

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

*На правах рукописи*



Ночёвкин Дмитрий Владимирович

**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ  
РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ**

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

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор ветеринарных наук, доцент  
Жолобова Инна Сергеевна

Краснодар – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Обзор рынка кормовых добавок.....	8
1.2 Характеристика основных видов кормовых добавок.....	12
1.3 Характеристика сырья, используемого в производстве кормовых добавок.....	16
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1 Объекты исследования.....	37
2.2 Методы исследования.....	39
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	46
3.1 Разработка технологии получения растительного компонента кормовых добавок «Белвисин».....	46
3.2 Разработка технологии культивирования дрожжей.....	67
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	67
3.3 Разработка технологии культивирования личинки мухи.....	79
<i>Hermetia illucens</i> .....	79
3.4 Разработка рецептуры комплексных кормовых добавок.....	94
3.5 Изучение влияния кормовых добавок на зоотехнические показатели сельскохозяйственной птицы.....	95
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В ПТИЦЕВОДСТВЕ.....	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	119
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	121
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	122
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	123

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В Российской Федерации на сегодняшний день насчитывается большое количество птицефабрик, птицеводческих комплексов, средних и мелких подсобных хозяйств по разведению сельскохозяйственной птицы, однако рынок комбикормов и кормовых добавок не успевает удовлетворять постоянно растущий спрос на продукцию. Кроме того, в процессе поиска доступных и качественных кормовых продуктов птицеводы сталкиваются с проблемой отсутствия на отечественном рынке необходимых кормовых компонентов ввиду большой зависимости от импорта и количества введенных санкций за последние годы. Увеличение ассортимента кормовых добавок на отечественном рынке для птицеводства стоит одной из приоритетных задач в сельскохозяйственном секторе экономики Российской Федерации [18].

Для производства кормовых добавок перед производителями стоит задача поиска отечественного сырья с высоким содержанием витаминов и высокобелковых компонентов. Удовлетворить данные потребности возможно при использовании растительного и животного сырья, а также продуктах его глубокой переработки. В большинстве случаев используются растительные отходы, но наиболее популярным и перспективным является использование микрорзелени пшеницы, ячменя, бобовых культур, а также ценных мелкосемянных и масличных культур. Получаемая микрорзелень зернобобовых культур имеет повышенное содержание витаминов, аминокислот, белка, а также является более доступной для потребления сельскохозяйственными животными. Исследованием технологий глубокой переработки микрорзелени для кормления сельскохозяйственных животных занимались многие ученые, однако в нашем исследовании также будет рассмотрен данный вопрос ввиду важности данных исследований в настоящее время [34].

Производство качественных, высококалорийных, экологически безопасных кормовых добавок зачастую невозможно без использования полноценного по аминокислотному составу белка. Восполнить его состав может использование растительных белков бобовых культур, животного белка рыбной муки, а также белка насекомых. Применение в рецептуре кормовых добавок для птицы насекомых, в частности, личинок мух *Hermetia illusens*, может помочь восполнить недостаток белков, жиров, а вместе с ними и энергии [27].

Благоприятно влияет на использование личинок в кормовых добавках и тот факт, что их можно выращивать практически на любом субстрате. Это способствует тому, что насекомых можно использовать для переработки растительных, пищевых и животных отходов с дальнейшим получением ценного кормового сырья – белка и жира. Низкая себестоимость кормового субстрата для получения личинок, доступность технологии и практически безотходное производство делает личинок ценным энтомологическим компонентом для разработки новых кормовых добавок [32, 64].

При разработке функциональных кормовых добавок для птицеводства значительный интерес вызывает использование микроорганизмов и грибов, которые способствуют лучшему усвоению кормов, внесению витаминов группы В, помогают нормализовать микрофлору, а также положительно влияют на иммунитет птицы. К таким микроорганизмам относятся молочнокислые бактерии, пропионовокислые бактерии, а также дрожжи, которые обладают пробиотическими свойствами, способствуют обогащению кормовых добавок витаминами и белком [46, 54, 66].

Для использования в процессе переработки растительного компонента, нами была применена комплексная молочнокислая закваска «Бк-Углич-№4», состоящая из таких бактерий как: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lac. lactis subsp. cremoris*, *Lac. lactis subsp. diacetilactis*, *Leuconostoc lactis* и/или *mesenteroides subsp. cremoris*. Используя способность применяемой закваски к подкислению и заквашиванию растительного сырья, проростки злаковых

культур перерабатывались нами в особо ценное витаминизирующее сырье, которое впоследствии использовали в рецептуре кормовой добавки.

Диссертационная работа является частью тематического плана НИОКР, утвержденного Ученым советом ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ на 2021-2025 гг. Входит в тему № 20 «Разработка биотехнологий производства и переработки сельскохозяйственного сырья для получения конкурентоспособных продуктов питания, кормов и биопрепаратов» (регистрационный номер 121032300087-9).

### **Степень разработанности темы.**

В области гидропонного проращивания зерновых культур вклад внесли Прянишников Д. Н. (1952), Алиев Э. А. (1985), Баулин Н. В. (1994), Улько Н. В. (2007), Bentley M. (1959), Beckett K. (1988), Анискина М. В. (2020) и др. Исследования, касающиеся использования дрожжей в рационах кормления сельскохозяйственной птицы были проведены Соловьевой Л. М. (1972), Лобиним В. И. (1973), Федосовой А. А. (2009), Аксаковым Д. В. (2020) и др. В сфере использования личинок мухи *Hermetia illucens* и продуктов ее переработки наибольшим вкладом отметились Романенко Е. А. (2020), Ежкова А. М. (2022), Башаров А. А. (2022) и другие. Проводимые исследования по данным направлениям показывают ее важность, а также свидетельствуют о многообразии ее направлений [1, 7, 23, 28, 65].

**Цель исследования** – разработать технологию получения и использования комплексной кормовой добавки с использованием растительного и животного сырья для сельскохозяйственной птицы.

### **Задачи исследования:**

1. Разработать технологии получения компонентов кормовых добавок «Белвисин»;
2. Разработать рецептуры и технологию комплексных кормовых добавок для птицеводства;
3. Изучить влияние комплексных кормовых добавок на зоотехнические показатели перепелов и цыплят-бройлеров;

4. Рассчитать экономическую эффективность кормовой добавки «Белвисин-2» при выращивании цыплят-бройлеров.

#### **Научная новизна.**

Впервые разработана технология промышленного культивирования личинок тропической мухи *Hermetia illucens*, включающая создание специализированного кормового субстрата, направленная на максимальное повышение биологической ценности энтомопродукта, разработана рецептура и технология получения новой кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы на основе проростков пшеницы, личинки мухи *Hermetia illucens* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Предложен способ получения растительного наполнителя из проростков пшеницы, позволяющий минимизировать потери и повысить качество получаемой продукции.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

Разработана технология получения растительного наполнителя кормовой добавки из проростков пшеницы, позволяющая получать продукт, содержащий 26,2 мг/кг аскорбиновой кислоты, 18,3 мг/кг каротина, 0,84 мг/кг рибофлавина.

Предложен состав питательной среды для дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, позволяющий повысить выход дрожжевой биомассы более чем в пять раз.

Разработан рецептурный состав кормового субстрата, позволяющий повысить живую массу личинки мухи *Hermetia illucens* на 40,5 % по сравнению с традиционным субстратом.

Использование кормовой добавки «Белвисин-2» способствует повышению живой массы цыплят-бройлеров при выращивании на 7,1 %.

#### **Апробация работы.**

Материалы научной работы доложены и обсуждены на XIX, XX, XXI всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2022, 2023, 2024),

V Международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию АПК» (Ставрополь, 2023), IX Конгрессе молодых ученых, (Сочи, 2022).

**Основные положения, выносимые на защиту.**

Технология культивирования личинок *Hermetia illucens* на субстрате с включением заквашенных проростков пшеницы и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* способствует повышению их живой массы на 40,5 % по сравнению с контролем.

Разработанная технология получения кормовой добавки «Белвисин-2» обеспечивает повышение живой массы цыплят-бройлеров на 7,0 % по сравнению с контролем.

Мясная продуктивность цыплят-бройлеров при использовании комплексной кормовой добавки «Белвисин-2» в дозировке 1 % выше контроля на 11,2 %.

Применение комплексной кормовой добавки «Белвисин-2» при выращивании цыплят-бройлеров способствует повышению рентабельности на 3,0 %.

**Публикации результатов исследования.** По результатам исследований опубликовано 7 научных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ, а также получен 1 патент РФ на изобретение.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа включает следующие разделы: введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты собственных исследований, результаты производственной апробации, заключение, список литературы и приложения. Работа изложена на 147 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 2 рисунками и 58 таблицами. Список использованной литературы включает 205 источников, в том числе 50 – иностранных авторов.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Обзор рынка кормовых добавок

По оценкам исследователей мировых институтов демографических проблем ожидается, что население Земли к 2050 году увеличится почти до десяти миллиардов человек, и в связи с этим спрос на животный белок вырастет более чем в два раза. Чтобы покрыть эту растущую потребность, годовое производство мяса в течение пять лет должно вырасти более чем на двести млн. тонн, а к 2050 году до четыреста семьдесят млн тонн. В России производство мяса птицы увеличилось с 7164,8 тыс. т в убойном весе в 2014 г. до 10852 тыс. т. в 2024 году. Таким образом, основная проблема заключается в том, как повысить продуктивность животноводства и воспользоваться возможностями растущего спроса путём принятия стратегий интенсификации в животноводстве и птицеводстве. В то же время, хорошо известно, что затраты на корма в структуре себестоимости затрат при выращивании птицы составляют от 55 до 75 % себестоимости конечной продукции птицеводства [18, 22, 36].

На сегодняшний день тенденции развития птицеводства показывают его нужду в разработке новых дешевых кормовых добавок, которые способны улучшить питательность рациона сельскохозяйственной птицы. На рынке существует большое количество кормовых добавок, разнообразных по своему действию и направлению использования. Они позволяют покрыть потребности птицы в микро- и макроэлементах, витаминах, ферментах, энергии и белке, однако не все они доступны для российского потребителя. Таким образом, актуально разрабатывать такие кормовые добавки, которые будут способны покрывать сразу несколько направлений потребности птицы [33, 38, 190].

Объем рынка кормовых добавок в 2023 г. аналитики оценили в 440 тыс. т. Из данного объема почти 90 % всех кормовых добавок на

российском рынке зарубежного производства. По данным Минсельхоза РФ, наибольшая импортная составляющая кормовых добавок – это витамины (98 %), микроэлементы (90 %), антибиотики – стимуляторы роста (85–95 %), адсорбенты микотоксинов (80–85 %), кормовые аминокислоты (80 %) и ферменты (70–90 %) [87, 111].

На конец 2023 года данные реестра Россельхознадзора представляли данные о том, что доля полностью российских компаний на отечественном рынке составляет только 38 % от общего ассортимента кормовых добавок. Соответственно 62 % из них производились зарубежными корпорациями. В реестре РФ отслеживались зарегистрированные разработанные кормовые добавки из 47 зарубежных стран, в том числе Германии, Китая, Франции, Нидерландов, Бельгии, Испании, США. Наибольшую долю рынка кормовых добавок занимала Германия с 471 кормовой добавкой, Китай – 247 и Франция – 187. По данным реестра РФ, страны, представленные на российском рынке кормовых добавок, могут быть расположены следующим образом: первое место занимает Российская Федерация – 1451 кормовая добавка (39,43 % от общего количества зарегистрированных); второе место занимает Германия – 471 (21,13 %); третье место Китай – 247 (11,08 %); четвертое место Франция – 187 (8,39 %) [38, 47].

Установлено, что отечественные кормовые добавки занимают 39,43 % российского рынка кормовых добавок, в отличие от них зарубежные кормовые добавки занимают 60,84 %, что выше на 21,41 %. Российские кормовые добавки, зарегистрированные для использования в нашей стране (836 наименований), занимают 22,72 %, а произведённые за рубежом 2844 наименования кормовых добавок занимают 77,28 %, что выше на 54,56 % [10, 92].

Основными причинами слабого обеспечения и насыщения российского рынка кормовыми продуктами являются слабое развитие материально-технической базы, а также значительное снижение конкуренции, главным образом из-за того, что действующие зарубежные компании

покинули российский рынок ввиду санкций [28, 103].

Разнообразны и технологические формы кормовых добавок, которые представлены на отечественном рынке. Так, наибольшая доля кормовых добавок отведена порошковым формам – 53,4 %, на втором месте – кормовые добавки в жидком виде – 28,0 %, на третьем месте – кормовые добавки в виде гранул и микрогранулированного порошка – 11,89 %. Такой порядок на мировом и отечественном рынках кормовых добавок прежде всего обусловлен технологией производства. Наиболее простой и доступной технологической формой являются порошки, например, премиксы. Процесс гранулирования способствует снижению слёживаемости добавки и повышению усвояемости её компонентов, что технологически ценно. Пробиотические формы кормовых добавок всегда производятся в виде порошка или жидкости [22, 111, 185].

За последние три года из-за повышенного спроса на белково-витаминные добавки и комплексы, выпуск кормовых добавок данного типа в России в среднем рос на 10 % в год и достиг 191,1 тыс. тонн. Белково-витаминные кормовые добавки являются незаменимыми компонентами сбалансированных и обогащенных рационов сельскохозяйственных животных. С увеличением уровня их потребления на фоне динамичного роста поголовья и интенсификации сельского хозяйства производственные объемы по выпуску данного вида обогатителей в России росли [52].

Наблюдается заметная тенденция по наращиванию производства и в комбикормовой отрасли. По данным Росстата, в 2023 году в России объем производства комбикормов составил 34,2 млн. т, что на 6,1 % больше, чем в 2022 году. По данным ежегодного глобального исследования кормов, проведенного компанией Alltech, Российская Федерация стала шестой в мире по этому показателю, поднявшись в рейтинге. Если глобальный рынок комбикормов в 2023 году замедлился (снижение на 0,42 %) и составил около 1,3 млрд тонн, то рынок Российской Федерации, наоборот, ускорил рост. В том числе высокую позитивную динамику сохранили компании, вошедшие в

восьмой рейтинг крупнейших производителей комбикормов. В 2023 году лидеры отрасли оценочно выработали 21,1 млн тонн, или почти 62 % от общего объема [113, 121].

В состав белково-витаминных добавок входят белки, аминокислоты, витамины и минеральные комплексы. В 2023 году цены на некоторые из этих компонентов возросли в два-три раза, прежде всего за счет повышения расходов на логистику. Большую часть аминокислот для производства кормовых добавок российские компании закупают в Китае, ввиду отсутствия широкого спектра альтернатив. Увеличение затрат на сырьевые компоненты привело к росту отпускных цен на готовые кормовые белково-витаминные добавки в России на 30 % по итогам 2023 г. В свою очередь, увеличение стоимости готовой продукции привело к ослаблению спроса на нее, в результате выпуск белково-витаминных добавок сократился по итогам 2023 года на 14 % до 136 тыс. тонн в год [26, 47].

Объем импорта кормовых витаминов за период с 2023 по 2024 год вырос на 7,3 % и составил 10,5 тыс. тонн соответственно, а относительно 2022 года прибавка составила 16,3 %. Преимущественно это продукция китайских производителей, их доля достигла 89 % в структуре поставок. В январе 2023 года Китай обеспечивал 81 %, а в 2022-м – 69 %. При этом доля европейских производителей ежегодно снижается: с 25 % в 2022 году до 9 % в январе 2024-го [32, 87].

Производство некоторых видов кормовых аминокислот и витаминов в России либо отсутствует полностью, либо развито слабо. В 2022 г поставки таких компонентов существенно сократились. Основное падение пришлось на страны ЕС, а доля Китая на этом фоне, наоборот, возросла почти до 90 %. Доля занятого российского рынка отечественными компонентами в данной отрасли составляет около 5-10 %, что, несомненно, очень мало [188].

Исходя из представленного обзора рынка видно, что в настоящее время в Российской Федерации наблюдается явная нехватка важного комбикормового сырья, в частности, белков, витаминов и аминокислот. Также

данный рынок является незаполненным и постоянно развивающимся, что делает его перспективным с точки зрения внедрения инноваций и внесения инвестиций в развитие внутреннего рынка. К тому же нельзя не отметить, что рынок кормовых добавок заполнен только на 10 % отечественной продукцией, что делает задачу разработки новых видов кормовых добавок перспективной и актуальной в настоящее время [4, 113, 184].

## **1.2 Характеристика основных видов кормовых добавок**

Применение кормовых добавок в рационе сельскохозяйственной птицы способствует ее сбалансированному кормлению и дополняет ежедневный рацион животных, доводя его пищевую ценность до установленных нормативных показателей [16, 65, 150].

Кормовые добавки – это смесь, составляющая от 2 до 30 % от общей кормовой суточной нормы корма, которая в концентрированном виде обогащает рацион необходимыми микро- и макроэлементами, витаминами, органическими кислотами. Эффективность рациона и его сбалансированность напрямую связаны с используемыми кормовыми добавками и их химическим составом [65, 79, 80].

На сегодняшний день сельскохозяйственный сектор использует минеральные, органические, синтетические и некоторые другие виды кормовых добавок. К основным питательным и защитным веществам кормовых добавок, восполняющих их недостаток в полнорационном комбикорме, относят: витамины, минералы, протеины, ферменты, антибиотики, вкусовые и ароматические компоненты [94].

Исходя из этих компонентов и именуют необходимые кормовые добавки для животноводческой отрасли, а именно: витаминные, минеральные, белковые, ферментные, вкусо-ароматические. Зачастую не используют кормовые добавки только одного спектра действия, а объединяют в продукте несколько целевых свойств. Так, на рынке присутствуют

белково-минеральные, белково-витаминные, витаминно-ферментные и многие другие кормовые добавки для животных [44, 104, 127, 165].

Витаминные кормовые добавки содержат в своем составе полифункциональные витаминные группы, которые сбалансированы по содержанию компонентов для конкретного вида птицы и возраста. К наиболее часто встречающимся витаминным кормовым добавкам относят каротиносодержащие наполнители, добавки с внесением витаминов группы В, а именно – В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и В<sub>6</sub>, а также аскорбиновая кислота и токоферол (витамин Е). Зачастую витаминные добавки вносятся в рецептуру кормовых добавок в качестве стандартизированных порошков концентратов витаминов химической природы, однако наиболее благоприятно они будут восприниматься организмом птицы при внесении с растительными наполнителями [101, 102].

Минеральные кормовые добавки животным даются для поддержания нормальной жизни, образования костной и других тканей, стимулирования обмена веществ и получения энергии. При недостатке кальция, фосфора, натрия, железа животные чаще болеют, снижается уровень продуктивности. Наиболее рациональный способ скармливания микроэлементов в составе кормовых добавок, вносимых в комбикорма. Для обогащения рациона птицы используют, в основном, кальциевые, натриевые и фосфорные минеральные кормовые добавки [18, 66, 72, 137, 163].

Комбинированные кормовые добавки для животноводческой, рыбоводческой и птицеводческой сфер необходимы в качестве витаминных, минеральных, белковых и жировых ресурсов, которые положительно влияют на увеличение поголовья [119, 147, 158, 162].

Также выделяют такие группы кормовых добавок как: пробиотики, пребиотики, синбиотики и симбиотики. Пробиотики – это живые микроорганизмы и вещества микробного происхождения. Они нормализуют физиологические процессы, биохимические реакции, регулируют кишечную микрофлору. В основе пробиотических культур лежат микроорганизмы,

которые входят в состав нормальной микрофлоры желудочного тракта скота и птиц [29].

Пробиотики можно разделить на некоторые группы.

Бифидобактерии. Они эффективно борются с сальмонеллами, золотистым стафилококком, патогенными кишечными палочками. Также обладают способностью синтезировать аминокислоты и стимулировать выработку интерферона [28, 165].

Лактобактерии. Данные бактерии обеспечивают целостность слизистой оболочки кишечника, ее барьерные свойства. Поддерживают здоровый кислотно-щелочной баланс, создают благоприятные условия для нормального функционирования пищевых ферментов. Также они активно вырабатывают бактериоцины – низкомолекулярные белки, способные закрепляться на клеточных рецепторах бактерий и подавлять их активность, то есть обладать устойчивым бактерицидным эффектом [46, 54].

Бациллы. Спорообразующие аэробные бактерии. В течение нескольких часов после попадания в организм колонизируют все отделы ЖКТ. Проявляют антагонистическую активность к сальмонеллам, протеем, стрептококкам и стафилококкам, микроскопическим грибам, вибрионам. Бациллы производят антибиотические вещества, обладают антитоксическим, противоаллергическим действием [86, 94].

Эшерихии. Грамотрицательные кишечные палочки. Стимулируют выработку антител, оказывают иммуномодулирующее действие [147].

Энтерококки. Активны против некоторых видов инфекций, способствуют укреплению иммунитета [189].

Пропионовокислые бактерии. Конвертируют молочную кислоту и глюкозу в уксусную и пропионовую кислоты, повышают конверсию кормов, снижают вероятность отравления нитратами [97, 150].

Дрожжи. Увеличивают количество благоприятных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте, улучшают переваривание клетчатки, утилизацию крахмала, снижают накопление молочной кислоты. Также

являются доступным источником микробных витаминов группы В и белка [11, 17, 25, 78, 116].

Пробиотическое наполнение кормовых добавок выбирается исходя из целей и задач, поставленных при их разработке, а также доступности ингредиентов для производства [55, 63, 104, 159, 164].

Наполнителями неживой природы в кормовых добавках являются пребиотики. Пребиотики – это пищевые вещества, которые питают определенную группу кишечных микроорганизмов [66, 77].

Наиболее известными пребиотиками являются следующие.

Олигофруктоза – это пребиотик, который является натуральным заменителем сахара и обладает полезными свойствами для здоровья кишечника. Олигофруктоза является пищевым волокном, которое не переваривается в желудке и тонком кишечнике, а становится оптимальной пищей для полезных бактерий. Она улучшает иммунитет, нормализует микрофлору кишечника и может быть полезна для животных в качестве вещества, улучшающего его работу [29, 66, 121, 153].

Инулин – пребиотик, который является растворимым в воде полисахаридом, состоящим из коротких цепочек фруктозы. Он получается из корней цикория, топинамбура и агавы. Инулин не переваривается в желудке и тонком кишечнике, но становится оптимальной пищей для бактерий в толстом кишечнике [97, 127].

Лактулоза – это синтетический дисахарид, использующийся как препарат при лечении запоров и печеночной энцефалопатии. Она помогает укрепить иммунитет и нормализовать микрофлору кишечника [27, 53, 100].

Наиболее широкое распространение в настоящее время приобретают симбиотики и синбиотики [141, 160].

Синбиотики – это комбинация пробиотиков и пребиотиков, объединенных в одном средстве. За счет синергии (усиления действенности каждого компонента) синбиотики помогают быстро достичь оптимального баланса микрофлоры желудочно-кишечного тракта, и поддерживать его в

течение длительного времени [85, 122, 157, 189].

Симбиотики – это комбинация нескольких штаммов полезных микроорганизмов. В большинстве препаратов сочетаются лакто- и бифидобактерии. Такие средства считаются более эффективными, так как содержат разные виды бактерий, действующие в нескольких направлениях [55].

Так как в составе синбиотических кормовых добавок используются живые микроорганизмы необходимо остановиться на характеристике применяемых для данных задач живых культур [123, 146, 156, 170, 178].

### **1.3 Характеристика сырья, используемого в производстве кормовых добавок**

Для производства кормовых добавок для сельскохозяйственной птицы используется различное растительное, животное и микробиологическое сырье. Растительное сырье в первую очередь служит источником витаминов и пищевых волокон в структуре кормовой добавки. Животное сырье помогает восполнить содержание незаменимых аминокислот и жирных кислот, а также кормового белка и жира, которые содержат в себе много энергии и строительного материала для организма. Применение микробного сырья способствует обогащению кормовой добавки широким спектром необходимых компонентов таких как: витамины, белки, аминокислоты [10].

Применяемые в кормовых добавках микробные компоненты можно разделить на две группы – грибного и бактериального происхождения. К микробиологическим объектам грибного происхождения относятся прежде всего дрожжи различных видов и рас, а также грибы рода *Trichoderma*. К объектам бактериальной природы относятся молочнокислые, пропионовокислые бактерии, а также бациллы. Прежде всего остановимся на кормовых дрожжах [76].

Дрожжи – внетаксономическая группа одноклеточных грибов, утративших мицелиальное строение в связи с переходом к обитанию в жидких и полужидких, богатых органическими веществами субстратах. Объединяет около 1500 видов, относящихся к отделам *Ascomycota* и иногда *Basidiomycota*. Кормовые дрожжи – специальная биомасса дрожжей на основе субстратов растительного и нерастительного сырья, которая производится на корм сельскохозяйственным животным, пушным зверям, птицам и рыбам. Кормовые дрожжи используют при производстве комбикормов, а также в качестве биодобавки в кормовые рационы. Среди наиболее распространенных видов кормовых дрожжей выделяются такие как: *Saccharomyces*, *Candida*, *Kluuveromyces*. Рассмотрим штаммы некоторых из них подробнее [91, 118].

Известен кормовой штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-3585, обладающий амилазной активностью, который депонирован в ВКПМ. Он получен путем селекции методом накопительных культур из биоценоза отрубей. Штамм является непатогенным и имеет кормовое назначение. Активно растет на минеральной среде с крахмалом. Способен расти в широком диапазоне кислотности среды 3,0-6,5. Температура выращивания 28...34 °С, оптимальная температура 30...32 °С; оптимальный диапазон активной кислотности pH 5,0-5,5. Содержание сырого протеина в готовом продукте 49-60 %, а истинного белка – 38 % [37, 69].

Известен кормовой штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM I-745, являющийся пробиотиком. *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM I-745 оказывает выраженное противовоспалительное и антисекреторное действие, продуцирует факторы, которые нейтрализуют бактериальные токсины и модулируют сигнальные пути клеток хозяина, связанные с провоспалительной реакцией при бактериальной инфекции. Благодаря своему присутствию и метаболической активности он может препятствовать попаданию и закреплению потенциально опасных бактерий на слизистой оболочке кишечника. Муциновый слой позволяет ему образовывать защитные слои, связанные между собой, что усложняет проникновение

патогенных штаммов в слизистую оболочку. Температура роста составляет 30...35 °С при активной кислотности питательной среды от 5,0 до 6,5 единиц.

Кормовой штамм дрожжей *Saccharomyces boulardii* CNCM I-1079 («Левисел SB») – пробиотический штамм, который применяется в кормлении высокопродуктивных животных. Он способствует стабилизации кишечной микрофлоры, восстановлению целостности кишечной стенки, модуляции естественной иммунной защиты. Может расти как в аэробных, так и в анаэробных условиях, имеет более толстую клеточную стенку, чем другие представители дрожжей *Saccharomyces boulardii* хорошо сохраняется в условиях желудочно-кишечного тракта. Также, благодаря специфической структуре клеточной стенки обладает способностью связывать патогены [62].

Известен штамм дрожжей *Candida scottii* ВКПМ У-546 продуцент кормового белка. На солодовом сусле односуточная культура, выращенная в термостате при температуре 36 °С, имеет клетки мелкие и средние длиной 8,41 мкм и шириной 4,54 мкм [75, 98, 118].

Дрожжи *Candida scottii* БК-85 размножаются вегетативно путем почкования. Образование псевдомицелия изучено на картофельно-глюкозном агаре методом пластинок, а также на солодовом сусле-агаре и агаризированном предгидролизате. На основном стволе псевдомицелия располагаются супротивно или мутовчато мелкие, овальные, круглые бластоспоры, аскоспоры отсутствуют. Максимальная температура роста на твердых агаровых средах 38...40 °С, минимальная 18...25 °С, оптимальная 35...37 °С [112].

Для кормовых целей применяют штамм дрожжей *Candida famata* ВКПМ У-2207 как продуцента белковой биомассы. Оптимальная температура роста культуры лежит в диапазоне 32...34 °С. Клетки односуточной культуры на солодовом сусле округлой формы, одиночные. Размер клеток 2,5×2,5 мкм. Аскоспоры не образует. На картофельном агаре псевдомицелий отсутствует. Колонии на солодовом сусле-агаре гладкие, белые с ровным краем. Штрих на солодовом сусле-агаре гладкий, ровный, беловатый. На каждом солодовом

сусле кольцо слабое, пленка отсутствует, надосадочная жидкость со слабой мутью [62, 90, 96, 125].

Субстратом для культивирования данного вида кормовых дрожжей служит ферментолизат пшеничных отрубей с добавлением 5 мл 20%-го раствора сульфата аммония и 100 мл концентрированных солей следующего состава, г/л:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (70 %-ая) 52 мл; KCl – 49;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 35;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 6,7;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 1,45;  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,85 [99, 110].

Известны в промышленности кормовые штаммы такого вида дрожжей как *Kluuveromyces marxianus*. Колонии этих дрожжевых культур имеют цвет от кремового до коричневого с редкой розовой пигментацией из-за выработки пигмента хелата железа, пульхерримина. При выращивании на дрожжево-плесневом агаре Викерхэма клетки кажутся шаровидными, эллипсоидальными или цилиндрическими, размером 2-6 × 3-11 мкм. В бульоне с глюкозно-дрожжевым экстрактом *Kluuveromyces marxianus* разрастается, образуя кольцо, состоящее из осадка. Данная культура дрожжей термотолерантна и демонстрирует высокую скорость роста в диапазоне температур 38...42 °С при кислотности среды 5,5-6,5 единиц [138].

Среди наиболее распространенных штаммов данного вида дрожжей являются *Kluuveromyces marxianus* Pbt-7. Он применяется для оптимизации процессов пищеварения, повышения сохранности, интенсивности роста и продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Для кормовых целей используется штамм *Kluuveromyces marxianus* Y-4570, отобранный в результате скрининга на ферментолизате подсолнечной лузги как наиболее продуктивный по накоплению биомассы (до 30 г/л) и сырого протеина ( $59,29 \pm 2,96$  %). Ещё один штамм для производства кормового белка – *Kluuveromyces marxianus* Y-10. В процессе роста образует осадок; клетки имеют размеры 0,05-0,1 × 0,2 мкм; размножение осуществляет почкованием. При выращивании на солодовом агаре в температурном режиме 28 °С за 3-5 дней образуются гладкие колонии с матовой поверхностью, белого цвета, мягкой консистенции, вогнутые, с неровным центром и гладкими краями.

Минимальная температура роста 5...6 °С, оптимальная 35...42 °С, максимальная 50 °С [76, 93, 110, 136, 139].

Наряду с дрожжами важными микробиологическими агентами при производстве кормовых добавок являются молочнокислые бактерии.

Молочнокислые бактерии – специфическая группа микроорганизмов, обуславливающая молочнокислое брожение, которое представляет собой распад сахаров до молочной кислоты. Вместе с основными продуктами брожения образуются побочные продукты: уксусная кислота, углекислый газ, этиловый спирт. В природе молочнокислые бактерии представлены в виде шаровидных (кокков) и палочковидных (лактобактерий) форм. Наиболее распространенными в промышленности являются бактерии родов *Lactobacillus* и *Lactococcus* [21, 68, 99, 115].

Молочнокислые бактерии *Lactobacillus sp.* представляют собой микроорганизмы, которые осуществляют гомоферментацию или гетероферментацию и обычно обнаруживаются в кишечниках животных, включая человека, и процесс ферментации молочных продуктов и овощей. Микроорганизмы *Lactobacillus sp.* представляют собой продуцирующие молочную кислоту бактерии, обнаруживаемые обычно в кишечном тракте животных, и осуществляют гомоферментацию или гетероферментацию с использованием молочных продуктов и овощей в качестве своих субстратов. Известно, что микроорганизмы *Lactobacillus sp.* поддерживают кишечную среду у животных в кислом состоянии, ингибируют чрезмерный рост опасных бактерий, таких как *E. coli* и *Clostridium*, оказывают положительный эффект на работу желудочно-кишечного тракта у животных и способствуют синтезу витаминов, снижают уровень холестерина в сыворотке [40, 45, 82, 89].

Среди наиболее распространенных групп молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus sp.*, которые применяются в кормлении сельскохозяйственной птицы, можно выделить некоторые наиболее эффективные: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus acidophilus* и их штаммы.

Штамм *Lactobacillus plantarum* L-211 – это небольшая не образующая спор мезофильная факультативно-анаэробная грамотрицательная бактерия. Согласно биохимическим признакам, этот микроорганизм не способен метаболизировать глюкозу до CO<sub>2</sub>. Технологически *Lactobacillus. plantarum* L-211 характеризуется кислотным накоплением до 80 °Т через 24 часа, предел возникновения составляет 140 °Т через 7 дней. Он способен производить на оптимальной питательной среде около 148.4 ± 4,45 мг/л лизина [21, 115]

Штамм бактерий *Lactobacillus salivarius* ВКШМ-Г-08ПД, обладает спектром антагонистической активности по отношению к глобально распространившимся зооантропонозным штаммам антибиотикорезистентных клонов *Escherichia coli*. По морфологическим характеристикам штамм грамположительные прямые бесспорные палочки, располагающиеся в виде цепочек из 2-4 и более клеток или поодиночке. Величина клеток 18-часовой культуры в молоке составляет 10-20 мкм. Клетки равномерно окрашиваются по Граму. Диаметр колоний – 1-2 мм. Штамм данных бактерий факультативный анаэроб, микроаэрофил; растет в присутствии азота и углекислого газа в атмосфере. Температурный диапазон роста 38 ± 1 °С, фаза максимального накопления микробных клеток заканчивается к 24-48 ч. Оптимум рН 7,2-7,5. Ферментирует субстрат без образования газа [35, 103].

Продуцентом кормового белка может являться *Lactobacillus acidophilus* 1660/08. Это грамположительные и неспорообразующие, аэротолерантные бактерии, неподвижные палочки размером 0,6-0,9 × 1,5 мкм. Продуцент сбраживает фруктозу, лактозу, галактозу, мальтозу, целлобиозу. Оптимум рН = 5,5-5,8, оптимум температуры 45 °С [18].

Среди молочнокислых бактерий рода *Lactococcus* можно выделить такие кормовые штаммы как *Lactococcus lactis* SBS-0001 (NITE BP-1107) и *Lactococcus lactis* SBS-0002 (NITE BP-1108). Данные штаммы используются для производства силоса и кормов для сельскохозяйственной птицы. Способны подавлять маслянокислое брожение в сырье для силоса или ферментированного корма с низким содержанием сахара. По отношению к

температуре лактококки являются мезофилами. Штаммы *Lactococcus lactis* имеют широкий диапазон температур роста от 3 до 41 °С, однако их оптимальная температура 30 °С [74, 192].

Лактококки, также, как и другие молочнокислые бактерии данных групп чаще всего культивируют на селективных питательных средах, в которые вводят казеины и молочные продукты – обезжиренное молоко, сыворотка. Стоит сказать, что для производства молочнокислых бактерий используют питательные среды и субстраты, которые имеют значения водородного показателя 5,4-6,4 единиц. Молочнокислые бактерии очень требовательны к кислотности, поэтому при повышении значений до 5,4 единиц снижают продуктивность. Данный продуцент является аэротолерантным, однако не может интенсивно расти при высокой концентрации кислорода. В таком случае активируется биохимический механизм синтеза органических кислот, которые отвечают на внешние раздражители. Побочными продуктами жизнедеятельности молочнокислых бактерий служат различные органические кислоты, чаще всего молочная и уксусная, белки, витамины группы В, другие биологически активные вещества. В зависимости от образующихся продуктов метаболизма молочнокислые бактерии подразделяют на гомоферментативные и гетероферментативные бактерии. В гомоферментативном брожении основной продукт молочная кислота, с примесями яблочной и уксусной. При гетероферментативном брожении соотношение получаемых метаболитов находится на уровне: молочная кислота – 45-55 %, углекислый газ – 25 %, этанол и уксусная кислота – 10-15 % [90, 107].

На основании проведенного анализа имеющихся пробиотических культур, их биохимических характеристик и метаболитических особенностей, нами были выбраны для дальнейших исследований дрожжи *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii* CNCM I-1079, а также комплексная молочнокислая закваска БК-Углич-№4 состава: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Leuconostoc lactis* и/или *mesenteroides subsp. cremoris* [35, 103, 138].

Состав питательной среды, используемой для культивирования микроорганизмов, напрямую отражается на их физиологическом фенотипе и эффективности ферментации, что, в свою очередь, влияет на результаты анализа штаммов и характеристики штаммов при промышленном применении [107, 135]

Скорость роста дрожжей обусловлена осмотическим давлением водорастворимых веществ среды и концентрацией клеточного сока дрожжей. Осмотическое давление внешней среды должно быть ниже, чем осмотическое давление клеточного сока, что способствует усвоению питательных веществ растущей дрожжевой клеткой. Чем больше разница в величине осмотического давления в клетке и в среде, тем быстрее накапливается биомасса клеток. Осмотическое давление клеточного сока повышается при культивировании дрожжей в более концентрированных средах. Осмотическое давление в культуральной среде увеличивается с повышением в ней концентрации сухих веществ [7, 20, 88, 95].

Для обеспечения дрожжей благоприятными условиями для роста и развития помимо внешних физических факторов им необходимо обеспечить благоприятный качественный состав питательной среды, легкодоступные источники углеводов, а также минеральных веществ и витаминов. Для питания дрожжей необходимы углерод, азот, фосфор, калий, магний, микроэлементы и ростовые вещества [8, 12, 91, 109].

Источниками углерода для дрожжей являются усвояемые углеводы, моно- и дисахара, а также спирты, альдегиды и органические кислоты. Подобрать источники азота для потребления дрожжами достаточно тяжело ввиду того, что они не потребляют сложные азотсодержащие компоненты, такие как амиды и протеины, и не способны к их усвоению. В связи с этим необходимо составлять питательные среды для дрожжей с учетом данных особенностей и в качестве источников азота предлагать аминокислоты и неорганические соединения азота, которые способны растворяться в воде. Большую роль в жизнедеятельности дрожжей играют макроэлементы и

микроэлементы, поэтому присутствие их в питательной среде обязательно. К макроэлементам относятся такие основные компоненты как калий, натрий, фосфор и магний [76, 118].

Калий содержится в дрожжах в значительных количествах до 4,3 % от сухого вещества. Это сопоставимо лишь с содержанием азота (до 10 % от сухих веществ) и фосфора (до 5,5 % от сухих веществ), что свидетельствует о его важной роли в регулировании обменных процессов дрожжей. В отличие от многих ионов, калий выполняет роль не только кофермента, но также входит в некоторые структуры клетки. Он также участвует в регуляции транспорта ионов через клеточную стенку и через митохондриальную мембрану. Калий активирует около сорока различных ферментов, стимулирует сбраживание мальтозы и мальтотриозы. Он тесно связан с размножением дрожжей и скоростью сбраживания [14, 23, 128].

Увеличение концентрации ионов натрия в среде, где наращиваются дрожжи, приводит к активации процессов синтеза, увеличению количества сухих веществ, активности размножения и скорости роста. Также повышается стойкость дрожжей к неблагоприятным условиям, осмоустойчивость и ферментативная активность. Однако содержания ионов натрия в питательной среде более 10 % негативно сказывается на росте клеток, а повышение концентрации ионов натрия до 14 % и выше, ингибирует развитие дрожжевых клеток и нарушает проницаемость цитоплазматической мембраны клетки [99].

Влияние фосфора на рост дрожжей положительно. Он входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, фосфолипидов, полимеров клеточной стенки и может накапливаться в клетке в виде полифосфатов. Для физиологических потребностей дрожжей расходуется от 10 до 13 мг фосфора на прирост 10 млрд. клеток. Опытными данными установлено, что наиболее благоприятная концентрация фосфора для размножения дрожжей – 0,07 %. Повышение или понижение этой концентрации понижает выход дрожжей. Также известно, что постоянная начальная концентрация фосфора повышает выход дрожжей [31, 50, 74, 108].

Содержание магния в питательной среде имеет большое значение в энергетическом обмене дрожжей, связанном с ростом и размножением клеток. Экономический коэффициент потребленного магния в расчете на ионы варьирует в пределах от 300 до 900 г сухой биомассы на 1 г магния, для дрожжей эта величина обычно составляет 540 г/г магния [8, 62].

В меньших количествах для роста дрожжей необходимы микроэлементы. К ним относятся железо, медь, марганец, цинк и алюминий. Влияние железа на рост дрожжей зависит от его концентрации. При присутствии в среде ионов железа в концентрации 0,15 г/л и более процесс размножения дрожжей замедляется. Уменьшаются их размеры, снижается доля почкующихся клеток, возрастает количество мёртвых дрожжей. Также с увеличением концентрации катионов железа в среде снижается скорость потребления субстрата и биосинтеза этанола. В то же время добавление сульфата железа увеличивает выход биомассы хлебопекарных дрожжей. Оптимальным содержанием сульфата железа в питательной среде считается концентрация 50 мг/л [136, 192].

Влияние меди на рост дрожжей может быть разным в зависимости от концентрации. При концентрации 2 мг/л ионы меди вызывают гибель клеток, снижается скорость образования этанола и накопления биомассы в четыре раза. В слабой концентрации (0,005-0,020 мг/л) ионы меди могут стимулировать размножение дрожжей. Данный элемент принимает участие в реакциях окисления и восстановления, повышает зимазную и в меньшей степени мальтазную активность, входит в состав многих оксидоредуктаз. Влияние ионов марганца на рост дрожжей напрямую зависит от концентрации его в питательной среде. Так, известно, что в малых дозах при концентрации 0,01-0,15 мг/л марганец стимулирует рост и брожение дрожжей. При повышении концентрации катионов марганца до 0,25 мг/л наблюдается наибольшая скорость потребления сахара, но скорость биосинтеза этанола и выхода биомассы в этом случае снижается практически

на 15 % чем при концентрации 0,1 мг/л. При концентрации марганца 1,0 мг/л процесс ферментации заметно замедляется [24, 34].

Внесение в рецептуру питательной среды витаминов различных групп положительно влияет на рост дрожжей. Они играют роль кофакторов для ферментативных реакций, поддерживая правильную структуру ферментов. Наиболее важными стимуляторами роста дрожжей являются биотин (В<sub>7</sub>) и пантотеновая кислота (В<sub>3</sub>). Для некоторых штаммов также имеют значение аневрин, рибофлавин, никотиновая кислота, пиридоксин, аминокислоты и фолиевая кислоты [139].

Негативно на рост и продуктивность дрожжей влияет недостаток целого ряда витаминов. Наиболее сильное влияние оказывает отсутствие биотина, которое может снижать темпы роста и развития клеток, а также ухудшать физиологическое состояние дрожжей. Культивирование дрожжей при недостатке биотина неэффективно, так как из-за этого снижается их иммунитет и скорость роста. Возникают трудности с переживанием неблагоприятных условий среды. Наличие такого витамина как биотин в питательных средах способствует лучшему биосинтезу белковых веществ. Этот витамин является катализатором многих важных реакций метаболизма аминокислот, биосинтеза жирных кислот и энергетического обмена. Оптимальным содержанием биотина в питательной среде для культивирования дрожжей является 20 мг на 100 литров питательной среды [37, 45].

Пантотеновая кислота участвует в синтезе непредельных жирных кислот. При увеличении концентрации пантотеновой кислоты до 460 мг/л рост кормовых дрожжей увеличивается в среднем на 22 % по сравнению с контрольными образцами. Также нехватка этого витамина может вызвать дисбаланс биосинтеза аминокислот, приводящий к избыточному поглощению сульфатов и выделению сероводорода [83, 112].

Изучена и экспериментально подтверждена зависимость содержания рибофлавина в питательной среде и выходом биомассы дрожжей. По

результатам исследований, при концентрации рибофлавина до 4 % происходит увеличение концентрации дрожжевых клеток на 25-30 %, что свидетельствует о том, что применение такой концентрации улучшает физиологическое состояние дрожжей и способствует их росту. При этом с ростом концентрации рибофлавина более 6 % известно угнетение развития дрожжей и деформации их клеточных стенок. Также известно, что рибофлавин активирует кислород, участвует в синтезе биомассы культуры и активно принимает участие в процессе метаболизма дрожжей [81].

Основываясь на физиологических потребностях дрожжей в питательных компонентах, существует большое количество питательных сред для культивирования данных грибов [72, 106].

Известна питательная среда для дрожжей, описанная в патенте RU 2084519 «Способ получения питательной среды для выращивания кормовых дрожжей» в ее состав входит меласса, которую вводят разбавленной водой до минерализации 2,0-2,4 г/л, геотермальную воду до содержания 9,5 % углеводов, затем диаммоний фосфат и перемешивают смесь. При этом соотношение компонентов в среде составляет (г/л): меласса 160-180, диаммоний фосфат 1,0-1,5, геотермальная вода – остальное [191].

Известен патент SU1742321A1 «Способ получения питательной среды для выращивания дрожжей». В данном патенте предлагается использование питательной среды для дрожжей следующего состава: меласса (46 % СВ) – 44,3 %, диаммоний сульфат (10 %-ный раствор) – 0,56 %, сульфат аммония (10 %-ный раствор) – 2,6 %, сульфат магния (10 %-ный раствор) – 2,6 % [192].

В птицеводстве важное место занимает здоровье птицы. Чем выше иммунитет цыплят, кур, уток и индюшек, тем они продуктивнее. Для повышения содержания витаминов в кормовой добавке для сельскохозяйственной птицы необходимо ввести обогащенные ими растительные наполнители. Высокие производственные характеристики птицы с помощью гидропонного зеленого корма достигаются быстрее [120, 126].

Проростки злаковых культур, полученные по технологии гидропонного проращивания, обладают широким спектром витаминов и минеральных компонентов для сельскохозяйственных животных. В процессе проращивания зерна в нем активизируются биохимические процессы, направленные на расщепление запасных питательных веществ, в частности, крахмала при помощи ферментов на более простые структуры, которые являются доступнее для организма. В данном процессе белки переходят в аминокислоты, жиры – в жирные кислоты, а крахмал в простейшие сахараиды. Повышается иммунитет сельскохозяйственного животного [3, 36, 59].

Введение в состав полнорационного комбикорма кормовых добавок на основе гидропонного корма помогает снизить токсическое воздействие химических веществ на организм птицы, которые неуклонно поступают при разведении птицы в индустриальном птицеводстве. Пророщенное в течение 3-5 дней зерно зачастую рекомендуется скармливать сельскохозяйственной птице в объеме 5-10 % по массе корма [5, 43].

Исходной стадией выращивания зерновых и зернобобовых культур является прораствание зерна. Для его лучшего протекания требуются соответствующие требования, а именно освещенность, температура, влажность. Отличительной особенностью прораствания зерна является расщепление в эндосперме сложных органических запасующих веществ и дальнейшее его направление на усвоение растением. Эти реакции происходят под действием ферментной системы растения, а также при безусловном участии воды. В эндосперме зерна происходят гидролитические процессы, а в зародыше синтезируются питательные вещества растения необходимые для его жизнедеятельности. Прораствание зерна пшеницы характеризуется увеличением массы, большим потреблением воды, а также изменением цвета. В процессе прораствания зерна неуклонно растет действие ферментов и амилолитического комплекса [1, 49, 77, 129].

В процессе изучения механизма прораствания зерна отмечается, что происходит изменение соотношения незаменимых и заменимых аминокислот.

Незаменимые аминокислоты преобладают, вследствие чего биологическая ценность протеина из пророщенного зерна выше. Также при прорастании крахмал переходит в форму сахаров, что делает проростки более питательными по сравнению с нативным зерном [2, 30, 105, 117].

В процессе проращивания зерна спустя первые три дня после начала процесса идет накопление витаминов. Содержание рибофлавина в проростках вырастает в девять раз, аскорбиновой кислоты повышается в шесть раз, пантотеновой кислоты – в три раза. Количество витамина Е на третий день проращивания увеличивается в два-три раза. Накопление каротиноидов максимально в первые дни проращивания, поэтому из пиковые значения содержания в пророщенном зерне наступают на 3-4 сутки после начала процесса. Подытоживая вышесказанное, процесс прорастания зерна заключается в увеличении активности имеющихся ферментов, расщеплении сложных запасных веществ на более простые, а также в накоплении витаминов и других биологически активных веществ. На основании данных факторов можно сказать, что процесс прорастания зерна является сложным биохимическим процессом, который подразумевает распад сложных запасных веществ до более простых, а затем их потребление на пользу растению [70, 105].

К основным параметрам, взаимодействуя с которыми можно управлять процессом прорастания зерна относятся температура, влажность, а также продолжительность проращивания. Также нельзя не отметить, что для интенсификации процесса проращивания возможно применение органических стимуляторов ростовых процессов [19, 57].

Параметр влажности при получении пророщенной пшеницы колеблется в диапазоне от 45 до 75 %. Некоторые технологии подразумевают нахождение зерна в области тумана с содержанием воды до 95 %. Следует сказать, что темпы изменения влажности должны изменяться в зависимости от момента проращивания зерна и его технологической стадии [13, 42, 48, 70].

В первые сутки проращивания, как и на всем протяжении процесса проращивания влажность поддерживают при помощи орошения водой.

Наиболее изучено влияние температуры на качество проращивания зерна. Известно, что при повышении температуры процесса получения проростков выше 30 °С он ухудшается ввиду интенсификации деятельности ферментов, а также ускоренных потерь влаги. Для качественного проращивания пшеницы необходимо применять оптимум температур в диапазоне 18...26 °С [56, 134].

Анализ изучения продолжительности проращивания зерна показывает, что для наиболее высокого выхода витаминов и микроэлементов следует осуществлять его проращивание в течение трех суток. Для повышения эффективности проращивания и снижения времени протекания технологического процесса, можно использовать органические стимуляторы роста, зачастую получаемые из побочных продуктов переработки проростков злаковых культур [15, 39, 51, 58].

В качестве дополнительного источника белково-энергетического сырья в рецептуре кормовой добавки для птицы применяется тропическая муха *Hermetia illucens*, которая является сапрофитным насекомым. Оно может переваривать органические отходы, такие как навоз животных, растительные остатки, пищевые и сельскохозяйственные отходы. В процессе разложения органические отходы превращаются путем биотрансформации в органическое вещество, включающее полипептидсодержащие белки, липиды, пептиды, аминокислоты, хитин и витамины, которые могут быть применены в производстве кормов. Усвояемость белка, полученного из насекомых, может достигать более 70 %, что приближается к усвояемости белка рыбы и мяса и значительно выше, чем у растительного белка [155, 171].

Способность личинок развиваться практически на любых отходах перерабатывающих производств и при этом накапливать полноценный белок позволяет решить несколько важных проблем – сократить применение зерновых и зернобобовых культур в качестве белковой добавки корма, а также

применить экологически безопасную технологию переработки органических отходов. В настоящее время методы утилизации органических отходов в основном включают сжигание, захоронение на свалках, заготовку кормов, анаэробное сбраживание, аэробное компостирование и изготовление вермикультуры. Однако все большее внимание привлекает обработка органических отходов личинками *Hermetia illucens*, при которой происходит не только обезвреживание отходов, но и их конверсия в качественный и безопасный мелкодисперсный зоогумус [62, 98].

Внесение такого вида зоогумуса возможно без предварительной обработки и подготовки. Исследования показали, что экологические характеристики *Hermetia illucens* сходны с экологическими характеристиками комнатных мух и что эти два вида конкурируют друг с другом, было доказано, что муха *Hermetia illucens* препятствует размножению комнатных мух за счет выделения феромонов, отпугивающих их. Помимо этого, как взрослые особи, так и личинки не способны питаться клеточным соком растений, тем самым, не нанося им вред, и не переносят патогенных микроорганизмов человека и животных. Следовательно, насекомое *Hermetia illucens* имеет высокое экологическое значение, не нанося вреда человеку, окружающей среде и не представляя угрозы для сельскохозяйственных культур [96, 138, 139].

Муха Черная Львинка (*Hermetia illucens*, или Черный солдатик) – вид двукрылых из семейства Львинок, ареал распространения – южноамериканская саванна, но в настоящее время распространена по всему миру. Личинки насекомого могут обезвреживать патогенные бактерии, такие как *Salmonella spp.* и *Escherichia coli*, в процессе потребления органических отходов, тем самым уменьшая вредное воздействие таких отходов на окружающую среду, что позволяет использовать вид в биотехнологических целях. Согласно исследованиям, время инкубации яиц обычно составляет от 4 до 14 дней, однако оно может претерпевать изменения в зависимости от региона, температуры или влажности [149, 166, 173].

Стадия личинки проходит около 10-12 дней. Практически непрерывное поедание субстрата обуславливается неспособностью взрослой особи к питанию, вследствие чего вся необходимая энергия на передвижение взрослой особи и размножение накапливается на стадии личинки. Во время развития личинки ее размер увеличивается в три раза, происходит накопление белковой и жировой фракции, увеличивается содержание хитина [173, 180, 186].

Третья стадия окукливания характеризуется снижением массы личинок за счет испарения влаги, быстрой хитинизацией, снижением содержания протеина и жира вследствие использования его на процессы жизнедеятельности. Тропическое происхождение насекомого обуславливает лимитирующий диапазон температуры для развития личинок *Hermetia illucens*, который находится в границах 18...41 °С. Этот диапазон связан с пойкилотермностью организма личинок: при падении температуры ниже 18 °С происходит замедление биохимических процессов организма и переход в неактивное состояние, при повышении температуры выше 41 °С происходит избыточное испарение влаги, частичная утрата каталитических функций организма и гибель. Эмпирическим путем было установлено, что оптимальной температурой для развития личинок *Hermetia illucens* является 21...35 °С, при которой стадия предкуколки приходится на 32 день развития. При понижении или повышении температуры помимо продления срока развития в среднем на 11 суток снижается сохранность личинок в среднем на 13 % [60, 132, 181].

В результате опытов было установлено, что оптимальная влажность среды для развития личинок составляет 75-77 % при оптимальных параметрах температуры. Влажность субстрата является ключевым параметром при развитии личинок, так как от него зависит испарение воды и терморегуляция личинок. Повышение влажности ведет к полной гибели личинок в субстрате из-за недостатка кислорода и перегревания, снижение влажности приводит к увлечению срока до развития стадии предкуколки в среднем на 5 суток,

снижению выживаемости на 12 %. Оптимальный диапазон влажности субстрата лежит в пределах от 65 до 80 % [64, 144, 148].

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что оптимальной температурой для развития личинок является 30 °С, оптимальным уровнем влажности – 75-77 %. При соблюдении этих условий в процессе выращивания личинок *Hermetia illucens* срок перехода от стадии личинки до предкуколки составляет 28 суток, а выживаемость – 92 % [9, 152, 179, 187].

Тропическая муха *Hermetia illucens* является ресурсным насекомым в отношении биосинтеза белка, синтеза жиров и способности перерабатывать органические отходы. Слюнные железы и кишечник личинок выделяют пищеварительные ферменты, активность которых значительно выше, чем у многих других насекомых. К основным ферментам данного типа можно отнести трипсин, который играет решающую роль в переваривании и трансформации органических отходов. Микробиом кишечника личинок разнообразен, что является главным фактором качественной переработки органических отходов. Микробные сообщества кишечника *Hermetia illucens* многочисленны, вариабельны и зависят от кормового субстрата, на котором развиваются личинки. Микрофлора кишечника личинок заселена бактериями видов: *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Fusobacteria*, *Actinobacteria*; и грибковыми таксонами: *Pichia*, *Geotrichum* и *Trichosporon* [67, 143, 172].

Конверсия и эффективность использования субстрата, а также пищевая ценность личинок также зависят от состава микробных сообществ кишечника. Вне зависимости от типа кормового субстрата накопление белковых веществ находится на относительно неизменном уровне. Однако содержание сырого жира и золы варьируется широко: 20-45 % и 3-20 % соответственно [174, 175].

Белок, получаемый в результате биосинтеза личинками *Hermetia illucens* характеризуется широким спектром незаменимых аминокислот, а именно валин, лизин, глицин и лейцин. Содержание лейцина, изолейцина и валина в порошке, полученном в результате размола сухих личинок *Hermetia illucens*, выше, чем в рыбной муке, а общее содержание аминокислот, за исключением

триптофана, в муке, полученной из личинок, выше, чем в соевом шроте. С быстрым развитием животноводства возникла острая потребность в белковых кормах. Белок личинок *Hermetia illucens* может быть использован в качестве корма или белковой добавки для сельскохозяйственных животных [140, 154, 177, 183].

Хотя содержание жира в личинках *Hermetia illucens* широко варьируется в зависимости от субстрата для выращивания, содержание сырого жира этого вида личинок намного выше, чем в других насекомых, соевом шроте и рыбной муке. При этом стоит отметить сложный состав компонентов липидного комплекса: диглицериды и триглицерид лауриновой кислоты, азелаиновая и себаиновая кислоты. Липидный комплекс личинок обеспечивает одновременно твердость консистенции личинок и их пластичность [41, 133].

Личинки и предкуколки могут быть выращены не только как источники белка и жира насекомых, но и как ценный сырьевой материал для извлечения антимикробных пептидов, хитина и хитозана [131, 168].

Предкуколка – последняя стадия полноценного неполовозрелого развития мух. На этой стадии они достигают своего максимального размера, накапливая наибольшее количество полезных веществ, а именно белка и жира. Исследования показывают, что среднее содержание белка в личинках на данной стадии составляет 38-48 %, а жира – 30-35 %, что делает муху выгодной для переработки на данной стадии [73, 114, 151, 176].

Говоря о применении личинок мухи *Hermetia illucens* в кормовой промышленности, стоит отметить, что для получения хорошего кормового продукта необходимо предусмотреть для нее обеспечение качественного полноценного питания и условий содержания [100, 116].

При разведении мухи *Hermetia illucens* основные факторы, влияющие на рост, развитие и получение кормовой биомассы – это освещение, влажность, температурный режим, кормовой субстрат, химические факторы, к которым относятся газовый состав воздуха, минеральный состав воды, кислотность, механический и химический состав среды, в которой развивается насекомое,

её воздухопроницаемость и плотность, а также шум, гамма-излучение и электромагнитные колебания. Основные параметры, необходимые для разведения насекомого: для имаго влажность воздуха – до 70 %, температура воздуха – 28...32 °С, влажность субстрата в диапазоне 60-70 %. Средняя масса личинок мухи на стадии предкуколки составляет 150-220 мг [84, 142, 171].

Для обеспечения питательности комбикорма для личинок он должен содержать в себе белки и углеводы. В ряде исследований белки определены как наиболее важные макроэлементы органических отходов, сильно влияющих на качественные показатели личинок [61, 169, 187].

Белки из органических отходов являются источником аминокислот для развития личинок. В присутствии достаточного количества аминокислот высвобождаются инсулиноподобные гормоны, запускающие развитие личинок. Если субстрат имеет низкое содержание белка, то микроорганизмы, находящиеся в кишечнике личинки, вырабатывают из углеводов аминокислоты, увеличивая их количество и способствуя развитию личинки. Углеводы попадают в организм личинок мух из субстрата или после гидролиза микроорганизмами, что приводит к образованию простых сахаров, органических кислот и других метаболитов. В средней кишке эти соединения разлагаются на мономеры, используются микроорганизмами или абсорбируются клетками кишечника для использования в метаболизме личинок. Содержание углеводов оказывает сильное влияние на взрослых особей (массовое число яиц, выход яиц, продолжительность жизни и вес), а также углеводы влияют на содержание липидов в личинках. В различных исследованиях выявлено, что если личинки выращиваются на субстрате с низким содержанием белков и высоким содержанием углеводов, то углеводы превращаются личинками в липиды и сохраняются в жировом теле. Поэтому личинки, которых растят на таком субстрате, обычно содержат больше липидов по сравнению с личинками, выращенными на более сбалансированных по содержанию углеводов и белков в субстрате. В ходе исследований учеными выявлено, что оптимальным соотношением для

выращивания личинок является соотношение белков и углеводов 1 : 3. Такой рацион способствует накоплению в организме личинки наибольшего количества белка и жира [6, 124, 155, 182, 186].

На основании проведенного литературного обзора можно сказать, что разработка новых кормовых добавок для сельскохозяйственной птицы является актуальной и важной задачей на сегодняшний день, учитывая растущее влияние санкций в отношении животноводческого сектора [111].

Для обогащения кормовых добавок витаминами и ценными нутриентами можно использовать кормовые дрожжи, получаемые на питательных средах, с внесением продуктов переработки растительного сырья, в частности проростков пшеницы, жом которых при заквашивании также можно использовать в рецептуре кормовой добавки для повышения ее биологической ценности, а также подкисления рациона [130, 134].

Применение переработанных насекомых, а именно высушенных личинок *Hermetia illucens*, способствует не только переработке с их помощью растительных отходов, но и значительному обогащению кормовых добавок белково-липидным комплексом, который играет важную энергетическую роль при составлении и балансировании рецепта кормовых добавок для птицы [116].

В связи с вышеизложенным, для повышения мясной продуктивности птицеводства является целесообразным использование кормовой добавки, состоящей из проростков пшеницы, выполняющих витаминизирующую и подкисляющую функции, личинок *Hermetia illucens*, выполняющих белково-энергетическую функцию, а также дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, выполняющих пробиотическую и витаминизирующую функции.

## 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились с 2021 по 2025 год на базе кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики института Ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии. Научные опыты явились частью тематического плана научно-исследовательской работы и опытно-конструкторской тематики работ ФГБОУ ВО «КубГАУ имени И.Т. Трубилина» на 2021-2025 гг. темой № 20 «Разработка биотехнологий производства и переработки сельскохозяйственного сырья для получения конкурентоспособных продуктов питания, кормов и биопрепаратов» (регистрационный номер 121032300087-9). Научно-хозяйственные опыты были проведены на базе ООО «ЮГКомпания» г. Краснодар. Производственные испытания были проведены в условиях птицеводческой фермы учебного опытного хозяйства «Кубань» (ПТФ УОХ «Кубань»).

### 2.1 Объекты исследования

В рамках выполнения работы нами были выбраны следующие объекты исследования:

1. Растительные компоненты – пшеница сорта «Школа», проростки пшеницы, жом пшеницы после фракционирования.
2. Микробиологические объекты – дрожжи *Saccharomyces boulardii* CNCM I-1079, комплексная закваска молочнокислых микроорганизмов БК-Углич-№ 4 состава: *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus diacetylactis*, *Leuconostoc lactis* и *Mesenteroides. cremoris*.
3. Питательные среды для культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.
4. Кормовые субстраты для выращивания личинок *Hermetia illucens* на основе отрубей и комбикорма ПК-5-1 «Старт».

5. Разработанные кормовые добавки для сельскохозяйственной птицы  
«Белвисин-1», «Белвисин-2», «Белвисин-3».

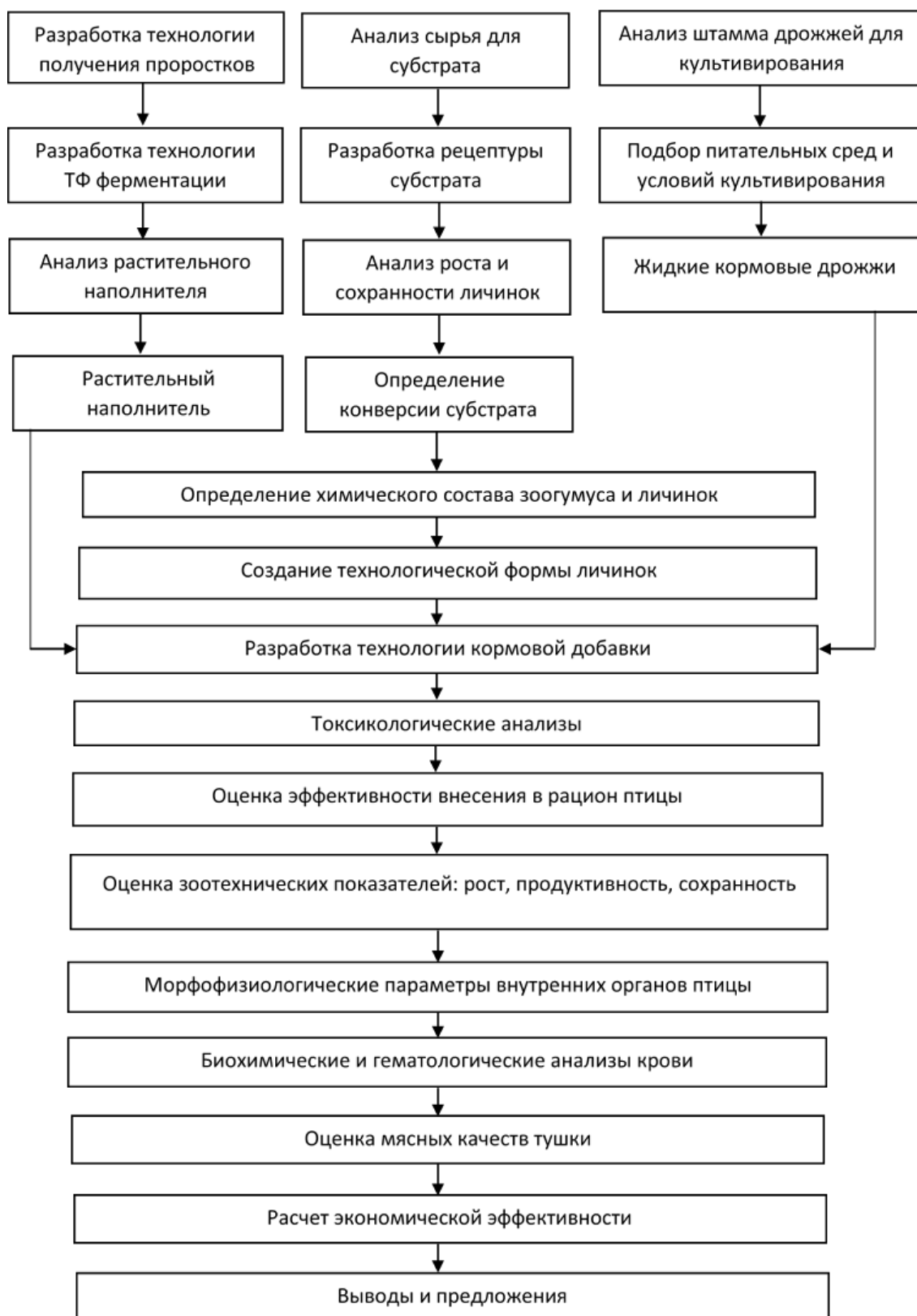


Рисунок 1 – Схема исследования

## 2.2 Методы исследования

Работа согласно теме диссертационного исследования проводилась поэтапно. На первом этапе нами разрабатывалась технология получения растительного наполнителя для кормовой добавки. Его основой являлась озимая мягкая пшеница сорта «Школа».

Перед разработкой рецептуры проращивания зерна нами определялись основные технологические показатели нативного зерна, а именно: содержание сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, содержание золы – ГОСТ 26226-95, содержание клетчатки – ГОСТ 31675-2012, содержание сырого протеина – ГОСТ 13496.4-2019, содержание сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016. Также проводили определение содержания некоторых витаминов: каротина – ГОСТ 13496.17-2019, аскорбиновой кислоты – ГОСТ 24556-89, рибофлавина – ГОСТ 32042-2012. Для определения микробиологической чистоты нативного зерна применяли ГОСТ 10444.15-94 – определение общего микробного числа (ОМЧ), ГОСТ 10444.12-2013 – определение общего числа грибов (ОЧГ).

Далее проводили проращивание зерна и по достижении необходимой стадии его переработку. Семена проращивали по ГОСТ 12038-84. Эффективность проращивания оценивали при определении энергии прорастания и всхожести семян – ГОСТ 10968-88, а также динамике изменения их массы в процессе опыта – ГОСТ 10842-89.

Полученные проростки пшеницы перерабатывали путем измельчения в шнековом измельчителе RM-100 и разделяли на фракции прессованием с получением сока и жома. У полученных продуктов определяли содержание: сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, золы – ГОСТ 26226-95, каротина – ГОСТ 13496.17-2019, аскорбиновой кислоты – ГОСТ 24556-89, рибофлавина – ГОСТ 32042-2012, а также показатель активной кислотности – с помощью рН-метра Итан.

Полученный жом проростков дополнительно гомогенизировали и

заквашивали с целью обогащения кормовой добавки пробиотической составляющей. Для ферментации жома проростков использовали комплексную молочнокислую закваску «БК-Углич-№4» состав которой представлен в материалах исследования. Заквашивание проводили в анаэробных условиях в течение 14 суток. Отбор проб для определения скорости роста молочнокислых бактерий проводили на 3-и, 7-е и 14-е сутки. У полученного продукта определяли содержание: сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, золы – ГОСТ 26226-95, каротина – ГОСТ 13496.17-2019, аскорбиновой кислоты – ГОСТ 24556-89, рибофлавина – ГОСТ 32042-2012, показатель активной кислотности – с помощью рН-метра Итан, а также показатель титруемой кислотности – ГОСТ 34127-2017. Содержание клетчатки – ГОСТ 31675-2012, содержание сырого протеина – ГОСТ 13496.4-2019, содержание сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016. Определение динамики роста молочнокислых бактерий проводили путем высева микроорганизмов на питательную среду MRS стандартного состава и подсчета выросших колоний через 48 часов культивирования при температуре 37 °С в термостате. Исследование проводили согласно ГОСТ 10444.11-2013.

На втором этапе нами разрабатывалась технология получения дрожжевого наполнителя кормовой добавки. Для исследования нами применялись дрожжи *Saccharomyces boulardii* CNCM I-1079. Маточную культуру получали из музея чистых культур кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики. Для получения чистой культуры дрожжей и накопления для дальнейшего использования применяли глюкозо-пептонную питательную среду в модификации Голубева состава, г/л: гидрофосфат натрия двузамещенный 12-водный – 3,2, гидрофосфат калия двузамещенный – 0,3, сульфат магния – 0,5, хлорид натрия – 0,5, пептон – 2,0, дрожжевой автолизат – 10,0, глюкоза – 10,0, дистиллированная вода – до 1 л; рН= 7,5±0,1.

Изготовленные экспериментальные питательные среды стерилизовали в автоклаве при температуре 121 °С и давлении 1 атм. Культивирование дрожжей проводили на шейкере-инкубаторе при температуре 30 °С в течение

60 часов для фиксации стадии отмирания клеток. Культивирования проводили параллельно.

Количество колониеобразующих единиц подсчитывали с помощью метода прямого подсчета клеток в счетной камере Горяева (метод Горяева, Фукс-Розенталя, Петрова-Хауссера, Тома-Цейса и др.). Выявление живых и мертвых клеток дрожжей проводили на препаратах «раздавленная капля», окрашенных метиленовым синим, микроскопированием с объективом 40× согласно ГОСТ ISO 7218-2015.

Эффективность культивирования дрожжей определяли по изменению содержания растворенных сухих веществ, которые определяли рефрактометрическим методом согласно ГОСТ 34128-2017. Удельную скорость размножения дрожжей (КР) определяли по формуле (1):

$$КР = 2,303(\lg a_2 - \lg(t_2-t_1)) \times a_1 \quad (1)$$

где  $a_1$  – количество клеток в начале опыта;

$a_2$  – количество клеток в конце промежутка времени;

$(t_2-t_1)$  – промежуток времени от начала опыта, ч;

2,303 – коэффициент перевода натурального логарифма в десятичный.

Коэффициент потребления субстрата дрожжами при их культивировании определяли по формуле (2):

$$К = \frac{\left(\frac{\Delta РСВ}{\mu}\right)}{t}, \quad (2)$$

где  $\Delta РСВ$  – изменение содержание растворенных сухих веществ;

$\mu$  – удельная скорость роста дрожжей;

$t$  – продолжительность культивирования, ч.

На третьем этапе разрабатывали технологию получения энтомологического наполнителя кормовой добавки. В качестве применяемого насекомого использовали тропическую муху *Hermetia illucens*. Для нее подбирали рецептуру необходимого кормового субстрата, в нем определяли основные биологически ценные компоненты, а именно: сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, золы – ГОСТ 26226-95, показатель активной кислотности – с помощью рН-метра Итан, а также показатель титруемой кислотности – ГОСТ 34127-2017, содержание сырого протеина – ГОСТ 13496.4-2019, содержание сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016.

Личинку выращивали в течение 16 суток до стадии предкуколки. Яйца личинок *Hermetia illucens* помещались на сетку размером 1,0 мм над поверхностью субстрата для выращивания. Субстрат помещался в пластиковые ящики с габаритными размерами 800×600×250 мм. Кормовой субстрат замешивался вручную. По мере истощения личинкам добавляли новый кормовой субстрат. Далее отделяли от фрасса просеиванием и высушивали при температуре 50 °С в течение 24 часов. Далее личинку измельчали до порошкообразного состояния и определяли содержание основных биологически активных компонентов, а именно: сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, золы – ГОСТ 26226-95, показатель активной кислотности – с помощью рН-метра Итан, а также показатель титруемой кислотности – ГОСТ 34127-2017, содержание сырого протеина – ГОСТ 13496.4-2019, содержание сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016. Полученный энтомологический порошок использовали в рецептуре кормовой добавки.

На четвертом этапе проводили разработку рецептов опытных кормовых добавок для птицы на основе кормовых дрожжей, сухого энтомологического компонента и растительного наполнителя. У составленных смесей определяли содержание: сухих веществ – ГОСТ 31640-2012, золы – ГОСТ 26226-95, содержание сырого протеина – ГОСТ 13496.4-2019, содержание сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016, содержание клетчатки определяли согласно ГОСТ 31675 2012. Показатель активной кислотности – с помощью рН-метра

Итан. Содержание витаминов каротина – ГОСТ 13496.17-2019, аскорбиновой кислоты – ГОСТ 24556-89, рибофлавина – ГОСТ 32042-2012. Также определяли содержание дрожжей методом высева на плотную питательную глюкозо-пептонную среду с дальнейшим прямым подсчетом колоний, содержание молочнокислых бактерий проводили путем высева на селективную питательную среду MRS. Для определения микробиологической чистоты кормовых добавок применяли ГОСТ 10444.15-94 – определение общего микробного числа (ОМЧ), ГОСТ 10444.12-2013 – определение общего числа грибов (ОЧГ).

Далее проводили научно-хозяйственные опыты и производственную апробацию полученных кормовых добавок на сельскохозяйственной птице.

Для проведения опытов на перепелах использовались многоярусные металлические полупромышленные клетки. Выращивание цыплят-бройлеров проходило на подстилке напольным содержанием. Выращивание птицы отвечало технологическому регламенту, отраженному в рекомендациях «Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы».

Кормовые добавки включали в состав основного рациона птицы. В опытах применяли перепелов породы «Техасский белый», а также цыплят-бройлеров кросса Росс-308. Кормовые добавки вносили в основной рацион начиная со 2-го по 42-й день жизни птицы. В опытах было задействовано 120 голов каждого вида птицы, разделенных на 4 группы по 30 голов в каждой. Перед использованием кормовые добавки смешивали с основным рационом птицы в определенном соотношении по 1 и 2 %. Для птицы был свободный доступ к воде. Постановка опыта согласована с общепринятыми методиками, рекомендованными для научных производственных испытаний по кормлению различных видов сельскохозяйственной птицы. Кормление птицы осуществлялось вволю. Основные рационы согласовывались с нормами Всесоюзного научно-

исследовательского и технологического института птицеводства (ВНИИТИП).

В рацион цыплят-бройлеров, согласно их возрасту, были включены следующие корма. Схема основного рациона, которую мы применяли в своем опыте для цыплят-бройлеров представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема основного рациона цыплят-бройлеров и перепелов

Период выращивания	Тип комбикорма
1-й по 15-й день	«Старт – ПК-5-1»
15-й по 28-й день	«Рост – ПК-5-2»
29-й по 42-й день	«Финиш – ПК-5-3»

Комбикорма для выращивания опытной птицы были закуплены у производителя ООО «Микс Лайн» Брюховецкого района, Россия.

С целью определения влияния кормовых добавок на исследуемую птицу нами проводились еженедельные взвешивания каждой группы птицы поголовно на 7-й, 14-й, 21-й, 28-й, 35-й, 42-й дни исследования. Также еженедельно определяли расход корма и его конверсию.

Для определения морфологических и биохимических показателей крови у подопытной птицы кровь брали из подкрыльцовой вены с помощью вакуумной системы взятия крови с антикоагулянтом ЭДТА К-3 в объеме 2,0 мл для морфологических исследований и с реагентом (клот-активатором) в объеме 5 мл для биохимических исследований сыворотки крови.

С целью исключения негативного влияния кормовой добавки кобаметин на тушки птицы нами была проведена ветеринарно-санитарная экспертиза. Для ее определения мы опирались на следующие нормативные документы:

ГОСТ 31470-2012 «Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы органолептических и физико-химических исследований» [196];

ГОСТ 31962-2013 «Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия» [201].

Перед проведением ветеринарно-санитарной экспертизы птицу выдерживали на голодной диете не менее 8 ч, с целью освобождения пищеварительного тракта от кормов. Физико-химические исследования в мясе проводили из объединенной группы бедренных и грудных мышц, не менее чем через сутки после убоя и созревания мяса.

Далее были рентабельность использования разработанной кормовой добавки на основе стоимости используемых комбикормов и затраченной витаминно-синбиотической кормовой добавки на 1 кг живого веса птицы. Результаты исследований были обработаны биометрическими методами математической статистики с использованием программы Microsoft Excel.

### **3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Разработка технологии получения растительного компонента кормовых добавок «Белвисин»**

В настоящее время отрасль мясного и яичного птицеводства активно развивается. Темпы ее роста обусловлены ценностью продукции, которую она дает, большой распространенностью и мировым спросом, поэтому данная область требует постоянного расширения и внедрения новых и перспективных технологий в таких различных направлениях как содержание птицы, ветеринарно-санитарное сопровождение, уход, кормление. С этой целью возникает потребность в поиске перспективно новых рецептур кормовых добавок и комбикормов. рецептуры рационов для птицы обязательно должны быть сбалансированными, питательными и относительно не дорогими в себестоимости, а также способствовать развитию биологического потенциала животного, сохраняя высокое качество получаемой продукции.

Длительный промежуток времени в кормлении сельскохозяйственной птицы использовали чистые концентрированные корма, а именно зерно пшеницы, ячменя и кукурузы, однако по данным ученых такое скармливание не эффективно и наиболее перспективным является получение микрорзелени из указанного зерна.

Зерно пшеницы является ценным сырьем в агропромышленном секторе. Благодаря своим технологическим характеристикам оно может храниться продолжительный период времени без особых условий. Однако на нем в процессе уборки и транспортировки оседают и развиваются различные виды микроскопических грибов, которые активизируются во влажном состоянии. Технологические условия получения проростков пшеницы подразумевают именно влажное состояние зерна и повышенную влажность при проращивании, поэтому для обеспечения качественного процесса получения микрорзелени необходимо стерилизовать зерно различными агентами.

Для оценки качества стерилизации зерна использовали различные растворы, а именно: перекись водорода 1 и 5 %, этиловый спирт 1 и 5 %, гипохлорит натрия 1 и 5 %, перманганат калия 0,01 и 0,05 %, молочная кислота 1 и 5 %, яблочная кислота 1 и 5 %. Стерилизующие растворы в указанных концентрациях готовили следующим образом.

Спирт этиловый медицинский широко используется для стерилизации семенного материала при подготовке к проращиванию. Для безопасной стерилизации готовят разбавленные растворы этилового спирта с концентрацией 1 и 5 %. Для приготовления раствора этилового спирта с концентрацией 1 % растворяли 13 мл. 95 % этилового спирта в 987 мл дистиллированной воды. Для приготовления 5 % раствора этилового спирта брали 65,2 мл. этилового спирта и растворяли в 934,8 мл дистиллированной воды.

Раствор гипохлорита натрия получали с помощью активирования раствора хлорида натрия (0,9 %) электрохимическим способом, с использованием электролизеров и прибора «Ключ». Полученный раствор представлял собой бесцветную прозрачную жидкость, без механических примесей, при встряхивании наблюдался запах хлора. Содержание гипохлорита натрия в свежеприготовленном образце составлял 150 г/л. В растворе с концентрацией 1 % содержание гипохлорита натрия было на уровне 1,5 г/л, а в растворе с концентрацией 5 % - 7,5 г/л активного вещества.

Раствор перекиси водорода обладает противомикробным действием широкого спектра. Нами были использованы два раствора перекиси водорода в концентрациях 1 и 5 %. Для приготовления растворов нами использовалась перекись с концентрацией 33 %. Для приготовления 1 %-го раствора нами было взято 0,91 мл перекиси водорода и добавлено в 99,09 мл воды. Для приготовления 5 %-го раствора нами бралось 4,55 мл перекиси и растворяли ее в 95,45 мл воды.

Раствор перманганата калия готовили путем растворения стандарт-титра перманганата в дистиллированной воде и настаивании раствора в течение 2 часов.

Также для стерилизации семян можно использовать растворы органических кислот, однако их использование может быть затруднено влиянием на всхожесть исследуемой культуры. Нами были исследованы растворы молочной и яблочной кислот.

Для приготовления стерилизующего раствора молочной кислоты в концентрации 1 % брали 0,82 мл молочной кислоты и растворяли ее в 99,18 мл. воды. Для приготовления 5 % раствора молочной кислоты брали 4,08 мл. молочной кислоты и растворяли ее в 95,92 мл. дистиллированной воды.

Для приготовления стерилизующего раствора концентрации 1 % нами использовалось 0,61 мл кислоты, который смешивали с 99,39 мл дистиллированной воды. Для создания раствора с концентрацией 5 % брали 3,03 мл кислоты, которые смешивали с 96,97 мл воды.

Семена обрабатывали путем замачивания в исследуемых растворах в течение разного промежутка времени. Соотношение стерилизующего раствора и семян подбиралось из расчета 1 часть зерна и 4 части раствора. По окончании процесса семена промывались дистиллированной водой. Исследование влияния продолжительности выдерживания в стерилизующих растворах проводили в соответствии со схемой, представленной в таблице 2.

Таблица 2 – Схема опыта по продолжительности выдерживания зерна в стерилизующих растворах

Вид раствора	pH раствора
1	2
Перекись водорода 5 %	7,82
Этиловый спирт 1 %	6,36
Этиловый спирт 5 %	6,78

## Продолжение таблицы

1	2
Гипохлорит натрия 1 %	6,60
Гипохлорит натрия 5 %	6,13
Перманганат калия 0,01 %	6,17
Перманганат калия 0,05 %	5,82
Молочная кислота 1 %	5,67
Молочная кислота 5 %	5,31
Яблочная кислота 1 %	5,89
Яблочная кислота 5 %	5,32

Для определения стерилизующих свойств выбранных растворов определяли обсемененность зерна по общему микробному числу (ОМЧ) и общему числу грибов (ОЧГ) путем последовательных периодических смывов с зерна с выдерживанием в стерилизующих растворах в течении 1, 5, 10, 15, 30, 45 и 60 минут. Общее микробное число в необработанном зерне составляло  $5,7 \times 10^7$  КОЕ/мл, а общее число грибов –  $8,6 \times 10^7$  КОЕ/мл.

Эффективность стерилизации определяли в динамике. Динамика изменения общего микробного числа (ОМЧ) в нативном зерне пшеницы и зерне пшеницы после обработки выбранными стерилизующими растворами представлена в таблице 3. Результаты определения содержания общего числа грибов представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты определения общего микробного числа зерна после обработки

Продолжительнос ть выдерживания, МИН	Показатель, КОЕ												
	Без обработки	Перекись водорода		Спирт этиловый		Гипохлорит натрия		Перманганат калия		Молочная кислота		Яблочная кислота	
		1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %
1	5,7×10 <sup>7</sup>	5,6×10 <sup>7</sup>	5,3×10 <sup>7</sup>	5,3×10 <sup>7</sup>	5,1×10 <sup>7</sup>	5,4×10 <sup>7</sup>	4,9×10 <sup>7</sup>	5,4×10 <sup>7</sup>	5,2×10 <sup>7</sup>	5,6×10 <sup>7</sup>	4,2×10 <sup>7</sup>	5,5×10 <sup>7</sup>	4,1×10 <sup>7</sup>
5		4,2×10 <sup>7</sup>	3,8×10 <sup>6</sup>	4,1×10 <sup>7</sup>	2,8×10 <sup>7</sup>	5,3×10 <sup>7</sup>	4,6×10 <sup>7</sup>	5,1×10 <sup>7</sup>	4,3×10 <sup>7</sup>	5,4×10 <sup>7</sup>	3,2×10 <sup>7</sup>	5,0×10 <sup>7</sup>	4,9×10 <sup>7</sup>
10		3,8×10 <sup>7</sup>	2,4×10 <sup>5</sup>	3,7×10 <sup>7</sup>	7,7×10 <sup>6</sup>	2,8×10 <sup>7</sup>	2,6×10 <sup>7</sup>	4,2×10 <sup>7</sup>	2,5×10 <sup>7</sup>	5,1×10 <sup>7</sup>	2,8×10 <sup>7</sup>	4,8×10 <sup>7</sup>	4,6×10 <sup>7</sup>
15		2,5×10 <sup>6</sup>	6,0×10 <sup>4</sup>	3,5×10 <sup>6</sup>	3,1×10 <sup>6</sup>	6,2×10 <sup>6</sup>	6,0×10 <sup>6</sup>	4,0×10 <sup>6</sup>	3,8×10 <sup>6</sup>	4,8×10 <sup>7</sup>	3,2×10 <sup>7</sup>	4,7×10 <sup>7</sup>	4,5×10 <sup>7</sup>
30		1,1×10 <sup>5</sup>	5,2×10 <sup>4</sup>	3,1×10 <sup>6</sup>	2,5×10 <sup>6</sup>	4,8×10 <sup>6</sup>	3,8×10 <sup>6</sup>	3,2×10 <sup>5</sup>	3,0×10 <sup>5</sup>	3,6×10 <sup>7</sup>	2,4×10 <sup>7</sup>	3,9×10 <sup>6</sup>	3,8×10 <sup>6</sup>
45		4,6×10 <sup>4</sup>	3,6×10 <sup>3</sup>	5,2×10 <sup>5</sup>	5,0×10 <sup>5</sup>	8,4×10 <sup>5</sup>	8,1×10 <sup>5</sup>	1,7×10 <sup>5</sup>	1,2×10 <sup>5</sup>	2,0×10 <sup>6</sup>	1,7×10 <sup>6</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	3,7×10 <sup>6</sup>
60		3,8×10 <sup>4</sup>	2,3×10 <sup>3</sup>	4,4×10 <sup>4</sup>	3,8×10 <sup>4</sup>	7,4×10 <sup>5</sup>	7,2×10 <sup>5</sup>	8,4×10 <sup>4</sup>	3,6×10 <sup>4</sup>	1,3×10 <sup>6</sup>	1,2×10 <sup>6</sup>	1,6×10 <sup>6</sup>	1,4×10 <sup>6</sup>

Таблица 4 – Результаты определения общего числа грибов после обработки

Продолжительность выдерживания, мин	Показатель, КОЕ												
	Без обработки	Перекись водорода		Спирт этиловый		Гипохлорит натрия		Перманганат калия		Молочная кислота		Яблочная кислота	
		1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %	1 %	5 %
1	8,6×10 <sup>7</sup>	8,2×10 <sup>7</sup>	7,9×10 <sup>7</sup>	8,5×10 <sup>7</sup>	8,3×10 <sup>7</sup>	8,1×10 <sup>7</sup>	8,0×10 <sup>7</sup>	8,3×10 <sup>7</sup>	8,2×10 <sup>7</sup>	8,6×10 <sup>7</sup>	8,4×10 <sup>7</sup>	8,4×10 <sup>7</sup>	8,2×10 <sup>7</sup>
5		7,1×10 <sup>7</sup>	6,5×10 <sup>7</sup>	7,3×10 <sup>7</sup>	7,2×10 <sup>7</sup>	7,5×10 <sup>7</sup>	7,3×10 <sup>7</sup>	6,8×10 <sup>7</sup>	6,6×10 <sup>7</sup>	8,4×10 <sup>7</sup>	8,3×10 <sup>7</sup>	8,2×10 <sup>7</sup>	7,8×10 <sup>7</sup>
10		5,3×10 <sup>7</sup>	4,3×10 <sup>7</sup>	6,9×10 <sup>7</sup>	7,3×10 <sup>6</sup>	7,1×10 <sup>6</sup>	6,9×10 <sup>7</sup>	5,5×10 <sup>7</sup>	5,3×10 <sup>7</sup>	7,3×10 <sup>7</sup>	7,0×10 <sup>7</sup>	7,3×10 <sup>7</sup>	7,1×10 <sup>7</sup>
15		6,1×10 <sup>6</sup>	5,4×10 <sup>6</sup>	6,1×10 <sup>6</sup>	8,9×10 <sup>5</sup>	5,8×10 <sup>6</sup>	5,2×10 <sup>7</sup>	8,2×10 <sup>6</sup>	7,1×10 <sup>6</sup>	7,1×10 <sup>7</sup>	6,9×10 <sup>7</sup>	7,0×10 <sup>7</sup>	6,9×10 <sup>7</sup>
30		5,5×10 <sup>5</sup>	6,7×10 <sup>4</sup>	1,8×10 <sup>6</sup>	6,8×10 <sup>5</sup>	1,4×10 <sup>6</sup>	1,2×10 <sup>7</sup>	6,8×10 <sup>6</sup>	6,4×10 <sup>6</sup>	6,2×10 <sup>7</sup>	5,8×10 <sup>7</sup>	6,4×10 <sup>7</sup>	6,1×10 <sup>7</sup>
45		4,3×10 <sup>4</sup>	3,6×10 <sup>3</sup>	5,5×10 <sup>5</sup>	5,1×10 <sup>5</sup>	8,7×10 <sup>5</sup>	8,3×10 <sup>6</sup>	5,4×10 <sup>6</sup>	5,2×10 <sup>6</sup>	6,0×10 <sup>6</sup>	5,2×10 <sup>6</sup>	6,2×10 <sup>7</sup>	5,8×10 <sup>7</sup>
60		3,1×10 <sup>4</sup>	2,4×10 <sup>3</sup>	3,2×10 <sup>5</sup>	3,0×10 <sup>5</sup>	4,2×10 <sup>4</sup>	4,0×10 <sup>4</sup>	5,1×10 <sup>5</sup>	4,8×10 <sup>6</sup>	5,3×10 <sup>6</sup>	4,6×10 <sup>6</sup>	5,8×10 <sup>6</sup>	5,4×10 <sup>6</sup>

Анализируя полученные данные из таблицы 3 по оценке влияния стерилизующих растворов на динамику изменения общего микробного числа зерна пшеницы, можно сказать, что наибольшее снижение бактериальной обсемененности достигается при использовании в качестве стерилизующего агента раствора перекиси водорода в концентрации 5 % при продолжительности выдерживания в нем 60 минут. Данная экспозиция позволяет достичь показателей ОМЧ –  $2,3 \times 10^3$  КОЕ/мл, что по сравнению с аналогами является лучшим результатом. Сниженные показатели ОМЧ отмечаются также при использовании перекиси водорода в концентрации 1 % и этилового спирта в концентрации 5 %, и равняются соответственно  $3,8 \times 10^4$  КОЕ/мл. Из проведенных опытов видно, что применение органических кислот практически не влияет на снижение бактериальной обсемененности, так как после 60 минут выдерживания растительного материала в растворах молочной и яблочной кислот удалось снизить количество бактерий только в десять раз по сравнению с начальным их содержанием.

Результаты влияния анализируемых растворов на снижение грибной обсемененности показывают, что применение перекиси водорода в концентрации 5 % также способствует наибольшему снижению ее содержания. После 60 минут выдерживания в растворе данной концентрации определенное содержание грибов находится на уровне  $2,4 \times 10^3$  КОЕ/мл, что ниже исследуемых аналогов.

Можно отметить, что использование гипохлорита натрия в концентрациях 1 % и 5 % также заметно снижает содержание грибов в зерне после стерилизации, однако его внесение достаточно дорогостояще, показатели обсемененности выше, чем у перекиси водорода, а также он негативно влияет на дальнейший рост зерна.

Материалом, который не рекомендуется использовать в качестве фунгицидного агента при обработке растительного сырья являются органические кислоты. Их влияние на снижение грибной обсемененности

незначительное и после выдерживания в растворах молочной и яблочной кислот в концентрации 5 % ОЧГ находится на уровне  $4,6 \times 10^7$  КОЕ/мл и  $5,8 \times 10^7$  КОЕ/мл, что незначительно ниже по сравнению с контролем.

Нами было определено, что оптимальным временем выдерживания в стерилизующем растворе является 60 минут, то после экспозиции в течение этого времени определяли влияние растворов на всхожесть и энергию прорастания. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты определения всхожести и энергии прорастания зерна пшеницы

Раствор для стерилизации	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Без обработки (Контроль)	93,3±0,3	92,4±0,5
Перекись водорода 1 %	94,9±0,5*	93,5±0,7
Перекись водорода 5 %	94,6±0,2*	92,8±0,9
Спирт 1 %	93,5±0,8	91,2±1,5
Спирт 5 %	82,8±0,4*	81,0±1,8*
Гипохлорит натрия 1 %	92,7±1,1	89,4±1,7*
Гипохлорит натрия 5 %	91,4±1,6	90,3±1,2
Перманганат калия 1 %	93,8±1,4*	92,7±0,7*
Перманганат калия 5 %	94,1±1,9*	91,5±0,5*
Молочная кислота 1 %	84,1±2,1*	82,7±0,4*
Молочная кислота 5 %	78,7±1,7*	75,1±1,5*
Яблочная кислота 1 %	80,2±1,5*	74,5±0,3*
Яблочная кислота 5 %	79,7±1,1*	68,4±1,9*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Изученное влияние стерилизующих растворов на всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы показывает, что использование в качестве стерилизующего агента растворов перекиси водорода не влияет на исследуемые параметры. При стерилизации растительного материала в растворе перекиси водорода в концентрации 1 % энергия прорастания составляет 94,9 %, а всхожесть 93,5 %. При использовании перекиси водорода

в концентрации 5 % энергия прорастания составила 94,6 %, а всхожесть – 92,8 % соответственно. Также хорошие результаты по энергии прорастания и всхожести показали растворы перманганата калия в концентрациях 1 % и 5 %. Энергия прорастания при заданных концентрациях составила 93,8 % и 94,1 % соответственно, в то время как всхожесть 92,7 % и 91,5 %, что ниже результатов, полученных при обработке растворами перекиси водорода.

Таким образом, для обеспечения эффективного избавления от посторонней микрофлоры целесообразно применять в технологии получения проростков пшеницы раствор перекиси водорода в концентрации 5 % и производить выдерживание в нем зерна в течение 60 минут.

Известно, что при проращивании семян пшеницы важным показателем является набухание зерна, поэтому далее проводили оценку влияния растворов для замачивания на набухание семян пшеницы, а также всхожести и энергии прорастания. Питательные растворы, которые применялись в нашем исследовании представлены в разделе материалов и методов исследования. У исследуемых растворов определяли активную кислотность и величину окислительно-восстановительного потенциала. В таблице 6 представлены характеристики используемых технологических растворов.

Таблица 6 – Характеристика технологических растворов, предназначенных для проращивания зерна пшеницы

Технологический раствор	pH	ОВП
Дистиллированная вода (контроль)	5,61±0,08	+253,62
Водопроводная вода	8,48±0,04*	-45,83
Физиологический раствор	6,89±0,07*	+216,43
Минеральный раствор по Кнопу	5,41±0,11	+153,64
Экстракт мицелия вешенки 3,0 %	5,58±0,03	+184,53
Экстракт мицелия вешенки 4,5 %	5,64±0,07	+132,54
Экстракт мицелия вешенки 9,0 %	5,86±0,09	+113,42

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Согласно проведенным исследованиям, все растворы для выдерживания зерна, кроме водопроводной воды, являются кислыми. Также все они имеют положительные величины окислительно-восстановительного потенциала.

Далее проводили изучение динамики изменения массы зерна пшеницы при выдерживании в данных растворах. Измерение массы проводили у 100 зерен с периодичностью 6 часов в течение периода выдерживания равного 30 часам. Это было сделано с целью сократить продолжительность выдерживания семян в растворе после определения достижения максимального объема набухания. За контрольный образец принимали водопроводную воду. Полученные результаты представлены в таблице 7.

По результатам выполненного опыта можно сказать, что на пик набора массы зерно пшеницы выходит после выдерживания его в растворе для замачивания в течение 18 часов во всех исследуемых образцах. Из данных таблицы видно, что наибольшую массу зерно набирает при выдерживании его в растворе водного экстракта мицелия вешенки в концентрации 4,5 %. В данном растворе прирост массы через 18 часов выдерживания составляет 75,0 % от изначальной массы сухого зерна.

Выдерживание в минеральном растворе по Кнопю также способствует значительному набору влаги зерном пшеницы и составляет 71,9 %. Водный экстракт мицелия вешенки в концентрации 9,0 % способствует набору зерном массы в количестве 70,1 % по сравнению с изначальной сухой массой.

Исследуемыми растворами, которые не показали значительного положительного результата являются водопроводная вода – 67,3 %, а также дистиллированная вода, которая была выбрана контролем – 59,1 %. Это можно объяснить недостатком минеральных ростовых элементов в их составе, и, как следствие, недостаточным влиянием на осмос живой клетки.

Далее нами была оценена энергия прорастания и способность к прорастанию семян пшеницы после выдерживания их в исследуемых технологических растворах.

Таблица 7 – Результаты определения динамики массы зерна пшеницы в процессе замачивания

Технологический раствор	Масса 100 шт. сухих зерен, г	Масса зерна после выдерживания в растворах (М), г									
		6		12		18		24		30	
		М	Откл., %	М	Откл., %	М	Откл., %	М	Откл., %	М	Откл., %
Дистиллированная вода (контроль)	5,13	7,77±0,87	51,5	7,96±0,17	55,2	8,16±0,24	59,1	8,14±0,42	58,7	7,86±0,56	53,2
Водопроводная вода	4,95	7,25±0,65	46,5	8,16±0,23	64,9	8,28±0,21	67,3	8,09±0,65	63,4	7,83±0,21	58,2
Физиологический раствор	4,92	7,61±0,34	55,3	8,19±0,75	66,5	8,21±0,26	66,9	8,18±0,25	66,3	7,03±0,76	42,9
Минеральный раствор по Кнопу	4,91	7,82±0,55	59,3	8,34±0,35	69,9	8,44±0,33*	71,9	8,39±0,74	70,9	7,24±0,23	47,5
Экстракт мицелия вешенки 3,0 %	5,04	7,78±0,96	54,4	8,26±0,51*	63,9	8,49±0,42*	68,5	8,43±0,45*	67,3	7,44±0,87	47,6
Экстракт мицелия вешенки 4,5 %	4,87	7,92±0,21	62,6	8,43±0,22*	73,1	8,52±0,45*	75,0	8,45±0,32*	73,5	7,73±0,22	58,7
Экстракт мицелия вешенки 9,0 %	4,89	7,71±0,53	57,7	8,24±0,24*	68,5	8,32±0,52	70,1	8,31±0,73	69,9	7,67±0,61	56,9

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Данные показатели определялись в соответствии с существующими методиками. Полученные результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты эффективности прорастания зерна пшеницы

Технологический раствор	Энергия прорастания, %	Способность к прорастанию, %
Дистиллированная вода (контроль)	93,3±0,3	91,7±0,5
Водопроводная вода	92,1±0,2	91,3±0,9
Физиологический раствор	94,6±0,5	92,4±0,7
Минеральный раствор по Кнопу	96,9±0,4*	93,1±0,4
Экстракт мицелия вешенки 3,0 %	98,1±0,6*	96,2±0,3*
Экстракт мицелия вешенки 4,5 %	98,7±0,1*	97,3±0,6*
Экстракт мицелия вешенки 9,0 %	98,3±0,2*	96,8±0,8*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Полученные данные по способности зерна к дальнейшему росту после выдерживания в технологических растворах для набухания показывают, что энергия прорастания зерна, полученного после выдерживания в растворах водных экстрактов мицелия вешенки превосходит другие анализируемые растворы. Наибольшие показатели всхожести отмечаются у раствора экстракта мицелия вешенки в концентрации 4,5 % и составляет 98,7 %, а способность к прорастанию этого же зерна составляет – 97,3 %.

Обработка экстрактом мицелия вешенки в концентрации 9 % также благоприятно влияет на исследуемые показатели. Энергия прорастания зерна, полученного после выдерживания в данном растворе, составляет 98,3 %, а способность к прорастанию этого же образца равняется 96,8 %.

В проведенном опыте нами были отмечены растворы, которые показали наименьшую энергию прорастания. К ним относятся водопроводная вода – 92,1 %, а также дистиллированная вода – 93,3 %, у данных же растворов отмечается сниженная всхожесть, которая находится на уровне 91,3 % и 91,7 % соответственно.

В дальнейших исследованиях нами применялся водный экстракт мицелия вешенки в концентрации 4,5 %. В процессе исследования нами было установлено влияние температуры применяемого экстракта на набухание зерна. Для проведения эксперимента был выбран диапазон температур от 14 до 24 °С с интервалами в 2 градуса. Полученные данные представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты влияния температуры водного экстракта мицелия вешенки на набухание зерна пшеницы

Температура, °С	Продолжительность выдерживания, ч					
	0	6	12	18	24	30
14-16	4,91±0,16	7,81±0,12	8,36±0,30	8,44±0,09	8,25±0,14	7,01±0,21
16-18	4,87±0,07	7,92±0,25	8,43±0,28	8,52±0,23	8,45±0,09	7,73±0,13
18-20	4,93±0,21	7,64±0,15	8,52±0,14*	8,74±0,21	8,42±0,11*	7,80±0,15
20-22	4,85±0,13	7,44±0,06*	8,49±0,22*	8,57±0,11	8,51±0,13*	7,92±0,17
22-24	5,03±0,24	7,61±0,17	8,17±0,22	8,36±0,17*	7,95±0,06	7,64±0,11

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Спустя 18 часов выдерживания в растворе зерно достигает максимума своей массы во всех экспериментальных образцах. Что касается наибольшего прироста массы, то она отмечается при выдерживании зерна в растворе с диапазоном температур 18...20 °С и составляет 77,3 %. При температуре 20...22 °С прирост массы отмечается на уровне 76,7 %. В дальнейшем он резко снижается, и в диапазоне температур 22...24 °С составляет 66,2 % по сравнению с нативным зерном.

Наименьшее снижение массы после 18 часов выдерживания в растворе отмечается в диапазоне температур 16...18 °С - 0,8 %.

Далее, полученное после выдерживания в растворе, зерно промывали проточной водой и направляли на проращивание. Выращивание трехсуточных проростков проводили по нескольким схемам. Контрольный образец находился под светом в течение 72 часов, 1-й опытный образец в течение 24 часов под светом и 24 часов без освещения, 2-й опытный образец в течение 48 часов без

освещения и 24 часа при постоянном освещении. Третий опытный образец без освещения находился в течение 72-х часов – всего периода проращивания.

Для проращивания нами было взято 100 грамм пшеницы, полученной после выдерживания в растворе мицелия вешенки для замачивания, и выдерживали подготовленное зерно при разном режиме освещения. При выставлении на свет использовали лампы светодиодные с интенсивностью свечения 400-450 лм/м. Полученные результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты динамики массы зерна при разном режиме освещения

Образец	Масса зерна, г	1-е сутки		2-е сутки		3-е сутки	
		Масса, г	Рост, %	Масса, г	Рост, %	Масса, г	Рост, %
Контроль	100,5±1,4	209,9±1,5	+109,0	244,4±0,8	+144,0	253,2±1,4	+153,0
1-й	100,2±1,2	216,6±1,7	+116,0	246,9±0,7	+146,0	261,5±1,4	+161,0
2-й	100,4±2,1	213,4±0,8	+113,0	263,2±1,4*	+163,0	308,3±1,4*	+208,0
3-й	100,1±2,5	214,2±0,1	+114,0	271,1±2,2	+162,0	298,6±1,4*	+198,0

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Опираясь на данные таблицы 10, можно сказать, что наибольший прирост массы проростки пшеницы достигают при выращивании их по схеме второго опыта, а именно, выдерживая 48 часов без освещения, а затем 24 часа под светом. Прирост массы зерна при данном соотношении светового режима через 3-е суток составляет 208 %. При выдерживании в течение 3 суток без света происходит снижение интенсивности набора массы, так как на данном этапе начинается рост вегетативной части проростка и окончание корнеобразования. Таким образом, на основании проведенных исследований можно подвести итог, что наиболее оптимальной технологией получения 3-суточных проростков пшеницы является стерилизация зерна в течение 60 минут в растворе перекиси водорода в концентрации 5 %, далее выдерживание зерна в растворе экстракта вешенки в концентрации 4,5 % в течение 18 часов при температуре 18...20 °С. Далее необходимо промыть зерно

под проточной водопроводной водой и проращивать в течение 72 часов из которых: 48 часов при отсутствии освещения и 24 часа при освещении светодиодами с интенсивностью свечения 450 лм/м. Температура проращивания на всем периоде процесса должна быть в диапазоне 22...24 °С. У полученных указанным способом проростков на всем промежутке опыта определяли химический состав посуточно. Полученные данные представлены в таблице 11.

Как видно из таблицы 11 влажность зерна снижается постепенно. На 3-и сутки выращивания влажность проростков контроля на 3,9 % ниже того же показателя опытной группы. Содержание зольных элементов возрастает больше всего в контроле и на 3-и сутки достигает 3,3 %, в то время как в опытной группе равняется 2,8 %.

Содержание клетчатки снижается в процессе выращивания в связи с биохимическими процессами, происходящими при проращивании, способствующими ее разрушению. Также снижается содержание сырого жира по сравнению с нативным зерном.

Содержание витаминов всех анализируемых групп возрастает в процессе проращивания зерна. Так, содержание каротина в контрольной группе возрастает в 9,7 раза, а в опытной группе в 10,8 раза по сравнению с нативным зерном. Содержание витамина С в нативном зерне отмечено не было, однако его содержание после проращивания в опытной группе на 18,2 % выше, чем в контрольной. Содержание рибофлавина в контрольной группе возрастает в 2,53 раза, в то время как в опытной группе в 4,1 раза.

Таблица 11 – Результаты химического состава проростков пшеницы

Показатель	Нативное зерно	После раствора		1-е сутки		2-е сутки		3-е сутки	
		Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Влажность, %	14,0±0,9	92,4±3,2	96,3±2,5*	86,4±1,7	88,2±2,5	85,3±3,1	89,1±1,5*	84,2±1,8	88,1±2,7
Зола, %	1,7±0,3	2,8±0,4	2,7±0,1	2,9±0,3	2,6±0,1	3,1±0,4	2,7±0,1	3,3±0,4	2,8±0,1
Клетчатка, %	9,7±1,2	9,3±1,5	9,4±0,7	8,6±0,4	8,2±0,7	8,1±0,7	7,6±0,3	7,4±0,6	6,2±0,3*
Белок, %	10,8±0,6	10,8±0,4	10,8±0,3	11,2±1,1	11,4±1,4	11,6±1,5	11,8±2,2	12,2±1,8	12,8±1,7
Сырой жир, %	2,20±0,22	1,70±0,10	1,60±0,14	1,64±0,06	1,52±0,06	1,59±0,04	1,41±0,07*	1,36±0,08	1,28±0,05
Каротин, мг/кг	0,96±0,07	3,4±0,4	3,8±0,1	4,1±0,2	4,6±0,2	7,1±0,5	8,5±0,7*	9,3±0,9	10,4±1,2*
Аскорбиновая кислота, мг/кг	-	1,4±0,2	1,3±0,2	1,8±0,2	2,1±0,1	2,0±0,4	2,4±0,3*	2,2±0,3*	2,6±0,2*
Рибофлавин, мг/кг	0,15±0,02	0,24±0,03	0,31±0,07	0,27±0,06	0,38±0,02*	0,29±0,07	0,52±0,02	0,38±0,02	0,61±0,06*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Согласно схеме исследования нам необходимо переработать полученные проростки с получением сока и жома. В таблице 12 представлены данные по выходу сока и жома проростков в зависимости от соотношений смешивания нативного продукта с водой. Для переработки брали 100 грамм проростков, которые подвергали переработке.

Таблица 12 – Результаты выхода количества клеточного сока

Количество проростков для измельчения, г	Кол-во воды, мл	Масса полученного сока без воды, мл	Выход, %	Масса жома, г	Выход, %	Потери, %
100,0±1,5	-	19,8±1,2	19,8	79,4±1,8	79,4	0,8
100,0±2,4	5	21,4±0,9	20,4	83,0±1,4*	79,0	0,6
100,0±0,7	10	29,6±1,4*	26,9	80,1±2,3	72,8	0,3
100,0±2,3	15	39,8±2,2*	34,6	74,6±2,5	64,9	0,5
100,0±1,6	20	42,2±2,7*	35,2	76,4±1,9	63,7	1,1

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Таким образом, из данных таблицы 12 видно, что при переработке проростков с использованием воды наибольший выход сока наблюдается при внесении 20 мл воды к 100 граммам проростков и составляет 35,2 %. в то же время при таком способе переработки возрастает число потерь, которое равняется 1,1 %. Оптимальным соотношением в выходе сока, потерях и массе получаемого жома является внесение 15 мл воды. Выход получаемого сока в данном случае равняется 34,6 %, а жома 64,9 %, при том, что потери составляют 0,5 %. Данный способ позволяет получать в два раза больше сока по сравнению с контролем. Другие соотношения внесения воды при переработке значительно не увеличивают выхода сока, поэтому считаются нецелесообразными. Таким образом в нашей работе мы будем использовать сок, полученный при добавлении 15 % воды к нативным проросткам при измельчении. Для оценки эффективности использования полученного сока в дальнейшем, а также последующего заквашивания жома производили

оценку химического состава полученных продуктов. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты определения химического состава клеточного сока и жом проростков пшеницы

Показатель	Сок проростков	Жом проростков
Сухие вещества, %	5,32±1,6*	47,2±2,2*
Зола, %	0,84±0,07	5,36±0,16*
Активная кислотность, ед	4,78±0,15	6,17±0,92*
Аскорбиновая кислота, мг/кг	1,20±0,05	23,6±1,56*
Каротин, мг/кг	11,30±0,19*	4,2±0,1
Рибофлавин, мг/кг	0,04±0,01	0,70±0,04

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ )

Содержание сухих веществ в соке проростков составляет 5,32 %, в то время как в жоме – 47,2 %. Показатели содержания золы также выше в твердой фракции и равняются 5,36 %, а в соке 0,84 %. Показатель активной кислотности сока составляет 4,78 единиц, а жом 6,17 единиц, оба данных значения показывают кислую реакцию среды.

Витаминный состав сока и жом представлен аскорбиновой кислотой (витамин С), каротином и рибофлавином (витамин В<sub>2</sub>). Содержание аскорбиновой кислоты наибольшее в жоме и составляет 23,8 мг/кг массы, в соке ее содержание равняется 1,2 мг/кг. Содержание каротина в соке проростков составляет 11,3 мг/кг, а в жоме 4,2 мг/кг, так как он концентрируется в жидкой фракции. Содержание же рибофлавина, напротив, наибольшее в жоме и составляет 0,70 мг/кг, а в соке 0,04 мг/кг.

Для получения кормовой добавки необходимо использовать заквашенный жом проростков, а, следовательно, провести твердофазную ферментацию подготовленного субстрата. Для этого в подготовленный жом вносились молочнокислые бактерии, полученные из комплексной закваски «БК-Углич-№4» с титром  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл в концентрациях: 0,1 %, 0,5 %, 1,0 %,

1,5 %, 2,0 %. Продолжительность заквашивания составляла 7 суток, так как за данный период времени бактерии смогут эффективно переработать сахара и выделить достаточное количество органических кислот для длительного хранения продукта. На протяжении опыта нами отслеживалась динамика содержания сухих веществ, сырой золы, активной и титруемой кислотности в заквашенном жоме, а также содержание молочнокислых бактерий. Полученные технологические параметры представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты химических и микробиологических показателей ферментированных проростков пшеницы

Показатель	Дозировки внесения закваски, %				
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
Химические показатели					
Содержание сухих веществ, %	31,8±1,2*	30,2±1,5	30,1±1,7	29,3±0,8	29,1±1,4
Содержание золы, %	0,44±0,17	0,45±0,06	0,46±0,09	0,46±0,08	0,48±0,02
Активная кислотность, ед.	3,56±0,07*	3,38±0,06*	3,24±0,08*	3,15±0,04*	3,04±0,12*
Титруемая кислотность, °Т	0,27±0,06	0,31±0,02	0,52±0,08	0,63±0,05	0,77±0,03
Аскорбиновая кислота, мг/кг	26,2±0,2	26,7±0,4	27,3±0,9*	28,1±0,3*	29,4±0,5*
Каротин, мг/кг	18,3±0,6*	17,4±0,3*	17,1±0,3	16,5±0,4	16,1±0,1
Рибофлавин, мг/кг	0,84±0,05*	0,85±0,16	0,85±0,13	0,93±0,12*	0,97±0,08*
Белок, %	13,2±0,5*	13,8±0,6	13,1±1,1	12,6±0,8	11,1±0,7
Сырой жир, %	1,34±0,04	1,36±0,03	1,41±0,05	1,43±0,08	1,46±0,07
Клетчатка, %	5,4±0,1*	5,2±0,4	5,1±0,4	4,8±0,3	4,7±0,2
Микробиологические показатели					
Начальное содержание молочнокислых бактерий, КОЕ/мл	1,0×10 <sup>5</sup>	5,0×10 <sup>5</sup>	1,0×10 <sup>6</sup>	1,5×10 <sup>6</sup>	2,0×10 <sup>6</sup>
Конечное содержание молочнокислых бактерий, КОЕ/мл	3,6×10 <sup>8</sup>	2,5×10 <sup>8</sup>	1,8×10 <sup>8</sup>	1,4×10 <sup>8</sup>	3×10 <sup>7</sup>

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Проведенная твердофазная ферментация проростков консорциумом молочнокислых бактерий показала, что с ростом концентрации заквасочной культуры снижается количество сухих веществ проростков и возрастает количество минеральных компонентов. Также возрастает титруемая кислотность, ввиду накопления большого количества органических кислот бактериями и переработке сахаров проростков. Наибольших значений титруемая кислотность достигает при внесении 2 % закваски на 7-е сутки проведения процесса. Активная кислотность, напротив, снижается с повышением количества засевной культуры. При заквашивании жома проростков пшеницы в дозировке 0,1 % данный параметр находится на уровне 3,56 единиц, в то время как концентрация 2 % она равняется 3,04 единицы. Изменение кислотности при заквашивании оказывает непосредственное влияние на жизнеспособность молочнокислых бактерий. Конечное их содержание в заквашенных проростках было наибольшим при внесении 0,1 % молочнокислой закваски и равнялось  $3,6 \times 10^8$  КОЕ/мл. При внесении закваски в дозировке 2,0 % титр бактерий составлял  $3 \times 10^7$  КОЕ/мл, что в двенадцать раз ниже, чем при минимальном объеме внесения культуры. Содержание аскорбиновой кислоты возрастает при увеличении дозировки внесения закваски от 0,1 до 2,0 % в 1,12 раза, также возрастает содержание рибофлавина в 1,16 раза. Что касается каротина, то его содержание падает при возрастании кислотности в 1,14 раза. Следовательно, для получения качественного витаминизированного растительного продукта необходимо вносить в измельченные проростки пшеницы комплексную закваску молочнокислых бактерий в количестве 0,1 % по массе сырья. На основании проведенных исследований можно составить технологическую схему получения растительного наполнителя для кормовой добавки, представленную на рисунке 2.

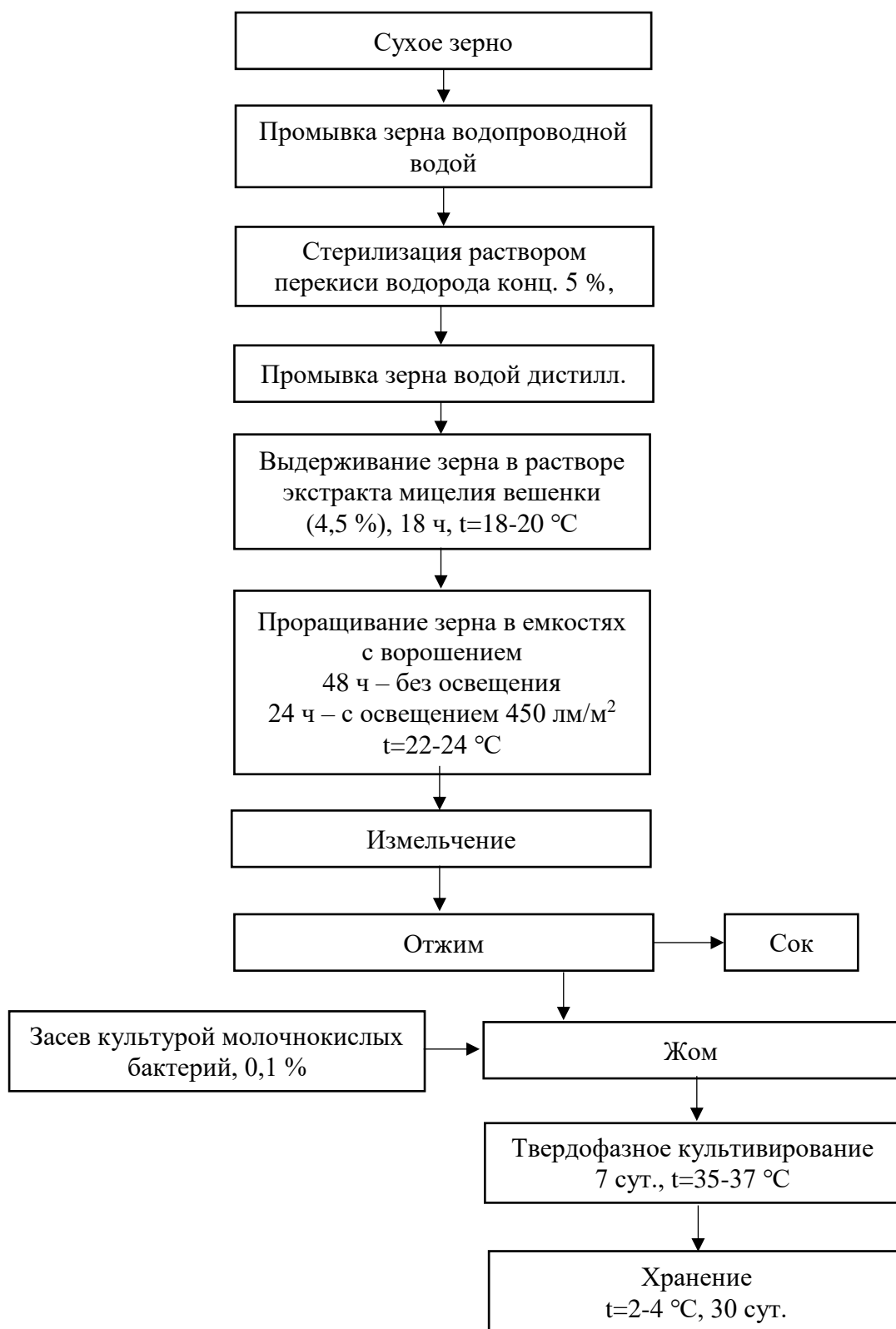


Рисунок 2 – Технологическая схема производства растительного наполнителя для кормовой добавки

На основании проведенных исследований, направленных на разработку технологии получения растительного наполнителя кормовой добавки, можно сделать вывод, что получение проростков пшеницы необходимо проводить с предварительной их стерилизацией в растворе перекиси водорода в концентрации 5 % и производить выдерживание в нем зерна в течение 60 минут. Далее производить удаление стерилизующего раствора путем промывания в проточной воде и выдерживать в растворе для замачивания, представляющем из себя экстракт мицелия вешенки в концентрации 4,5 % в течение 18 часов при диапазоне температур 18...20 °С.

Далее набухшее зерно необходимо проращивать на поддонах без доступа света с естественной циркуляцией воздуха и ворошением в течение 48 часов и далее 24 часа с освещением интенсивностью 450 лк/м<sup>2</sup> при температуре 22...24 °С. Полученный растительный компонент необходимо измельчать, отделять сок, а полученный жом ферментировать молочнокислыми бактериями, входящими в закваску «БК-Углич-№4» при ее внесении 0,1 % по массе жома в течение 7 суток при температуре 35...37 °С.

Полученный продукт хранится в течение 30 суток при температуре +2...4 °С и содержит в себе 26,2 мг/кг аскорбиновой кислоты, 18,3 мг/кг каротина, 0,84 мг/кг рибофлавина, следовательно, его можно использовать в качестве обогащающего витаминами компонента кормовой добавки.

Таким образом, для получения витаминно-синбиотической кормовой добавки нами будет использоваться технологическая схема получения растительного наполнителя, представленная на рисунке 2.

### **3.2 Разработка технологии культивирования дрожжей**

#### *Saccharomyces cerevisiae*

Одним из важных компонентов кормовой добавки являются кормовые дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Они используются для обогащения ее

витаминами группы В и белком, а также как пробиотический наполнитель. Для использования дрожжей в рецептуре кормовой добавки они должны быть активными, живыми и содержать высокую концентрацию клеток в 1 мл. В нашем исследовании дрожжи использовались в жидкой форме и были получены с применением сока проростков, отобранного на предыдущем этапе.

Для получения активной культуры дрожжей анализировали питательные среды, которые могут быть использованы для получения накопительной культуры. В качестве исследуемых использовали: глюкозо-пептонную (ГПС), меласно-автолизатную (МАС), минеральную питательные среды (МПС), а также питательный агар Чапека.

Измерение титра дрожжей проводили с периодичностью 12 часов. Применяемая засевная культура была заранее разбавлена в стерильной питательной среде до содержания в ней клеток  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл, а затем вносилась в дозировке 5 % в исследуемые питательные среды. Динамика роста дрожжевых клеток представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты определения динамики роста дрожжей на различных питательных средах

Питательная среда	Содержание культуры <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , КОЕ/мл					
	0	12	24	36	48	60
Меласно-автолизатная (МАС)	$5,4 \times 10^6$	$1,2 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	$3,5 \times 10^8$	$2,8 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8$
Глюкозо-пептонная (ГПС)	$5,4 \times 10^6$	$5,1 \times 10^7$	$8,3 \times 10^7$	$1,1 \times 10^8$	$8,2 \times 10^7$	$6,6 \times 10^7$
Минеральная (МПС)	$5,4 \times 10^6$	$2,4 \times 10^7$	$4,2 \times 10^7$	$8,2 \times 10^7$	$5,8 \times 10^7$	$5,4 \times 10^7$
Питательный агар Чапека	$5,4 \times 10^6$	$8,9 \times 10^7$	$2,2 \times 10^8$	$2,9 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$

Полученные данные по динамике роста дрожжей на исследуемых питательных средах показывают, что при изначально равной концентрации дрожжевых клеток конечное их содержание различно. пик роста биомассы на всех исследуемых питательных средах культура достигает через 36 часов

культивирования. Далее в течение двух часов она переходит на плато стационарного роста, и к 48-му часу начинает снижаться.

Лучшей динамикой ростовых процессов отличается меласно-автолизатная питательная среда, максимальное содержание клеток дрожжей на которой равняется  $3,5 \times 10^8$  КОЕ/мл, а также питательный агар Чапека, на котором содержание клеток дрожжей составляет  $2,9 \times 10^8$  КОЕ/мл на этот же промежуток времени.

Анализ фазы отмирания биомассы, после 36-го часа культивирования, показывает, что наиболее резкое снижение концентрации биомассы к 60-му часу наблюдений, отмечается на питательном агаре Чапека и составляет 58,6 %. Значительное снижение содержания биомассы отмечено на меласно-автолизатной питательной среде и составляет 42,9 %. Схожие значения показывает глюкозо-пептонная питательная среда – 40,0 %. Наименьшее снижение концентрации клеток в культуральной жидкости отмечается при использовании минеральной питательной среды – 34,1 %.

На основании данного опыта можно сказать, что целесообразно использовать для получения биомассы дрожжей меласно-автолизатную питательную среду ввиду того, что на ней можно получить большую концентрацию дрожжевых клеток и снижение концентрации их в процессе дальнейшего культивирования будет сравнительно невысоким.

Для стимулирования ростовых и биохимических процессов нами использовался полученный из проростков растительный сок. Его вносили в количестве 20 % вместо воды в рецептуру питательных сред и проводили культивирование. Для определения эффективности культивирования проводили оценку показателей роста концентрации клеток в питательной среде, эффективности потребления растворенных сухих веществ, а также расчета удельной скорости роста дрожжей. Полученные результаты анализа изменения концентрации дрожжевых клеток в культуральной жидкости представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты влияния сока проростков пшеницы на рост дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Питательная среда	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
МАС + 20 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$2,2 \times 10^8$	$3,9 \times 10^8$	$7,2 \times 10^8$	$5,3 \times 10^8$	$3,4 \times 10^8$
ГПС + 20 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$8,1 \times 10^7$	$1,3 \times 10^8$	$1,4 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$	$8,7 \times 10^7$
МПС + 20 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$4,4 \times 10^7$	$6,9 \times 10^7$	$1,3 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$6,7 \times 10^7$
Питательный агар Чапека + 20 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$1,5 \times 10^8$	$2,8 \times 10^8$	$4,0 \times 10^8$	$3,2 \times 10^8$	$1,4 \times 10^8$

Использование сока проростков в концентрации 20 % при внесении в рецептуру питательных сред для культивирования дрожжей стимулирует их рост. Определено, что на тех же временных интервалах, что и в первом опыте культивирования плотность культуры выше при внесении сока проростков.

Количество клеток также максимальное за весь период проведения опыта на 36-й час культивирования. Наименьшая плотность культуры наблюдается на минеральной питательной среде и составляет  $1,3 \times 10^8$  КОЕ/мл. Максимальное накопление клеток отмечено на меласно-автолизатной питательной среде с внесением 20 % сока проростков – оно составило  $7,2 \times 10^8$  КОЕ/мл.

В период с 36-го по 60-й час культивирования происходило снижение концентрации клеток. Наиболее явно это было видно на питательном агаре Чапека, где снижение титра составило 65 %. На меласно-автолизатной питательной среде снижение составило 52,8 %, а на минеральной питательной среде – 48,5 %. Наименьшее сокращение количества клеток отмечалось за период исследования на глюкозо-пептонной питательной среде, где их концентрация упала на 37,9 %.

На питательных средах с внесением 20 % сока проростков проводили подсчет живых клеток, а также оценку удельной скорости роста дрожжей. Подсчет количества живых клеток представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты определения содержания живых клеток *Saccharomyces cerevisiae* в процессе культивирования

Питательная среда	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
МАС + 20 % сок проростков	100	100	100	100	99,8±0,1*	98,8±0,3*
ГПС + 20 % сок проростков	100	100	100	99,5±0,1	99,3±0,4	96,8±0,4
МПС + 20 % сок проростков	100	100	99,7±0,1	99,4±0,2	99,1±0,4*	97,1±0,1
Питательный агар Чапека + 20 % сок проростков	100	100	99,8±0,3	99,4±0,1	99,1±0,2	97,3±0,1

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Содержание живых клеток через 36 часов культивирования наибольшее у меласно-автолизатной питательной среды с внесением сока проростков в количестве 20 % и составляет 100 %. Снижение данного количества происходит на 48-й час культивирования. Однако у остальных анализируемых питательных сред содержание живых клеток в культуральной жидкости заметно снижается. У минеральной питательной среды и питательном агаре Чапека на 24-м часу культивирования, у глюкозо-пептонной питательной среды на 36-м часу.

На 60-й час культивирования содержание живых клеток во всех исследуемых питательных средах снижено, однако наибольшее оно у меласно-автолизатной питательной среды и составляет 98,8 %. Худшую выживаемость показали дрожжи, которые росли глюкозо-пептонной питательной среде – она составила 96,8 %.

Полученные данные эффективности роста дрожжей на применяемых питательных средах представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты оценки эффективности роста дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Питательная среда	Удельная скорость роста дрожжей, ед.	Динамика изменения содержания РСВ, г/л	Коэффициент усвоения субстрата, г/КОЕ/ч
МАС + 20 % сок проростков	0,136±0,008*	60,7±0,5*	12,40*
ГПС + 20 % сок проростков	0,090±0,005	35,9±1,1*	11,08
МПС + 20 % сок проростков	0,088±0,003	23,7±0,9	7,48
Питательный агар Чапека + 20 % сок проростков	0,121±0,012*	45,8±2,6*	10,51*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Эффективность использования питательных компонентов применяемых сред дрожжами оценивали по удельной скорости роста культуры, которую определяли по конечным точкам содержания клеток в культуральной жидкости на пике прироста биомассы через 36 часов после начала культивирования, а также через по скорости потребления растворенных сухих веществ питательной среды и расчета коэффициента освоения субстрата. Показатель коэффициента усвоения субстрата показывает на сколько эффективной дрожжи потребляют компоненты питательной среды и преобразуют их в биомассу.

Эффективность роста биомассы зависит от удельной скорости ее роста, а также от интенсивности потребления растворенных сухих веществ питательной среды. Согласно проведенным исследованиям, наибольшая удельная скорость роста дрожжей отмечается на меласно-автолизатной питательной среде с соком проростков пшеницы. Данный показатель выше глюкозо-пептонной питательной среды на 51,1 %. Коэффициент освоения

субстрата, который показывает, насколько хорошо культурой потребляются питательные компоненты среды. Наибольший коэффициент потребления субстрата достигается на меласно-автолизатной питательной среде, которая дополнительно содержит 20 % сока проростков по объему, и она равняется 12,4 г/КОЕ/ч., что на 11,9 % выше, чем на эталонной глюкозо-пептонной питательной среде.

Таким образом, мы можем сказать, что для культивирования дрожжевой биомассы целесообразно использовать меласно-автолизатную питательную среду с внесением дополнительно сока проростков пшеницы в качестве замены воды. Внесение сока проростков в дозировке 20 % в питательную среду в значительной мере стимулирует рост дрожжей, однако не является целесообразным с экономической точки зрения. Поэтому необходимо определить какой объем сока необходимо вносить в питательную среду для культивирования дрожжей. Для данного исследования проводили внесение сока проростков в разных концентрациях в питательную среду и вносили засевную культуру в количестве 5 %. Полученные результаты представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Результаты влияния питательных сред на динамику роста *Saccharomyces cerevisiae* при культивировании, КОЕ/мл

Питательная среда	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
МАС + 2,5 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$2,17 \times 10^7$	$2,42 \times 10^8$	$2,51 \times 10^8$	$2,43 \times 10^8$	$2,28 \times 10^8$
МАС + 5,0 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$3,16 \times 10^7$	$2,54 \times 10^8$	$2,83 \times 10^8$	$2,61 \times 10^8$	$2,55 \times 10^8$
МАС + 7,5 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$4,24 \times 10^7$	$2,63 \times 10^8$	$2,87 \times 10^8$	$2,84 \times 10^8$	$2,63 \times 10^8$
МАС + 10,0 % сок проростков	$5,4 \times 10^6$	$6,16 \times 10^7$	$2,75 \times 10^8$	$2,91 \times 10^8$	$2,86 \times 10^8$	$2,74 \times 10^8$

Динамика роста дрожжей при внесении в мелассо-автолизатную питательную среду сока проростков в разных концентрациях показывает, что пиковые значения количества клеток в культуральной жидкости достигаются после 36 часов культивирования. При внесении сока проростков в количестве 10 % содержание клеток наибольшее и составляет  $2,91 \times 10^8$  КОЕ/мл. количество клеток за данные промежутки времени снижается с уменьшением количества вносимого растительного сока.

Однако стимуляция роста культуры при дозировке внесения сока 5 % меньше на 2,8 %, а при внесении сока 7,5 % на 1,4 %, поэтому увеличивать дозировку сока в 2 раза нецелесообразно, так как это не дает необходимого положительного эффекта.

Анализ сохранения наибольшего количества живых клеток является одним из основных для использования дрожжей в кормовой добавке, поэтому оценивали изменение жизнеспособности дрожжевых клеток в процессе культивирования на исследуемых питательных средах. Результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты определения количества живых клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при культивировании, %

Питательная среда	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
МАС + 2,5 % сок проростков	100	100	100	99,8±0,1	99,5±0,1*	98,7±0,2*
МАС + 5,0 % сок проростков	100	100	100*	99,8±0,1	99,6±0,1*	99,0±0,3*
МАС + 7,5 % сок проростков	100	100	100*	99,9±0,1	99,7±0,2	99,3±0,2
МАС + 10,0 % сок проростков	100	100	100	100*	99,8±0,1*	99,5±0,1

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ )

Процесс культивирования дрожжей на мелассно-автолизатной питательной среде обеспечивает высокую сохранность и жизнеспособность клеток, это обусловлено высоким содержанием в питательной среде витаминов и питательных компонентов. Также наблюдается прямая

зависимость содержания сока проростков в питательной среде и сохранностью культуры дрожжей. При культивировании продуцента в течение 36 часов сохранность культуры на питательной среде с внесением сока проростков 10 % – 100 %, а с внесением сока 2,5 % – 99,8 %. На 60-й час проведения эксперимента в питательной среде с внесением сока проростков 10 % количество живых клеток составляло 99,5 %, а на питательной среде с содержанием сока 2,5 % – 98,7 %.

Эффективность культивирования живой культуры также оценивали по коэффициенту потребления питательных компонентов питательной среды. Полученные данные представлены в таблице 21.

Анализ эффективности усвоения субстрата показывает, что наилучший коэффициент усвоения субстрата у питательной среды с содержанием сока проростков 5,0 %, и равняется 16,45 г/КОЕ/ч. При внесении в меласно-автолизатную среду сока проростков в количестве 2,5 % коэффициент усвоения субстрата равен 16,12 г/КОЕ/ч.

Таблица 21 – Результаты оценки эффективности культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на меласной питательной среде

Питательная среда	Удельная скорость роста дрожжей, ед.	Динамика изменения содержания РСВ, г/л	Коэффициент усвоения субстрата, г/КОЕ/ч
МАС + 2,5 % сок проростков	0,107±0,008*	62,1±0,3*	16,12*
МАС + 5,0 % сок проростков	0,110±0,011	60,7±0,9	16,45*
МАС + 7,5 % сок проростков	0,110±0,007*	59,4±1,2	15,00
МАС + 10,0 % сок проростков	0,111±0,003	58,3±1,4	14,59

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ )

Внесение сока проростков в дозировке, превышающей 5,0 %, показывает тенденцию к снижению коэффициента усвоения питательных компонентов среды и снижению эффективности культивирования биомассы.

При внесении 10 % от объема питательной среды сока проростков коэффициент усвоения снижается на 11,3 % от наибольшего значения.

Таким образом, в меласно-автолизатную питательную среду необходимо включать 5,0 % сока проростков вместо воды для обеспечения наилучшей эффективности процесса получения биомассы.

Для обеспечения эффективного культивирования дрожжей важно подобрать оптимальную засевную дозу внесения маточной культуры. Это необходимо для того, чтобы вносимая культура не конкурировала за субстрат и питательные вещества, а также равномерно распределялась во всем объеме субстрата. Чрезмерное внесение засевной культуры в питательную среду способствует повышению расхода питательных компонентов и делает рост культуры скачкообразным, что препятствует максимальному набору биомассы. В то же время, слишком низкое внесение засевого материала отрицательно сказывается на освоении субстрата и продолжительности культивирования. Для определения оптимальной дозировки внесения засевной культуры нами было культивирование дрожжей на подобранной меласно-автолизатной питательной среде с разным количеством вносимой культуры. Динамика роста дрожжей в зависимости от объема внесения засевной культуры представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты определения динамики роста *Saccharomyces cerevisiae* при разной дозе внесения в питательную среду

Дозировка засевной культуры, %	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
2,5	$2,7 \times 10^6$	$1,9 \times 10^7$	$1,6 \times 10^8$	$5,6 \times 10^8$	$5,3 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8$
5,0	$5,4 \times 10^6$	$3,2 \times 10^7$	$2,5 \times 10^8$	$5,1 \times 10^8$	$4,8 \times 10^8$	$3,6 \times 10^8$
7,5	$8,1 \times 10^6$	$5,8 \times 10^7$	$4,4 \times 10^8$	$4,8 \times 10^8$	$4,1 \times 10^8$	$3,8 \times 10^8$
10,0	$1,1 \times 10^7$	$2,1 \times 10^8$	$4,0 \times 10^8$	$4,2 \times 10^8$	$3,7 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$

Разное соотношение внесения засевной культуры в питательную среду для культивирования неоднородно отражается на эффективности роста

биомассы дрожжей. При повышении плотности культуры на старте процесса возрастает потребление питательных компонентов среды, и, следовательно, взрывной рост числа клеток. Питание быстро заканчивается и вследствие чего скорость набора биомассы резко падает, а затем, и вовсе снижается.

Это соотносится с динамикой роста дрожжей при внесении маточной культуры в количестве 10 % по объему. Изначальное количество клеток в данной схеме культивирования равняется  $1,1 \times 10^7$  КОЕ/мл. Максимальное содержание клеток отмечается на 36-й час культивирования и составляет  $4,2 \times 10^8$  КОЕ/мл, следовательно, увеличение количества клеток произошло в тридцать восемь раз от начала культивирования. При внесении минимального объема засевной культуры в количестве 2,5 % рост дрожжевых колоний возрастает в двести семь раз, что является значительным результатом.

Также стоит отметить, что максимальное содержание клеток на питательных средах с исследуемыми дозировками внесения засевной культуры отмечается при дозировке 2,5 % и равняется  $5,6 \times 10^8$  КОЕ/мл, что на 9,8 % больше, чем при дозировке 5 %, и на 33,3 % больше, чем при дозировке 10 %. Нами была проведена оценка сохранности культуры при культивировании и определение содержания живых и мертвых клеток в питательной среде. Полученные данные представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты определения количества живых клеток культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при культивировании, %

Дозировка внесения культуры, %	Продолжительность культивирования, ч					
	0	12	24	36	48	60
2,5	100	100	100	100	99,6±0,1*	98,7±0,3*
5,0	100	100	100	99,8±0,1	98,6±0,5*	97,8±0,3*
7,5	100	100	100	99,7±0,2	98,4±0,2	96,6±0,2
10,0	100	100	100	99,7±0,2	98,3±0,4	96,1±1,1

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ )

Содержание живых клеток при культивировании дрожжей начинает снижаться после 36-го часа культивирования. Наибольшее снижение содержания живых клеток в культуральной жидкости отмечается на 48-й час проведения процесса при внесении засевной культуры в количестве 10 %, и оно равняется 98,3 %. Связано это с ограниченным количеством питательных веществ среды, которые при высокой дозировке засева активно тратятся.

Наилучшая сохранность живых дрожжей отмечается на питательной среде с дозировкой внесения засевной культуры в количестве 2,5 %. Это свидетельствует о доступности питательных веществ для клеток дрожжей и их равномерном росте, и потреблении питательных компонентов среды.

Далее оценивали скорость роста дрожжевой биомассы и степень усвоения субстрата культурой до достижения пиковых значений, достигаемых при культивировании продуцента. Полученные данные представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты определения эффективности культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Дозировка внесения культуры, %	Удельная скорость роста дрожжей, ед.	Динамика изменения содержания РСВ, г/л	Коэффициент усвоения субстрата, г/КОЕ/ч
2,5	0,0901±0,0082	65,9±0,7*	20,31
5,0	0,0949±0,0036*	63,7±1,1	18,64
7,5	0,1133±0,0074	63,3±0,4*	15,52
10,0	0,1239±0,0059*	61,8±0,3	13,85

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ )

Анализируя эффективность культивирования дрожжей при разном объеме внесения засевной культуры можно сказать, что при дозировке 2,5 % коэффициент усвоения субстрата максимален и равняется 20,31 г/КОЕ/ч. Также высокий коэффициент ростового показателя при внесении 5,0 % маточной культуры, и он равен 18,64 единицам, что на 8,96 % ниже, чем при внесении засевной культуры в количестве 2,5 %.

Наименее эффективно вносить в питательную среду засевную культуру в дозировке 10 %, так как в таком случае происходит резкий скачок потребления питательных веществ, конкуренция за субстрат и коэффициент его усвоения снижается по сравнению с образцом питательной среды, в который вносили 2,5 % культуры на 31,81 %.

Таким образом, для получения культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii* CNCM I-1079, которая будет использоваться в рецептуре кормовой добавки для птицы необходимо использовать питательную среду состава: меласса – 20 г/л, вытяжка гумата, приготовленная в соотношении 1:10 – 50 мл/л, сок трехсуточных проростков пшеницы – 50 мл/л. Внесение в данную питательную среду засевной культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* следует проводить в количестве 2,5 % от объема питательной среды. При этом количество клеток дрожжей после 36 часов культивирования будет равняться  $5,6 \times 10^8$  КОЕ/мл. Из них доля живых клеток достигает за данный промежуток времени содержания 100 %. Также при данном объеме внесения засевной культуры коэффициент потребления субстрата будет наибольшим и равным 20,31 г/КОЕ/ч.

### **3.3 Разработка технологии культивирования личинки мухи**

#### ***Hermetia illucens***

В качестве компонента кормовой добавки нами была использована высушенная личинка мухи *Hermetia illucens* которую самостоятельно получали на разработанных кормовых субстратах. Нами было составлено пять рецептур основного субстрата для выращивания. Их компонентный состав представлен в таблице 25.

На начальном этапе исследований проводили анализ химического состава субстратов для применения в конверсии его личинками мухи. Химический состав исследуемых субстратов представлен в таблице 26.

Таблица 25 – Рецептурный состав субстратов для выращивания личинки *Hermetia illucens*

Компонент	Содержание компонентов в образцах, %				
	1-контроль ный	2- опытный	3-опытны й	4-опытны й	5-опытны й
Отруби	50	60	70	80	90
Озимый рапс	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Пшеница	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
Кукуруза	8,0	6,4	4,8	3,2	1,6
Соя полножирная	5,25	4,2	3,15	2,1	1,04
Соя экструдированная, 34 % П. Г.	3,0	2,4	1,8	1,2	0,6
Подсолнечный жмых 34 % СП, 16 % клетчатка	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
Горох	7,5	6,0	4,5	3,0	1,5
Мел кормовой	0,15	0,12	0,09	0,06	0,03
Монохлоргидрат лизина, 98 %	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
DL-метионин	0,18	0,14	0,11	0,07	0,04
Соль поваренная	0,27	0,22	0,17	0,11	0,06
Трикальцийфосфат	0,5	0,40	0,30	0,20	0,10
Премикс ПК-90-1	0,1	0,08	0,06	0,04	0,02
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Наибольшее содержание сухих веществ было определено у третьего опытного субстрата – 35,8 %, а наименьшее у второго опытного субстрата – 30,4 %. Содержание золы меньше всего у контрольного субстрата – 2,37 %, а наибольшее у четвертого опытного субстрата – 2,77 %.

Содержание сырого протеина падает от контрольного субстрата к субстрату четвертой опытной группы вследствие повышения содержания

отрубей в нем. Содержание сырого жира увеличивается по той же причине. Активная кислотность субстратов находится примерно на одном уровне и показывает слабокислую реакцию среды.

Таблица 26 – Результаты определения химического состава субстратов применяемых для выращивания личинок

Показатель	Образец субстрата				
	1-контрольный	2-опытный	3-опытный	4-опытный	5-опытный
Сухие вещества, %	32,7±0,8	31,6±1,1	30,4±0,7	35,8±0,2	33,6±0,3
Зола, %	2,37±0,71	2,68±0,54*	2,54±0,81	2,42±0,44	2,77±0,35*
Сырой протеин, %	18,3±0,2	17,8±0,9	17,4±0,3*	16,5±0,5	15,1±0,5*
Сырой жир, %	4,40±0,38	4,53±0,22	4,61±0,56	4,72±0,11*	4,83±0,25
Активная кислотность, ед.	6,24±0,82	6,37±0,58	6,45±0,44	6,58±0,39	6,73±0,36*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

В процессе исследования мы проводили измерение живой массы личинок *Hermetia illucens* в процессе их выращивания и делали вывод об эффективности разработанных кормовых субстратов. Динамика набора живой массы одной особи личинки мухи представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Динамика живой массы личинки мухи, (n=100)

Время, дней	Образец субстрата				
	1-контрольный	2-опытный	3-опытный	4-опытный	5-опытный
4	0,024±0,0003	0,024±0,0005	0,024±0,0007	0,024±0,0004	0,024±0,0004
8	0,086±0,0018	0,101±0,0013	0,097±0,0016	0,112±0,0024	0,105±0,0021*
12	0,121±0,0021	0,133±0,0045	0,149±0,0043*	0,152±0,0036*	0,137±0,0028
16	0,153±0,0037	0,166±0,0063*	0,171±0,0059*	0,187±0,0067*	0,179±0,0038*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна ( $P < 0,05$ )

Все опытные кормовые субстраты позволяют личинке мухи *Hermetia illucens* набирать большую массу по сравнению с контролем. Лучше всего личинка мухи набирает массу на кормовом субстрате третьей опытной группы и на 16-й день выращивания в среднем ее масса составляет 0,187 г, что на 22,2 % выше по сравнению с контролем. Кормовой субстрат четвертой опытной группы показывает прирост живой массы мухи на 16-й день больше контроля на 17,0 %. Скорость набора массы по контрольным точкам личинками третьей опытной группы также выше, чем на субстратах аналогах. В первую очередь это связано со сбалансированностью питательного рациона.

Далее нами было проведено исследование химического состава полученных личинок. Он определялся по основным ценным питательным компонентам, которые содержит насекомое, а именно жир и белок, которые определяли после высушивания, а также сухих веществ и золы. Химический состав личинок опытных групп после высушивания представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Результаты определения химического состава личинок *Hermetia illucens*

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	87,2±0,4	88,4±0,3	89,7±1,1	93,6±0,7*	92,5±0,5*
Зола, %	5,8±0,2	6,1±0,1	6,3±0,4	6,7±0,3*	6,6±0,1*
Сырой протеин, %	35,2±0,8	36,7±0,7	36,9±1,4*	38,5±1,2*	37,1±0,4*
Сырой жир, %	17,2±0,1	18,6±0,2	18,9±0,3	19,4±1,1*	19,2±0,9*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Наибольшее содержание сухих веществ отмечается у насекомых четвертой опытной группы, которое составляет 93,6 %, что на 6,4 % больше, чем у личинок контрольной группы. Также у данной группы личинок выше содержание зольных элементов, которое составляет 6,7 %. Данный параметр

на 0,9 % выше контроля, что говорит о более высоком содержании минеральных элементов насекомого. Содержание сырого протеина, как и жира, наибольшее у личинок четвертой опытной группы, и данные показатели равняются 38,5 % и 19,4 % соответственно. К тому же они выше контрольных значений содержания этих питательных веществ в личинках контрольной группы на 3,2 % и 2,2 % соответственно. После отделения биомассы личинок полученный фрасс исследовали на содержание в нем биологически активных компонентов. Полученные результаты представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Результаты химического состава фрасса

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	78,3±0,8	76,6±0,7	77,9±0,1	81,2±0,5*	79,4±0,4
Зола, %	10,4±0,2	12,8±0,1	12,5±0,1	14,4±0,1*	13,9±0,2
Сырой протеин, %	12,8±0,8	13,6±0,9	14,2±0,3	12,4±0,4	14,5±0,7
Сырой жир, %	2,17±0,25	2,03±0,16	1,95±0,22	1,86±0,19	1,89±0,15
Активная кислотность, ед.	7,24±0,54	7,46±0,16	8,03±0,25*	8,16±0,22	8,24±0,32*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна ( $P < 0,05$ )

Степень эффективности конверсии можно определить по содержанию остаточного количества питательных веществ.

Содержание остаточного белка субстрата четвертой опытной группы ниже по сравнению с контролем на 0,4 %. Также ниже у данной группы личинок и содержание остаточного жира, оно равняется 1,86 %, что на 0,31 % ниже контроля. Активная кислотность всех исследуемых образцов показывает щелочную реакцию среды, что свойственно при переработке личинками субстрата, так как в процессе биоконверсии они вырабатывают аммиак. Содержание золы и сухих веществ во фрассах также выше в четвертой опытной группе, что говорит о лучшей поедаемости корма.

После проведения биохимических и зоотехнических анализов проводили оценку эффективности кормовых субстратов при использовании их в технологическом процессе. Результаты рассчитанной эффективности конверсии представлены в таблице 30.

Эффективность конверсии субстрата определяли при пересчете на усвоение личинками сухого вещества субстрата. Эффективность конверсии показывает, насколько хорошо насекомые потребляют и преобразуют полезные вещества в биомассу.

Таблица 30 – Результаты конверсии субстратов, используемых при выращивании личинок

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Содержание сухих веществ в живой личинке, %	35,6 ±0,8	37,2±1,2	38,4±1,6	39,5±1,1	38,6±0,7
Масса личинок, г	8116±20	8360±27	8451±19	9833±16*	8913±21*
Масса субстрата, г	20000±38	20000±55	20000±54	20000±32	20000±26
Содержание сухих веществ в субстрате, %	32,7±1,3	31,6±1,4	30,4±2,1	35,8±1,5	33,6±1,3
Масса сухих веществ субстрата, г	6540±22	6320±17	6080±11	7160±36*	6720±44*
Масса сухих веществ личинок, г	2889±24	3109±16*	3245±27*	3884±38*	3440±14*
Эффективность конверсии, %	44,2	49,2	53,4*	54,3*	51,2*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Лучший показатель конверсии приходится на насекомых, выращенных на кормовом субстрате третьей опытной группы, и составляет 54,3 %. Данный показатель больше контроля на 10,2 %, что является существенным различием. Эффективность конверсии исследуемых образцов растет до

достижения концентрации отрубей в субстрате 80 %, а затем падает, так как велико содержание клетчатки, а также снижено содержание витаминов и биологически активных веществ.

В продолжении исследования применяли субстрат с содержанием отрубей 80 %, от массы основного субстрата, а к нему добавляли заквашенный жом проростков в соотношениях 10, 15, 20 и 25 % соответственно от массы субстрата. Химический состав субстратов представлен в таблице 31.

Таблица 31 – Результаты определения химического состава субстратов применяемых для выращивания личинок *Hermetia illucens*

Показатель	Содержание заквашенных проростков, %				
	-	10,0	15,0	20,0	25,0
Сухие вещества, %	35,9±0,3	33,7±0,7	32,8±0,5	34,2±0,2	33,9±0,4
Зола, %	2,48±0,12	2,36±0,13	2,31±0,11*	2,24±0,17	2,16±0,08
Сырой протеин, %	16,3±0,4	14,2±0,6*	13,6±0,5	12,9±0,7	11,8±0,9
Сырой жир, %	4,5±0,4	4,4±0,3*	4,2±0,1	3,9±0,4*	3,6±0,2
Активная кислотность, ед.	6,58±0,16	6,32±0,18	5,84±0,19*	5,57±0,21	5,24±0,22

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Активная кислотность субстратов падает с увеличением доли содержания в них заквашенных проростков пшеницы.

Внесение в рецептуру субстрата 25,0 % заквашенных проростков снижает кислотность субстрата до 5,24 единиц, в то время как кислотность начального субстрата равняется 6,58 единицам. Содержание сухих веществ кормовых субстратов неравномерно ввиду разного внесения воды для достижения необходимого диапазона его влажности. Содержание золы закономерно падает при увеличении дозировки внесения проростков из-за незначительного ее содержания в них. Также происходит снижение содержания сырого протеина и сырого жира, так как во многом химический состав данных субстратов зависит от процентного соотношения в них

заквашенных проростков. Проведенная оценка динамики роста личинки представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты динамики живой массы личинки *Hermetia illucens* в процессе выращивания (n=100)

Время, дней	Образец субстрата				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
4	0,027±0,0004	0,027±0,0005	0,027±0,0003	0,027±0,0003	0,027±0,0004
8	0,114±0,0015	0,119±0,0014	0,121±0,0018*	0,136±0,0017*	0,128±0,0012*
12	0,161±0,0019	0,165±0,0016	0,169±0,0018	0,182±0,0015*	0,171±0,0011*
16	0,182±0,0021	0,187±0,0020	0,191±0,0033	0,198±0,0027*	0,193±0,0028*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Набор живой массы личинками происходит постепенно и достигает своего пика на 16-е сутки выращивания. Результаты, полученные на исследуемых субстратах, показывают, что максимальное накопление живой массы 1-й особью достигается на третьем опытном субстрате, который содержит 20 % проростков пшеницы по массе и в среднем она равна 0,198 г. Данный показатель относительно контроля выше на 8,8 %.

Все исследуемые субстраты способствуют приросту биомассы личинок мухи *Hermetia illucens* по сравнению с контролем. Наименьшее отклонение наблюдалось при внесении к основному субстрату заквашенных проростков в количестве 10 % - оно составило 2,75 %. Результаты определения химического состава личинок мухи *Hermetia illucens* после отделения от субстратов и высушивания представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Результаты химического состава высушенных личинок мухи

*Hermetia illucens*

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	88,4±0,2	87,6±0,1	87,3±0,9	92,9±0,1*	91,7±0,6
Зола, %	5,6±0,5	5,9±0,7	6,1±0,5	7,2±0,3*	7,1±0,2
Сырой протеин, %	35,4±1,1	36,2±0,5	37,1±0,8*	39,7±0,4*	37,3±0,3
Сырой жир, %	20,2±1,4	21,7±0,3	22,2±0,4	23,6±0,4*	23,0±0,6*

Примечание: \* - разница с контролем достоверна ( $P < 0,05$ )

Содержание золы в полученных насекомых растет при увеличении количества заквашенных проростков пшеницы в субстрате, на котором они были выращены. Также у данной опытной группы отмечено повышенное по сравнению с анализируемыми кормовыми субстратами содержание белка и жира. Содержание протеина у личинок данной группы составляет 39,7 %, что на 4,3 % выше, чем у контрольной группы. Содержание жира по сравнению с ней выше на 3,4 %, что говорит о целесообразности использования данного субстрата в дальнейших опытах. Дальнейший анализ содержания химических элементов фрасса представлен в таблице 34.

Таблица 34 – Результаты определения химического состава фрасса

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	81,4±2,2	82,1±2,3	83,7±2,1	83,9±2,4	85,2±1,9*
Зола, %	14,0±1,1	14,4±1,9*	15,9±1,2	16,4±1,3*	17,2±1,7*
Сырой протеин, %	13,7±1,1	12,6±0,7	11,1±0,8*	9,5±0,4	9,3±0,5
Сырой жир, %	1,9±0,2	1,7±0,1	1,6±0,1	1,6±0,2	1,4±0,1
Активная кислотность, ед.	8,2±0,6	8,2±0,4	7,9±0,1	7,9±0,5	7,8±0,5

Примечание: \* - разница с контролем достоверна ( $P < 0,05$ )

Как видно из данных таблицы, содержание сухих веществ фрасса растет при увеличении дозировки внесения проростков, также растет содержание золы. Содержание сырого протеина, наоборот, падает так как субстрат подвергается конверсии. Снижение содержания белка фрасса у третьей опытной группы по сравнению с контролем находится на уровне 4,2 %, а содержания жира этой же группы фрасса – на 0,3 % по сравнению с контрольной группой. Активная кислотность фрасса растет при повышении содержания в субстрате заквашенных проростков, так как улетучивающийся аммиак вступает в реакцию с кислотами субстрата, что влияет на его активную кислотность.

В таблице 35 представлен анализ эффективности конверсии субстратов личинками *Hermetia illucens* в процессе их накопления.

Таблица 35 – Результаты конверсии субстрата, используемого при выращивании личинок *Hermetia illucens*

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Содержание сухих веществ в живой личинке, %	38,1±2,2	38,7±1,2	40,2±3,1	41,6±3,4*	41,4±1,8
Масса личинок, г	9651±21	9727±18	9913±13*	11313±15	10821±11
Масса субстрата, г	20000±11	20000±14	20000±23	20000±18	20000±27
Содержание сухих веществ в субстрате, %	35,9±2,2	33,7±2,1	32,8±0,6	34,2±0,9	33,9±1,5
Масса сухих веществ субстрата, г	7180±18	6740±34	6560±22	6840±21	6780±17
Масса сухих веществ личинок, г	3677±31	3764±13	3985±27*	4706±14*	4479±11*
Эффективность конверсии, %	51,2	55,9	60,8	68,8	66,1

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Показанная эффективность конверсии всех исследуемых субстратов выше контрольного значения, особенно выделяется четвертая опытная группа, у которой данный показатель выше контрольного значения на 17,6 % соответственно.

Исходя из представленных расчетов видно, что наибольшую массу личинок можно получить на субстрате четвертой опытной группы, и она будет равна 11313 грамм, что на 17,2 % выше, чем на контрольном субстрате. Общая масса сухих веществ этих личинок равна 4706,2 грамма, что также выше контроля на 28,0 %.

В завершении процесса научного поиска улучшителей кормового субстрата для личинок нами было решено исследовать влияние использования кормовых дрожжей в качестве пробиотического наполнителя на рост биомассы личинок. Для этого жидкую культуру дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с содержанием КОЕ  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл вносили во влажный субстрат в количестве 0,05 %, 0,10 %, 0,15 %, 0,20 % соответственно. Далее, как и в предыдущих опытах, анализировали химический состав субстратов. Полученные данные представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Химический состав кормовых субстратов, используемых для выращивания личинок

Показатель	Количество дрожжей в кормовом субстрате, %				
	-	0,05	0,10	0,15	0,20
Сухие вещества, %	34,1±1,6	35,2±2,4	35,7±2,8	36,1±2,5*	36,4±1,9
Зола, %	2,13±0,09	2,56±0,19	2,48±0,21	2,74±0,15	3,13±0,12
Сырой протеин, %	12,9±1,1	13,2±0,6*	13,7±0,9	14,8±1,5*	15,5±2,3*
Сырой жир, %	3,9±0,1	4,2±0,3	4,5±0,7*	4,9±0,8*	5,1±0,5
Активная кислотность, ед.	5,57±0,21	6,03±0,14	6,09±0,18	6,11±0,32*	6,15±2,2

Примечание: \* - разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Содержание в составленных кормовых субстратах сухих веществ увеличивалось с внесением большей концентрации кормовых дрожжей.

Содержание сухих веществ в субстрате контрольной группы равняется 34,1 %, в то время как в пятой опытной группы 36,4 %.

Содержание сырого протеина и жира также растет. Это объясняется внесением дрожжей, которые представляют собой белковый компонент. В субстрате с отсутствием дрожжей содержание сырого протеина равняется 12,9 %, а при внесении культуры дрожжей в количестве 0,2 % по массе субстрата его содержание возрастает до 15,5 %. Такая же динамика наблюдается и по содержанию жира. На субстрате, в который не вносили дрожжи, его содержание составляет 3,9 %, а при концентрации дрожжей 2,0 % - 5,1 %.

Влияние кормовых субстратов на рост и продуктивность личинки отражается динамике накопления ей живой массы. Результаты определения живой массы личинок представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Динамика живой массы личинок при выращивании

Время, дней	Образец субстрата				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
4	0,027±0,0004	0,027±0,0005	0,027±0,0003	0,027±0,0003	0,027±0,0004
8	0,135±0,0011	0,103±0,0010	0,116±0,0013	0,113±0,0010	0,109±0,0011
12	0,159±0,0018	0,164±0,0022	0,181±0,0015*	0,173±0,0009*	0,168±0,0018*
16	0,195±0,0013	0,197±0,0021	0,215±0,0024*	0,206±0,0021	0,203±0,0025*

Примечание: \* – разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Динамика изменения живой массы исследуемых насекомых показывает, что наибольший прирост массы происходит на кормовом субстрате третьей опытной группы при внесении 0,1 % жидкой культуры дрожжей ко влажному субстрату. На данном питательном субстрате живая масса личинок больше контроля на 10,3 %.

Увеличение дозировки внесения дрожжей оказывает положительное влияние на рост личинок, однако их живая масса последовательно снижается.

Так живая масса личинок пятой опытной группы выше контроля на 4,1 %, что значительно меньше, чем при внесении 0,1 % дрожжей.

Показатели химического состава сушеных личинок мухи на 16-е сутки выращивания представлены в таблице 38.

Химический состав высушенных личинок, снятых с исследуемых субстратов, неоднороден.

Наибольшее содержание сухих веществ наблюдается у личинок третьей опытной группы – 95,3 %. Наименьшее содержание у первой контрольной группы. Это объясняется тем, что в них малое содержание жира, белка, а также минеральных элементов.

Таблица 38 –Химический состав личинок *Hermetia illucens*

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	92,5±1,1	93,7±0,7	95,3±1,2	94,6±1,6	94,2±2,4*
Зола, %	6,9±1,9	7,2±1,9	7,3±2,7	7,4±0,2*	7,4±0,1
Сырой протеин, %	39,3±1,3	42,6±2,1	47,3±2,3*	46,1±0,6*	45,8±0,4*
Сырой жир, %	22,9±1,5	23,7±0,7	27,4±1,8*	25,8±0,3	24,6±0,8

Примечание: \* – разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Содержание золы в личинке растет с увеличением дозировки дрожжей. Данная тенденция характерна и для содержания сырого протеина. Обоснованно, что повышение содержания дрожжей в питательном субстрате для личинок способствует повышению содержания в них белка, так как во многом именно дрожжи способствуют его накоплению при поедании субстрата личинкой. Максимальное содержание сырого протеина в личинках, полученных на данных кормовых субстратах, достигается на субстрате третьей опытной группы и равняется 47,3 %, что на 8,0 % выше контрольных значений.

Содержание сырого жира так же наибольшее у личинок третьей опытной группы – 27,4 % по массе, что на 4,5 % выше, чем на контрольном субстрате. Содержание жира четвертой и пятой опытных групп снижается по сравнению с пиковыми значениями третьей и составляют соответственно 25,8 % и 24,6 % соответственно в высушенной личинке.

По окончании выращивания определяли химический состав фрасса. Результаты представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Результаты анализа химического состава фрасса

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Сухие вещества, %	83,2±2,3	86,3±3,6	85,8±1,8*	85,4±2,4	85,2±2,2
Зола, %	16,4±0,7	17,3±1,1	17,6±1,7*	18,1±1,5*	17,0±0,4
Сырой протеин, %	9,5±0,4	9,3±0,7	8,6±0,5*	11,6±0,2*	12,8±0,7
Сырой жир, %	1,6±0,2	1,3±0,1	1,4±0,1	1,4±0,2	1,5±0,2
Активная кислотность, ед.	7,85±0,26	7,93±0,43	7,84±0,13	7,89±0,54	7,97±0,76

Примечание: \* – разница с контролем достоверна ( $P < 0,05$ )

Остаточное содержание ценных химических элементов показывает, что наилучшее усвоение сырого протеина происходит на кормовом субстрате третьей опытной группы и его остаточное содержание составляет 8,6 %, что ниже контроля на 0,9 %. Кормовые субстраты четвертой и пятой опытных групп практически не снижают содержание белка, что говорит о плохом его потреблении.

Содержание сухих веществ, золы, а также сырого жира находится на сравнимо одинаковом уровне. Зафиксировано изменение кислотности кормовых субстратов. Наименьшую кислотность имеет субстрат третьей опытной группы – 7,84 единицы, а наибольшую пятой опытной группы – 7,97 единицы.

Полученные данные по динамике роста личинки *Hermetia illucens* позволяют оценить эффективность конверсии при помощи нее исследуемых субстратов. Показатели конверсии представлены в таблице 40.

Данные таблицы показывают, что лучшие результаты биоконверсии кормового субстрата отмечены у третьей опытной группы личинок – эффективность конверсии составляет 81,9 %. Эффективность конверсии контрольной группы насекомых составляет 62,3 %, что на 19,4 % меньше.

Таблица 40 – Результаты определения конверсии субстрата при выращивании личинок мухи *Hermetia illucens*

Показатель	Группы эксперимента				
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная
Содержание сухих веществ в живой личинке, %	41,4±1,3	42,3±1,8	43,9±1,4	42,6±1,6	44,0±2,1
Масса личинок, г	10270±27	11627±17	13291±34*	12615±41*	12827±19*
Масса субстрата, г	20000±38	20000±25	20000±44	20000±56	20000±59
Содержание сухих веществ в субстрате, %	34,1±1,1	35,2±1,8	35,7±2,5	36,1±3,4*	36,4±1,7*
Масса сухих веществ субстрата, г	6820±10	7040±18	7140±22*	7220±17*	7280±19*
Масса сухих веществ личинок, г	4252±21	4918±16	5834±22*	5374±13*	5644±21*
Эффективность конверсии, %	62,3	69,9	81,7	74,4	77,5

Примечание: \* – разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Наибольший выход личинок отмечается с субстрата третьей опытной группы и составляет 13291 грамм, наименьшее значение данного показателя также принадлежит контрольной группе и равняется 10270 грамм сырой личинки.

Таким образом, на основании проведенных исследований по разработке кормового субстрата для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* можно сделать вывод, что лучшим кормовым субстратом для обеспечения данного процесса является основной субстрат, с внесением в него 20 % заквашенного жома проростков пшеницы, 0,10 % жидкой культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с титром  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл по массе влажного корма. Таким образом, кормовой субстрат должен содержать: отруби пшеничные – 64 %, комбикорм ПК-5-1 «Старт» - 16 %, заквашенный жом проростков пшеницы – 20 %. Начальная влажность кормового субстрата должна находиться в диапазоне от 65 до 75 %.

### 3.4 Разработка рецептуры комплексных кормовых добавок

Для исследования влияния кормовых добавок на продуктивность сельскохозяйственной птицы были разработаны рецептуры кормовых добавок с целью испытания их на сельскохозяйственной птице. При постановке опытов руководствовались методическими рекомендациями по кормлению сельскохозяйственной птицы. В опытах использовались перепела породы Техасский белый. Данная порода относится к мясному направлению продуктивности. Окрас перьев белый.

В первом научно-хозяйственном опыте осуществлялся поиск наиболее перспективного соотношения мухи *Hermetia illucens*, растительного компонента и дрожжей для кормления перепелов. Для этого были составлены рецептуры кормовых добавок, представленные в таблице 41.

Таблица 41 – Разработка рецептуры кормовых добавок

Сырье, %	Кормовые добавки		
	Белвисин-1	Белвисин-2	Белвисин-3
Заквашенные проростки пшеницы	47,5	32,0	63,0
Личинка <i>Hermetia illucens</i> сухая	47,5	63,0	32,0
Дрожжи жидкие	5,0	5,0	5,0

Питательная ценность кормовых добавок, применяемых в опыте представлена в таблице 42.

Анализируя таблицу 42 пришли к заключению, что содержание сырого протеина в кормовой добавке «Белвисин-2» больше, чем в кормовой добавке «Белвисин-1» и «Белвисин-3» на 5,2 % и 10,3 % соответственно. Содержание сырого жира в кормовой добавке «Белвисин-2» было больше на 3,9 % и 8,0 % по сравнению с анализируемыми добавками.

Таблица 42 – Результаты определения химического состава комбикорма и с внесением кормовых добавок в количестве 1 %

Показатель	Добавки		
	Белвисин-1	Белвисин-2	Белвисин-3
Сырой протеин, %	28,7±1,7	33,9±1,5	23,6±1,8
Сырой жир, %	13,6±0,9	17,5±0,6	9,5±0,7
Клетчатка, %	8,4±0,2	9,5±0,7	7,4±0,4
Обменная энергия, ккал/100 г	391,6±3,7	406,7±4,4	376,5±5,3
Сухие вещества, %	91,4±1,3	92,7±3,1	90,5±2,8
Зола, %	3,6±0,2	4,7±0,7	2,6±0,4

Содержание клетчатки было выше в кормовой добавке «Белвисин-2» на 1,1 % по сравнению с добавкой «Белвисин-1» и на 2,1 % больше по сравнению с добавкой «Белвисин-3». Таким образом, по биологической ценности кормовая добавка «Белвисин-2» превосходит аналоги.

### **3.5 Изучение влияния кормовых добавок на зоотехнические показатели сельскохозяйственной птицы**

Из полученных на предыдущих этапах компонентов нами было составлено несколько кормовых добавок, испытание которых в дальнейшем проводили на сельскохозяйственной птице. Рецептура кормовых добавок представлена в таблице 41. Перед применением кормовых добавок они были

исследованы на общую токсичность ввиду того, что в процессе изготовления кормовых добавок в них могут попасть токсичные соединения и грибы, которые будут представлять угрозу для здоровья сельскохозяйственной птицы и в дальнейшем человека.

Биотестирование было проведено согласно требованиям нормативно-технической документации на стилонихиях. Для проведения опыта использовали суточную культуру и тестирование проводили в специально отведенном месте в трех повторностях. В контрольную группу вводили 1 % раствор ацетона, далее проводили культивирование и подсчет количества выживших организмов.

По результатам опытов было отмечено, что выживаемость стилонихий на растворах с внесением исследуемых кормовых добавок составляет 97,0 %, 98,0 % и 97,0 % соответственно. Данные показатели характеризуют исследуемые кормовые добавки как нетоксичные.

Таким образом, можно сказать, что применение разработанных кормовых добавок на основе сушеной личинки мухи *Hermetia illucens*, кормовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, а также заквашенных проростков пшеницы безопасно.

Для оценки влияния разработанных кормовых добавок на продуктивность сельскохозяйственной птицы их включали в основной рацион перепелов в количестве 2 % от массы комбикорма. Для формирования групп птицы проводили индивидуальные взвешивания. Проводили взвешивание птицы еженедельно в течение 42-х дней для оценки влияния кормовых добавок на рост и продуктивность птицы. Целью проведения опыта была оценка мясных качеств тушек перепелов. Динамика изменения живой массы перепелов в процессе исследования представлена в таблице 43.

Таблица 43 – Результаты динамики живой массы перепелов при выращивании, n=30

Продолжительность выращивания, суток	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
1-	9,78±0,65	9,75±0,82	9,77±0,74	9,78±0,59
7-	31,05±2,71	31,35±3,19	32,72±2,87	32,89±3,75
14-	79,59±4,65	84,21±3,98	79,78±2,97	85,66±4,66*
21-	119,91±7,84	147,24±6,77*	141,32±7,32*	147,41±7,87*
28-	197,26±8,38	218,45±9,11*	216,54±8,93	220,37±10,54
35	237,71±8,93	255,97±9,75	279,56±8,97*	259,11±9,75*
42-	331,67±10,17	340,42±12,43	365,31±10,64*	345,25±11,75*

Примечание: \* – разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Средняя масса птицы составила 9,76 грамм. Контрольный убой птицы проводили по достижении ей возраста 42 дней, путем отбора 3 самцов и 3 самок из каждой группы исследуемого поголовья.

На 7 сутки проведения опыта по определению динамики роста живой массы все опытные группы превосходили контрольную. Показатели массы 1 головы перепела составили во второй опытной группе 31,35 г, в третьей опытной группе 32,72 г, а в четвертой опытной группе – 32,89 г живого веса птицы. Тенденция к превосходству живой массы птицы опытных групп над контрольной продолжалась на протяжении всего опыта. На 21-е сутки выращивания разница массы опытных и контрольной групп составила во второй опытной группе – 22,8 %, в третьей опытной группе – 17,9 %, а в четвертой опытной группе – 22,9 %.

На 35-е сутки проведения опыта разница в массе контрольной и опытных групп составила во второй опытной группе – 7,7 %, в третьей опытной группе – 17,6 %, а для четвертой опытной группы данный показатель равнялся – 9,0 %. По окончании проведения эксперимента на 42-е сутки отклонение показателей живой массы перепелов от контрольной группы

составила для второй опытной группы – 2,6 %, для третьей опытной группы – 10,1 %, для четвертой опытной группы – 4,1 %.

Далее определяли сохранность и приросты живой массы перепелов в нашем опыте. Полученные результаты представлены в таблице 44.

Наибольший среднесуточный прирост массы 1 головы перепела был отмечен у третьей опытной группы и составил 8,7 грамм на 1 голову в сутки. У перепелов первой опытной группы среднесуточный прирост массы тела составляет 7,90 грамм в сутки, у второй опытной 8,11 грамм в сутки, а у четвертой опытной группы 8,22 грамма в сутки, что ниже показателей третьей опытной группы на 9,2 %, 6,8 % и 5,5 % соответственно.

Таблица 44 – Результаты влияния кормовых добавок на прирост живой массы и конверсию корма при выращивании перепелов, n=30

Показатель	Масса, г	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Прирост живой массы 1-42 дня	1 головы в среднем, г	331,67±10,17	340,42±12,43	365,31±10,64*	345,25±11,75*
	Среднесуточный, г	7,90±0,86	8,11±0,64	8,70±0,43*	8,22±0,65*
Расход корма 1-42 дня	На 1 голову, г/сут	19,4±0,8	19,3±0,6	18,8±0,9	19,5±0,2
	На 1 кг прироста, кг	2,46±0,14	2,38±0,32	2,16±0,06*	2,37±0,09*
Сохранность, %		96,7	96,7	100,0	93,0

Примечание: \* – разница с контролем достоверна (P < 0,05)

Показатели расхода комбикормов показывают, что меньше всего потребляет пищу птица третьей опытной группы – 18,8 г/сут на 1 голову. Расход кормов контрольной группы выше на 3,2 %, первой опытной группы – на 2,7 %, а четвертой опытной группы на 3,7 % соответственно. Отсюда

определяются показатели конверсии корма, которые наибольшие у контроля, и равняются 2,46 единиц, у первой опытной группы – 2,38 единиц, у третьей опытной группы – 2,37 единиц. Наименьше значение отмечается у третьей опытной группы, и оно составляет – 2,16 единиц. Нельзя не отметить влияние кормовых добавок на сохранность птицы. Полная сохранность птицы отмечается у третьей опытной группы. Сохранность птицы четвертой опытной группы составляет 93,0 %, в то время как контрольной группы и второй опытной – 96,7 %.

Изучение яйценоскости не стояло в наших задачах, однако стоит отметить, что перепела третьей опытной группы начали нестись на 38-й день, а четвертой опытной группы на 40-й день от начала опыта. Изучение биохимических показателей крови перепелов проводили в условиях ветеринарной клиники КубГАУ. Использовали сыворотку. Результаты биохимического анализа крови птицы представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Результаты определения влияния кормовых добавок на биохимические показатели крови перепелов, n=6

Показатели	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Общий белок, г/л	32,61±0,38	34,04±0,42	35,20±0,35	38,93±0,29
Альбумины, %	57,16±1,14	58,67±1,17	54,32±1,09	48,76±0,98
Глюкоза, ммоль/л	18,54±0,37	16,43±0,33	17,65±0,35	16,32±0,32
Мочевина, ммоль/л	4,05±0,12	3,98±0,09	3,97±0,11	3,53±0,12
Холестерин, ммоль/л	4,34±0,13	4,32±0,19	4,17±0,21	4,27±0,05
АсАТ, Ед./л	263,6±5,27	243,7±4,87	256,7±5,13	264,3±5,29
АлАТ, Ед./л	34,7±1,04	33,8±1,01	33,3±1,05	32,7±0,98
Кальций, ммоль/л	2,21±0,07	2,43±0,03	2,27±0,09	2,06±0,05
Общий фосфор, ммоль/л	1,36±0,02	1,53±0,05	1,47±0,07	1,44±0,10

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ) в сравнении с контролем

Согласно полученным данным, можно сделать вывод о том, что биохимические показатели крови колеблются по группам и не имеют значительного отклонения от нормативов. По всем показателям данные находятся в пределах физиологических норм.

Мясные качества тушки оценивали по количеству съедобных частей тушки. Данные мясной продуктивности представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Результаты определения влияния кормовых добавок на мясные показатели перепелов, n=6

Показатель	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Живая масса перед убоем, г	338,09±5,56	342,56±5,87	355,83±4,38	341,87±6,77
Масса тушки после обескровливания, г	321,52±4,87*	333,86±3,98	347,91±6,82*	331,23±6,91
К живой массе, %	95,10	98,33	97,80	96,89
Масса непотрошенной тушки, г	301,54±7,36	314,70±8,59*	329,15±3,45*	305,89±2,77
К живой массе, %	89,20	91,70	92,50	89,48
Масса потрошенной тушки, г	249,13±2,77	265,69±4,54*	279,14±3,16	255,32±2,54*
Убойный выход, %	73,70	77,56	78,44	74,68
Масса бедренных мышц, г	25,66±0,17	26,72±0,26	30,13±0,29	27,85±0,19
К живой массе, %	7,59	7,80	8,47	8,15
Мышцы голени, г	13,80±0,29	14,56±0,44*	15,71±0,32*	15,35±0,43
К живой массе, %	4,08	4,25	4,42	4,49
Грудные мышцы, г	73,89±1,57	82,15±2,12	92,31±1,76	83,45±1,57
К живой массе, %	21,86	23,98	25,94	24,41
Всего съедобных мышц, г	113,35±3,15*	123,43±2,98	138,15±2,64	126,65±2,25
К живой массе, %	33,53	36,03	38,82	37,05

Примечание: различия достоверны (\*p≤0,05) в сравнении с контролем

Анализ таблицы показывает, что наибольшая живая масса перед убоем была у перепелов третьей опытной группы и равнялась 355,83 г. Масса тушки

после обескровливания к живой массе также выше у третьей опытной группы и равняется 97,8 %. Масса непотрошенной тушки третьей опытной группы выше контроля на 9,15 %. Масса бедренных мышц первой, второй и третьей опытных групп выше контроля на 4,13 %, 17,4 % и 8,53 % соответственно.

Для оценки качества проводили определение органолептических показателей, согласно нормативной документации по пятибалльной системе с установлением коэффициентов весомости для каждого показателя. В нашем исследовании отслеживали следующие показатели с установленными коэффициентами весомости: вкус и запах – 4, внешний вид – 3, цвет на разрезе – 2, сочность – 1. Результаты представлены в таблице 47.

Таблица 47 – Результаты влияния кормовых добавок на органолептические показатели мышц перепелов, n=6

Показатель	Коэффициент весомости	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Вкус и запах	4	17,8±2,3	18,3±2,5	19,3±1,8	18,3±1,7
Цвет на разрезе	2	6,4±0,8	7,8±0,7	9,6±1,2	9,3±1,8
Сочность	1	4,9±0,7	4,8±0,3	4,9±0,6	4,7±0,2
Внешний вид	3	14,2±1,6	14,7±0,5	14,7±0,9	12,0±0,5
Итого	-	43,3±1,9	45,6±1,2	48,5±3,1	44,3±4,7

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Как видно из таблицы 49 дегустаторы отметили образец третьей опытной группы, который получил лучшие баллы, составившие 48,5 из 50,0 возможных. Данная оценка говорит о высоких органолептических показателях мяса птицы. Наиболее выделенные дегустаторами параметры – это вкус и запах, а также внешний вид. Образцы мышечной ткани птицы контрольной группы не были положительно восприняты комиссией, поэтому они получили наименьшее количество баллов – 43,3 балла.

Нами была проведена дегустационная оценка качества бульона, полученного после варки грудных мышц перепелов.

По результатам проведенной дегустационной оценки бульона можно сделать вывод о качестве мяса, из которого он был получен. При оценке качества бульона ключевыми показателями является его вкус и наваристость, что отражено в коэффициентах весомости. Наименее значимым является показатель внешнего вида, ввиду видовых особенностей мяса, из которого его получают. Результаты представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Результаты влияния кормовых добавок на органолептические показатели бульона мяса перепелов, n=6

Показатель	Коэффициент весомости	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Вкус	4	16,0±1,3	16,8±1,2	16,0±1,3	15,6±2,3
Внешний вид	1	4,2±0,3	4,0±0,2	3,8±0,4	3,6±0,3
Наваристость	3	11,4±0,5	12,6±1,2	12,6±1,9	11,8±0,8
Аромат	2	8,0±0,4	8,4±0,8	9,6±0,6	8,8±0,3
Итого	-	39,6±2,2	41,8±3,1	42,0±4,2	39,8±1,7

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

При дегустации бульона, полученного из мышечной ткани перепелов третьей опытной группы, дегустаторами отмечается преимущество его по сравнению с контролем по показателям наваристости на 1,2 балла и аромата – на 1,6 балла. Эти показатели совокупно показывают, что в целом бульон первой опытной группы был лучше на 2,4 балла. Показатели качества бульона, полученного из мяса бройлеров второй опытной группы, показывают значительные отличия во вкусе, наваристости и аромате. Однако нельзя не отметить, что по сравнению с бульоном второй опытной группы он отличается на 0,2 балла. Это делает образец бульона второй опытной группы по совокупным характеристикам лучше контроля на 2,2 балла.

В дальнейшем перед нами стояла задача по изучению влияния кормовой добавки «Белвисин-2» на основные зоотехнические показатели в составе основного рациона при выращивании цыплят бройлеров при внесении 1 % и

2 %. Для проведения опыта было сформировано три группы цыплят бройлеров РОСС-308 по 50 голов в каждой, со средней массой тела  $72,14 \pm 1,32$  г. В опытных группах в состав рациона, в течение 42 дней включали добавки в количестве 2 % от общей массы корма. Контрольная группа получала основной рацион. Доступ к воде был не ограничен.

Формирование групп проводилось в двухсуточном возрасте таким образом, чтобы максимальное отклонение средней массы по группам не превышало 3 %. Последующие взвешивания проводили каждую неделю до достижения птицей возраста 42 дней.

В период проведения опыта обращали внимание на клиническое состояние птицы, поедаемость кормов. Нами были также отслежены следующие зоотехнические показатели: динамика массы тела, среднесуточный прирост живой массы 1 головы, сохранность поголовья, затраты корма, конверсия корма, масса внутренних органов, анатомическая разделка тушек птицы после убоя. По окончании эксперимента был проведен забор крови у 6 голов птицы каждой группы, с целью изучения влияния кормовых добавок на морфологические и биохимические показатели крови.

На протяжении опыта взвешивание птицы проводили каждую неделю, с целью изучения влияния кормовых добавок на массу тела птицы.

В таблице 49 раскрыты показатели по динамике изменения массы тела бройлеров в период опыта.

В период опыта клиническое состояние птицы всех групп было удовлетворительным, бройлеры были активными, хорошо поедали корм. Доступ к воде был не ограничен.

Из представленных данных видно, что положительную динамику прироста массы тела, по сравнению с контролем за весь период опыта, регистрировали во всех опытных группах.

Таблица 49 – Результаты влияния кормовых добавок на динамику массы тела цыплят-бройлеров, n=30

Возраст (дни)	Масса тела цыплят-бройлеров, г		
	Контроль	1-опытная (1 %)	2-опытная (2 %)
2	72,38±3,16	72,14±4,13	71,90±2,75
7	235,19±5,65	241,07±5,97	238,95±6,13
14	631,54±7,87	650,49±7,32	646,70±8,92
21	1181,14±10,23	1246,10±11,64*	1237,84±10,43*
28	1783,10±14,69	1897,22±15,88*	1877,60±15,74*
35	2682,19±21,65	2937,00±19,43*	2886,04±22,74*
42	3694,88±34,66	3953,52±29,54*	3894,40±34,11*

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

На 14 день проведения исследования наблюдали увеличение массы тела, относительно контрольной, в первой опытной на 3,0 %, во второй на 2,4 % соответственно. На 28 день этот показатель в первой опытной группе по сравнению с контролем, был зафиксирован на уровне 6,4 %, а второй опытной группе на 5,3 %. В конце опыта на 42 сутки у птицы первой опытной группы, относительно контрольной группы, прирост массы тела был больше и составил 7,0 %, во второй опытной группе увеличение фиксировали на уровне 5,4 %. Увеличение роста массы тела цыплят бройлеров в опытных группах можно объяснить тем, что в состав рациона дополнительно вводится кормовой белок, который необходим для синтеза биологически активных соединений, приводящих к росту мышечной массы птицы и других структур и органов.

По окончании эксперимента, нами был рассчитан среднесуточный прирост птицы по группам. Полученные результаты отражены в таблице 52. Полученные значения по среднесуточному приросту массы тела цыплят бройлеров свидетельствуют, что все опытные группы превышали показатели контроля.

За период опыта, длившегося от восьмого до четырнадцатого дня, среднесуточный прирост массы первой опытной группы был выше контроля

на 3,3 %, а второй опытной группы на 2,9 % больше контрольного показателя. В опытных группах стимуляция роста массы тела птицы происходила наиболее интенсивно на 29-35-й день выращивания птицы, в этот период среднесуточный прирост массы по сравнению с контролем был выше, в первой опытной группы на 15,7 %, а во второй опытной группы на 12,2 %. На последней неделе выращивания птицы среднесуточный прирост массы тела в опытных группах незначительно превышал контрольный показатель, в первой на 0,38 %, а во второй всего лишь на 0,02 %.

Таблица 50 – Результаты определения среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров, n=30

Возрастной период, дней	Среднесуточный прирост живой массы, г		
	Контроль	I-опытная	II-опытная
2-7	27,14±1,66	28,16±2,53	27,84±2,75
8-14	56,62±2,86	58,49±3,75	58,25±3,16
15-21	78,51±3,75	85,09±3,98*	84,45±4,74
22-28	85,99±4,65	93,02±4,21*	91,39±5,77*
29-35	128,44±5,75	148,54±5,87*	144,06±6,32*
36-42	144,67±5,99	145,22±6,16	144,70±8,35
2-42	88,35±4,75	94,67±5,32	93,23±5,32

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Наряду с показателем прироста массы тела птицы, достаточно важными являются показатели, отражающие затраты корма и его конверсию. Конверсия корма отражает ключевые значения о влиянии корма на организм птицы и регламентируют его затраты. В таблице 51 приведены данные по затратам корма и конверсии за период выращивания бройлеров.

Анализируя данные таблицы 51, определили, что затраты корма во всех группах, задействованных в опыте, в период с восьмого по четырнадцатый дни, имели практически одинаковые значения.

Относительно конверсии корма, отметили, что в I-ой опытной группе этот показатель был ниже контрольного на 2,8 %, во II-ой опытной группе конверсия была ниже всего лишь на 0,7 % контрольного показателя.

Таблица 51 – Результаты определения среднесуточных затрат и конверсии корма для цыплят-бройлеров, n=30

Возраст ной период, (дни)	Контроль		I-опытная		II-опытная	
	Затраты корма, г/сутки	Конверсия	Затраты корма, г/сутки	Конверсия	Затраты корма, г/сутки	Конверсия
2-7	30,0±2,4	1,11	30,0±1,7	1,07	31,0±2,9	1,10
8-14	80,0±4,6	1,41	80,0±3,7	1,37	82,0±2,2	1,40
15-21	110,0±8,4	1,40	120,0±7,3	1,41	120,0±6,3*	1,42
22-28	135,0±10,5	1,56	134,0±9,3	1,43	140,0±5,8*	1,54
29-35	216,0±11,2	1,69	212,0±8,4	1,43	230,0±5,1*	1,60
36-42	248,0±13,6	1,71	240,0±8,6	1,65	243,0±6,4	1,68
2-42	139,1±5,3	1,57	138,8±9,5	1,45	145,0±7,3	1,54

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

За временной период 22-28 дни эксперимента среднесуточное потребление корма в первой опытной группе был ниже, контрольного показателя на 0,8 %, а во второй опытной группе этот показатель, наоборот, превышал контроль на 3,7 %.

Конверсия корма в этот период в первой опытной группе была ниже контроля на 8,3 %, а второй опытной группы ниже на 1,3 % соответственно. Среднесуточное потребление корма бройлерами с 36 по 42 дни в первой опытной группы было ниже контрольного показателя на 3,2 %, во второй опытной меньше на 2,1 %. Конверсия корма, относительно контрольного показателя (1,71), самая низкая была в первой опытной группе и составила 1,65, во второй опытной группе этот показатель был на уровне 1,68.

За весь период опыта конверсия корма в первой и второй опытных группах была меньше контрольного показателя на 7,6 % и 1,9 %

соответственно. Среднесуточное потребление корма на голову птицы в первой опытной группе на 0,2 % меньше контроля, а во второй опытной группе этот показатель превышал контроль на 4,2.

Результаты оценки сохранности поголовья показали, что использование кормовой добавки «Белвисин-1» в дозировке 1 % способствует полной сохранности поголовья птицы, задействованной в опыте. В контрольной группе сохранность составила 96 %, а во второй опытной 98 %.

С целью изучения влияния исследуемых кормовых добавок на массу внутренних органов, по окончании опыта, птица была забита и проведена разделка тушек цыплят-бройлеров контрольной и опытных групп. Результаты взвешивания представлены в таблице 52.

Таблица 52 – Масса внутренних органов цыплят-бройлеров при использовании кормовых добавок, n=6

Внутренние органы	Масса внутренних органов, г		
	Контроль	I-опытная	II- опытная
Сердце	19,0±2,4	18,2±1,9	18,7±0,9
Печень	64,5±3,6	66,3±4,4	65,3±3,6
Желудок	73,0±4,1	71,8±4,8	74,2±3,9
Кишечник	168,0±8,3	169,1±7,3	167,8±5,3
Селезенка	4,5±0,6	4,4±0,3	4,3±0,4
Пищевод и зоб	23,0±1,5	22,5±1,7	23,1±1,9
Общая масса	352,0±6,8	352,1±7,7	353,5±8,3

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что масса внутренних органов всех групп бройлеров находилась в пределах физиологической нормы для данного вида и возраста птицы.

Отклонения от контрольной группы по массе внутренних органов наблюдалось незначительное. Стоит отметить, что масса сердца первой и второй опытных групп была ниже показателя контрольной группы на 4,2 % и

1,6 % соответственно. Отмечено незначительное уменьшение массы селезенки на 2,2 % в опытных группах, относительно контроля.

В процессе убоя, от шести голов птицы контрольной и опытных групп нами была взята кровь, с целью изучения влияния кормовых добавок на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров. Полученные результаты исследования морфологического состава цыплят-бройлеров крови представлены в таблице 53.

Таблица 53 – Результаты влияния кормовых добавок на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров, n=6

Показатели	Группы			Норма
	Контрольная	I-Опытная	II-Опытная	
Гемоглобин, г/л	67,3±3,69	80,6±3,69*	83,8±3,69**	70,00-130,00
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	2,7±0,14	3,2±0,11*	3,4±0,15**	3,00-4,00
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	32,3±0,96	37,6±0,93*	38,4±0,93**	20,00-40,00
СОЭ, мм/час	2,3±0,32	2,5±0,41	2,6±0,28	2,00-3,00
Лейкоцитарная формула, %				
Лимфоциты	60,4±1,76	59,8±0,86	60,4±1,52	52,00-60,00
Псевдоэозинофилы	27,5±2,59	25,6±2,59	27,2±2,59	24,0-30,0
Эозинофилы	6,8±1,00	7,3±1,15	7,4±0,87	6,00-10,00
Моноциты	8,0±1,65	7,8±1,18	8,2±1,53	4,00-10,00

Примечание: различия достоверны (\*p≤0,05; \*\*p≤0,01) в сравнении с контролем

Проведя интерпретацию морфологических показателей крови цыплят бройлеров контрольной и опытных групп, можно констатировать, что в задаваемом количестве кормовые добавки не оказывают токсического влияния на организм птицы, все показатели не выходили за пределы физиологических норм.

Однако, анализ гемоглобина показал, что по сравнению с контролем в I-ой опытной группе этот показатель был выше на 19,7 %, во II-ой опытной группе на 24,5 % соответственно.

Количество эритроцитов в опытных группах было больше относительно этого показателя контрольной группы в I-ой опытной группе на 18,5%, во II-ой опытной на 26,0 %.

Увеличение количества эритроцитов и концентрации гемоглобина в крови цыплят бройлеров можно связать с интенсификацией обменных процессов, происходящих в организме птицы под влиянием компонентов, входящих в состав кормовых добавок.

Достоверные изменения количества эритроцитов и гемоглобина в крови цыплят-бройлеров опытных групп, по сравнению с контрольной группой, взаимосвязаны и показывают на улучшение обменных процессов в клетках организма за счет усиления транспорта кислорода в организме опытной птицы после введения в их рацион кормовой добавки, что может быть обусловлено воздействием витаминов группы В, которые принимают активное участие в синтезе гемоглобина.

Уровень лейкоцитов тоже претерпевал изменения в группах сравнения, так в I-ой опытной группе этот показатель превосходил контроль на 16,4 %, во II-ой опытной группе был выше на 18,8 %.

Увеличение уровня лейкоцитов может свидетельствовать об увеличении иммунной защиты организма у подопытной птицы. Большое значение в данном могут играть аминокислоты, входящие в состав кормовой добавки и отвечающие за синтез биологически активных соединений, обладающих защитой.

В остальных исследуемых нами показателях не отмечали существенных различий в их количестве в опытных и контрольной группах. Не было отмечено возникновения: Уровень эозинофилов в контрольной и опытных группах не выходит за пределы физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии аллергических реакций в организме птицы. В лейкоцитарной формуле сдвигов в группах сравнения, не регистрировали.

С целью изучения влияния кормовых добавок на организм цыплят-бройлеров нами были определены биохимические показатели, отражающие все стороны метаболизма, а также печеночные ферменты, индикаторы функционального состояния печени. Результаты биохимического исследования показателей крови птицы представлены в таблице 54.

Таблица 54 – Результаты влияния кормовых добавок на биохимические показатели крови цыплят бройлеров, n=6

Показатель	Группы			Норма
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	
АСТ, Ед/л	243,6±5,27	222,4±10,87	209,6 ±6,94*	72,60–286,00
АЛТ, Ед/л	32,4±0,67	31,5±1,62	30,7±1,48*	12,30–284,00
Щелочная фосфатаза, Ед/л	1134,2±16,23	1118,3±12,08	1106,4±10,25	720,00–1200,00
Холестерин, ммоль/л	2,87±0,41	3,08±0,17	3,10±0,16	2,80–5,20
Общий билирубин, мкмоль/л	3,53±0,25	3,82±0,16	3,65±0,23	0,17–8,50
Мочевая кислота, мкмоль/л	67,28±1,47	65,46±2,35	64,8±3,52	44,00–108,00
Общий белок, г/л	45,74±1,40	51,78±1,14*	53,38±1,22**	43,00–59,00
Альбумин, г/л	14,36±1,23	15,12±0,45	16,34±0,82*	13,30–20,60
Глюкоза, ммоль/л	8,82±0,50	8,35±0,46	8,16±0,37	4,40–7,70
Креатинин, мкмоль/л	142,04±5,42	154,07±3,35*	162,46±4,15**	123,00–250,00
Фосфор, ммоль/л	1,72±0,08	1,95±0,10*	2,03±0,15**	1,78–2,42
Кальций, ммоль/л	2,08±0,05	2,36±0,03*	2,42±0,18**	2,00–3,00

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ) в сравнении с контролем

Анализируя полученные данные по биохимическим показателям крови можно сделать вывод о том, что включение в состав основного рациона цыплят-бройлеров не оказало изменений, выходящих за пределы их референсных значений. По некоторым показателям отмечены изменения в их количестве относительно контрольной группы. Фермент АСТ (аспартатаминотрансфераза) находится в печени и миокарде. Повреждение этих органов служит маркером для патологии функционального состояния сердца и печени, а в последствие увеличения его количества в сыворотке

крови. Во II ой опытной группе отмечено снижение уровня этого фермента относительно контроля на 14 %, что может свидетельствовать о том, что использование кормовых добавок не оказывает токсического действия на эти органы.

Аланинаминотрансфераза (АЛТ) фермент, принимающий участие в реакциях трансаминирования между аминокислотой аланином и кетокислотой а-кетоглутаратом, в результате этих реакций образуется пировиноградная кислота и глутамат. В дальнейшем пировиноградная кислота при ее декарбоксилировании переходит в активную уксусную кислоту, окисляется в цикле Кребса с образованием энергии аденозинтрифосфорной кислоты, необходимой для осуществления физиологических функций организма.

Относительно контрольной группы во II-ой опытной этот показатель был меньше на 5,2 %.

Щелочная фосфатаза важнейшую роль в реакциях усвоения фосфора и кальция в организме в организме птицы. Не достоверное уменьшение количества щелочной фосфатазы на 2,4 % относительно контрольной группы отмечено во II-ой опытной группе, в I-ой группе это разница составила 1,4 % соответственно.

Общий белок в сыворотке крови показывает уровень обеспеченности организма белковыми компонентами, необходимыми не только для обеспечения организма энергией, но и для синтеза биологически активных соединений таких как гормоны, ферменты, белки сыворотки крови.

При исследовании количества общего белка можно констатировать, что включение в состав рациона наших добавок приводит к достоверному увеличению его количества относительно контроля в I-ой опытной группе на 13,2 %, во II-ой на 16,7 %. Количество альбуминовой фракции в I-ой опытной группе относительно контроля было выше и составило 5,2 %, во II-опытной группе отмечалось так же увеличение этого показателя на 13,7 %

Увеличение содержания белка и альбумина в опытных группах происходит из-за дополнительного использования аминокислот, входящих в состав кормовых добавок, так как белковым сырьем для производства кормовых добавок является Черная Льевинка. Уровень глюкозы во всех группах опыта был незначительно выше нормируемого показателя, что может быть связано со стресс-реакцией организма птицы во время манипуляции по забору крови. Креатинин в живом организме является конечным продуктом распада белка креатина и образуется при процессе субстратного фосфорилирования аденозиндифосфорной кислоты (АДФ). Увеличение количества креатинина в первой на 8,4 % и второй опытной на 14,3 % группах, относительно контрольной группы можно объяснить наибольшим объемом мышечной массы в этих группах и интенсификацией процессов образования аденозинтрифосфорной кислоты.

Среди биохимических показателей нами были определены показатели, отражающие минеральный, среди них хочется отметить биохимическую роль фосфора и кальция. Фосфор является минеральным элементом, играющим большую роль в процессах субстратного фосфорилирования, активации промежуточных соединений обмена белков, жиров и углеводов. Нами было отмечено, что в I-ой опытной группе количество фосфора составило  $1,95 \pm 0,10$  ммоль/л, что на 13,3 % выше количества в контроле, во II-ой опытной группе этот показатель был равен  $2,03 \pm 0,15$  ммоль/л, что на 18,0 % больше показателя контрольной группы. Содержание кальция хоть и не выходило за пределы нормируемых показателей, но в опытных группах, в сравнительном аспекте с контрольной наблюдалось увеличение этого показателя в I-ой на 13,4 %, во II-ой на 16,3 % соответственно.

Для оценки качества мясных показателей тушек проводили анатомическую разделку птицы по достижению 42 дней с целью определения выхода различных товарных частей. Результаты отражены в таблице 55.

Таблица 55 – Результаты влияния кормовых добавок на анатомические показатели тушки цыплят-бройлеров, n=6

№ п/п	Показатели	Контрольная	1-опытная	% к контролю	2-опытная	% к контролю
1	Живая масса перед убоем	3911,6±11,6	3942,4±9,5	+0,8	3939,4±12,6	+0,7
2	Масса непотрошенной тушки (без пера, крови),	3129,2±14,9	3285,1±9,8*	+5,0	3140,1±7,4	+0,4
3	Масса потрошенной тушки (без головы, ног и внутренних органов), г	2544,0±21,5	2749,0±15,7*	+8,1	2589,0±18,4	+1,8
4	<b>Мышцы:</b> Грудные	854,8±10,4	923,6±11,6	+8,1	874,0±13,7	+1,8
5	Бедренные	312,9±6,7	363,2±5,5	+16,1	321,5±4,7	+2,8
6	Голени	183,2±3,7	215,0±3,1	+17,4	197,4±3,7	+7,8
7	Кости	1193,1±13,7	1247,2±6,9*	+4,5	1196,1±5,7	+0,3
8	Пищевод и зоб	23,0±2,6	22,5±1,6	-2,2	22,4±2,0	-2,6
9	Мышечный желудок	73,0±4,7	70,0±1,8	-4,1	69,0±1,9	-5,5
10	Селезенка	4,5±0,6	4,4±0,6	-2,2	4,3±0,3	-4,5
11	Кишечник	168,0±5,5	181,0±4,9*	+7,7	163,5±5,2	-2,7
12	Печень	64,6±2,4	66,3±2,5*	+2,8	65,5±2,8	+1,4
13	Сердце	18,5±1,3	18,4±1,7	-0,5	18,6±1,8	+0,5

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Анализируя данные анатомической разделки, можно прийти к следующему заключению: масса потрошенной тушки первой опытной группы

была больше контроля на 8,1 %, что является лучшим показателем из всех опытных групп. Масса потрошенной тушки второй опытной группы превышала контрольные показатели всего лишь на 1,8 %. Наибольший интерес представляет динамика изменения массы мышц разных частей тушек, в особенности грудных, бедренных и мышц голени, так как эти части тушек являются товарными и представляют особую ценность при промышленной переработке. Масса грудных, бедренных мышц и мышц голени в первой опытной группе также выше, по сравнению с контролем, на 8,1 %, 16,1 % и 17,4 % соответственно. Во второй опытной группе эти показатели так же превышали показатели контрольной группы. Масса грудных мышц была больше на 1,8 %, бедренных – на 2,8 %, а масса мышц голени на 7,8 % соответственно.

Масса костной ткани, относительно контроля, был выше в первой опытной группе на 4,5 %, во второй этот показатель практически не отличался и составил 0,3 %. Показатели массы пищевода и зоба у опытных групп ниже, чем у контроля, одна различия статистически неразличимы и находятся в диапазоне 2,2 % и 2,4 % соответственно. Масса мышечного желудка опытных групп также ниже на 4,1 % и 5,5 % соответственно. Масса кишечника первой опытной группы выше контроля на 7,7 %, а второй опытной группы ниже на 2,7 %. Масса печени у первой опытной группы выше по сравнению с контролем выше на 2,8 %, а у второй на 1,4 %. Остальные, анализируемые нами показатели, находились в равном количестве.

Для оценки качества проводили определение органолептических показателей, согласно нормативной документации, отраженной в разделе материала и методы исследования по пятибалльной системе с установлением коэффициентов весомости для каждого показателя. Определяли коэффициент весомости с той целью, что он устанавливает важность и влияние того или иного показателя на конечный результат дегустационной оценки. В нашем исследовании отслеживали следующие показатели с установленными

коэффициентами весомости: вкус и запах – 4, внешний вид – 3, цвет на разрезе – 2, сочность – 1. Результаты даны в таблице 56.

Таблица 56 – Результаты влияния кормовых добавок на органолептические показатели мяса цыплят-бройлеров, n=6

Показатель	Коэффициент весомости	Контроль	1-опытная	2- опытная
Вкус и запах	4	18,4±0,4	19,2±0,8*	18,4±1,2
Цвет на разрезе	2	9,6±0,2	9,6±0,2	9,2±0,8*
Сочность	1	5,0±0,2	4,8±0,4	4,8±0,6
Внешний вид	3	14,4±1,0	14,6±1,2	14,4±1,0
Итого	-	47,4±1,2	48,2±1,6*	46,8±1,8

Примечание: различия достоверны (\* $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем

Как видно из таблицы 56 дегустаторы отметили образец первой опытной группы, который получил лучшие баллы, составившие 48,2 из 50,0 возможных. Данная оценка говорит о высоких органолептических показателях мяса птицы. Нами была проведена дегустационная оценка качества бульона, полученного после варки грудных мышц бройлеров. Результаты представлены в таблице 57.

Таблица 57 – Результаты влияния кормовых добавок на органолептические показатели бульона, n=6

Показатель	Коэффициент весомости	Контроль	1-опытная	2- опытная
Вкус	4	16,0	16,8	16,0
Внешний вид	1	4,2	4,0	3,8
Наваристость	3	11,4	12,6	12,6
Аромат	2	8,0	8,4	8,8
Итого	-	39,6	41,8	41,2

По результатам проведенной дегустационной оценки бульона можно сделать вывод о качестве мяса, из которого он был получен. При оценке

качества бульона ключевыми показателями является его вкус и наваристость, что отражено в коэффициентах весомости. Наименее значимым является показатель внешнего вида, ввиду видовых особенностей мяса, из которого его получают. При дегустации бульона, полученного из мышечной ткани бройлеров первой опытной группы, дегустаторами отмечается преимущество его по сравнению с контролем по всем показателям, а именно по вкусу на 0,8 баллов, по внешнему виду на 0,1 балла, по наваристости на 1,2 балла и по аромату на 0,4 балла. Эти показатели совокупно показывают, что в целом бульон первой опытной группы был лучше на 2,5 балла. Показатели качества бульона, полученного из мяса бройлеров второй опытной группы, показывают значительные отличия в наваристости – на 1,2 балла и в аромате – на 0,8 балла. Однако нельзя не отметить, что по сравнению с контрольным образцом образец бульона второй опытной группы на 0,4 балла отстает от контроля, а по вкусовым характеристикам показывает такие же значения – 12,0 балла. Это делает образец бульона второй опытной группы по совокупным характеристикам лучше контроля на 1,6 балла.

Таким образом, на основании проведенной дегустационной оценки можно сказать, что бульон, полученный из мышечной ткани бройлеров двух опытных групп, показывает лучшие дегустационные качества по сравнению с контрольным образцом. Однако из них, бульон мышечной ткани первой опытной группы лучше бульона второй опытной группы на 0,9 балла, что делает его более предпочтительным по сравнению с конкурентом.

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Для оценки экономической эффективности применения разработанной кормовой добавки при разном ее процентном внесении оценивали динамику живой массы бройлеров при внесении в рецептуру основного рациона кормовой добавки «Белвисин-2» в количестве 1 % и 2 % по массе основного комбикорма для бройлеров. Рассчитанная нами стоимость кормовой добавки равняется 75 р/кг.

Расчет экономической эффективности при скармливании кормовых добавок при выращивании цыплят-бройлеров представлен в таблице 58.

Таблица 58 – Расчет экономической эффективности кормовых добавок

Показатель	Кормовая добавка		
	Без кормовых добавок	Белвисин-2 1%	Белвисин-2 2%
1	2	3	4
Живая масса при убое, г	3694,88±34,66	3953,52±29,54	3894,40±34,11
Среднесуточный прирост, г	88,35±4,75	94,67±5,32	93,23±5,32
Всего поголовья, кг	177,4±0,89	197,7±0,73	190,8±0,94
Сохранность, %	96,0	100	98,0
Затраты комбикорма на выращивание, 1-42 дня			
На 1 голову, г	5733,0±30,3	5712,0±54,1	5922,0±42,5
На 1 кг прироста, кг	1,57	1,45	1,54
На все поголовье, кг	275,18±0,84	285,60±0,67	290,18±1,16
Затраты кормовой добавки, 1-42 дня			
Всего, кг	-	2,86	5,80
Экономическая эффективность			
Цена комбикорма, руб.	49,0		

## Продолжение таблицы

1	2	3	4
Стоимость израсходованного комбикорма, руб.	13483,82	13854,26	13934,62
Цена кормовой добавки, руб.	-	75,0	
1	2	3	4
Стоимость израсходованной добавки, руб.	-	214,5	435,0
Стоимость комбикорма с добавкой, руб.	13483,82	14068,76	14369,62
Цена реализации 1 кг потрошенного бройлера, руб.	270,0		
Масса потрошенной тушки, г	2544,0	2749,0	2589,0
Масса потрошенного поголовья, кг	122,1	137,5	126,9
Выручка от реализации мяса бройлера, руб.	32967	37125	34263
Прибыль от реализации мяса бройлера, руб.	19483,2	23056,2	19893,4
Рентабельность, %	59,1	62,1	58,1

Использование кормовой добавки «Белвисин-2» способствует повышению экономической эффективности производства мяса бройлеров. В то же время применение добавки «Белвисин-2» при дозировке 1 % оказалось наиболее экономически выгодным. При данной дозировке внесения увеличивается масса потрошенной тушки, прибыль от получаемой продукции, а рентабельность внесения кормовой добавки «Белвисин-2» составляет 62,1 %, что на 3,0 % выше контрольной группы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При разработке технологии получения растительного компонента кормовой добавки «Белвисин» установлено, что наиболее подходящим агентом для стерилизации зерна пшеницы является 5 % раствор перекиси водорода. В ходе научных исследований определили, что выдерживание зерна пшеницы следует проводить в 4,5 % экстракте мицелия вешенки течение 18 часов, с последующим проращиванием в течение 72 часов при температуре 22...24 °С, а затем ферментированием с использованием молочнокислых бактерий в течение 7 суток при температуре 35-37 °С.

2. Для культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* подобрана меласно-автолизатная питательная среда, следующего состава: меласса – 20 г/л, вытяжка гуминового препарата – 50 мл/л, сок проростков пшеницы – 50 мл/л. Данная питательная среда является оптимальной, так как обеспечила концентрацию дрожжевых клеток  $5,6 \times 10^8$  КОЕ/мл через 36 часов культивирования, при полной сохранности культуры в живом состоянии.

3. При выборе субстрата для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* был подобран оптимальный состав, при котором отмечали высокий прирост живой массы личинок: отруби пшеничные – 64 %, комбикорм ПК-5-1 «Старт» - 16 %, заквашенные проростки пшеницы – 20 %, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* в количестве 0,1 % к массе влажного субстрата. При этом влажность субстрата для выращивания насекомых должна быть на уровне 65-75 %. Масса живой личинки мухи *Hermetia illucens* в конце опыта составила 0,215 г. При определении химических показателей установлено, что содержание белка было на уровне 47,4 % и жира - 27,4 %.

4. При разработке рецептуры кормовой добавки установлено, что в ее состав целесообразно включать высушенные личинки мухи *Hermetia illucens*, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, заквашенные проростки пшеницы в соотношении: 63:5:32 по массе. Определение химических показателей кормовой добавки позволило говорить о том, что она обладает высокой

биологической ценностью и содержит в своем составе: сырого протеина – 33,9 %, сырого жира – 17,5 %, а также 9,5 % сырой клетчатки.

5. На основании проведенных опытов по изучению влияния кормовой добавки на основные зоотехнические показатели определили, что при кормлении сельскохозяйственной птицы целесообразно вносить в основной рацион кормовую добавку «Белвисин-2» в количестве 1 % к основному рациону в течение всего периода выращивания. В ходе эксперимента отмечено увеличение прироста живой массы птицы на 7,0 %, средняя масса цыплят-бройлеров на 42-й день выращивания была на уровне 3953,52 грамма. Включение кормовой добавки привело к снижению конверсии корма на 8,3 %.

6. Проведенная производственная апробация и оценка экономической эффективности применения кормовой добавки «Белвисин-2» в количестве 1 % к массе основного рациона при выращивании цыплят-бройлеров показала, что ее использование является экономически выгодным и способствует увеличению рентабельности на 3,0 %.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

С целью повышения эффективности производства продукции птицеводства рекомендуем в составе полнорационных комбикормов использовать кормовую добавку «Белвисин-2» при внесении в количестве 1 % по массе комбикорма в период с 2-х по 42-е сутки выращивания.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Полученные результаты использования энтомологического наполнителя в составе кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы обосновывают необходимость проведения дополнительных исследований по подбору кормовых субстратов для выращивания тропической мухи *Hermetia illucens*.

Полученные данные по химическому составу личинок тропической мухи *Hermetia illucens* говорят о необходимости изучения способов ее глубокой переработки и получения важных белково-жировых компонентов.

Положительные результаты применения комплексной кормовой добавки «Белвисин-2» в кормлении перепелов и цыплят-бройлеров обосновывают целесообразность ее использования на других видах сельскохозяйственной птицы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатурова, Е. А. Гидропонный корм / Е. А. Абатурова // Сельское хозяйство за рубежом. – 1975. – №. 10. – 12 с.
2. Абилов, Б. Т. Эффективность использования вторичного сырья АПК и других биологически активных веществ в птицеводстве / Б. Т. Абилов. – Алматы : Қазақ университет, 2012. – 151 с.
3. Алиев, Э. А. Выращивание растений в гидропонных теплицах / Э. А. Алиев. – Киев : Урожай, 1985. – 100 с.
4. Андриющенко, С. А. Ресурсные возможности реализации реализации стратегии импортозамещения с учетом экологической ответственности агробизнеса / С. А. Андриющенко, М. Я. Васильченко // Аграрный научный журнал. 2014. № 11. С. 75–80.
5. Аносова, М. В. Микрозелень. Выращивание витграсса / М. В. Аносова [и др.] // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2021. - № 1(16). – С. 63-70.
6. Антонов, А. М. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А. М. Антонов, Е. Lutovinovas, Г. А. Иванов, Н. О. Пастухова // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4-19.
7. Антюмюллер, Г. Дрожжи в пивоварении / Г. Антюмюллер, Г. Й. Мангер, П. Литц. – СПб.: Профессия, 2015.
8. Аронбаев, С. Д. Биосорбция ионов свинца, кадмия и меди осадочными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* / С. Д. Аронбаев, А. М. Насимов// Экологические системы и приборы, 2011. №. 2. С. 3-7.
9. Артахов, А. Б. Энтомоиндустрия черной львинки // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2021. № 4(18). – С. 61-70.

10. Бабунова, В. С. Проблема классификации кормовых добавок, используемых в рационе продуктивных животных / В. С. Бабунова, П. А. Попов, И. С. Осипова // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2020. № 1(33). С. 12-16. [Babunova VS, Popov PA, Osipova IS. The problem of classification of feed additives used in the diet of productive animals. Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2020;1(33): 12-16. (In Russ.)]. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001002.

11. Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 239 с.

12. Банницына, Т. Е. Дрожжи в современной биотехнологии / Т. Е. Банницына [и др.]. // Вестник Международной академии холода, 2016. – №. 1. – С. 24–29.

13. Бастриков, Д. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании / Д. Бастриков, Г. Панкратов // Хлебопродукты. – 2006. – № 1 –40 с.

14. Безбородов, А. М. Биохимические основы микробиологического синтеза / А. М. Безбородов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 304 с.

15. Бентли, М. Промышленная гидропоника / М. Бентли. – М. : Колос, 1955. – 368 с.

16. Бессарабов, Б. Ф. Влияние пробиотиков на рост и сохранность цыплят / Б. Ф. Бессарабов // Птицеводство. – 1983. – №. 1. – С. 25–26.

17. Бессарабов, Б. Ф. Птицеводство и технология производства яиц и мяса птицы / Б. Ф. Бессарабов, Л. Д. Жаворонкова, Т. А. Столяр. – М. : Колос, 1994. – 324 с

18. Бессарабова, Р. Ф. Корма и кормление сельскохозяйственной птицы / Р. Ф. Бессарабова, Л. В. Топорова, И. А. Егоров. – М. : Колос, 1992. – 271 с.

19. Блажнов, А. Зеленый корм круглый год / А. Блажнов // Молочное и мясное скотоводство. – 1992. – № 5. – С. 21–22.

20. Богатырев, И. Н. Использование биопрепаратов в кормлении животных для получения экологически чистого сырья / И. Н. Богатырев // Современное комбикормовое производство и перспективы его развития. – М. : МПА, 2003. – С. 84–88.
21. Борисова, С. В. Использование дрожжей в промышленности / С. В. Борисова, О. А. Решетник, З. Ш. Мингалеева – СПб.: ГИОРД, 2008 г. – 215 с.
22. Брагинец, С. В. Экономические перспективы производства комбикормов в небольших сельхозпредприятиях / С. В. Брагинец, О. Н. Бахчевников // Вестник НГИЭИ. 2022. № 7(134). С. 127-138. [Braginets SV, Bakhchevnikov ON. Economic prospects for formula feed production in small-scale farms. Bulletin NGIEI. 2022;7(134):127-138. (In Russ.)]. doi: 10.24412/2227-9407-2022-7-127-138
23. Брылин, А. П. Эффективные пробиотики в птицеводстве / А. П. Брылин // Ветеринария. – 2006. – № 10. – С. 16–17.
24. Будко Е. В. Обогащение дрожжей солями цинка / Е. В. Будко [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2012. Т. 18. №. 10 (129).
25. Валдман, А. Р. Использование витаминных кормов в животноводстве / А. Р. Валдман. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 79 с.
26. Васильченко, М. Я. Факторы повышения конкурентоспособности производственного потенциала агропромышленного комплекса в цепочках добавленной стоимости // Экономические науки. 2021. № 7(200). С. 43-47. [Vasilchenko MY. Factors of increasing the competitiveness of the production potential of the agro-industrial complex in value chains. Economic Sciences. 2021;7(200):43- 47. (In Russ.)]. doi: 10.14451/1.200.43.
27. Венедиктов, А. М. Справочник по кормлению сельскохозяйственных животных / А. М. Венедиктов [и др.]. – М. : Агропромиздат. – 1988. – 366 с.
28. Волкова, И. Пробиотики как альтернатива кормовым антибиотикам / И. Волкова // Птицеводство. – 2014. – № 2. – С. 9–15.

29. Вольская, Е. А. Значение органических кислот в обменных процессах у сельскохозяйственной птицы / Е. А. Вольская, В. В. Кравченко, Л. Н. Скворцова // Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». Краснодар, 2016. – С. 154-157.
30. Гадиев, Р. Р. Эффективность использования гидропонной зелени в гусеводстве / Р. Р. Гадиев // Российский электронный журнал. – 2015. – № 1 (15). – С. 121–132.
31. Гвасалия, Т. С. Дрожжи хлебопекарные как основное сырье хлебопекарного производства. / Т. С. Гвасалия, Т. П. Якименко, О. А. Макличенко – Современная наука и инновации, 2016. – С. 144–158.
32. Голубов, И. И. Развивать отечественное перепеловодство / И. И. Голубов, Г. В. Красноярцев // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 5. – С. 27-29.
33. Гончаров, В. Д. Рынок мяса и мясопродуктов в России: оценка и перспективы / В. Д. Гончаров, С. Г. Сальников // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 3(72). С. 68-76. [Goncharov VD, Salnikov SG. The market of meat and meat products in Russia: assessment and prospects. Economy, Labor, Management in Agriculture. 2021;3(72):68-76. (In Russ.)]. doi: 10.33938/213-68.
34. Гордин, А. А. Управление производством кормовых гидролизных дрожжей, как фактор устойчивого развития региона / А. А. Гордин, А. А. Грабар // Экономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – №. 10 (22). – С. 4.
35. Гунькина, Н. Исследование физико-химических свойств глюкоамилазы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* У-717 / Н. Гунькина, Е. Фараджева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 7. – С. 33-35.

36. Давтян, Г. С. Непрерывное гидропоническое производство свежего травяного корма и эффективность его применения / Г. С. Давтян, М. А. Бабахян. – Ереван : Изд-во АН Арм.ССР, 1977. – 71 с.

37. Джиеова, З. Г. Влияние на рост и развитие бройлеров кормовых дрожжей в составе из рациона / З. Г. Джиеова, Л. Х. Албегова // Научные труды студентов горского аграрного университета. Владикавказ, 2021. – С. 139-141.

38. Есаулова, Л. А. Стратегическая сессия. «Научное обеспечение технологического суверенитета в производстве кормовых добавок для сельскохозяйственных животных» // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.-практ. конф., (г. Воронеж, 21-25 марта 2022 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2022. Ч. 8. С. 90-92. [Esaulova LA. Strategic session. "Scientific support of technological sovereignty in the production of feed additives for farm animals". (Conference proceedings) Teoriya i praktika innovacionnyh tehnologij v APK: materialy nac. nauch.-prakt. konf., (g. Voronezh, 21-25 marta 2022 g.). Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU; 2022; 8:90-92. (In Russ.)].

39. Журбицкий, З. И. О питательных смесях для выращивания растений на искусственных средах / З. И. Журбицкий, Л. А. Соколов. // Вопросы гидропоники. 1964. – № 5. – С. 70–77.

40. Илиеш, В. Д. Пробиотики в животноводстве – путь к качеству и безопасности продуктов питания / В. Д. Илиеш, К. И. Скрыбина // Свиноводство. – 2012. – № 6. – С. 25–27

41. Ильина, Г. В. Влияние кормовой добавки энтомологического происхождения на биохимические и продуктивные показатели сельскохозяйственной птицы / Г. В. Ильина, Д. Ю. Ильин, Л. Л. Ошкина, С. А. Сашенкова, А. В. Остапчук // Нива Поволжья. 2021. № 2(59). С. 106 – 114.

42. Казаков, Е. Д. Основные сведения о зерне / Е. Д. Казаков. – Москва, 1997. – 144 с.

43. Казакова, Т. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Т. Д. Казакова, Г. П. Карпиленко. – СПб. : ГИОРД, 2005. – С. 332–345.

44. Калоев, Б. С. Возможности улучшения мясных качеств цыплят-бройлеров / Б. С. Калоев, М. О. Ибрагимов, З. В. Психацьева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. - № 3 (39). – 118 с.

45. Калюжин В. А. Терморезистентность у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Том 72, № 2. – М.: КолосС, 2011. – 313 с.

46. Канарская, З. А. Перспективные биотехнологии получения новых синбиотиков для сельскохозяйственных животных / З. А. Канарская [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - № 4. - С. 69-74.

47. Капогузов, Е. А. Импортозамещение в мясной промышленности: экспансия за доллар / Е. А. Капогузов, Р. И. Чупин, М. С. Харламова // ЭКО. 2020. № 11(557). С. 104-123. [Kapoguzov EA, Chupin RI, Kharlamova MS. Import substitution in the meat industry: expansion for one dollar. ECO. 2020;11(557):104-123. (In Russ.)]. doi: 10.30680/ECO0131-7652-2020-11-104-123.

48. Карев, В. П. Десять тонн зеленой подкормки в сутки / В. П. Карев // Ветеринария. – 1964. – № 2. – С. 5.

49. Кирдань Е. Н. Калорийность гидропонного зеленого корма / Е. Н. Кирдань, В. П. Камчатный, В. А. Костюченко // Достижение науки и техники АПК. – 1993. – № 3. – С. 18-19.

50. Колпакова В. В. Биоконверсия вторичного продукта переработки нутовой муки на белковый концентрат в кормовые дрожжи / В. В. Колпакова, Д. С. Куликов, В. А. Гулакова, Р. В. Уланова, Л. В. Шевякова // Пищевая промышленность. – 2023. № 9. – С. 90-95.

51. Коноплев, Е. Г. Повышение качества зерновых кормов / Е. Г. Коноплев // Сельское хозяйство за рубежом. – 1980. – № 10. – С. 37–42.

52. Коюшева, Е. С. Анализ производства основных видов кормов для сельскохозяйственных животных в Российской Федерации / Е. С. Коюшева, Я.

Ю. Степанова, Г. А. Суворов // Управление рисками в АПК. 2019. № 1(29). С. 54-62. [Koyusheva ES, Stepanova YYu, Suvorov GA. Analysis of the production of the main types of feed for farm animals in the Russian Federation. Agricultural Risk Management. 2019;1(29):54-62. (In Russ)]. doi: 10.53988/24136573-2019-01-05.

53 Кощаев, А. Г. Эффективность использования бактериальных кормовых добавок в промышленном птицеводстве / А. Г. Кощаев, Г. В. Фисенко, А. И. Петенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 4 (19). – С. 176-180.

54. Кравцова, Л. З. Новое поколение пробиотических препаратов кормового назначения / Л. З. Кравцова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 1.

55. Красочко, П. А. Пробиотики и аминокислоты как альтернатива антибиотикам в лечении животных / П. А. Красочко, Т. В. Снитко // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сборник научных трудов. – Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2015. – Т. 30: Ветеринария. – С. 85-91.

56. Кретович, В. Л. Биохимия зерна / В. Л. Кретович – М. : Наука, 1981. – 150 с.

57. Кретович, В. Л. Биохимия зерна и хлеба / В. Л. Кретович. – М. : Наука, 1991. – 136 с.

58. Кретович, В. Л. Биохимия растений / В. Л. Кретович. – М. : Высш. школа, 1986. – 503 с.

59. Кругляков, Ю. А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом / Ю. А. Кругляков. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 79 с.

60. Кривоносов, П. Н. Культивирование личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на нескольких вариантах кормосмеси при различных влажностях / П. Н. Кривоносов, И. Р. Таэль // Молодые ученые – экономике региона: материалы XXIII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар.

участием, г. Вологда, 7 декабря 2023 г. Вологда: ВолНЦ РАН, 2024. – С. 268-276.

61. Кузнецова, О. И. Пищевые отходы в составе кормовой смеси для выращивания личинок *Hermetia illucens* / О. И. Кузнецова, М. И. Василенко // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнологии: Сб. докл. Междунар. научно-техн. конференции, Алушта – Белгород, 01-05 июня 2020 года. Алушта; Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 393-397.

62. Лобанок, А. Г. Дрожжи как основа биологически активных кормовых добавок про- и пребиотического действия / А. Г. Лобанок, Л. И. Сапунова, А. Н. Шарейко, Е. А. Долженкова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2014. – № 1. – С. 17–22.

63. Лушников, Н. А. Минеральные вещества и природные добавки в питании животных / Н. А. Лушников. – Курган: КГСХА, 2003. – 192 с.

64. Лящев, А. А. Переработка куриного помета личинками черной львинки (*Hermetia illucens* L.) в условиях Северного Зауралья / А. А. Лящев, И. А. Прок, Е. В. Коваль, Н. А. Валов, Л. В. Лящева // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 11(125). 5 с. DOI 10.23670/IRJ.2022.125.118.

65. Макашев, Е. К. Нетрадиционные добавки в технологии кормления продуктивных птиц / Е. К. Макашев, Е. Е. Макашев // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 9. – С. 59–60.

66. Малик, Н. И. Ветеринарные пробиотические препараты / Н. И. Малик, А. Н. Панин // Ветеринария. – 2001. – № 1. – С. 46–51.

67. Матросова, С. В. Оценка эффективности кормления радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) диетой на основе личинки черной львинки / С.

В. Матросова, С. Н. Лябзина, В. В. Горбач, Ю. Н. Ильмаст // Известия КГТУ. 2023. № 71. С. 11-23. DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-11-23.

68. Меледина, Т. В. Физиологическое состояние дрожжей: Учеб. пособие / Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко, Л. М. Васильева. – Москва, 2013. – 48 с.

69. Моисеенко, В. Образование высших спиртов в ходе метаболизма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / В. Моисеенко, А. Дячина, О. Грачева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2004. – № 1. – С. 11–13.

70. Мухина, Н. В. Корма и биологически активные кормовые добавки для животных / Н. В. Мухина, А. В. Смирнова, З. Н. Черкай, И. В. Талалаева. – М. : Колос, 2008. – 268 с.

71. Мюллер, Э., Микология / Э. Мюллер, В. Леффлер – М.: Мир, 1995. – 343 с.

72. Неминущая, Л. Т. Эффективность многофункциональных синбиотических комплексов / Л. Т. Неминущая [и др.] // Птицеводство. – 2010. – № 4. – С. 29–30.

73. Некрасов, Р. В. Влияние липидной фракции личинок Черной львинки (ЛЧЛ-лф) на продуктивность, резистентность и обменные процессы у телят молочного периода выращивания / Р. В. Некрасов, М. Г. Чабаев, Е. В. Туаева, Д. А. Никанова, Н. В. Боголюбова, С. О. Шаповалов, Г. А. Иванов // Аграрная наука. – 2023. – № 11. – С. 64–69.

74. Никульников, В. С. Биотехнология в животноводстве / В. С. Никульников, В. К. Кретинин. – М. : Колос, 2007. – 534 с.

75. Ноздрин, Г. А. Пробиотики и микронутриенты при интенсивном выращивании цыплят кросса Смена / Г. А. Ноздрин, А. Б. Иванова, А. И. Шевченко, С. А. Шевченко. – Новосибирск : НГАУ. – 2009. – 207 с.

76. Обмоина, А. В. Оптимизация питательных сред для получения пробиотической закваски БК–Углич–СК на основе молочной сыворотки и томатного сока / А. В. Обмоина [и др.] // Научное обеспечение

агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71–й конференции. – 2016. – С. 362–365.

77. Околелова, Т. М. Корма и биологически активные добавки для птицы / Т. М. Околелова [и др.]. – М. : Колос, 1999. – 96 с.

78. Околелова, Т. М. Кормление сельскохозяйственной птицы / Т. М. Околелова. – Сергиев Посад, 1996 – 168 с.

79. Околелова, Т. Пребиотик в комбикормах для бройлеров / Т. Околелова, В. Савченко, В. Слаусгалвис, Д. Головачев // Комбикорма. – 2009. – № 6. – С. 18.

80. Павленко, И. В. Новые экологически безопасные препараты для бройлерного птицеводства / И. В. Павленко [и др.] // Птица и птицепродукты. -2015. - № 1. – С. 55-57.

81. Палагина, К. К. Технологические расчеты дрожжевого производства / К. К. Палагина. – М.: Пищевая промышленность, 2008. – 54 с.

82. Панин, А. Н. Пробиотики: теоретические и практические аспекты / А. Н. Панин // Био. – 2002. – № 2. – С. 3–10.

83. Передельник, Д. Н. Кормовые дрожжи в рационах пушных зверей / Д. Н. Передельник, Т. Л. Стрельникова // Кролиководство и звероводство. – 2003. – № 4. – С. 10–14.

84. Песцов, Г. В. Экологически безопасная утилизация отходов сельского хозяйства с использованием насекомого вида *Hermetia illucens* / Г. В. Песцов, А. В. Третьякова, О. В. Прокудина // Биосфера, 2022. Т. 14, № 4. – С. 362-364.

85. Петенко, А. И. Кормовые добавки в рационах перепелов / А. И. Петенко, Ю. А. Лысенко // Птицеводство. – 2012. –№ 9. – С. 36–38.

86. Петрухин, И. В. Корма и кормовые добавки / И. В. Петрухин. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 529 с.

87. Потапов, А. П. Обеспечение ресурсной независимости аграрного производства в контексте продовольственной безопасности России / А. П. Потапов // Проблемы прогнозирования. 2019. № 5. С. 120–129.

88. Пышманцева, Н. А. Пробиотики повышают рентабельность птицеводства / Н. А. Пышманцева, Н. Ковехова, В. Савосько // Птицеводство. – 2011. – № 2. – С. 36–37.

89. Рау, В. В. Тенденции и факторы изменения ресурсоемкости аграрного сектора / В. В. Рау, Л. В. Скульская, Т. К. Широкова // Проблемы прогнозирования. 2013. № 4 (139). С. 55–66.

90. Рахманов, Р. С. Продукты направленного действия – эффективный путь в профилактике заболеваний населения / Р. С. Рахманов, Д. А. Нарутдинов, А. В. Истомин // Журнал «Здоровье населения и среда обитания». – Барнаул, 2014. – С. 7–11.

91. Римарева, Л. В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей – М.: ДеЛи принт. 2010. – 252 с.

92. Родионова, И. А. Тенденция развития материально-технической базы зернового производства / И. А. Родионова, К. У. Нурсапина, Г. А. Айешева, Ж. Б. Кенжин // Пробиотики, 2023. Т. 3. № 2(71). С. 256-265. [Rodionova IA, Nursapina KU, Aiesheva GA, Kenzhin ZB. The trend of development of the material and technical base of grain production. Gylym zane bilim. 2023;3(2-71):256-265. (In Russ.)]. doi: 10.56339/2305-9397-2023-256-265.

93. Романович, Н. С. Изучение источников выделения молочнокислых бактерий / Н. С. Романович, С. Л. Василенко, Н. Н. Фурик // Сборник научных трудов «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья». – Минск, 2016. – С. 101–112.

94. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных : учеб.-практ. пособие / В. Г. Рядчиков. – Краснодар, 2012. – С. 40-41.

95. Саакович, Г. С. Физиология и количественный учет микроорганизмов / Г. С. Саакович, Г. А. Безматерных – Екатеринбург, 2005г. – 40 с.
96. Савинова, А. А. Витамины в животноводстве и ветеринарии: Часть 2. Водорастворимые витамины / А. А. Савинова, С. В. Семенченко, Н. П. Фалынскова // Scientific magazine. Kontsep, 2015. – 119 с.
97. Свистунов, А. А. Использование пребиотических и жировых добавок в кормлении цыплят-бройлеров / А. А. Свистунов. – Краснодар, 2014. – 159 с.
98. Серб, Е. М. Ферментолитат *Saccharomyces cerevisiae*: научнопрактическое обоснование использования в качестве биологически активной добавки / Е. М. Серб [и др.] // Биотехнология. – 2022. – Т. 38. – № 4. – С. 107-113. DOI10.56304/S0234275822040123.
99. Сивова, С. М. Биоэлемент медь в функциональных продуктах: за и против / С. М. Сивова, И. С. Полянская // Innovative Research: Theory, Methodology, Practice. 2019. – С. 73-78.
100. Сидоров, М. А. Нормальная микрофлора животных и её коррекция пробиотиками / М. А. Сидоров // Ветеринария. – 2000. – № 11. – С. 17–22.
101. Скворцова, Л. Н. Влияние пробиотиков и пребиотика отечественного производства на рост и развитие цыплят-бройлеров / Л. Н. Скворцова // Эффективное животноводство. – 2009. – № 7 (44). – С. 30–31.
102. Скворцова, Л. Н. Использование пребиотика Ветелакт и пробиотика Интестевит при выращивании цыплят-бройлеров / Л. Н. Скворцова, А. Н. Лихобабин, Н. В. Храмова // Ветеринария Кубани. – 2008. – № 5. – С. 18–19.
103. Смирнов, В. В. Пробиотики на основе живых культур микроорганизмов / В. В. Смирнов, Н. К. Коваленко, В. С. Подгорский, И. Б. Сорокулова // Микробиологический журнал. – 2002. – Т. 64. – № 4. – С. 62–78.
104. Соколенко, Г. Г. Пробиотики в рациональном кормлении животных / Г. Г. Соколенко, Б. П. Лазарев, С. В. Миньченко // Технологии пищевой и

перераб. пром-сти АПК – продукты здорового питания. – Воронеж, 2015. – № 1 – С. 72–78.

105. Соколенко, О. Н. Количественные показатели химического состава гидропонного зеленого корма / О. Н. Соколенко // Рыбное хозяйство Украины. – 2007. – Керчь : КГМТУ, 2007. – Вып. 7. – С. 94–96.

106. Соколова, Е. Н. Биотехнологические возможности обогащения дрожжевой биомассы / Е. Н. Соколова [и др.] // АПК России. – 2023. – Т. 30. – №5. – С.696-702. DOI 10.55934/2587-8824-2023-30-5-696-702.

107. Сорокина, Н. П. Способы применения бактериальных заквасок и концентратов / Н. П. Сорокина, Е. В. Кураева // Сыроделие и маслоделие: науч. – техн. журнал. – 2015. – №3. – С. 31–32.

108. Талонов, К. П. Процессы и аппараты микробиологических производств / К. П. Талонов. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 87 с.

109. Тараканов, Б. В. Механизмы действия пробиотиков на микрофлору пищеварительного тракта и организм животных / Б. В. Тараканов // Ветеринария. – 2000. – № 1. – С. 47–54.

110. Текутьева, Л. А. Новые источники кормового белка в России / Л. А. Текутьева, О. М. Сон, // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – №. 7. – С. 13–22.

111. Текутьева, Л. А. Источники кормового белка в России / Л. А. Текутьева, О. М. Сон, А. Б. Подволоцкая // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – №. 7. – С. 55-59.

112. Телякова, О. В. Изучение морфологических особенностей промышленно ценных штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей, использующихся в хлебопекарной промышленности / О. В. Телякова, Е. В. Невская, Ю. И. Карабинская // Хлебопечение России. – 2020. - №. 3. – С. 24-29.

113. Толкачева, А. А. Ферменты промышленного назначения – обзор рынка ферментных препаратов и перспективы его развития / А. А. Толкачева,

Д. А. Черенков, О. С. Корнеева, П. Г. Пономарев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 4(74). С. 197-203. [Tolkachev AA, Cherenkov DA, Korneeva OS, Ponomarev PG. Enzymes of industrial purpose - review of the market of enzyme preparations and prospects for its development. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(4-74):197-203. (In Russ.)]. doi: 10.20914/2310-1202-2017-4-197-203.

114. Туйчиев, К. С. Выращивание личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens Linnaeus*) на пшеничных отрубях и показатели их продуктивности // Universum: химия и биология. 2023. № 6-1(108). – С. 40-42.

115. Тулякова, Т. В. Дрожжевые экстракты – безопасные источники витаминов, минеральных веществ и аминокислот / Т. В. Тулякова, А. В. Пасхин, В. Ю. Седов // Пищевая промышленность. – 2004. – № 6. – С. 60-62.

116. Тухбатов, И. А. Продуктивность цыплят-бройлеров на рационах с кормовой добавкой пробиотика и сорбента / И. А. Тухбатов // Био. – 2006. – № 6. – С. 27-28.

117. Урбанчик, Е. Н. Перспективы использования продуктов питания из пророщенного зерна / Е. Н. Урбанчик, Л. А. Касьялова, О. В. Агеенко // Питание и здоровье. Безопасность и качество продуктов питания: материалы науч.-практ. конф. – Минск : БГУ, 2004. – С. 229.

118. Фараджеева, Е. Д. Производство хлебопекарных дрожжей. / Е. Д. Фараджеева, Н. А. Болотов // Санкт-Петербург. – 2002. – 167 с.

119. Фаритов, Т. А. Корма и кормовые добавки для животных / Т. А. Фаритов. – СПб. : Лань, 2010. – 304 с

120. Фирстова, С. В. Использование зерна ржи и мультиэнзимной композиции при выращивании цыплят-бройлеров / С. В. Фирстова. – Омск, 1999. – 16 с.

121. Фисенко, Г. В. Применение новой ферментной кормовой добавки Микоцел в комбикормах для цыплят-бройлеров / Г. В. Фисенко, А. Г. Кощаев, Е. В. Якубенко, И. А. Петенко // Ветеринария Кубани. – 2013. – № 4. – С. 15-17.
122. Хорошевский, М. А. Пробиотики в животноводстве / М. А. Хорошевский, А. И. Афанасьева // Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2003. – Т. 10, № 2. – С. 290–292.
123. Хохрин, С. Н. Кормление сельскохозяйственных животных : учеб. пособие / С. Н. Хохрин. – М. : Колос С, 2004. – 692 с.
124. Цой М. В. Культивирование личинок чёрной львинки *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) // Научно-агрономический журнал. 2019. № 3. – С. 46-48.
125. Цугкиева В. Б. Использование кормовых дрожжей из нетрадиционного сырья в птицеводстве / В. Б. Цугкева [и др.] // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – 2019. Том 2. – С. 36-39.
126. Чепрасова, О. В. Использование нетрадиционных кормов в рационах сельскохозяйственной птицы / О. В. Чепрасова, М. В. Кондрашова // Известия Нижневолж. агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2 (34). – С. 110–114.
127. Чичерин, И. Ю. Пробиотики: вектор развития / И. Ю. Чичерин [и др.] // Практическая медицина. – 2012. - № 3 (58). – С. 185-193.
128. Шапкарина, А. И. Технологии производства дрожжей / А. И. Шапкарина, Н. А. Янпольская, Л. В. Грошева. [Воронеж, 2018] – 175 с. – ISBN 978–5–00032–395–3. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система издательства «Лань». URL: [http:// e.lanbook.com](http://e.lanbook.com).

129. Шатров, Ю. Хороша зелень зимой / Ю. Шатров // Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока. – 1963. – № 10. – С. 10–11.

130. Шайхиев, И. Г. Использование личинок мухи *Hermetia illucens* в рационах кормов для выращивания поросят и взрослых свиней / И. Г. Шайхиев, С. В. Свергузова, Ж. А. Сапронова // Sciences of Europe. 2020. № 59-2(59). С. 12-19.

131. Шайхиев, И. Г. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* (краткий обзор зарубежной литературы) / И. Г. Шайхиев [и др.] // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 4(77). С. 17-30. DOI 10.37279/2519-4453-2020-4-17-30.

132. Шайхиев, И. Г. Аналитический обзор подходов к использованию альтернативных кормов в аквакультуре при совершенствовании схем природопользования / И. Г. Шайхиев, С. В. Свергузова, Ж. А. Сапронова // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 3(80). С. 24-32. DOI 10.37279/2519-4453-2021-3-24-32.

133. Шайхиев, И. Г. Хитин и хитозан из личинок *Hermetia illucens*: получение, свойства и перспективы использования / И. Г. Шайхиев [и др.] // Экономика строительства и природопользования. 2022. № 3(84). С. 138-148.

134. Швецов, Н. Н. Химический состав и питательность зерна пшеницы, ячменя и кукурузы в зависимости от способов подготовки их к скармливанию / Н. Н. Швецов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 12 (134). – С. 101–106.

135. Шевелёва, С. А. Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса / С. А. Шевелёва // Вопросы питания. – 1999. – № 2. – Т. 68. – С. 32–40.

136. Шевелуха, В. С. Сельскохозяйственная биотехнология : учебное пособие / В. С. Шевелуха [и др.]. – М.: Высшая школа, 2010. – 469 с.

137. Штеле, А. Л. Яичное птицеводство / А. Л. Штеле, А. К. Османян, Г. Д. Афанасьев. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 272 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/671>. – Загл. с экрана.
138. Шурбина, М. Ю. Кормовые дрожжи / М. Ю. Шурбина, М. Н. Ямалиева, И. И. Зиннуров // Пищевые технологии и биотехнологии. – 2021. – С. 526–528.
139. Яруллина, Д. Р. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними. / Д. Р. Яруллина, Р. Ф. Фахруллин. – Казань : Казанский университет, 2014. – 51 с.
140. Alhotan, R. A. Quantitative estimates of the optimal balance between digestible lysin and the true protein contents of broiler feeds / R. A. Alhotan, G. M. Pesti // Brit. Poultry Sci., 2016, 57(4): 538-550 (doi: 10.1080/00071668.2016.1180666).
141. Basit M. A. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. / M. A. Basit [et al.] // Animals. 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150.
142. Booth D. C. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Eggs, masses, timing, and site characteristics / D. C. Booth, C. Sheppard // Environmental Entomology. 1984. Vol. 13, Iss. 2. P. 421–423.
143. Cammack J. A. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) / J.A. Cammack, J. K. Tomberlin // Insects. 2017. Vol. 8, Iss. 2. 14 p. DOI 10.3390/insects8020056.
144. Coton E. Yeast ecology in French cider and black olive natural fermentations / E. Coton, M. Coton, D. Levert, S. Casaregola, D. Sohier // - Int. J. Food Microbiol. - 2006. - Vol. 108. - Pp. 130-135.

145. Cox, C. M. Immunomodulatory role of probiotics in poultry and potential in novo application. // C. M. Cox, R. A. Dalloul / Benef. Microbes. – 2015. 6(1): 45-52 (doi: 10.3920/BM2014.0062).

146. Chen, J. Comparison of the novel compounds creatine and pyruvate on lipid and protein metabolism in broiler chickens / Chen J. [et al.] // Animal. – 2011. 5(7): 1082-1089 (doi: 10.1017/S1751731111000085).

147. Danilova A. A. Feed additive with phyto-genic properties in poultry. / A. A. Danilova [et al.] // Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. – 2021 ;10(2): 10-13. doi: 10.48612/sbornik-2021-2-2.

148. Diener, S. Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. / Diener S. et. al. // Waste Management & Research 27.6 (2009). - 2015. – P. 142-154.

149. Driemeyer, H. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters. / H. Driemeyer // Stellenbosch: Stellenbosch University, 2016. P. 99. URL: <http://hdl.handle.net/10019.1/100283> (Accessed: 03.12.2024).

150. Edi, D. N. The effect of dietary teak leaf extract (*Tectona grandis* Linn. f) on egg quality of laying hens. / D. N. Edi, M. H. Natsir, I. H. Djunaidi // Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences (SJA VS). 2018;5(9):490-497. doi: 10.21276/sjavs.2018.5.9.3.

151. Elwert, C. A novel protein source: Maggot meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler feed / C. Elwert, J. Knips, P. Katz // Gierus M., Kluth H., Bulang M. and Kluge H. (Eds.) 11. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, November 23–25, 2010, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle- Wittenberg, Lutherstadt Wittenberg, Germany, 2010. P. 140–142.

152. Ewusie, E. A. The black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Trapping and culturing of wild colonies in Ghana / E.A. Ewusie, P.K. Kwapong, G. Ofosu-Budu, C. Sandroek, A.M. Akumah, E.K. Nartey, C.

Tetegaga, S.K. Agyakwah // Scientific African. 2019. Vol. 5. Sept. DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00134.

153. Gaggia, F. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production / F. Gaggia, P. Mattarelli, B. Biavati // Int. J. Food Microbiol., 2010, 141 Suppl. 1: S15-S28 (doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031).

154. Gasco, L. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition / L. Gasco [et/ al.] // Italian J. Anim. Sci. — 2020. — № 19. — pp. 360–372. — <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743209>.

155. Gobbi, P. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) / P. Gobbi, A. Martinez-Sanchez, S. Rojo // European Journal of Entomology. 2013. Vol. 110. No. 3. P. 461-468.

156. Roberfroid M. B. Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties / M. B. Roberfroid // Br. J. Nutr. – 1998. – Vol. 80. – P. 197–202.

157. Samuylenko, A. Ya. Tasks of biotechnology in the implementation of the doctrine of food security of the Russian Federation / A. Ya. Samuylenko, A. A. [et al.] // Veterinary and feeding. - 2011.- No 2.- P. 22-29.

158. Sidorova A. L. Ptitsevodstvo / A. L. Sidorova, M. G. Tkachenko – 2014. C. 40-42.

159. Tarakanov B. V. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. / B. V., Tarakanov [et al.]. – 2007. P. 87-93.

160. Fisinin V.I. Changes in immunological and productive parameters of broiler chickens under the influence of biologically active substances from the extract of the oak bark / V. I. Fisinin [et al.] // S-kh. Biol., 2018, vol. 53, no. 2, pp. 385–392. doi: 10.15389/agrobiology.2018.2.385rus. (In Russian).

161. Friedman G. The role of probiotics in the prevention and treatment of antibiotic-associated diarrhea and *Clostridium difficile* colitis // Gastroenterol Clin North Am. – 2012. – № 41. – P. 763–779

162. Vanbelle M. Probiotics in animal nutrition: a review / M. Vanbelle, E. Teller, M. Focant // Arch.-Tierernahr. – 1990. – Vol. 40, N 7. – P. 543-567.

163. Vlasov A. B. Complex phytobiotic feed additive in diets for quail grown for meat / A. B. Vlasov, A. A. Danilova, D. A. Yurin, N. D. Labutina, A. A. Svistunov // Bulletin of KSAU. 2023;9(198): 111-117. doi: 10.36718/1819-4036-2023-9-111-117.

164. Kalavathy R. Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat desposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens / R. Kalavathy, N. Abdullah, S. Jalaludin, Y. W, Ho. // Brit. Poult. Sci., 2003. – C. 139-144.

165. Khan, R. U. The applications of probiotics in poultry production / R. U., Khan, S.Naz // World's Poult. Sci. J., 2013, vol. 69, no. 3, pp. 621–633. doi: 10.1017/S0043933913000627.

166. Kim, B. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil as an alternative fat ingredient to soybean oil in laying hen diets / B. Kim, M. Kim, J. Y. Jeong, H. R. Kim, S. Y. Ji, H. Jung, SH. Park // Anim. Biosci. — 2022. — № 35(9). — pp. 1408–1417. — <https://doi.org/10.5713/ab.22.0052>.

167. Laptev, G. Y. Effects of essential oils-based supplement and salmonella infection on gene expression, blood parameters, cecal microbiome, and egg production in laying hens. / Laptev G. Y., [et al.] // Animals. 2021;11(2):360. doi: 10.3390/ani11020360.

168. Lu, S. Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review / S. Lu, N. Taethaisong, W. Meethip, J. Surakhunthod, B. Sinpru, T. Sroichak, P. Archa, S. Thongpea, S. Paengkoum, R. A. P. Purba // Insects. — 2022. — № 13(9). — P. 831. — <https://doi.org/10.3390/insects13090831>.

169. Makkar, H. P. S. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H. P. S. [et, al] // Anim. Feed Sci. Technol. - 2014. - № 197. - pp. 1-33. - <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.

170. Moharreri, M. Phytobiotic role of essential oil-loaded microcapsules in improving the health parameters in *Clostridium perfringens*-infected broiler chickens / M, Moharreri, R, Vakili, E, Oskoueian, G. Rajabzadeh // *Italian Journal of Animal Science*. 2021;20(1):2075-2085. doi: 10.1080/1828051X.2021.1993093.

171. Nekrasov, R. V. Biochemical characteristics of *Hermetia illucens*: a base for prospective use of larval biomass in young pig food / R. V. Nekrasov, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova, A. I. Bastrakov, L. A. Pashkova, N. A. Ushakova // *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*. — 2015. — № 9 (2). — pp. 407-416.

172. Nekrasov, R. V. Biochemical Characteristics of Insects *Hermetia illucens* / R. V. Nekrasov, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova, I. A. Bastrakov, L. A. Pashkova, N. A. Ushakova / In Book: *Chemical and Biochemical Physics. A Systematic Approach to Experiments, Evaluation, and Modeling*. Edited by David Schiraldi and Gennady E. Zaikov // *Apple Academic Press*. — 2016. — pp. 287—300. — <https://doi.org/10.1201/b19939-20>.

173. Nekrasov, R.V. Efficacy of a Dried Black Soldier Fly Larvae in a Pig Diet / R. V. Nekrasov, M. G. Chabaev, N. A. Ushakova, I. V. Pravdin, L. Z. Kravtsova // *WIANF, Budapest, Hungary, 15–17 October 2015, 1st World Conference on Innovative Animal Nutrition and Feeding*. — *Akademiai Kiado, Budapest (ISBN 978 963 05 9662 6)*. — pp. 108–109.

174. Nekrasov, R. V. Dried Black Soldier Fly larvae as a dietary supplement to the diet of growing pigs / R. V. Nekrasov, A. A. Zelenchenkova, M. G. Chabaev, G. A. Ivanov, A. M. Antonov, N. O. Pastukhova // *Animal Science*. — 2018. — № 96 (3). — P. 314. — <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.691>.

175. Nekrasov, R. V. Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Fat on Health and Productivity Performance of Dairy Cows / R. V. Nekrasov, G. A. Ivanov, M. G. Chabaev, A. A. Zelenchenkova, N. V. Bogolyubova, D. A. Nikanova, A. A. Sermyagin, S. O. Bibikov, S. O. Shapovalov // *Animals*. — 2022. — № 12. — P. 2118. — <https://doi.org/10.3390/ani12162118>.

176. Newton, L. Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure / L. Newton, C. Sheppard, D. W. Watson, G. Burtle, R. Dove // Report for Mike Williams; Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University: Raleigh, NC, USA, 2005. — <https://p2infohouse.org/ref/37/36122.pdf>.

177. Nguyen, T. Influence of diet on black soldier fly (*Hermetia illucens* linnaeus) (diptera: stratiomyidae) life history traits" (2010). Electronic Theses and Dissertations. 8287. — <https://scholar.uwindsor.ca/etd/8287>.

178. Nozdrin G. A., Probiotic / G. A. Nozdrin, T. G. Kazantseva, A. G. Nozdrin // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2012. P. 123-127.

179. Onsongo, V. O. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance / V. O. Onsongo [et, al] // Econom Entomol. – 2018. - № 111. – pp. 1966-1973. – <https://doi.org/10.1093/jee/toy118>.

180. Rawski, M. Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization / M. Rawski, J. Mazurkiewicz, B. Kierończyk, D. Józefiak // Animals (Basel). – 2020. – № 15 (11). – P. 2119. – <https://doi.org/10.3390/ani10112119>.

181. R. van Huis, A. Edible insects: non-food and non-feed industrial applications // Insects Food Feed. – 2022. – № 8. – pp. 447–450. – <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.x004>.

182. Sealey, W. M. Sensory analysis of rainbow trout, *oncorhynchus mykiss*, fed enriched Black soldier fly Prepupae, *Hermetia illucens* / W. M. Sealey, T. G. Gaylord, F. T. Barrows, J. K. Tomberlin, M. A. McGuire, C. Ross, S. St-Hilaire // World Aquac. Soc. – 2011. – № 42. – pp. 34–45.

183. Sogari, G. The potential role of insects as feed: a multi-perspective review / G. Sogari, M. Amato, I. Biasato, S. Chiesa, L. Gasco // *Animals*. – 2019. – № 9. – P. 119. – <https://doi.org/10.3390/ani9040119>.

184. Tixier-Boichard M. From the jungle fowl to highly performing chickens: are we reaching limits? *World's Poultry Science Journal*. 2020;76(1):2-17. doi: 10.1080/00439339.2020.1729676

185. Todorov S. D. Bacillus spore forming probiotics: benefits with concerns? / S. D. Todorov [et al.] // *Critical Reviews in Microbiology*. 2022;48(4):513- 530. doi: 10.1080/1040841X.2021.1983517

186. Wachira, M. N. Efficiency and Improved Profitability of InsectBased Aquafeeds for Farming Nile Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus* L.) / M. N. Wachira, I. M. Osuga, J. M. Munguti, M. K. Ambula, S. Subramanian, C. M. Tanga // *Animals*. – 2021. – № 11. – P. 2599. – <https://doi.org/10.3390/ani11092599>

187. Wamai, L. K. Big opportunities for tiny bugs: rush to boost laying hen performance using black soldier fly larvae meal / L. K. Wamai, L. M. Munga, I. M. Osuga, J. M. Munguti, S. Subramanian, M. K. Kidoido, J. C. Ghemoh, C. M. Mwendia, C. M. Tanga // *Econ. Entomol.* – 2024. – № 117 (1). – pp. 58–72. – <https://doi.org/10.1093/jee/toad230>.

188. Wang, G. Characteristics of probiotic preparations and their applications. *Foods* / G. Wang [et al.], 2022;11(16):2472. doi: 10.3390/foods11162472.

189. Ziemer, C J. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies / C. J. Ziemer, G. R. Gibson // *IntDaiiy J.* – 1998. – Vol. 8. – P. 473–479.

190. FAO. The future of food and agriculture - Alternative pathways FAO. The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050. Summary version. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018. – 60 p.

191. Пат. RU 2084519 Российская Федерация, МПК C12N1/18 Способ получения питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей / Ш. А. Абрамов, С. Ц. Котенко, Б. И. Далгатова; заявитель и патентообладатель

Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН. - №5048579/13; заявл. 24.04.1992; опубл. 20.07.1997, Бюл. № 3 – 7 с.

192. Пат. SU 1742321A1 Российская Федерация, МПК C12N 1/18 Способ получения питательной среды для выращивания хлебопекарных дрожжей / В. П. Озерова, Б. И. Токарев, Т. В. Миледина, О. И. Шапавалов; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт гидролиза растительных материалов, всесоюзный научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии. - № 4886522/13; заявл. 20.01.1992; опубл. 23.06.1992, Бюл. № 23 – 3 с.

193. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 2021 01 01. – М. : Стандартинформ, 2021. – 31 с.

194. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – Введ. 2023-01-01 – М. : Стандартинформ, 2023. – 11 с.

195. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [Текст]. – Введ. 2021-01-01. – М. : Стандартинформ, 2021. – 7 с.

196. ГОСТ 31470–2012 Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы органолептических и физико-химических исследований. – Введ. 07.01.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 43 с.

197. ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 5 с.

198. ГОСТ 31675 2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. – Введ. 2012 01 01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 6 с.

199. ГОСТ 32042-2012 Премиксы. Методы определения витаминов группы В. – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 13 с.

200. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. - Введ. 2014 01 01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 16 с.

201. ГОСТ 31962-2013. Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия – Введ. 07.01.2016. – Москва : Стандартиформ, 2016. – 12 с.

202. ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира [Текст] : / – Введ. 2018-01-01. – М.: ФГУП «Стандартиформ», 2023. – 9 с.

203. ГОСТ 32933–2014 Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы – Введ. 2014-01-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 24 с.

204. ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина [Текст] – Введ. 01.08.2020. – М.: «Стандартиформ», 2023. – 19 с.

205. ГОСТ 13496.17-2019 Корма. Методы определения каротина. Введ. 2023-01-01 – М. : Стандартиформ, 2023. – 8 с.