)	+0,08	+0,14	+0,02
Яйценоскость, %:			
нормативная для кросса	80,33	83,94	85,10
фактическая	81,69	86,61	87,78
разность (опыт – норматив)	+1,36	+2,67	+2,68
Расход кормов, кг/гол./период	5,01	4,889	4,880
Стоимость кормов, руб./гол./период	51,91	50,66	50,57

При использовании пробиотика с 507-дневного возраста (группа 1) превышение нормативного показателя яйценоскости было в 1,9 раза меньше по

сравнению с величиной разницы между показателями групп 2 и 3, получавших «Басулифор-С» с начала III фазы яйцекладки с 462-го дня и с 454-го, и нормативом кросса птицы.

Средняя нормативная яйценоскость в группе 3 (85,1%) на 4,77% превышала соответствующий показатель группы 1 (80,33%). Между средними фактическими показателями эта разница составила 6,09%. Использование рациона с пробиотиком с начала III фазы яйцекладки обусловило наилучшую продуктивность несушек.

Включение в рацион несушек с начала III фазы яйцекладки пробиотика «Басулифор-С» позволило снизить расход корма на 0,12–0,13 кг/гол./период и улучшить использование питательных веществ рациона. Затраты корма на обеспечение фактической яйценоскости в группах 1–3 составили соответственно 146, 134 и 132 г/яйцо, а нормативной — 148, 138, 136 г/шт.

В результате проведенных исследований на несушках кросса «Ломанн белый» установлено, что включение пробиотика «Басулифор-С» в их рацион с начала III фазы яйцекладки способствует сохранению высокой яйценоскости кур в более старшем возрасте, а также продлению цикла яйцекладки, увеличению объема производимой продукции в расчете на 1 несушку и снижению затрат кормов.

Таким образом, по результатам двух производственных экспериментов на ПАО «Птицефабрика «Боровская» и ЗАО «Птицефабрика Пышминская» включение в рацион кормления кур-несушек яичных кроссов в 3 фазе кормления пробиотика Басулифор-С улучшило показатели яичной продуктивности, сохранность и сократило затраты корма на производство яиц, тем самым улучшив экономические показатели производства яиц, за счет снижения их себестоимости.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы птицеводческая отрасль столкнулась с рядом трудностей, которые повлияли на ее общую эффективность и траекторию развития. К этим проблемам относится распространение эпидемических заболеваний птицы, таких как колибактериоз, сальмонеллез и ньюкаслская лихорадка, а также высокопатогенный грипп птиц (H5N8). В 2023–2024 годах последнее заболевание распространяется более широко и оказывает значительное влияние на производство и популяцию птицы. В США во время карантинных ограничений было убито и уничтожено более 72 миллионов кур. Пострадало и птицеводство в России: в 2023 году ускорение производства значительно снизилось, увеличившись всего на 0,7% по сравнению с предыдущим годом. Стоимость птицеводческой продукции выросла в результате уничтожения птицы и остановки производства; в последние годы стоимость кормов, оборудования, вакцин и энергоресурсов увеличилась на 10 – 30% и более. Несмотря на эти препятствия, в 2023 году Россия произвела около 46 миллиардов яиц и 5,3 – 5,4 миллиона тонн мяса птицы, в 2024 году рост был незначительным. Хотя импорт птицы увеличился из-за проблем с внутренним производством и логистикой, эксперты отмечают, что потери, несмотря на эпидемии среди птицы, компенсируются ростом отрасли и расширением направлений экспорта (Назар, М.М., 2024; Фисинин В.И., 2025).

Современное яичное птицеводство сосредоточено на выращивании птицы, способной производить как можно больше яиц в период яйцекладки. Высокий уровень производительности необходим для успеха на этом этапе, и на него влияют системы управления, питание, генетика и факторы окружающей среды.

Недавние исследования показали, что пробиотики улучшают здоровье кишечника, повышают иммунитет, борются с инфекциями и повышают продуктивность при добавлении в рацион домашней птицы. Организм хозяина и

кишечная микрофлора тесно взаимодействуют, создавая эти эффекты. Однако эффективность пробиотиков зависит от широкого спектра факторов, таких как тип добавки, дозировка, основной состав рациона, физиологические особенности птицы и условия окружающей среды, которые различаются у разных видов домашней птицы. Поэтому для того, чтобы максимально повысить эффективность пробиотиков, необходимы дополнительные исследования, чтобы определить оптимальные условия для их применения и понять механизмы действия. Кроме того, повышение продуктивности кур на более поздних этапах производства яиц имеет важное значение для решения финансовых вопросов, повышения устойчивости и обеспечения процветания птицеводческой отрасли. Репродуктивная эффективность кур-несушек в этот период тесно связана с экономической рентабельностью птицефабрик.

Целью данного исследования была оценка влияния добавления спорообразующих пробиотиков родов *Bacillus* и *Clostridium* к основному рациону кур-несушек на поздних стадиях яйценоскости. Впервые было изучено их влияние на качество яиц и продуктивность, а также на процессы пищеварения и усвоения питательных веществ и неспецифического иммунитета. Изначально куры-несушки в физиологическом эксперименте были разделены на четыре группы, по десять голов в каждой. Первая группа получала основной рацион, вторая – препарат Басулифор-С, содержащий 2 бациллы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, третья – *Clostridium butyricum*, а четвертая – смесь Басулифор-С и *Clostridium butyricum*. После получения результатов, характеризующих яичную продуктивность, качество яйца, показателей переваримости и усвоения питательных веществ и иммунитета, был проведен промышленный эксперимент для подтверждения результатов физиологического опыта и определения экономической эффективности использования пробиотика Басулифор-С у кур-несушек кросса Хайсекс коричневый и Ломанн белый.

Улучшая микробный состав кишечника и повышая энзиматическую активность содержимого кишечника, пробиотики оказывают положительное влияние на способность кур-несушек переваривать и усваивать питательные вещества. Результаты физиологического опыта показывают влияние клостридии и бацилл на процессы пищеварения у кур-несушек в возрасте 50 недель, переваримость сухого вещества увеличилась с 84,0% в контроле до 85,3; 84,6 и 85,0% в опытных группах, причем бациллы препарата Басулифор-С оказали максимальный эффект на переваримость сухого вещества. Клостридия оказала незначительное влияние на этот показатель.

Разность по показателю усвояемости азота с контролем и группой с Басулифор-С составила 2,2%, в третьей – 1,5% и второй – 0,3%. Максимальный показатель усвояемости азота был у кур в группе с Басулифор-С – 88,8% против 86,6% в контроле, 86,9 и 88,1% во 2 и 3 группах.

По переваримости жира ситуация аналогична таковой как у протеина. Максимальная переваримость жира отмечается в группе с Басулифор-С – 85,3%, против 82,7% в контроле, и 82,3 % и 85,7% во 2 и 3 группах. Ввод бацилл в рацион кур привел к существенному повышению эффективности переваривания клетчатки. По сравнению с контролем в 1 группе показатель переваримости клетчатки был выше на 5,1%, 33,1% против 28,0% в контроле, в третьей группе – переваримость клетчатки оказалась на 3,4% выше, чем в контроле, соответственно, 31,4% и 28,0%. Переваримость клетчатки во 2 группе составила 24,7% против 28,0% в контроле.

Бациллы *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, входящие в состав пробиотика Басулифор-С оказывают значительное влияние на повышение переваримости практически всех питательных веществ, увеличение усвояемости макроэлементов, тем самым увеличивая пул субстратов в обмене веществ. Клостридия, которая в силу своей способности продуцировать масляную кислоту – бактериостатика, оказывала сдерживающий эффект на ферментативную активность бацилл пробиотика Басулифор-С. Вследствие этого при одинаковой концентрации

бацилл в единице корма в 1 и 3 группах показатели переваримости питательных веществ в 3 группе были несколько ниже, чем в 1 группе. Следовательно, такая композиция при изучаемых концентрациях клостридии в 1 грамме корма оказалась неэффективной по сравнению с чисто бациллами.

Эти результаты согласуются с исследованием, проведенным Агеевым Б.В. и соавторами (2022) с использованием *Bacillus subtilis* на курах-несушках, в котором было обнаружено, что ферменты этой бактерии способствуют улучшению пищеварения и конверсии корма, повышению продуктивности и снижению отхода птицы. Ферментативная активность бактерий рода *Bacillus* способствует усвоению различных питательных веществ, включая клетчатку и белок (Левахин В.И. и соавторы, 2013; Косилов В. И. и соавторы, 2025).

Влияние бацилл и клостридии на процессы переваривания питательных веществ сказался на энергетической питательности рационов кормления. Энергетическая питательность опытных рационов превышала контроль по обменной энергии в 1 группе на 28,3 кДж, в 3 группе – 27,6 кДж и во 2 группе – 13,1 кДж. Эта разность по обменной энергии, вызванная эффектом бацилл и клостридии на переваримость питательных веществ является базой для увеличения яичной продуктивности, как количества яиц так и их массы.

Ввод в рацион пробиотического препарата Басулифор-С оказал положительное влияние на яичную продуктивность кур-несушек. Согласно результатам исследования, добавление добавок Басулифор-С в рацион кур-несушек и сочетание их с *Clostridium butyricum* увеличивало количество яиц, получаемых в третью фазу кормления в возрасте 50-60 недель. По сравнению с контрольной группой птицы, получавшие как Басулифор-С, так и смесь, содержащую *Clostridium butyricum*, показали наибольшее увеличение яйценоскости – на 4,3% – 4,5%, со статистически значимыми различиями ($p < 0,05$). Использование коммерческого синбиотика Biomin IMBO в течение семи недель показало аналогичное положительное влияние на продуктивность кур породы Белый леггорн (Mohammadian A. и соавторы, 2013).

Авторы исследования связывают улучшение яйценоскости с повышением переваримости питательных веществ и их усвоения в желудочно-кишечном тракте птицы, что объясняется воздействием пробиотиков и пребиотических добавок. Однако, добавление только *Clostridium butyricum* привело к снижению яйценоскости на 1,9% ($p < 0,05$). Объяснением данному факту, возможно, может служить способность клостридии выделять гормоноподобные вещества, которые могли оказать влияние на процесс яйцеобразования. Согласно исследованию Huang J. и соавторы (2024), добавление *C. butyricum* курам-несушкам снижало яйценоскость, но увеличивало среднюю массу яиц и их скорлупы у некоторых пород, например, у кур породы Хай-лайн Браун в возрасте 40 недель и у кур породы Лухуа в возрасте 26 недель.

В нашем эксперименте в группе с клостридией несколько выше была масса яиц и поэтому разность с контролем по суточной продукции яичной массы составила 1,7%. В 3 группе с бациллами эффект клостридии на фоне более высокой яйценоскости сказался на снижении массы яиц, разница с контролем составила 0,9 г/яйцо и с 1 опытной группой – 1,2 г. Результаты ряда исследований, таких как исследования (Kalavathy R. и соавторы, 2005; Nahashon S. N. и соавторы, 1994; Nahashon S.N. и соавторы, 1996; Shini S. и соавторы, 2013), указывают на потенциальную пользу пробиотиков на основе *Lactobacillus* для увеличения размера яиц кур-несушек. В частности, было высказано предположение, что использование пробиотиков может уменьшить репродуктивные нарушения, которые обычно негативно влияют на вес яиц и продуктивность. В результате, увеличение веса яиц, наблюдаемое у кур, получавших пробиотики, представляется обоснованным и согласуется с имеющимися в настоящее время данными. На фоне вышеуказанной информации по яйценоскости и продукции яичной массы важным представляется показатель расхода корма на 1 яйцо и единицу яичной массы, так как он определяет экономическую эффективность производства яйца. Минимальный расход корма на 1 яйцо был в 3 группе – 173,2 г против 182,7 г в контроле. В 1 группе с Басулифором

затраты корма составили 173,6 г/яйцо, что примерно сопоставимо по данному показателю с 3 группой. И максимальное значение в силу более низкой яйценоскости по расходу корма оказалось в 3 группе – 187,0 г.

Однако, если относить показатель расхода корма на единицу яичной массы, то преимущество остается за группой с пробиотиком Басулифор-С – 2,68 г/г яичной массы против 2,84 в контроле и 2,89 в 2 группе. Третья группа по этому показателю незначительно в большую сторону отличалась от 1 группы. Показатель расхода корма на единицу яичной массы относительно контроля был минимальным в группе с Басулифором-С – 94,6%, следующим идет 3 группа – 96,1% и в группе с клостридией показатель расхода превышал контроль на 1,7%.

Таким образом, бациллы оказали значительное положительное влияние не только на показатель яйценоскости кур-несушек, но и на экономическую составляющую производства яйца – расход корма на 1 яйцо и на единицу яичной массы, клостридия в этом плане оказала отрицательный эффект.

Таким образом, повышение эффективности переваривания питательных веществ бациллами за счет привнесенной ферментативной активности позволило обеспечить кур-несушек в нашем опыте большим количеством питательных веществ для продукции яйца, прироста живой массы, а макроэлементами – для обеспечения строительным материалом костяка и скорлупы яиц.

Срок годности яиц в значительной степени зависит от качества яичной скорлупы, а проблемы с качеством скорлупы при сборе, хранении и транспортировке приводят к снижению товарности промышленного яйца. До 6–10% всех яиц, производимых в мире, портятся из-за плохого качества скорлупы, что приводит к большим финансовым потерям (Hamilton R. M. G., Bryden W. L., 2021). Прочность яичной скорлупы может снижаться, что может быть связано с возрастом кур-несушек, их генетической структурой и усвоением питательных веществ из корма (Carvalho C. L. и соавторы, 2023). На поздней стадии продуктивности качество яиц

часто снижается, что приводит к ослаблению скорлупы, растрескиванию и сокращению срока хранения. Решение этих проблем имеет важное значение для коммерциализации и сохранения доверия потребителей. Согласно исследованию Wang Y и соавторы (2024), качество яичной скорлупы было значительно улучшено при включении в рацион различных культур *Lactobacillus*. В нашем исследовании добавление пробиотика Баслифор-С улучшило качество скорлупы яиц, в 1 опытной группе толщина скорлупы была на 2,4%, а в 3 группе на 1,8% ($P>0,95$) больше, чем в контроле, что позволяет предположить, что пробиотик Баслифор-С влияет на отложение кальция в яичной скорлупе. Добавление *Clostridium butyricum* не оказало негативного влияния на качество яичной скорлупы. В целом, бациллы стимулируют яйценоскость, не только не оказали отрицательного влияния на толщину и прочность скорлупы и качество содержимого яйца, но улучшали эти показатели. Добавление пробиотических культур *Saccharomyces boulardii* (0,05 г/кг) и *Lactobacillus acidophilus* (0,1 г/кг) в рацион кур-несушек не улучшало качество яичной скорлупы, что позволяет предположить, что комбинация пробиотиков влияет на отложение кальция в яичной скорлупе (Wang Y. и соавторы, 2024; Ramasamy K. и соавторы, 2009; Carvalho C. L. и соавторы, 2023). Возможно, это связано с тем, что по мере увеличения веса яиц кальций распределяется по большей площади поверхности, что приводит к уменьшению толщины скорлупы.

Была выявлена значимая положительная корреляция между весом яйца и весом желтка и белка. Яйца с большим весом содержат желток более высокого качества, чем яйца с меньшим весом (Shim M. Y. и соавторы, 2013). В физиологическом опыте отмечено, что, хотя желточный индекс в группах был одинаковым, в группе с *Clostridium butyricum*, где была максимальная масса яйца, он был выше на 8,1%, чем в контрольной группе. Это говорит о том, что пробиотики могут повышать питательную ценность яиц. Одним из ключевых показателей, используемых для оценки свежести яиц, является содержание белка. По данным Liu Y. и соавторы (2021) добавление дрожжевых культур (2 г/кг) в рацион значительно

увеличило высоту белка яиц. Результаты вышеуказанного исследования согласуются с результатами нашего исследования, где пробиотики увеличили высоту белка яйца. В группе, содержащей Басулифор-С - на 0,15 мм, *Clostridium butyricum* - на 0,06 мм и при их комбинации - на 0,03 мм, по сравнению с контрольной группой, что может быть связано с тем, что пробиотики способствовали синтезу и транспорту белков в репродуктивных органах, что привело к повышению высоты белка (Wang X.C. и соавторы, 2018). Увеличение содержания белка приводит к более высокому значению показателя ХАУ, что указывает на повышение качества и свежести яиц. В нашем опыте показатель ХАУ увеличился на 1,5% в группе, получавшей смесь Басулифор-С и *Clostridium butyricum*, по сравнению с контрольной группой, в то время как у группы только с *Clostridium butyricum* и с Басулифор-С этот показатель был выше, соответственно, на 0,6% и 1,3%. Более высокие значения качественных характеристик яйца опытных групп указывают на лучшее качество яиц.

При оценке показателей белкового обмена предпочтение по эффективности использования азотистых веществ рациона следует отдать группе с пробиотиком Басулифор-С. В этой группе по сравнению с контролем на 16,1% повысилось содержание общего белка ($p < 0,01$), на 8,8% альбуминов, снизилась концентрация конечных продуктов распада аминокислот – мочевины на 4,1% и мочевой кислоты на 28,3% ($p < 0,001$). О более эффективном течении процессов азотистого обмена наряду с более низкими концентрациями мочевины и мочевой кислоты свидетельствует активность трансаминаз, которые являются индикаторами сбалансированности аминокислотного пула. Она была незначительно ниже, но это при том, что количество переваренного протеина в этой группе было максимальным. Также по активности трансаминаз можно судить о степени повреждения органов или тканей. Поскольку они вырабатываются в печени, концентрация сывороточных печеночных ферментов, таких как АСТ, АЛТ и ГГТ, может быть использована для оценки функции печени птиц (Yousefi M. и соавторы, 2004). Например, было доказано, что кормление кур-несушек пробиотиками, снижает уровень АЛТ, что

является признаком улучшения работы печени. Биохимические показатели сыворотки крови в этом исследовании показали, что у кур-несушек, получавших *Clostridium butyricum* и Басулифор-С, активность АЛТ была ниже, чем у кур, получавших контрольный рацион. Хотя различия не были статистически значимыми ($P > 0,05$), уровень АЛТ снизился на 1% в группе Басулифор-С и на 17% в группе *Clostridium botricum* по сравнению с контрольной группой. Салармойни и Фулади (Salarmoini M., Fooladi M.H., 2011) обнаружили сходный результат у цыплят-бройлеров, которых кормили кисломолочными продуктами, содержащими *L. acidophilus* или пробиотик (Bioplus2), уровни АЛТ и щелочной фосфатазы в сыворотке крови были ниже, чем у контрольных цыплят-бройлеров.

Показатели белкового обмена у кур-несушек 1 и 3 групп четко свидетельствуют, что бациллярный пробиотик оказывает положительное влияние не только на процессы пищеварения в кишечнике, но на течение обменных процессов в сторону повышения их эффективности.

Результаты текущего исследования показали, что *Clostridium butyricum* и комбинация *Clostridium butyricum* и Басулифор-С оказывает гипохолестеринемическое действие на кур-несушек. Уровень общего холестерина в сыворотке крови был на 4 – 7,7% ниже во 2 и 3 группах по сравнению с контрольной и 1 опытной группами в возрасте 50-60 недель. У цыплят, которым скармливали *L. sporogenes* (Panda A.K. и соавторы, 2008), олигофруктозу и инулин (Chen Y.C. и соавторы, 2005), также наблюдались сходные гипохолестеринемические эффекты в сыворотке крови. По данным Mohammadian и соавт., добавление синбиотика (Биомин ИМБО) курам-несушкам существенно не снижало уровень общего холестерина в сыворотке крови (Mohammadian A. и соавторы, 2013). Этот момент также отмечен в группе, которой давали Басулифор-С. Уровень триглицеридов в сыворотке крови у кур-несушек, получавших комбинацию Басулифор-С и *Clostridium butyricum* в возрасте 50 и 60 недель, существенно не изменился, несмотря на небольшое снижение уровня ЛПНП в сыворотке крови.

Taherpour K. и соавторы (2009), Zarei M. и соавторы (2011) достигли аналогичных результатов у цыплят-бройлеров и кур-несушек, соответственно. Результаты этого и предыдущих исследований показали, что пробиотики оказывают гипохолестеринемическое действие на организм животного. Однако гипохолестеринемическое действие пробиотиков и пребиотиков еще предстоит полностью выяснить. Было предложено несколько механизмов гипохолестеринемического эффекта пробиотиков: (1) поглощение холестерина пробиотиками (Gilliland S.E. и соавторы, 1985), (2) выработка фермента гидролазы желчных солей (BSH) пробиотиками, что приводит к увеличению экскреции желчных кислот с калом (Klaver F.A., Van Der Meer R., 1993; Begley M. и соавторы, 2006), (3) преобразование холестерина в копростанол холестеринредуктазой, которая вырабатывается пробиотиками (Ooi L.G., Liong M.T., 2010) и (4) ингибирование редуктазы гидроксиметилглутарил кофермента А (ГМГ-КоА) пробиотиками, фермента, участвующего в синтезе холестерина (Fukushima M., Nakano M., 1995).

Доказано, что некоторые штаммы пробиотиков, такие как *Bacillus licheniformis* DSM 5749, могут снижать уровень глюкозы в сыворотке крови у кур-несушек (Pan X. и соавторы, 2022). Наши исследования показывают, в 1 и 3 группах содержание глюкозы в сыворотке крови было на 7,8 и 5,0% ниже, чем в контрольной группе, что свидетельствует о повышенном расходе лабильного источника энергии в виде глюкозы на продукцию яйца.

Пробиотики могут влиять на уровень минералов в крови кур-несушек, таких как кальций и фосфор, которые связаны с качеством яиц. Например, согласно исследованиям, пробиотическая добавка *Bacillus subtilis* повышает уровень кальция и фосфора в крови кур, которые определяют качество яичной скорлупы (Tsai M. Y. и соавторы, 2023). Это согласуется с нашими данными относительно содержания кальция, фосфора и магния в сыворотке, которое увеличилось в группе с Басулифор-С по сравнению с контролем, соответственно, на 5,4; 5,9 и 24,8%, в группе с клостридией – соответственно, на 1,9; 5,6 и 24,8%. Максимальный эффект был

достигнут в группе, получавшей Басулифор-С и *Clostridium butyricum*, - увеличение по сравнению с контролем составило, соответственно, 17,4, 21,7 и 39,8%.

Также наблюдается влияние пробиотических культур на электролитный баланс, поскольку в группах, получавших пробиотики, повышается уровень калия и натрия, что влияет на осмотическое давление крови. Показатель осмотического давления в группах составил, соответственно, контроль – 314,6; первая группа – 321,5; вторая – 314,4 и третья – 314,6 мОсм/л. Важность этого показателя определяется его влиянием на потребление корма, чем выше осмотическое давление, тем выше потребление. Для несушки в силу нормированного кормления этот показатель не столь значим, но для ремонтной молодки и, особенно, для бройлеров, увеличение показателя осмотического давления под влиянием спорового пробиотика может иметь важное значение в плане стимуляции потребления корма и мясной продуктивности.

Использование пробиотиков в рационе кормления кур-несушек в возрасте старше 50 недель улучшает показатели неспецифического иммунитета и защищает организм от многочисленных инфекций. Фагоцитарная активность повысилась на 9,8% в группе, получавшей Басулифор-С и до 11,6% в группе, получавшей *Clostridium butyricum* по сравнению с контролем. Добавление пробиотиков повышало бактерицидную активность сыворотки, особенно в группах, получавших бациллярные бактерии на 16,4% в первой и на 13,6% в 3 группе по сравнению с контролем. В группе с *C. butyricum* этот показатель увеличился на 7,3%.

Таким образом, бациллярные пробиотические бактерии в составе Басулифор-С в значительной степени улучшали показатели неспецифического иммунитета – фагоцитарную активность лейкоцитов, фагоцитарный индекс и бактерицидную активность, что свидетельствует о более высоком иммунном статусе опытных кур и их большей защищенности от патогенов, что будет иметь прямое влияние как на сохранность, так и на количество и качество продукции.

Клостридия оказала положительное влияние на показатели неспецифического иммунитета и обмен веществ, но не влияла существенно на эффективность переваривания питательных веществ, поэтому по итогам опыта можно рекомендовать вводить клостридию в композицию пробиотических препаратов с целью оздоровления микробной ситуации в кишечнике у молодняка и в стрессовых ситуациях. В то же время, это исследование также показало, что применение Басулифор-С может повысить экономическую выгоду от содержания кур-несушек. Полученные в физиологическом опыте результаты по эффективности переваривания питательных веществ и изменению энергетической и протеиновой питательности рациона кормления кур-несушек позволили за счет введения пробиотика Басулифор-С в количестве 200 г/т корма скорректировать рацион на следующие величины – увеличение энергетической ценности рецепта на 1,34% и протеиновой питательности на 2,7%.

В научно-производственном опыте, проведенном на ЗАО «Птицефабрика Пышминская», было установлено, что включение в рацион несушек с начала III фазы яйцекладки пробиотика «Басулифор-С» позволило снизить расход корма на 0,12–0,13 кг/гол/период и улучшить использование питательных веществ рациона. Средняя нормативная яйценоскость в группе 3 (85,1%) с возрастом несушки 454-495 дней на 4,77% превышала соответствующий показатель группы 1 (80,33%), где возраст несушки составлял 507-548 дней. Затраты корма на обеспечение фактической яйценоскости в группах 1–3 составили соответственно 146, 134 и 132 г/яйцо, а нормативной — 148, 138, 136 г/шт.

В результате проведенных исследований на несушках кросса «Ломанн белый» установлено, что включение пробиотика «Басулифор-С» в их рацион с начала III фазы яйцекладки способствует сохранению высокой яйценоскости кур в более старшем возрасте, а также продлению цикла яйцекладки, увеличению объема производимой продукции в расчете на 1 несушку и снижению затрат кормов.

Исследование, проведенное Пышманцевой Н.А. (2012) на курах-несушках, дало аналогичные результаты. В дополнение к снижению себестоимости на 11,4%, использование пробиотиков «Пролам» и «Бацелл» улучшило сохранность на 2% и интенсивность яйцекладки на 4,8%. По сравнению с контрольной группой рентабельность выросла на 8,8%. Следовательно, дополнительная прибыль на 1 голову составила 9 рублей.

В научно-производственном опыте в ПАО «Птицефабрика «Боровская» применение поправочных коэффициентов при расчете питательности рационов кормления кур-несушек III фазы позволило снизить стоимость комбикорма с 14543 руб/т до 14026 руб/т или на 517 руб/т. Данное удешевление рецепта произошло за счет снижения количества вводимого в рацион наиболее ценного как по энергетической питательности, так и по стоимости подсолнечного масла, его содержание снизилось на 10 кг/т корма, соответственно увеличилась доля более дешевых ингредиентов – пшеницы и ячменя – в сумме с 64,6% в контроле до 65,88% в опыте или на 1,28%. На 3 кг/т снизился ввод соевого шрота. За эксперимент в период с 69 по 84 неделю опыта разница по яичной продуктивности между опытными и контрольными корпусами составила 2,22%, соответственно, 87,57% и 85,35% в среднем за период. Изначально, ожидания были получить одинаковую продуктивность по опытным корпусам в сравнении с контролем, но полученная разница требует дальнейшего уточнения поправочных коэффициентов энергетической и протеиновой питательности.

Сохранность в опытных корпусах за период опыта составила в расчете на посадочное поголовье 97,35%, в контроле - 97,07%, или 0,28% ниже. В производственном эксперименте нашло практическое выражение в повышении сохранности несушки на финальной фазе содержания эффект споровых пробиотиков в улучшении показателей неспецифического иммунитета. У кур-несушек кросса Браун Ник на поздней стадии продуктивности после применения *B. Subtilis* улучшились показатели неспецифического иммунитета, что привело к повышению

сохранности на 0,31% и повышению продуктивности на 0,52% (Агеев Б. В. и соавторы, 2022).

С увеличением возраста несушки влияние пробиотика на качество скорлупы усиливается. В 69 недельном возрасте на начало опыта средняя прочность скорлупы яйца опытных несушек была на 1,1 Н ниже, выше на 3,5% была доля яиц с прочностью скорлупы менее 33 Н. В возрасте 73 недель в опытной группе установлено снижение количества яиц с прочностью скорлупы менее 33 и 26 Н: на 13,3 и 10,1%, соответственно, по сравнению с контрольной группой. Средняя прочность скорлупы увеличилась по сравнению с контролем на 1,1 Н. Таким образом, наблюдается четкая тенденция на улучшение качества скорлупы под действием пробиотика с увеличением возраста. Применение Агеевым Б. (2022) споровых пробиотиков на курах-несушках также показало улучшение качества яичной скорлупы. При использовании пробиотика Целлобактерин-Т доля яиц с трещинами и грязной скорлупой снизилась. Согласно результатам исследования, проведенного Ляпиным О. А. и Самойловским К. Н. (2016) на курах-несушках кросса Хайсекс коричневый, добавление Биотек Эгтшелл ПРО улучшило качество яиц и увеличило их яйценоскость кур на 2,5%. Кроме того, пробиотик улучшил экономические показатели производства яиц. Рентабельность выросла на 5,2%, себестоимость снизилась на 3,69%, а затраты на корма на единицу продукции снизились на 3,53%.

Увеличение яйценоскости в опытных корпусах сказалось на затратах корма на производство 1 яйца - они снизилось на 2,08 % с 143,15 г/яйцо в контроле до 141,07 г/яйцо в опыте. В целом, конверсия в расчете на 10 яиц снизилась с 1,42 в контроле до 1,40 в опыте или на 2 единицы. Данный факт является определяющим в доказательстве положительного эффекта применения пробиотика Басулифор-С в кормлении яичной птицы. В конечном итоге эффект пробиотика на повышение продуктивности, снижении стоимости корма и повышение сохранности кур привел к

тому, что кормовая составляющая себестоимости производства 10 яиц снизилась с 20,65 руб в контроле до 19,64 руб или на 1,01руб.

Таким образом, включение в рацион кормления кур-несушек яичных кроссов в 3 фазе кормления пробиотика Басулифор-С увеличило яичную продуктивность, сохранность и сократило затраты корма на производство яиц, тем самым улучшив экономические показатели производства яиц, за счет снижения их себестоимости.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе серии испытаний, направленных на изучение влияния добавок споровых пробиотических культур в корм кур-несушек в третьей фазе кормления на качественные и количественные показатели продуктивности, с использованием биохимических и физиологических методов оценки переваримости и усвоения питательных веществ, а также анализа показателей продуктивности, были получены следующие выводы:

1. Ввод в рацион споровых бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в составе коммерческого препарата Басулифор-С значительно повысил переваримость питательных веществ и энергетическую питательность рациона кур-несушек. Споровая бактерия *Clostridium butyricum* существенно не повлияла на показатели переваримости питательных веществ. Переваримость сухого вещества увеличилась с 84,0% в контроле до 85,3% в группе с Басулифор-С; 84,6% - с *Clostridium butyricum* и 85,0% в группе с смесью Басулифор-С и клостридией.

2. Разность по показателю усвояемости азота с контролем и группой с Басулифор-С составила 2,2%, в третьей – 1,5% и второй – 0,3%. Максимальный показатель усвояемости азота был у кур в группе с Басулифор-С – 88,8% против 86,6% в контроле, 86,9 и 88,1% во 2 и 3 группах. Количество усвоенных азотистых веществ в группе с Басулифор-С превышало контрольный показатель на 2,7%.

3. Энергетическая питательность опытных рационов превышала контроль по обменной энергии в группе с Басулифор-С на 28,3 кДж или 1,34%, в группе с клостридией на 13,1 кДж или 0,62% и в группе со смесью бацилл и клостридии – на 27,6 кДж или 1,31%.

4. Показатели фагоцитарной и бактерицидной активности крови существенно повысились на фоне применения пробиотических культур. Фагоцитарный индекс в группах с Басулифор-С был на 1,25-1,83 единицы, с *Clostridium butyricum* - на 1,05 выше, чем в контроле. Пробиотики оказали положительное влияние на

эффективность межуточного обмена – в опытных группах повысилось содержание в крови общего белка, альбуминов, кальция и магния и снизилось содержание мочевины и мочевой кислоты.

5. Добавление Басулифор-С и смеси Басулифор-С и *C. butyricum* в рацион кур-несушек кросса Хайсекс коричневый улучшило яйценоскость на 5% ($p < 0,05$), в то время как ввод *C. butyricum* снижал яичную продуктивность на 2% ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой. Продукции яичной массы на рационах с Басулифор-С была выше, чем у контрольных кур, соответственно, на 4-5,7%.

6. Показатель расхода корма на единицу яичной массы в физиологическом опыте относительно контроля был минимальным в группе с Басулифор-С – 94,6%, в группе с смесью бацилл и клостридии – 96,1% и в группе с клостридией показатель расхода превышал контроль на 1,7%.

7. Полученные в физиологическом опыте результаты по влиянию пробиотика Басулифор-С на энергетическую и протеиновую питательность рациона кормления кур позволили скорректировать рецептуру комбикорма в научно-производственном опыте с вводом корректирующего коэффициента по обменной энергии в 1,34% и протеина на 2,7%.

8. В научно-производственном эксперименте на опытном рационе за период с 69 по 84 неделю жизненного цикла несушки яйценоскость превышала контрольный показатель на 2,22%, соответственно, 85,35 и 87,57%, сохранность на опытном рационе составила 97,35% против 97,07% в контроле или выше на 0,28%.

9. Добавление пробиотика Басулифор-С привело к улучшению качества скорлупы яиц, к 73 недельному возрасту в опыте на 1,1 Н прочность скорлупы превышала контрольный показатель, снизилась доля яиц с прочностью ниже 33 Н на 13,3% и ниже 26 Н – на 10,1%.

10. Расход корма на производство 1 яйца в контроле составил 143,15 г против 141,07 г в опыте или на 2,08 г меньше. Снижение стоимости комбикорма и затрат

корма на производство яйца привело к тому, что стоимостные затраты по корму в опытной группе были на 1,01 руб/10 яиц ниже.

5.1. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Рекомендуем вводить пробиотик Басулифор-С в рацион кур-несушек 3 фазы кормления в количестве 200 г/1000 кг комбикорма с целью повышения яйценоскости кур-несушек, сохранности птицы, снижения затрат корма на единицу продукции и себестоимости произведенного яйца.

5.2. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективы дальнейших исследований включают оптимизацию дозировок для различных возрастных групп птицы промышленного и родительского стада, а также комбинации пробиотика "Басулифор-С" с другими биологически активными добавками для достижения синергического эффекта. Перспективным является разработка комплексных программ кормления с использованием Басулифор-С для повышения экономической эффективности яичной отрасли.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- FDA - Управление по контролю за продуктами и лекарствами, США
- DFM - микробиальные добавки прямого скармливания
- AAFCO- Ассоциация американских должностных лиц по контролю за кормами
- MyD88 - Ген первичного ответа миелоидной дифференцировки 88
- Th1/Th2 - клетки Т-хелперы 1 типа / клетки Т-хелперы 2 типа
- Ig - иммуноглобулин G
- NO - активация синтеза оксида азота
- LAB - молочнокислые бактерии
- IEK - клетки кишечного эпителия
- TLR - Toll-подобные рецепторы
- КЦЖК/SCFA - короткоцепочечные жирные кислоты
- MUC - муцины
- СПЭП - Синдром повышенной эпителиальной проницаемости
- SIRS - синдромом системного воспалительного ответа
- GALT - Лимфоидная ткань, ассоциированная с кишечником
- IL - Интерлейкин
- Foxp3⁺ - (Forkhead Box Protein 3), внутриклеточный транскрипционный фактор (белок)
- CD4⁺ клетки - субпопуляция Т-лимфоцитов, которые экспрессируют на своей поверхности молекулу CD4.
- PRR - (pattern recognition receptors), рецепторы опознавания паттернов
- NF-κB - усилитель ядерной цепи каппа-легкой цепи активированных В-клеток
- IFN-γ - гамма-интерферон
- TNF-α - фактор некроза опухоли альфа
- NK - клетки-киллеры
- ITM - иммунорецепторные тирозиновые ингибирующие мотивы

CD69 - ранний антиген активации Т-лимфоцитов

TGF- β - трансформирующий фактор роста

MCP-1 - (Monocyte Chemoattractant Protein-1), или CCL2 - цитокин из группы СС-хемокинов (β -хемокинов)

CXCL-10 - (лиганд 10 мотива С-Х-С) или IP-10 (интерферон-индуцированный белок 10)

FOS - фруктоолигосахариды

RS - резистентный крахмал

ПАМБК - парааминобензойная кислота

МДА - малоновый диальдегид

ЖКТ - желудочно-кишечный тракт

ФСГ - фолликулостимулирующий гормон

АКТГ - адренокортикотропный гормон

HSP - белки теплового шока

АФК - активные формы кислорода

SOD - активность супероксиддисмутаза

LDL-С - (ЛПНП) липопротеиды низкой плотности, "плохой" холестерин

HDL-С - (ЛПВП) липопротеиды высокой плотности, "хороший" холестерин

DGLA - дигомо-гамма-линоленовая кислота

GSH - гормон роста

T-AOC - общий антиоксидантный потенциал

DAO - активность диаминоксидазы

sIgA - секреторный иммуноглобулин А

КОЕ - колониеобразующие единицы

АЛТ - аланинаминотрансфераза

АСТ - аспартатаминотрансфераза

iCa - ионизированный кальций

ВЭ - валовая энергия

ПЭ - переваримая энергия

БЭВ - безазотистые экстрактивные вещества

АТФ - аденозинтрифосфат

ФИ - фагоцитарный индекс

Гол - голов

Сут - сутки

Н - Ньютон

ГГТ - гамма-глутамилтрансфераза

ЩФ - щелочная фосфатаза

BSH - фермент гидролазы желчных солей

ГМГ-КоА - гидроксиметилглутарил кофермента А

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев, Б. В. Влияние пробиотика *Bacillus subtilis* на продуктивность кур-несушек кросса Браун Ник в летний период времени / Б. В. Агеев, А. А. Кистина, Ю. Н. Прытков, Э. Н. кызы Алиева // Аграрный научный журнал. – 2022. – №. 6. – С. 47-50.
2. Агеев, Б. Пробиотик Целлобактерин-Т в кормлении несушек / Б. Агеев // Животноводство России. – 2022. – №. 2. – С. 10-11.
3. Афанасьева, Ю. Г. Пробиотики-альтернатива кормовым антибиотикам / Ю. Г. Афанасьева, Е. Р. Корбмахер, Е. В. Колодина, В. В. Лиманский [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – №. 2 (220). – С. 65-72.
4. Бетляева, Ф. Пробиотик для снижения стоимости рациона кур-несушек / Ф. Бетляева, А. Володина, Ю. Маркин // Комбикорма. – 2018. – №. 3. – С. 78-79.
5. Биологически активная добавка к пище «Бактистатин®». – АО «Нижфарм». – Инструкция. – Россия. – 2025. – С. 25.
6. Бондаренко, В. М. Анализ профилактического и лечебного действия пробиотических препаратов с позиций новых научных технологий / В. М. Бондаренко, О. В. Рыбальченко // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – №. 2. – С. 90-104.
7. Бочарова, К. А. Применение антибиотиков в сельском хозяйстве / К. А. Бочарова, Е. В. Ачкасов, Н. А. Бурцев, А. М. Стрелкова // Биология и интегративная медицина. – 2025. – Т. 1. – С. 8-23.
8. Бухарин, О. В. Влияние кишечных микросимбионтов на продукцию цитокинов в системе *in vitro* / О. В. Бухарин, Е. В. Иванова, И. Н. Чайникова, Н. Б.

Перунова [и др.] // Медицинская иммунология. – 2023. – Т. 25. – №. 6. – С. 1371-1388.

9. Бухарин, О. В. Роль бифидобактерий в формировании иммунного гомеостаза человека / О. В. Бухарин, Е. В. Иванова, Н. Б. Перунова, И. Н. Чайникова // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – №. 6. – С. 98-104.

10. Величко, О. Споровые пробиотики в кормлении родительского стада кур / О. Величко, М. Григорьева, С. Тимофеев, М. Пекарь [и др.] //комбикорма Учредители: Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Росхлебпродукт, Ассоциация советских комбикормовых предприятий в сельском хозяйстве, Редакция журнала" Комбикормовая промышленность". – 2022 – №. 5. – С. 51-53.

11. Володина, А. И. Пробиотики при выращивании ремонтного молодняка кур / А. И. Володина, Ф. Х. Бетляева, О. В. Трофимов, Р. Д. Рустамов [и др.] //Вестник Тюменского государственного университета. Серия: Экология и природопользование.–2016.–Т. 2. –№ 4. – С. 48–56.

12. Гриневич, В. Б. Эволюция понятия микробно-тканевого комплекса кишечника / В. Б. Гриневич, Ю. А. Кравчук, Е. И. Сас //Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2020. – №. 11 (183). – С. 4-10.

13. Егоров, Н. С. Промышленная микробиология: Учеб. пособие для вузов по специальности микробиология и биология / Под ред. Н. С. Егорова. – М.: Высшая школа. – 1989. – С. 547–550.

14. Ермоленко, Е. И. Влияние пробиотических энтерококков на функциональные характеристики кишечника крыс при дисбиозе, индуцированном антибиотиками / Е. И. Ермоленко, В. Н. Донец, Ю. В. Дмитриева, Ю. Ю. Ильясов [и

др.] //Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2009. – №. 1. – С. 157-167.

15. Жучаев, К. В. Физиологический эффект пробиотика зооветина в экспериментах на непродуктивных животных / К. В. Жучаев, Е. А. Борисенко, Н. В. Ефанова //Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – №. 2. – С. 107-111.

16. Заславская, М. И. Перспективы использования бактериоцинов нормальной микробиоты в антибактериальной терапии (обзор) / М. И. Заславская, Т. В. Махрова, Н. А. Александрова, Н. И. Игнатова [и др.] //Современные технологии в медицине. – 2019. – Т. 11. – №. 3. – С. 136-145.

17. Кавтарашвили, А. Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение II. Формирование и строение скорлупы; факторы, влияющие на ее качество (обзор) / А. Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2023. – № 7-8. – С. 37-45. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-7-8-37-45.

18. Каночкина, М. С. Методы селекции пробиотических микроорганизмов с высокими адгезивными свойствами / М.С. Каночкина, И.А. Фоменко, И.М. Чернуха, Н. Г. Машенцева //nutrition and metabolism. – 2023. – Т. 4. – №. 1. – С. 19-28.

19. Карлос, Л. Влияние кишечного микробиома в норме и патологии на здоровье человека/ Л.Карлос, И. Н. Захарова, Ю. А. Дмитриева //Медицинский совет. – 2017. – №. 1. – С. 155-159.

20. Киселева, И. А. Оценка безопасности и идентификация пробиотических микроорганизмов смешанного состава в обогащенных продуктах / И. А. Киселева, И. М. Нитяга, Ю.М. Маркова, В. И. Луцай //Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2020. – №. 4. – С. 473-479.

21. Корниенко, Е. А. Современные принципы выбора пробиотиков / Е. А. Корниенко //Детские инфекции. – 2007. – Т. 6. – №. 3. – С. 63-68.
22. Косилов, В. И. Влияние сорбента и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров / В. И. Косилов, Ю. А. Юлдашбаев, Е. М. Ермолова, С. М. Ермолов [и др.] //Аграрная наука. – 2025. – №. 2. – С. 108-114.
23. Кочиш, И.И. Птицеводство / И.И. Кочиш, М.Г. Петраш, С.Б. Смирнов // ООО Издательство «КолосС» . – Москва. – 2004. – 405 с.
24. Кузьмицкая, А. А. Опыт инновационного развития животноводства в Брянской области / А. А. Кузьмицкая, М. А. Бабьяк, Е. Е. Бабьяк //Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 5. – С. 22-30.
25. Левахин, В. И. Пробиотики в животноводстве / В. И. Левахин, Ю. Ласыгина, А. В.Харламов, Л. Н. Ворошилова //Животноводство и кормопроизводство. – 2013. – Т. 1. – №. 79. – С. 7-10.
26. Лобзин, Ю. В. Дисбаланс кишечной микробиоты как фактор риска кардиометаболических заболеваний / Ю. В. Лобзин, М. В. Авдеева, С. В. Сидоренко, В. С. Лучкевич // Журнал инфектологии. – 2014. – Т. 6. – №. 4. – С. 5-12.
27. Лосева, Е.А. Коррекция обмена веществ при использовании БАВ для кур-несушек / Е.А. Лосева, Л.М. Степченко // Вестник Днепропетровского университета. Биология и экология. – 2005. – Т. 13. – №. 1. – С. 147-150.
28. Ляпин О. А., Самойлов К. Н. Влияние кормовой добавки Биотек Эггшелл про на яйценоскость кур-несушек и качество яиц / О. А. Ляпин, К. Н. Самойлов //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 6 (62). – С. 239-242.

29. Маркин, Ю.В. Эффективность использования спорового пробиотика в iii фазе яйцекладки несушек / Ю. В. Маркин, Ф. Х. Бетляева, М. Н. Пекарь, И. А. Григорьева, О. Шакер // Птица и Птицепродукты. – 2023. – №. 6. – С. 19-21. – DOI: 10.30975/2073-4999-2023-25-6-19-21.

30. Маркин, Ю. В. Влияние спорового пробиотика на товарные качества яиц кур-несушек/ Ю. В. Маркин, Ф. Х. Бетляева, Е. Н. Латыпова, О. Шакер // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 1. – С. 61-64. – DOI: 10.30975/2073-4999-2024-26-1-61-64.

31. Маркин, Ю. В. Пробиотики в кормлении промышленного стада кур / Ю.В. Маркин, Ф.Х. Бетляева, М.Н. Пекарь, И.А. Григорьева, О. Шакер //Эффективное животноводство. – 2023. – №. 6 (188). – С. 16-17.

32. Маркин, Ю. Разумная альтернатива антибиотикам / Ю. Маркин, Н. Нестеров // Животноводство России. – 2018. – Т. 2. – С. 8-11. – DOI: 10.25701/ZZR.2019.64.87.009.

33. Методические рекомендации «Иммунологические методы исследования в ветеринарии» . –Краснодар. –2001. – С.52.

34. Мечников, И. И. Молочные микробы и польза, приносимая ими здоровью (Ягурт) / И. И. Мечников ; Пер. с фр. Л. Ю. Гданского// Санкт-Петербург : М. П. Петров, книгоизд. – «А. Ф. Сухова» портр.; 17. – Библиотечка «Наше здоровье». – 1911(Псков). – 32 с.

35. Мирошниченко, О. Н. Использование пробиотиков в животноводстве / О. Н. Мирошниченко, М. И. Подчалимов, И. Я. Пигорев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – Т. 3. – №. 3. – С. 18-20.

36. Молохова, Е. И. Пробиотики на российском фармацевтическом рынке / Е. И. Молохова, В. Н. Тарасевич, Д. Е. Липин // Фармация. – 2022. – Т. 71. – №. 7. – С. 11-17. – DOI: 10.29296/25419218-2022-07-02
37. Мударисов, Т. Концеция повышения качества скорлупы яиц / Т. Мударисов, Р. Хайнен, Д. Элферинк [и др.] // Комбикорма. – 2015. – № 11. – С. 50–52.
38. Назар, М. М. Проблемы и перспективы развития птицеводства в России / М. М. Назар // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 186-193. – DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193. – EDN QIMHXY.
39. Новик, Г. И. Лактобациллы: биотехнологический потенциал и проблемы идентификации / Г. И. Новик, А. В. Сидоренко // Проблемы здоровья и экологии. – 2007. – №. 1. – С. 141-149.
40. Овсепьян, В. А. Применение кормовых добавок в рационах цыплятбройлеров / В. А. Овсепьян, Н. А. Юрина, И. Р. Тлецерук, Д. А. Юрин // Краснодар: Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии. – 2023. – Т. 10. – 166 с. – DOI: 10.48612/monograph-2023-1.
41. Околелова, Т. М. Факторы, влияющие на качество скорлупы яиц / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев // Птицеводство. – 2020. – № 11. – С. 57-65. – DOI 10.33845/0033-3239-2020-69-11-57-65.
42. Околелова, Т. М. Роль биохимических показателей крови в оценке физиологического состояния птицы / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев, И. А. Егоров, Т.А. Егорова // Птицеводство. – 2023 – №2. – С. 44-51.
43. Орлова, Т. Н. Пробиотики-перспектива животноводства / Т. Н. Орлова, Р. В. Дорофеев // Аграрная наука-сельскому хозяйству. – 2017. – С. 177-180.

44. Плотникова, Е. Ю. Иммуномодулирующие эффекты пробиотиков / Е. Ю. Плотникова, Ю. В. Захарова // Медицинский совет. – 2020. – №. 15. – С. 135-144. – DOI: 10.21518/2079-701X-2020-15-135-144.

45. Плужников, Н. Н. Микроэкология: фундаментальные и прикладные проблемы / Н. Н. Плужников, Я. А. Накатиса, О. Г. Хурцилавы // СПб.: Издательство СЗГМУ им. ИИ Мечникова. – 2012. – 304 с.

46. Пышманцева Н. А. Раннее применение пробиотиков–залог повышения яичной продуктивности кур-несушек / Н. А. Пышманцева // Птицеводство. – 2012. – №.7. – С. 48-57.

47. Романчук, Н. П. Здоровая микробиота и натуральное функциональное питание: гуморальный и клеточный иммунитет / Н. П. Романчук // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6. – №. 9. – С. 127-166. – DOI: 10.33619/2414-2948/58/14.

48. Рябчик, И. Эффективность применения молочнокислых бактерий в составе пробиотика «Бактосель» / И. Рябчик // Эффективное животноводство. – 2021. – №. 2 (168). – С. 24-27.

49. Савинова, Ю. С. История, современные направления и перспективы развития про-и пребиотических препаратов в России и за рубежом / Ю. С. Савинова, Н. Л. Белькова, Н. В. Семёнова, Л. В. Рычкова // Acta biomedica scientifica. – 2022. – Т. 7. – №. 5-1. – С. 211-227. – DOI: 10.29413/ABS.2022-7.5-1.23

50. Саубенова, М. Г. Дрожжевые микроорганизмы как пробиотики и источник белка / М. Г. Саубенова, Е. А. Олейникова, А. Ж. Алыбаева, А. А. Амангелді [и др.] // Микробиология және вирусология. – 2023. – №. 3 (42). – С. 6-25.

51. Свистула, И. А. Исследование факторов, влияющих на интеграционное развитие отрасли животноводства агропромышленного комплекса Алтайского края /

И. А. Свистула, А. В. Шарапов //Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – Т. 2. – №. 2 (78). – С. 288-292.

52. Седакова, В. А. Исследование динамики образования короткоцепочечных жирных кислот при действии бифидо-и лактобактерий на пищевые волокна *in vitro* / В. А. Седакова, А. В. Клебанов, Н. А.Клебанова, Е. С. Барашкова [и др.] //Вестник фармации. – 2016. – №. 1 (71). – С. 33-39.

53. Симоненко, С. В. Галактоолигосахариды: технология, анализ рынка и коммерческие перспективы / С. В. Симоненко, Н. А. Шахайло // Молочная промышленность. – 2015. – №. 7. – С. 12-14.

54. Тарабукина, Н. П. Перспективы использования пробиотиков из штаммов бактерий *Bacillus subtilis* в сельском хозяйстве, медицине и охране окружающей среды / Н. П. Тарабукина //Аграрная наука-сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии. – 2019. – С. 274-275.

55. Тарасюк, А. В. Использование синбиотиков в комплексной интенсивной терапии пациентов, находящихся в ОАРИТ / А. В. Тарасюк, С. В. Коньков //Рецепт. – 2022. – Т. 6. – С. 857-64. – DOI: 10.34883/PI.2022.25.6.002.

56. Тумунова, С. Б. Разработка БАД-синбиотика / С. Б. Тумунова, И. С. Хамагаева, Н. А. Замбалова, А. С. Столярова //Вестник ВСГУТУ. – 2012. – №. 2. – С. 33-37.

57. Туркина, С. В. Синдром повышенной эпителиальной проницаемости: возможности современной фармакотерапии / С. В. Туркина, М. Е. Стаценко, И. А. Тыщенко //Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2022. – №. 8 (204). – С. 123-132. – DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-204-8-123-132.

58. Тюрин, Ю. А. Роль кишечной палочки в норме и патологии у ребенка / Ю. А. Тюрин, В. А. Анохин // Казанский медицинский журнал. – 2002. – Т. 83. – №. 1. – С. 49-52.
59. Усенко, Д. В. Влияние антибиотиков и пробиотиков на микробиом желудочно-кишечного тракта / Д. В. Усенко // Медицинский совет. – 2016. – №. 16. – С. 98-102. – DOI: 10.21518/2079-701X-2016-16-98-102.
60. Успенский, Ю. П. Мировые тенденции к расширению сферы использования пробиотиков: актуальность применения средств на основе *Bacillus subtilis* / Ю. П. Успенский, Н. В. Барышникова // Consilium medicum. – 2012. – Т. 1. – С. 75-79.
61. Ушакова, Н. А. Механизмы влияния пробиотиков на симбионтное пищеварение / Н. А. Ушакова, Р. В. Некрасов, И. В. Правдин, Н. В. Сверчкова [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2015. – №. 5. – С. 468-476. – DOI: 10.7868/S0002332915050136
62. Федоров, И. Клинические аспекты применения лактулозы в практике гастроэнтеролога / И. Федоров, Л. Ю. Ильченко, С. Д. Косюра, М. А. Чичкина // Трудный пациент. – 2012. – Т. 10. – №. 4. – С. 37-42.
63. Фисинин, В. И. Мировое и отечественное птицеводство: реалии и вызовы будущего / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2025. – №. 1. – С. 6-13.
64. Функ, И. А. Биотехнологический потенциал бифидобактерий / И. А. Функ, А. Н. Иркитова // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 67-79.
65. Щепитова, Н. Е. Скрининг штаммов энтерококков с целью разработки на их основе препаратов-пробиотиков / Н. Е. Щепитова, М. В. Сычёва, О. Л. Карташова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №. 13 (188). – С. 226-233.

66. Яблокова, Е. А. Пробиотики: современный инструмент в руках клинициста / Е. А. Яблокова, А. В. Горелов // Педиатрия. Consilium Medicum. – 2018. – №. 4. – С. 59-62. – DOI: 10.26442/24138460.2018.4.180078.

67. Яковенко, Э. П. Использование пробиотиков в клинической практике / Э. П. Яковенко, А. В. Яковенко, А. Н. Иванов, Н. А. Агафонова [и др.] //Лечащий врач. – 2011. – №. 10. – С. 50-74.

68. Abrams S. A. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents / S. A. Abrams, I. J. Griffin, K. M. Hawthorne, L. Liang, S. K. Gunn, G. Darlington, K. J. Ellis // The American Journal of Clinical Nutrition . – 2005. – Vol. 82. – Iss. 2. – Pp. 471-476.

69. Adlerberth I. A mannose-specific adherence mechanism in *Lactobacillus plantarum* conferring binding to the human colonic cell line HT-29 / I. Adlerberth, S. I. V. Ahrne, M. L. Johansson, G. Molin, L. A. Hanson, A. E. Wold, //Applied and Environmental Microbiology. – 1996. – Vol. 62. – Iss. 7. – Pp. 2244-2251.

70. Allouche R. Streptococcus thermophilus: A Source of Postbiotics Displaying Anti-Inflammatory Effects in THP 1 Macrophages / R. Allouche, Z. Hafeez, A. Dary-Mouro, M. Genay, L. Miclo //Molecules. – 2024. – Vol. 29. – Iss. 7. – Pp.1552.

71. Als-Nielsen B. Nonabsorbable disaccharides for hepatic encephalopathy / B. Als-Nielsen, L. L. Gluud, C. Gluud //Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2004. – Iss. 2. – Pp. 1046-1052.

72. Arai S. Orally administered heat-killed *Lactobacillus paracasei* MCC1849 enhances antigen-specific IgA secretion and induces follicular helper T cells in mice / S. Arai, N. Iwabuchi, S. Takahashi, J. Z. Xiao, F. Abe, S. Hachimura //PloS one. – 2018. – Vol. 13. – Iss. 6. – Pp. e0199018.

73. Aziz N. Activation of natural killer cells by probiotics / N. Aziz, B. Bonavida // *Onco Therapeutics*. – 2016. – Vol. 7. – Iss. 1-2. – Pp. 41–55. – DOI: 10.1615/ForumImmunDisTher.2016017095.

74. Begley M. Bile salt hydrolase activity in probiotics / M. Begley, C. Hill, C. G. Gahan // *Applied and environmental microbiology*. – 2006. – Vol. 72. – Iss. 3. – Pp. 1729–1738.

75. Berni Canani R. Specific signatures of the gut microbiota and increased levels of butyrate in children treated with fermented cow's milk containing heat-killed *Lactobacillus paracasei* CBA L74 / R. Berni Canani, F. De Filippis, R. Nocerino, M. Laiola, L. Paparo, A. Calignano, D. Ercolini // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2017. – Vol. 83. – Iss. 19. – Pp. e01206-17.

76. Birt D.F. Resistant starch: promise for improving human health / D.F. Birt, T. Boylston, S. Hendrich, J.L. Jane, J. Hollis, L. Li, J. McClelland, S. Moore, G.J. Phillips, M. Rowling, K. Schalinske, M.P. Scott, E.M. Whitley // *Adv Nutr*. – 2013. – Vol. 4, Iss. 6. – Pp. 587–601. – DOI: 10.3945/an.113.004325.

77. Bron P. A. Can probiotics modulate human disease by impacting intestinal barrier function? / P. A. Bron, M. Kleerebezem, R. J. Brummer, P. D. Cani, A. Mercenier, T. T. MacDonald, J. M. Wells // *British Journal of Nutrition*. – 2017. – Vol. 117. – Iss. 1. – Pp. 93-107. – DOI: 10.1017/S0007114516004037.

78. Carvalho C. L. Dietary supplementation with β -mannanase and probiotics as a strategy to improve laying hen performance and egg quality / C. L. Carvalho, I. Andretta, G. M. Galli, T. Bastos Stefanello, N. D. O. T. Camargo, R. E. Mendes, M. Kipper // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2023. – Vol.10. – Pp. 39-50 – DOI: 10.3389/fvets.2023.1229485.

79. Chen J. F. The effects and combinational effects of *Bacillus subtilis* and montmorillonite on the intestinal health status in laying hens / J. F. Chen, M. M. Xu, K. L. Kang, S. G. Tang, C. Q. He, X. Y. Qu, S. C. Guo // *Poultry Science*. – 2020. – Vol. 99. – Iss. 3. – Pp. 1311-1319.
80. Chen Y. C. Effects of chicory fructans on egg cholesterol in commercial laying hen / Y. C. Chen, C. Nakthong, T. C. Chen // *International Journal of Poultry Science*. – 2005. – Vol. 4. – Iss. 2. – Pp. 109-114.
81. Correa-Basurto J. p-Aminobenzoic acid derivatives as acetylcholinesterase inhibitors / J. Correa-Basurto, I. V. Alcántara, L. M. Espinoza-Fonseca, J.G. Trujillo-Ferrara // *European Journal of Medicinal Chemistry*. – 2005. – Vol. 40. – Iss. 7. – Pp. 732-735.
82. Costa F. G. P. Nutritional potassium requirement for laying Japanese quails / F. G. P. Costa, L. R. Rodrigues, C. D. C. Goulart, C. F. S. D. Oliveira, V. P. Rodrigues, J. H. V. D. Silva // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2011. – Vol. 40. – Pp. 2754-2759.
83. Czerucka D. yeast as probiotics–*Saccharomyces boulardii* / D. Czerucka, T. Piche, P. Rampal // *Alimentary pharmacology & therapeutics*. – 2007. – Vol. 26. – Iss. 6. – Pp. 767-778.
84. Di Gioia D. Probiotics and prebiotics in animal health and food safety/ D. Di Gioia, B. Biavati (Eds.). // *Springer International Publishing*. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 7-40.
85. Du Y. The role of short chain fatty acids in inflammation and body health / Y. Du, C. He, Y. An, Y. Huang, H. Zhang, W. Fu, B. Zhao // *International journal of molecular sciences*. – 2024. – Vol. 25. – Iss. 13. – Pp. 73-79. – DOI: 10.3390/ijms25137379.

86. Erickson K. L. Probiotic immunomodulation in health and disease / K. L. Erickson, N. E. Hubbard // *The Journal of nutrition*. – 2000. – Vol. 130. – Iss. 2. – Pp. 403S-409S.

87. Eslami M. Probiotics function and modulation of the immune system in allergic diseases / M. Eslami, A. Bahar, M. Keikha, M. Karbalaee, N. M. Kobylak, B. Yousefi // *Allergologia et Immunopathologia*. – 2020. – Vol. 48. – Iss. 6. – Pp. 771-788.

88. Fang K. Probiotic *Escherichia coli* inhibits biofilm formation of pathogenic *E. coli* via extracellular activity of DegP / K. Fang, X. Jin, S. H. Hong // *Scientific reports*. – 2018. – Vol. 8. – Iss. 1. – Pp. 39-49.

89. FAO/WHO . Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. – London. – 2002.

90. Fenster K. The production and delivery of probiotics: A review of a practical approach / K. Fenster, B. Freeburg, C. Hollard, C. Wong, R. Rønhave Laursen, A. C. Ouwehand // *Microorganisms*. – 2019. – Vol. 7. – Iss. 3. – Pp. 83-92. – DOI 10.3390/microorganisms7030083.

91. Fukushima M. The effect of a probiotic on faecal and liver lipid classes in rats / M. Fukushima, M. Nakano // *British journal of nutrition*. – 1995. – Vol. 73. – Iss. 5. – Pp. 701-710.

92. Gilliland S. E. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus* / S. E. Gilliland, C. R. Nelson, C. Maxwell // *Applied and environmental microbiology*. – 1985. – Vol. 49. – Iss. 2. – Pp. 377-381.

93. Godoy A. Más allá del pulque y el tepache: las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México / A. Godoy, T. Herrera, M. Ulloa // *Unam*. – 2003. – Pp. 107.

94. Gueimonde M. Safety of probiotics / M. Gueimonde, A. C. Ouwehand, S. Salminen //Scandinavian Journal of Nutrition. – 2004. – Vol. 48. – Iss. 1. – Pp. 42-48.
95. Guo N. Mechanistic insights into the role of probiotics in modulating immune cells in ulcerative colitis/ N. Guo, L. Lv //Immunity, inflammation and disease. – 2023. – Vol. 11. – Iss. 10. – Pp. e1045.
96. Hamilton R. M. G. Relationship between egg shell breakage and laying hen housing systems—an overview / R. M. G. Hamilton, W. L. Bryden // World's Poultry Science Journal. –2021. – Vol.77. – Iss.2. – Pp.249-266. – DOI 10.1080/00439339.2021.1878480.
97. Han Y. Dietary *Bacillus licheniformis* shapes the foregut microbiota, improving nutrient digestibility and intestinal health in broiler chickens / Y. Han, X. Xu, J. Wang, H. Cai, D. Li, H. Zhang, K. Meng //Frontiers in Microbiology. – 2023. – Vol. 14. – Pp. 1113072.
98. Hecker M. Heat-shock and general stress response in *Bacillus subtilis* / M. Hecker, W. Schumann, U. Völker //Molecular microbiology. – 1996. – Vol. 19. – Iss. 3. – Pp. 417-428. – DOI 10.1046/j.1365-2958.1996.396932.x.
99. Ho S. T. Improving effect of a probiotic mixture on memory and learning abilities in D-galactose-treated aging mice / S. T. Ho, Y. T. Hsieh, S. Y. Wang, M. J. Chen //Journal of dairy science. – 2019. – Vol. 102. – Iss. 3. – Pp. 1901-1909.
100. Huang J. Effects of *Clostridium butyricum* on production performance and bone development of laying hens / J. Huang, L. Cui, H. Lin, M. Song, S. Sun //Veterinary Sciences. – 2024. – Vol. 11. – Iss. 4. – Pp. 160.
101. Jang H. J. Antioxidant effects of live and heat-killed probiotic *Lactobacillus plantarum* Ln1 isolated from kimchi / H. J. Jang, M. W. Song, N. K. Lee, H. D. Paik //Journal of food science and technology. – 2018. – Vol. 55. – Pp. 3174-3180.

102. Jeong J. S. Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers / J. S. Jeong, I. H. Kim // *Poultry science*. – 2014. – Vol. 93. – Iss. 12. – Pp. 3097-3103.

103. Kalavathy R. Effects of *Lactobacillus* cultures on performance and egg quality during the early laying period of hens/ R. Kalavathy, N. Abdullah, S. Jalaludin, C.M.V.L. Wong, Ho. YW // *J Anim Feed Sci*. – 2005. – Vol. 14. – Pp. 537–547. – DOI: 10.22358/jafs/67121/2005.

104. Kennedy E. A. Mouse microbiota models: comparing germ-free mice and antibiotics treatment as tools for modifying gut bacteria / E. A. Kennedy, K.Y. King, M. T. Baldrige // *Frontiers in physiology*. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 1534. – DOI: 10.3389/fphys.2018.01534.

105. Khaneghah A. M. Interactions between probiotics and pathogenic microorganisms in hosts and foods: A review / A. M. Khaneghah, K. Abhari, I. Eş, M. B. Soares, R. B. Oliveira, H. Hosseini, A. S. Sant’Ana, // *Trends in Food Science & Technology*. – 2020. – Vol. 95. – Pp. 205-218.

106. Kieps J. Economic analysis of the production process of probiotics based on the biological and physiological parameters of the cells / J. Kieps, A. Olejnik, W. Juzwa, R. Dembczyński // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13. – Iss. 20. – Pp. 11541.

107. Kim D. M. Two intestinal microbiota-derived metabolites, deoxycholic acid and butyrate, synergize to enhance host defense peptide synthesis and alleviate necrotic enteritis / D. M. Kim, J. Liu, M. A. Whitmore, I. Tobin, Z. Zhao, G. Zhang // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. – 2024. – Vol. 15. – Iss. 1. – Pp. 29. – DOI: 10.1186/s40104-024-00995-9.

108. Klaver F. A. The assumed assimilation of cholesterol by *Lactobacilli* and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt-deconjugating activity / F. A. Klaver, R. Van Der Meer // *Applied and environmental microbiology*. – 1993. – Vol. 59. – Iss. 4. – Pp. 1120-1124.

109. Kogut M. H. The gut microbiota and host innate immunity: regulators of host metabolism and metabolic diseases in poultry? / M. H. Kogut // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2013. – Vol. 22. – Iss. 3. – Pp. 637-646. – DOI: 10.3382/japr.2013-00741.

110. Komano Y. Efficacy of heat-killed *Lactococcus lactis* JCM 5805 on immunity and fatigue during consecutive high intensity exercise in male athletes: a randomized, placebo-controlled, double-blinded trial / Y. Komano, K. Shimada, H. Naito, K. Fukao, Y. Ishihara, T. Fujii, H. Daida // *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. – 2018. – Vol. 15. – Pp. 1-9.

111. Kwon H. K. Generation of regulatory dendritic cells and CD4⁺ Foxp3⁺ T cells by probiotics administration suppresses immune disorders / H. K. Kwon, C. G. Lee, J. S. So, C. S. Chae, J. S. Hwang, A. Sahoo, S. H. Im // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2010. – Vol. 107. – Iss. 5. – Pp. 2159-2164. – DOI 10.1073/pnas.0904055107.

112. Liao X. Effects of *Clostridium butyricum* on antioxidant properties, meat quality and fatty acid composition of broiler birds / X. Liao, R. Wu, G. Ma, L. Zhao, Z. Zheng, R. Zhang // *Lipids in Health and Disease*. – 2015. – Vol. 14. – Pp. 1-9.

113. Li W. Effects of *Clostridium butyricum* on growth performance, gut microbiota and intestinal barrier function of broilers / W. Li, B. Xu, L. Wang, Q. Sun, W. Deng, F. Wei, S. Li // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – Vol. 12. – Pp. 777456. – DOI: 10.3389/fmicb.2021.777456.

114. Li Z. Effects of *Clostridium butyricum* on growth performance, meat quality, and intestinal health of broilers / Z. Li, L. Long, X. Jin, Y. Li, Q. Wu, X. Chen, C. Zhang, //Frontiers in Veterinary Science. – 2023. – Vol. 10. – Pp.1-8. – Article ID: 1107798. – DOI: 10.3389/fvets.2023.1107798.

115. Liu M. Regulatory effects of the probiotic *Clostridium butyricum* on gut microbes, intestinal health, and growth performance of chickens / M. Liu, V. A. Uyanga, X. Cao, X. Liu, H. Lin // The Journal of Poultry Science. – 2023 - Vol. 60. – Iss. 2. – Pp. 1-15. – Article ID: 2023011. – DOI: 10.2141/jpsa.2023011.

116. Liu Q. *Lactobacillus plantarum* BSGP201683 isolated from giant panda feces attenuated inflammation and improved gut microflora in mice challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* / Q. Liu, X. Ni, Q. Wang, Z. Peng, L. Niu, H. Wang, D. Zeng // Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. – Pp.1-12 . – Article ID: 1885.

117. Liu Q. Surface components and metabolites of probiotics for regulation of intestinal epithelial barrier / Q. Liu, Z.Yu, F. Tian, J. Zhao, H. Zhang, Q. Zhai, W. Chen //Microbial Cell Factories. – 2020. – Vol. 19. – Pp. 1-11.

118. Liu Y. Yeast culture improves egg quality and reproductive performance of aged breeder layers by regulating gut microbes / Y. Liu, X. Cheng, W. Zhen, D. Zeng, L. Qu, Z. Wang, Z. Ning // Frontiers in Microbiology. – 2021. – Vol. 12. – Iss. 633276. – Pp. 1-14. – DOI:10.3389/fmicb.2021.633276

119. Mannetje L. Silage for animal feed / L. Mannetje // Encyclopedia of Life Support Systems. – 2016. – Pp. 123-135.

120. Markowiak-Kopeć P. The effect of probiotics on the production of short-chain fatty acids by human intestinal microbiome / P. Markowiak-Kopeć, K. Śliżewska //Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – Iss. 4. – Pp. 1107. – DOI: 10.3390/nu12041107.

121. Mazziotta C. Probiotics mechanism of action on immune cells and beneficial effects on human health / C. Mazziotta, M. Tognon, F. Martini, E. Torreggiani, J. C. Rotondo // *Cells*. – 2023. – Vol. 12. – Iss. 1. – Pp. 184. – DOI: 10.3390/cells12010184.

122. McFarland L. Prevention of β -lactam associated diarrhea by *Saccharomyces boulardii* compared with placebo (англ.) / L. McFarland, C. Surawicz, R. Greenberg // *Am J Gastroenterol : journal*. – 1995. – Vol. 90. – Pp. 439 – 448.

123. Moens F. A four-strain probiotic exerts positive immunomodulatory effects by enhancing colonic butyrate production in vitro / F. Moens, P. Van den Abbeele, A. W. Basit, C. Dodoo, R. Chatterjee, B. Smith, S. Gaisford // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2019. – Vol. 555. – Pp. 1-10.

124. Mohammadian A. Influence of dietary probiotic (Biomim IMBO) on performance of laying hen / A. Mohammadian, S. M. Mehdizadeh, H. Lotfollahian, F. Mirzaei, H. Noroozian // *Agricultural Sciences*. – 2013. – Vol. 4. – Iss. 1. – Pp. 23-26.

125. Nahashon S. N. Production variables and nutrient retention in Single Comb White Leghorn laying pullets fed diets supplemented with direct-fed microbials / S. N. Nahashon, H. S. Nakaue, L. W. Mirosh // *Poultry Science*. – 1994. – Vol. 73. – Iss. 11. – Pp. 1699-1711.

126. Nahashon S. N. Performance of single comb white leghorn fed a diet supplemented with a live microbial during the growth and egg laying phases / S. N. Nahashon, H. S. Nakaue, L. W. Mirosh // *Animal Feed Science and Technology*. – 1996. – Vol. 57. – Iss. 1-2. – Pp. 25-38.

127. Nakazawa Y. Fermented milk in the orient / Y. Nakazawa, A. Hosono // *Functions of fermented milk: challenges for the health sciences*. London: Elsevier Applied Science. – 1992. – Pp. 61–78.

128. Nielsen A. K. Global transcriptional analysis of *Bacillus licheniformis* reveals an overlap between heat shock and iron limitation stimulon / A. K. Nielsen, A. Breüner, M. Krzystanek, J. T. Andersen, T. A. Poulsen, P. B. Olsen, M. D. Rasmussen // *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*. – 2010. – Vol. 18. – Iss. 3. – Pp. 162-173. – DOI: 10.1159/000315457.

129. Obianwuna U. E. Enhancing egg production and quality by the supplementation of probiotic strains (*Clostridium* and *Brevibacillus*) via improved amino acid digestibility, intestinal health, immune response, and antioxidant activity / U. E. Obianwuna, K. Qiu, X. Y. Chang, H. J. Zhang, J. Wang, G. H. Qi, S. G. Wu // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13. – Iss. 987241. – Pp.1-16. – DOI: 10.3389/fmicb.2022.987241.

130. Ooi L. G. Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of in vivo and in vitro findings / L. G. Ooi, M. T. Liong // *International journal of molecular sciences*. – 2010. – Vol. 11. – Iss. 6. – Pp. 2499-2522. – DOI: 10.3390/ijms11062499.

131. Ozimek M. A metabolic activity recovery of the intestinal microbiota in the patients with bronchial asthma / M. Ozimek, V. Ivashkin, O. Zolnikova, N. Potskherashvili, K. Ivashkin, N. Dzhakhaya, V. Zaborova // *Pulmonary medicine*. – 2022. – Vol. 2022. – Iss. 1. – Article ID: 9902438. – Pp.1-5. – DOI: 10.1155/2022/9902438.

132. Panda A. K. Effect of probiotic (*Lactobacillus sporogenes*) feeding on egg production and quality, yolk cholesterol and humoral immune response of White Leghorn layer breeders / A. K. Panda, S. S. Rama Rao, M. V. Raju, S. S. Sharma // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2008. – Vol. 88. – Iss. 1. – Pp. 43-47. – DOI:10.1002/jsfa.2921.

133. Pan X. Probiotic effects of *Bacillus licheniformis* DSM5749 on growth performance and intestinal microecological balance of laying hens / X. Pan, Y. Cai, L. Kong, C. Xiao, Q. Zhu, Z. Song // *Frontiers in Nutrition*. – 2022. – Vol. 9. – Pp.1-13. – Article ID: 868093. – DOI: 10.3389/fnut.2022.868093.

134. Park J. W. Effect of dietary supplementation with a probiotic (*Enterococcus faecium*) on production performance, excreta microflora, ammonia emission, and nutrient utilization in ISA brown laying hens / J. W. Park, J. S. Jeong, S. I. Lee, I. H. Kim // *Poultry science*. – 2016. – Vol. 95. – Iss. 12. – Pp. 2829-2835. – DOI: 10.3382/ps/pew241.

135. Qiu K. Effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, as an alternative to antibiotics, on growth performance, serum immunity, and intestinal health in broiler chickens / K. Qiu, C. L. Li, J. Wang, G. H. Qi, J. Gao, H. J. Zhang, S. G. Wu // *Frontiers in Nutrition*. – 2021. – Vol. 8. – Pp. 786878. – DOI: 10.3389/fnut.2021.786878.

136. Ramasamy K. Effects of *Lactobacillus* cultures on performance of laying hens, and total cholesterol, lipid and fatty acid composition of egg yolk / K. Ramasamy, N. Abdullah, S. Jalaludin, M. Wong, Y. W. Ho // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2009. – Vol. 89. – Iss. 3. – Pp. 482-486. – DOI: 10.1002/jsfa.3477.

137. Ríos-Covián D. Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health / D. Ríos-Covián, P. Ruas-Madiedo, A. Margolles, M. Gueimonde, C. G. De Los Reyes-gavilán, N. Salazar // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – Pp. 185. – DOI: 10.3389/fmicb.2016.00185.

138. Rossouw C. The role of the gut microbiota in regulating responses to vaccination: current knowledge and future directions / C. Rossouw, F. J. Ryan, D. J. Lynn // *The FEBS Journal*. – 2025. – Vol. 292. – Iss. 6. – Pp. 1480-1499.

139. Rousseaux A. Immunomodulation of B lymphocytes by prebiotics, probiotics and synbiotics: application in pathologies / A. Rousseaux, C. Brosseau, M. Bodinier // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15. – Iss. 2. – Pp. 269.

140. Ruiz-Jimenez F. Comparison of portable and conventional laboratory analyzers for biochemical tests in chickens / F. Ruiz-Jimenez, E. Gruber, M. Correa, R. Crespo // *Poultry science*. – 2021. – Vol. 100. – Iss. 2. – Pp. 746-754.

141. Salarmoini M. Efficacy of *Lactobacillus acidophilus* as probiotic to improve broiler chicks performance / M. Salarmoini, M. H. Fooladi // *J Agric Sci Technol.* – 2011. – Vol. 13. – Pp. 165–172.
142. Salminen, S. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* / S. Salminen, A. von Wright, A. C. Ouwehand (ред.) // 3-е изд. – New York: Marcel Dekker. – 2004. – Pp. 868-879. – DOI: 10.1201/9780824752033.
143. Scott K. P. Prebiotic stimulation of human colonic butyrate-producing bacteria and bifidobacteria, in vitro / K. P. Scott, J. C. Martin, S. H. Duncan, H. J. Flint // *FEMS microbiology ecology.* – 2014. – Vol. 87. – Iss. 1. – Pp. 30-40. – DOI: 10.1111/1574-6941.12186.
144. Sanders M. E. Impact of probiotics on colonizing microbiota of the gut / M. E. Sanders // *Journal of clinical gastroenterology.* – 2011. – Vol. 45. – Pp. S115-S119. – DOI: 10.1097/MCG.0b013e318227414a.
145. Sanders M. E. Safety assessment of probiotics for human use / M. E. Sanders, L. M. Akkermans, D. Haller, C. Hammerman, J. T. Heimbach, G. Hörmannspenger, G. Huys // *Gut microbes.* – 2010. – Vol.1. – Iss. 3. – Pp. 164-185. – DOI: 10.4161/gmic.1.3.12127.
146. Shim M. Y. Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers / M. Y. Shim, E. Song, L. Billard, S. E. Aggrey, G. M. Pesti, P. Sodsee // *Poultry science.* – 2013. – Vol. 92. – Iss. 10. – Pp. 2687-2696. – DOI: 10.3382/ps.2012-02569.
147. Shini S. The potential for probiotics to prevent reproductive tract lesions in free-range laying hens / S. Shini, A. Shini, P. J. Blackall // *Animal Production Science.* – 2013. – Vol. 53. – Iss. 12. – Pp. 1298-1308.

148. Stavrou G. Gut microbiome, surgical complications and probiotics / G. Stavrou, K. Kotzampassi // *Annals of Gastroenterology: Quarterly Publication of the Hellenic Society of Gastroenterology*. – 2016. – Vol. 30. – Iss. 1. – Pp. 45-51. – DOI: 10.20524/aog.2016.0086.

149. Sun B. The fermentation optimization for alkaline protease production by *Bacillus subtilis* BS-QR-052 / B. Sun, K. Zou, Y. Zhao, Y. Tang, F. Zhang, W. Chen, Y. Zheng // *Frontiers in Microbiology*. – 2023. – Vol. 14. – Pp. 1301065.

150. Sunkara L. T. Butyrate enhances disease resistance of chickens by inducing antimicrobial host defense peptide gene expression / L. T. Sunkara, M. Achanta, N. B. Schreiber, Y. R. Bommineni, G. Dai, W. Jiang, G. Zhang // *PLoS one*. – 2011. – Vol. 6. – Iss. 11. – Pp. e27225. – DOI: 10.1371/journal.pone.0027225.

151. Swanson K. S. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics / K. S. Swanson, G. R. Gibson, R. Hutkins, R. A. Reimer, G. Reid, K. Verbeke, M. E. Sanders // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2020. – Vol. 17. – Iss. 11. – Pp. 687-701.

152. Taherpour K. Effects of dietary probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on performance and serum composition in broiler chickens / K. Taherpour, H. Moravej, M. Shivazad, M. Adibmoradi, B. Yakhchali, // *African Journal of Biotechnology*. – 2009. – Vol. 8. – Iss. 10. – Pp. 2329-2334.

153. Topping D. L. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides / D. L. Topping, P. M. Clifton // *Physiological reviews*. – 2001. – Vol. 81, Iss. 3. – Pp. 1031–1064. – DOI: 10.1152/physrev.2001.81.3.1031.

154. Tsai M. Y. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* TLRI 211-1 on laying performance, egg quality and blood characteristics of Leghorn layers / M. Y. Tsai, B. L. Shih, R. B. Liaw, W. T. Chen, T. Y. Lee, H. W. Hung, Y. F. Lin // *Animal bioscience*. – 2023. – Vol. 36. – Iss. 4. – Pp. 609-618.

155. Vaishnava S. The antibacterial lectin RegIII γ promotes the spatial segregation of microbiota and host in the intestine / S. Vaishnava, M. Yamamoto, K. M. Severson, K. A. Ruhn, X. Yu, O. Koren, L. V. Hooper // *Science*. – 2011. – Vol. 334. – Iss. 6053. – Pp. 255-258. – DOI: 10.1126/science.1209791.

156. Van der Sluis M. Muc2-deficient mice spontaneously develop colitis, indicating that MUC2 is critical for colonic protection / M. Van der Sluis, B. A. De Koning, A. C. De Bruijn, A. Velcich, J. P. Meijerink, J. B. Van Goudoever, A. W. Einerhand // *Gastroenterology*. – 2006. – Vol. 131. – Iss. 1. – Pp. 117-129.

157. Van Wageningen C. P. A. Cost-effectiveness analysis of using probiotics, prebiotics, or synbiotics to control *Campylobacter* in broilers / C. P. A. Van Wageningen, P. L. M. van Horne, M. van Asseldonk // *Poultry science*. – 2020. – Vol. 99. – Iss. 8. – Pp. 4077-4084.

158. Wang J. Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation and calcium levels on performance and eggshell quality of laying hens in the late phase of production / J. Wang, W. W. Wang, G. H. Qi, C. F. Cui, S. G. Wu, H. J. Zhang, L. Xu // *Poultry Science*. – 2021. – Vol. 100. – Iss. 3. – Pp. 100970.

159. Wang L. Effect of oral consumption of probiotic *Lactobacillus plantarum* P-8 on fecal microbiota, SIgA, SCFAs, and TBAs of adults of different ages / L. Wang, J. Zhang, Z. Guo, L. Kwok, C. Ma, W. Zhang, H. Zhang // *Nutrition*. – 2014. – Vol. 30. – Iss. 7-8. – Pp. 776-783.e1.

160. Wang XiaoCui W. X. Dietary tea polyphenol supplementation improved egg production performance, albumen quality, and magnum morphology of Hy-line Brown hens during the late laying period / W. X. Wang XiaoCui, W. X. Wang XiaoHong, W. J. Wang Jing, W. H. Wang Hao, Z. H. Zhang HaiJun, W. S. Wu ShuGeng, Q. G. Qi GuangHai // J Anim Sci. – 2018. – Vol. 96, Iss. 1. – Pp. 225–235. – DOI: 10.1093/jas/skx007.

161. Wang X., Probiotics regulate gut microbiota: an effective method to improve immunity / X. Wang, P. Zhang, X. Zhang // Molecules. – 2021. – Vol. 26. – Iss. 19. – Pp. 6076. – DOI: 10.3390/molecules26196076.

162. Wang Y. Dietary supplementation with *Clostridium butyricum* and its ferment substance improves the egg quality and ovarian function in laying hens from 50 to 58 weeks of age / Y. Wang, Y. Wang, L. Wang, B. Wei, X. Lv, Y. Huang, W. Chen // Animal Science Journal. – December 2023. – Vol. 94. – Iss. 1. – Pp. e13877. – DOI: 10.1111/asj.13877.

163. Wang Y. Dietary supplementation of compound probiotics to improve performance, egg quality, biochemical parameters and intestinal morphology of laying hens / Y. Wang, C. Zhang, X. Chen, A. Zheng, G. Liu, Y. Ren, Z. Chen // Frontiers in Veterinary Science. – 2024. – Vol. 11. – Pp. 1505151.

164. Wells J. M. Immunomodulatory mechanisms of lactobacilli / J. M. Wells // Microbial cell factories. – 2011. – Vol. 10. – Iss. Suppl 1. – Pp. S17. – DOI: 10.1186/1475-2859-10-S1-S17.

165. Xiang Q. Effects of different probiotics on laying performance, egg quality, oxidative status, and gut health in laying hens / Q. Xiang, C. Wang, H. Zhang, W. Lai, H. Wei, J. Peng // Animals. – 2019. – Vol. 9. – Iss. 12. – Pp. 1110. – DOI: 10.3390/ani9121110.

166. Xu L. Dietary supplementation with *Clostridium butyricum* improves growth performance of broilers by regulating intestinal microbiota and mucosal epithelial cells / L. Xu, X. Sun, X. Wan, K. Li, F. Jian, W. Li, Y. Wang // *Animal Nutrition*. – 2021. – Vol. 7. – Iss. 4. – Pp. 1105-1114. – DOI: 10.1016/j.aninu.2021.01.009.

167. Xu X. *Clostridium butyricum* supplement can ameliorate the intestinal barrier roles in broiler chickens experimentally infected with *Clostridium perfringens* / X. Xu, S. Yang, J. S. Olajide, Z. Qu, Z. Gong, J. Wang, J. Cai // *Frontiers in Physiology*. – 2021. – Vol. 12. – Pp. 737481. – DOI: 10.3389/fphys.2021.737481.

168. Yang C. M. Effects of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune function, and cecal microflora in broiler chickens / C. M. Yang, G. T. Cao, P. R. Ferket, T. T. Liu, L. Zhou, L. Zhang, A. G. Chen // *Poultry science*. – 2012. – Vol. 91. – Iss. 9. – Pp. 2121-2129. – DOI: 10.3382/ps.2011-02131.

169. Yoo J. Y. Probiotics and prebiotics: present status and future perspectives on metabolic disorders / J. Y. Yoo, S. S. Kim // *Nutrients*. – 2016. – Vol. 8. – Iss. 3. – Pp. 173.

170. Yousefi M. The effect of dietary factors on induction of fatty liver-hemorrhagic syndrome and its diagnosis methods with use of serum and liver parameters in laying hens / M. Yousefi, M. Shivazad, I. S. Hafhdoost // *Journal of dairy science*. – 360 park ave south, new york, ny 10010-1710 usa : elsevier science inc, 2004. – Vol. 87. – Pp. 168-168.

171. Yu L. *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 supplementation improves the meat quality and antioxidant capacity of muscle of broilers / L. Yu, Z. Peng, L. Dong, H. Wang, S. Shi // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. – 2019. – Vol. 103. – Iss. 4. – Pp. 1099-1106.

172. Zarei M. Dietary inclusion of probiotics, prebiotics and synbiotic and evaluating performance of laying hens / M. Zarei, M. Ehsani, M. Torki // *American Journal*

of Agricultural and Biological Sciences. – 2011. – Vol. 6, Iss. 2. – Pp. 249–255. – DOI: 10.3844/ajabssp.2011.249.255.

173. Zeng X. Effects of *Clostridium butyricum*-and *Bacillus* spp.-based potential probiotics on the growth performance, intestinal morphology, immune responses, and caecal microbiota in broilers / X. Zeng, Q. Li, C. Yang, Y. Yu, Z. Fu, H. Wang, Y. Xu, //Antibiotics. – 2021. – Vol. 10. – Iss. 6. – Pp. 624. – DOI: 10.3390/antibiotics10060624.

174. Zhan H. Q. Effects of dietary supplementation with *Clostridium butyricum* on laying performance, egg quality, serum parameters, and cecal microflora of laying hens in the late phase of production / H. Q. Zhan, X. Y. Dong, L. L. Li, Y. X. Zheng, Y. J. Gong, X. T. Zou // Poultry science. – 2019. – Vol. 98. – Iss. 2. – Pp. 896-903.

175. Zhang H. Fermented calcium butyrate supplementation in post-peak laying hens improved ovarian function and tibia quality through the “gut-bone” axis / H. Zhang, Y. Wang, Y. Wang, B. Wei, L. Wang, M. T. Nguyen, W. Chen // Animal Nutrition. – 2024. – Vol. 16. – Pp. 350-362. – DOI: 10.1016/j.aninu.2023.10.008.

176. Zhang Ling, Z. L. Effects of dietary supplementation of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune response, intestinal barrier function, and digestive enzyme activity in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88 / Z. L. Zhang Ling, Z. L. Zhang LingLing, Z. X. A. Zhan Xiu'an, Z. X. Zeng XinFu, Z. L. Zhou Lin, C. G. Cao GuangTian, Y. C. Yang CaiMei //Journal of animal science and biotechnology. – 2016. – Vol. 7. – Iss. 1. – Pp. 3. – DOI: 10.1186/s40104-016-0061-4.

177. Zhang Q. Dietary *Bacillus subtilis*-and *Clostridium butyricum*-based probiotics supplement improves growth and meat quality, and alters microbiota in the excreta of broiler chickens / Q. Zhang, S. Cho, S. Kibria, I. H. Kim //Canadian Journal of Animal Science. – 2023. – Vol. 104. – Iss. 2. – Pp. 200-206. – DOI: 10.1139/cjas-2023-0076.

178. Zhang X. Effects of *Clostridium butyricum* on intestinal environment and gut microbiome under *Salmonella* infection / X. Zhang, M. Song, P. Lv, G. Hao, S. Sun //Poultry Science. – 2022. – Vol. 101. – Iss. 11. – Pp. 102077. – DOI: 10.1016/j.psj.2022.102077.

179. Zhao X. *Clostridium butyricum* ameliorates *Salmonella* enteritis induced inflammation by enhancing and improving immunity of the intestinal epithelial barrier at the intestinal mucosal level / X. Zhao, J. Yang, Z. Ju, J. Wu, L. Wang, H. Lin, S. Sun //Frontiers in Microbiology. – 2020. – Vol. 11. – Pp. 299. – DOI: 10.3389/fmicb.2020.00299.

180. Zhao X. Protection mechanism of *Clostridium butyricum* against *Salmonella* enteritidis infection in broilers / X. Zhao, J. Yang, L. Wang, H. Lin, S. Sun //Frontiers in microbiology. – 2017. – Vol. 8. – Pp. 1523. – DOI: 10.3389/fmicb.2017.01523.

181. Zhou Y. *Bacillus amyloliquefaciens* BLCC1-0238 can effectively improve laying performance and egg quality via enhancing immunity and regulating reproductive hormones of laying hens / Y. Zhao, S. Li, Q. Pang, Z. Miao //Probiotics and antimicrobial proteins. – 2020. – Vol. 12. – Pp. 246-252. – DOI: 10.1007/s12602-019-9524-1..

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А



Рисунок 1. Золотая медаль

Приложение Б



Приложение В

