

6. Мясные качества японского перепела при введении в рацион продуктов жизнедеятельности большой восковой моли (*Galleria melonella*) / Т. В. Саковцева, О. А. Войнова, А. А. Ксенофонтова [и др.] // Зоотехния. – 2020. – № 1. – С. 24-26.

УДК 639.3.043

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДАНИО РЕРИО В КАЧЕСТВЕ МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ РАЦИОНОВ РЫБ**

*Недина Надежда Дмитриевна, магистр, кафедра «Технические средства аквакультуры», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», nadyhka1514@gmail.com,*

*Ткачева Ирина Васильевна, д.б.н., доцент, профессор кафедры «Технические средства аквакультуры», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», tkacheva-irina85@mail.ru*

*Оганисян Марина Мушеговна, магистр, кафедра «Технические средства аквакультуры», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», marina.oganisyan04@mail.ru*

*Яронтовский Василий Евгеньевич, магистр, кафедра «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», vasiliiyarontovskii98@gmail.com*

***Аннотация:** Рассматривается применение данио рерио в качестве модельного объекта для изучения влияния рациона питания на молекулярные механизмы и процессы регенерации. Описываются морфо-функциональные особенности данио рерио, такие как размеры особи, короткий жизненный цикл и высокая степень фертильности.*

***Ключевые слова:** Аквакультура, данио рерио, рацион кормления, модельный объект*

Данио рерио является перспективным объектом для исследований в разных областях нашей жизни. Ее значимость в современном мире подтверждается многообразием аспектов, рассмотренных в данных исследованиях. Биологические особенности данного организма, включая его физиологию, размножение, экологию и поведенческие аспекты, а также способность к адаптации и выживанию в различных условиях, делают данио рерио важным объектом исследований [3].

Существует большое количество статей и изученных тем, где использовалась данио рерио как тест - объект в аквакультуре. Рыбки данио – хорошо зарекомендовавшая себя животная модель для широкого спектра областей исследований, от биомедицины до токсикологии. Использование этой рыбы-модели для улучшения производственного процесса в аквакультуре стало

важной областью исследований. В частности, на рыбках данио были проведены исследования, улучшающие содержание и выживаемость, иммунный ответ, питание и рост, и ожидается, что они дадут результаты, применимые к важным промысловым рыбам [5].

Данио рерио прост в разведении и экспериментах, короткие интервалы генерации ( $\approx 3$  месяца) и большое количество на выход, что позволяет проводить все анализы с большим количеством образцов на единицу данных. Эмбрионы вылупляются через 2 дня после оплодотворения, а личинки могут прожить 5 дней без питания из-за потребления желтка. В личиночный период все органы и системы функционируют, что делает этих особей физиологически эквивалентными взрослым особям [4]. Фактически, как личинки, так и взрослые рыбки данио-рерио могут питаться самыми разнообразными продуктами, включая живые корма, а также экспериментальные рационы на основе растительного белка. Доступность секвенированного генома (сборка ZV9) позволяет оценить влияние рациона питания на молекулярные механизмы с использованием геномных инструментов, таких как РНК-секвенирование. Эта технология недавно была использована у некоторых видов аквакультуры, а также у рыбок данио. Все эти анализы могут быть проведены с эмбрионами и личинками, которые распределяются по отдельности или небольшими группами в микропланшетах в небольших объемах (0,5–2 мл), что позволяет получить достаточное количество биологических копий в каждом эксперименте.

Непосредственное отношение к оценке рационов имеют два аспекта, в которые рыбки данио могут внести важный вклад: пищевая геномика и пищевой иммунитет. Различные исследования на культивируемых рыбах показали, что соевая мука вызывает воспаление кишечника, патологию, называемую энтеритом. Отличительной чертой врожденного иммунитета является воспаление, этот процесс запускается в ответ на различные воздействия, включая патогены, травмы или раздражители. Когда возникает воспаление, в пораженном участке на ранних стадиях реакции запускается приток, накопление и активация лейкоцитов (преимущественно нейтрофилов). Одним из первых цитокинов, высвобождающихся при возникновении воспаления, является провоспалительный цитокин Интерлейкин-1  $\beta$  (IL-1 $\beta$ ). Другими важными белками для хемоаттракции и миграции нейтрофилов являются хемокин Cxcl8 и некоторые ферменты металлопротеиназы (MMPs). Cxcl8 способствует привлечению нейтрофилов в места поражения; в то же время MMPs участвуют в деградации внеклеточного матрикса, способствуя миграции гранулоцитов. Как только нейтрофилы достигают пораженного участка, они уничтожают возбудителя через выработку неспецифических токсинов. С другой стороны, противовоспалительными цитокинами, такими как т-трансформирующий фактор бета (TGF- $\beta$ ) и интерлейкин 10 (IL-10), которые в основном секретируются макрофагами при удалении воспалительного агента, способствуя прекращению воспалительного процесса. Следует отметить, что воспаленный кишечник рыб характеризуется

укорочением складок слизистой оболочки, потерей клеток, поглощающих вакуоли, в кишечном эпителии и значительной инфильтрацией нейтрофилов, макрофагов и эозинофилов в собственной пластинке, среди прочего. Тяжесть воспаления различается у разных видов и зависит от процентного содержания растительных кормов в рационе. Среди лососевых рыб наиболее подвержены влиянию включения растительного белка атлантический лосось и в меньшей степени радужная форель. Однако эффект воспаления также был описан у всеядных рыб, таких как карп и рыбок данио. Эта ситуация влияет на клеточные и гуморальные иммунологические процессы, что имеет негативные последствия для потребления пищи и роста.

В последние годы в рацион рыб были включены такие добавки, как пребиотики, манноолигосахариды (MOS) и фруктоолигосахариды (FOS), пробиотики (бактерии); иммуностимуляторы ( $\beta$ -глюканы) и нуклеотиды, чтобы контролировать заболевания, улучшать здоровье и иммунный статус против острого стресса. В случае MOS добавление 0,2% в рацион с 14% включением соевого шрота уменьшало воспаление кишечника у атлантического лосося. У морского леща эффект добавления 0,4% MOS в рацион с 31% включением соевого шрота выявил увеличение плотности микроворсинок и длины кишечных складок. Эти результаты показали, что МО оказывают защитное действие при воспалении кишечника, вызванном соевым шротом. Однако были задействованы многочисленные факторы, такие как межвидовая изменчивость, включение соевого шрота и процент добавки, используемой в составе добавки. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования для сравнения эффективности новых добавок, защищающих кишечник.

Для развития исследований на рыбках данио с целью поиска решений упомянутых выше проблем сначала требуется подтверждение того, что воспаление кишечника, вызванное соевой мукой у рыбок данио, повторяет то, что наблюдается у выращиваемой рыбы. Именно этот подход был рассмотрен. Они представляют новую стратегию анализа потенциального воздействия на кишечник, которое может вызвать потребление различных пищевых ингредиентов. В частности, был проведен анализ, где было изучено влияние употребления соевого шрота и двух его компонентов, соевого белка и соевого сапонина, на рыбок данио. Продемонстрировано, что у личинок, которых кормили соевой мукой, воспаление кишечника развилось уже через 2 дня после начала кормления. Более того, было замечено, что сапонин, а не экстракт соевого белка, был ответственен за воспалительную реакцию [2].

Эти результаты подтверждают использование скрининговых анализов рыбок данио для выявления новых ингредиентов / добавок, которые привели бы к улучшению существующих рационов питания рыб или к разработке новых. Первый шаг – это “предварительный скрининг”, разработанный для рыбок данио. Целью этого шага является оценка большого количества и широкого спектра ингредиентов или добавок, чтобы выбрать более полезные или менее вредные. На втором этапе рассматривается определение кишечного воздействия выбранных ингредиентов на целевой вид рыбы. Этот метод

устраняет необходимость оценивать все рационы непосредственно на промысловой рыбе, снижая высокие затраты и отнимая много времени на эксперименты.

Помимо того, что рыбки данио обладают потенциалом в исследованиях питания, важно подчеркнуть, что анализы на этой рыбе не могут заменить анализ на выращенной рыбе, а также результаты не могут быть напрямую экстраполированы на другие виды рыб. Например, результаты относительно уровня энтерита, вызванного соевым шротом у атлантического лосося, отличаются от результатов, обнаруженных у радужной форели. Важно то, что у обоих видов соя вызывает воспаление кишечника, которое в основном вызвано сапонином, который также содержится в рыбках данио.

Более того, у всех этих видов повышен уровень провоспалительных цитокинов, что позволяет предположить сохранение молекулярных механизмов. Аналогичным образом, несколько исследований показали, что потребление рациона, основанного на соевой муке, снижает скорость роста лосося, радужной форели, карпа, тилапии, морского леща, а также рыбок данио. Эти результаты свидетельствуют о том, что биологические процессы и молекулярные механизмы, лежащие в основе реакции роста на питательные вещества, перекрываются у разных рыб, независимо от эволюционного расстояния или условий окружающей среды. Понимание того, как координируются сигнальные каскады и их влияние на физиологические реакции, такие как рост и воспаление, может быть раскрыто у рыбок данио. Таким образом, исследования, проведенные в области питания рыбок данио, могут внести важный вклад в исследования питания в аквакультуре.

Текущая задача состоит в том, чтобы применить знания, полученные в отношении рыбок данио, на благо индустрии аквакультуры. В будущем одной из основных задач будет выращивание плотоядных рыб, способных переносить более высокие уровни растительного белка в своем рационе. Новые технологии, такие как RNA-seq и платформы генотипирования, будут ключевыми в нашей способности отбирать рыбу с повышенной толерантностью к растительно-белковой диете. Также следует изучить возможность поиска более безопасных растительных ингредиентов [1]. Таким образом, нетрудно представить, что в ближайшем будущем рационы для рыб будут состоять из ингредиентов и / или добавок в соответствии с генетическим фоном интересующего штамма, а не зависеть исключительно от вида.

Этот модельный организм может служить основой для разработки новых методов исследований и понимания основных биологических процессов, что делает данио рерио значимым объектом исследований и потенциальным фундаментом для будущих научных открытий и приложений.

### **Библиографический список**

1. Коханов, Ю. Б. Разработка установки исследования кормления гидробионтов / Ю. Б. Коханов, А. Д. Лукьянов, Н. А. Абросимова // Актуальные проблемы науки и техники. 2020: Материалы национальной научно-

практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 марта 2020 года / Отв. редактор Н.А. Шевченко. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2020. – С. 347-348. – DOI 10.13140/RG.2.2.15532.74883. – EDN MZSXJL.

2. Коханов, Ю. Б. Требования к пастообразным кормам для рыб / Ю. Б. Коханов // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция "Аквакультура 2022") : Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, с. Дивноморское, 26 сентября – 02 2022 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2022. – С. 71-73. – DOI 10.23947/aquaculture.2022.71-73. – EDN IRJPII.

3. Лебедев, А.М. Аквариумные рыбы как объект биологических исследований: опыт России / А.М. Лебедев. – Санкт-Петербург: Наука, 2018. – 175 с.

4. Федоров, Д.С. Особенности разведения и содержания Данио рерио для исследований / Д.С. Федоров. – Москва: Издательство МГУ, 2018. – 145 с.

5. Tkacheva, I.V. Biotesting as a modern assessment method of the aquatic environment Biofloc quality. E. Baiduk, S. Popova, A. Karaseva, V. Iarontovskii, A. Neidorf. E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 381. – 9 p. – Article 01072.

УДК 621.592.167

## **БИОДОБАВКИ ПРОБИОТИЧЕСКИ – СОРБЦИОННОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В СИСТЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И ИНТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОДНЯКА КРОЛИКОВ**

*Попов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры «Товароведения и экспертизы товаров», ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,*

***Аннотация:** В статье представлены исследования влияния биодобавки пробиотически – сорбционной направленности на повышение продуктивности и интерьерных показателей молодняка кроликов. Выявлены положительные тенденции в развитии молодняка кроликов при использовании синбиотической добавки биологически активной «ПроСтор».*

***Ключевые слова:** кролики, мясная продуктивность, синбиотическая ДБА «ПроСтор», опытная группа.*

Кролиководство – динамично развивающаяся отрасль животноводства, интенсификация которой должна осуществляться на основе внедрения новых технологий и раскрытия генетического потенциала продуктивности кроликов.

Согласно статистике за 2023 год, в России насчитывается более 5,0 млн. голов кроликов, что в чистом весе составляет порядка 25 тыс. тонн чистой крольчатины. Практически 80% кроликов приходится на частные фермерские хозяйства и только 20% на промышленное производство (1969 тыс. гол.).