

© А. В. Ольшевская, В. Н. Шевченко, Т. А. Мальцева, Д. С. Саркисян, Э. Э. Чолутаева

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РОСТА РАЗНОПОЛЫХ ОСОБЕЙ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА *CHERAX QUADRICARINATUS* (von MARTENS, 1868) ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН БАКТЕРИОЦИНА

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1

Ольшевская А. В., Шевченко В. Н., Мальцева Т. А., Саркисян Д. С., Чолутаева Э. Э. Изучение особенностей роста разнополых особей австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) при введении в рацион бактериоцина. – В работе представлены материалы по результатам изучения влияния низина на рост и выживаемость самок и самцов австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*. Эксперимент проводился в установках замкнутого водоснабжения на особях, имеющих четко выраженные признаки полового диморфизма и разделенных на контрольные и опытные группы. В рацион опытных групп был добавлен низин, являющийся представителем класса лантибиотиков типа А, в количестве 0,1 %. Продолжительность эксперимента составила 30 суток. В результате зафиксировано улучшение показателей роста: средняя масса самок в опытной группе увеличилась на 33,6 %, самцов – на 26,1 % по сравнению с контрольной группой. Выживаемость также повысилась до 86,7 % у самок и 83,3 % у самцов против 56,7 % и 76,7 % соответственно в контрольных группах. Полученные данные представляют практическую ценность для развития экологически безопасных технологий в промышленном разведении ракообразных.

Ключевые слова: аквакультура, *Cherax quadricarinatus*, биотехнология, темпы роста, выживаемость, бактериоцины, низин, лантибиотики.

Введение

Сектор аквакультуры во всем мире показывает наиболее динамичный рост объемов производства среди других отраслей сельского хозяйства. Смена полуинтенсивного метода выращивания на интенсивный способствует повышению частоты появления заболеваний различной этиологии, в особенности, бактериальной природы [13]. Для снижения экономических потерь на предприятиях используются антибиотики как средство профилактики и лечения заболеваний [2]. В аквакультуре применяется более 60 типов антибиотиков [10], среди которых окситетрациклин, сульфадиазин, флорфеникол, сульфадиметоксин, эритромицин, амоксициллин, энрофлоксацин и др. Нерациональное использование антибактериальных средств создает селекционное давление на популяции микроорганизмов в системах выращивания и способствует формированию резистентных штаммов бактерий. В связи с этим аквакультура признана «генетическим очагом» передачи генов резистентности. Среди бактерий, обладающих устойчивостью, выделяют *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., Enterobacteriaceae, *Streptococcus* spp., *Exiguobacterium* spp. и т. д. Чаще других в системах аквакультуры идентифицируют следующие гены устойчивости: tetA, tetB, tetK, tetM (резистентность к тетрациклину), qnrA, qnrB, qnrS (хинолоны), sulI (сульфаниламиды) [5].

Устойчивость бактерий к антибиотикам признается глобальной угрозой не только в индустрии рыбоводства, но в медицине [6]. В связи с возникшей угрозой все большее количество исследовательских работ направлено на поиск альтернативных средств антибактериальной терапии в аквакультуре. Одним из таких средств могут стать бактериоцины, которые ранее использовались только в пищевой промышленности в качестве консерванта [12]. Способность бактериоцинов ингибировать патогенные бактерии может стать основой создания нового класса антибактериальных средств в аквакультуре Российской Федерации. Кроме того, в ряде научных источников приводятся сведения о

благоприятном воздействии бактериоцинов на темпы роста и показатели продуктивности сельскохозяйственных животных.

Аквакультура в Российской Федерации в настоящее время характеризуется динамичным развитием, одним из ключевых аспектов которого является расширение перечня культивируемых видов. Особый интерес представляет австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), который характеризуется рядом преимуществ по сравнению с автохтонными видами раков: ускоренные темпы роста, повышенная выживаемость, улучшенные потребительские качества. Несмотря на растущую популярность данного вида в аквакультуре Российской Федерации и зарубежных стран, остаются недостаточно изученными вопросы, связанные с влиянием различных кормовых добавок на его рыбоводно-биологические показатели. В частности, требуется более детальное исследование воздействия биологически активных веществ на рост и выживаемость *C. quadricarinatus*. В данном контексте особый интерес представляют лантибиотики, в частности низин, обладающий антимикробными свойствами. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния добавления низина в рацион на темпы роста и выживаемость самок и самцов *C. quadricarinatus*.

Материал и методы исследования

Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация) (протокол № 6 от 27.09.2024 г.). В ходе экспериментов соблюдались рекомендации по гуманному и этичному обращению с лабораторными животными, в том числе, в соответствии с Директивой 2010/63/ЕС Европейского парламента и совета от 22.09.2010 г. «О защите животных, используемых в научных целях».

Научно-исследовательские работы проведены в лаборатории индустриальной аквакультуры ДГТУ. Материалом для исследования послужили одновозрастные (≈ 5 месяцев) особи австралийского красноклешневого рака *C. quadricarinatus*, прошедшие предварительный морфофизиологический скрининг. Критериями отбора служили четко выраженные признаки полового диморфизма в соответствии с данными, указанными в работе Э. Э. Чолутаевой с соавт. [1]. Особи с интерсексуальными характеристиками были исключены из выборки. Признаки нефункционального гермафродитизма определялись в соответствии с морфологическими параметрами, представленными в работе Chuntaí Nong с соавт. [11]. Дизайн эксперимента состоял из нескольких составляющих этапов, первый из которых заключался в рандомизации особей методом случайной выборки с формированием 4 групп, среди которых 2 контрольные и 2 опытные (самки и самцы). Средняя масса самок в контрольной группе ($n = 30$ экз.) составила $19,03 \pm 4,77$ г, длина – $9,04 \pm 7,53$ см, в экспериментальной группе ($n = 30$ экз.) $18,33 \pm 4,93$ г и $8,87 \pm 7,87$ см соответственно. Самцы характеризовались следующими параметрами: в контрольной группе ($n = 30$ экз.) – $17,64 \pm 4,08$ г, $8,48 \pm 5,94$ см, в экспериментальной ($n = 30$ экз.) – $21,2 \pm 2,89$ г, $9,19 \pm 5,89$ см. Все особи имеют лабораторное происхождение, получение исходного посадочного материала (преднерестовое и нерестовое содержание производителей) осуществлялось в соответствии с рекомендациями, указанными в работе Joly Ghanawi и I. Patrick Saoud [3].

Перед началом эксперимента все сформированные группы проходили обязательный адаптационный период, продолжительность которого составляла 21 сутки. В течение этого времени особи содержались в стандартных условиях, соответствующих их биологическим требованиям: температурный режим поддерживался на уровне 26°C , кислотность воды (pH) составляла не менее 7 усл. ед., а концентрация растворенного кислорода (O_2) – >5 мг/л. Режим фотопериода установлен был как 12 часов света и 12 часов темноты (12L:12D). Предэкспериментальное выдерживание особей осуществлялось в специализированных лабораторных установках, позволяющих проводить независимые эксперименты в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) с индивидуальной механической и биологической фильтрацией оборотной воды в каждой емкости. Рабочая площадь каждой емкости,

изготовленной из полипропилена, составляла 1 м^2 , уровень воды поддерживался на отметке 30 см. Поддержание оптимальной температуры воды осуществлялось с использованием внешнего проточного нагревателя iSTA External Heater (Ista, Китай), мощностью 150 Вт. Дополнительное насыщение воды кислородом (O_2) осуществлялось при помощи двухканального компрессора Silver Berg Flow 480 Dual (Silver Berg, Китай).

Ежедневно проводились комплексные наблюдения, включающие контроль за основными гидрохимическими показателями воды, наблюдение за поведенческими реакциями особей и оценку потребления корма. Измерения концентрацией растворенного в воде кислорода осуществлялись с использованием портативного прибора Анион-7040 (Инфраспек-Аналит НПП, Россия). Критериями успешного завершения адаптационного периода служили стабильное потребление корма на уровне не менее 95 % от заданной нормы, отсутствие видимых признаков стресса у животных, а также нормальная двигательная активность всех особей.

Кормление осуществлялось специализированными гранулированными кормами в строго дозированных количествах (4 % от биомассы) с соблюдением установленного временного режима. Корм состоял из следующих компонентов: мука рыбная, мука из личинок хирономид, мука мясокостная, дрожжи кормовые, глютен пшеничный, мука из высушенных листьев дуба, мука кукурузная, мука пшеничная, мука из люцерны, аттрактант, жир рыбий, соли кальция. Изготовление партий кормов осуществлялось в лаборатории «Технологическая линия производства кормов» ДГТУ и состояло из следующих этапов: взвешивание компонентов в соответствии с рецептурой, смешивание сухих компонентов кормов, увлажнение до массовой доли влаги 12 %, гранулирование, охлаждение и просеивание гранул и обмасливание гранул под вакуумом.

После завершения адаптационного периода особи были оставлены в исходных рыбоводных емкостях. По окончании стартовой бонитировки был начат эксперимент продолжительностью 30 суток. В течение экспериментального периода контрольная группа продолжала получать стандартный рацион, идентичный используемому в адаптационной фазе. В рацион опытных групп был добавлен бактериоцин низин (STOING, Китай) в количестве 0,1 %. Бактериоцин использовался в виде сухого порошка, содержащий 2,5 % низина в хлориде натрия. Обобщенно схема эксперимента представлена на рисунке 1.

В ходе бонитировочных работ проводили измерения массы каждой особи (г) при помощи весов BEL LG-2202i (ChangZhou XingYun Electronic Equipment Co., Китай), биологическую длину каждой особи (см) измеряли с использованием штангенциркуля с погрешностью измерений $\pm 0,03$ мм. Все манипуляции с животными проводились с соблюдением стандартных биотехнических требований, работы осуществлялись с использованием перчаток из высокопрочного поливинилхлорида (ПВХ) с нанесением крупной латексной крошки, что позволяет минимизировать хэндлинг в ходе осуществления измерений.

Для оценки влияния введения в рацион бактериоцина проводили расчет основных рыбоводно-биологических параметров, в том числе в соответствии с подходом, указанным в работе Ze-Long Zhang с соавт. [14]:

– коэффициент упитанности по Фультону (КУ, усл. ед.) согласно формуле:

$$Q\Phi = \frac{m \cdot 100}{l^3},$$

– индивидуальный прирост массы (WG_i , г) с применением формулы:

$$WG_i = m_1 - m_0,$$

– выживаемость (S, %) оценивали с применением формулы:

$$S = 100 * \frac{N_1}{N_0},$$

где m – средняя индивидуальная масса, г;

m_0 – средняя индивидуальная масса в начале периода, г;

m_1 – средняя индивидуальная масса в конце периода, г;

l – общая длина, см;

N_0 – количество особей в начале периода, экз.;

N_1 – количество особей в конце периода, экз.

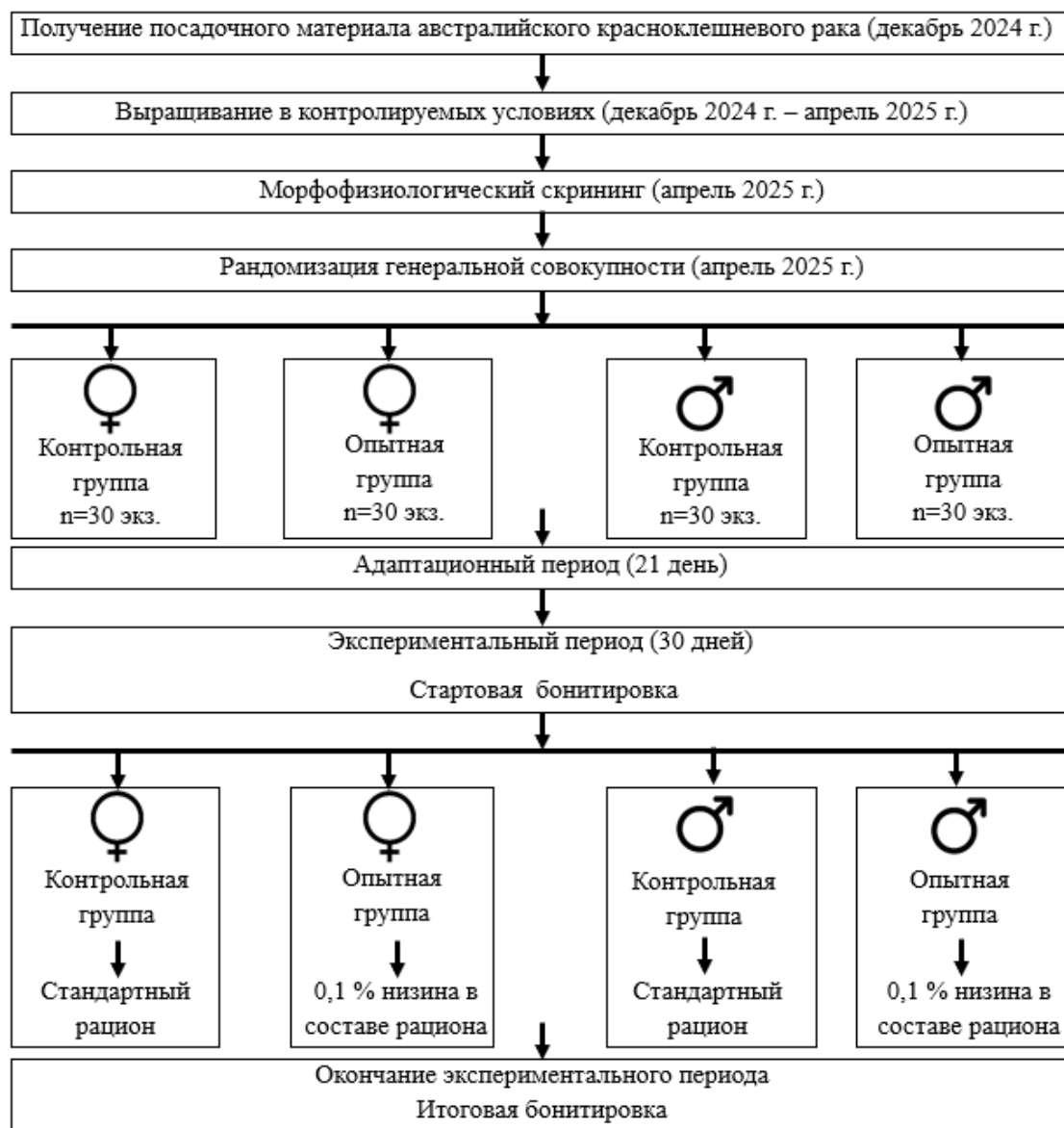


Рис. 1. Обобщенная схема проведения эксперимента. ♀ – самки, ♂ – самцы

Все полученные данные были подвергнуты статистическому анализу с использованием программного пакета STATISTICA 12.0 (StatSoft, США). Проверка распределения данных на нормальность проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для оценки достоверности различий между выборками был применен U-критерий Манна-Уитни. Различия между группами считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$. В тексте и таблицах данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$).

Результаты и обсуждение

Выживаемость животных после адаптационного периода составила 100 %. В ходе экспериментального периода температурный режим во всех емкостях был оптимальным и варьировался в диапазоне 25–26,5 °С. Режим кислотности среды (pH) также был

оптимальным для содержания половозрелых австралийских красноклешневых раков и составлял более 7 усл. ед. Концентрация растворенного в воде кислорода (O_2) за период наблюдений не опускалась ниже 5 мг/л, что соответствует рекомендациям по содержанию, указанным в работе Phillip J. Haubrock с соавт. [4]. Усредненные значения анализируемых параметров представлены на рисунке 2.

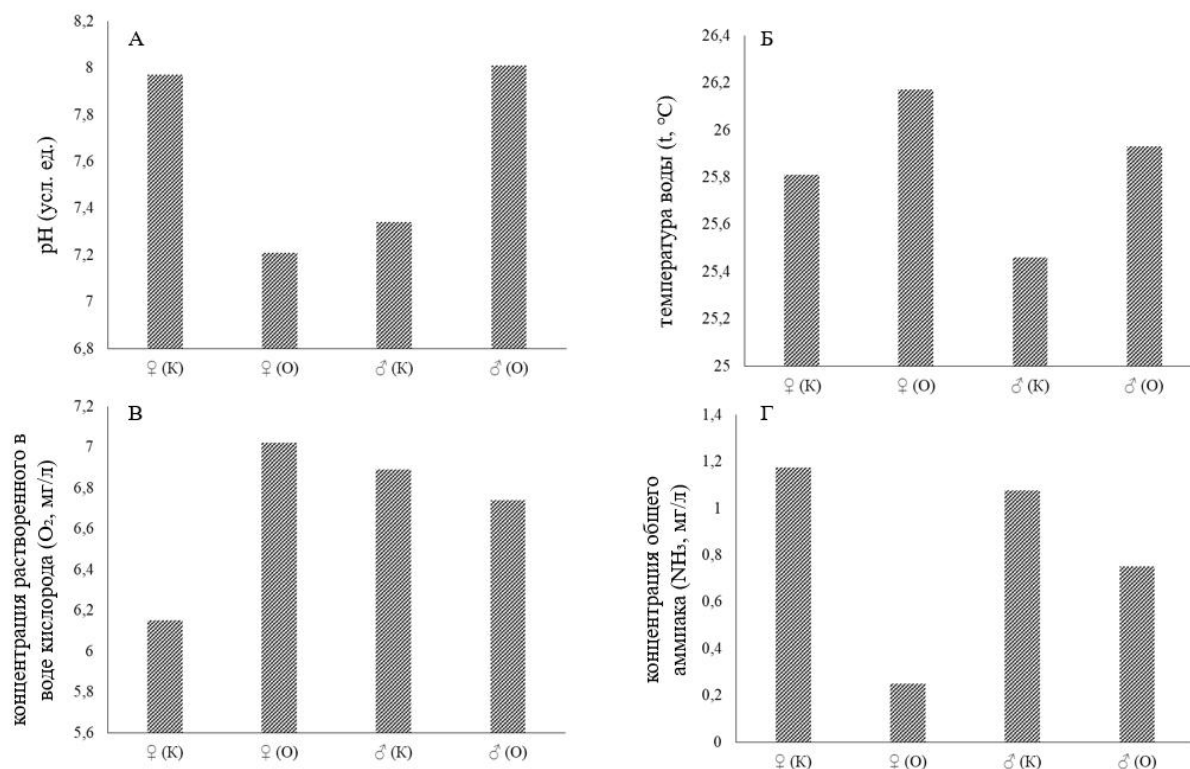


Рис. 2. Усредненные значения основных параметров водной среды *C. quadricarinatus* в экспериментальный период:

К – контрольная группа, О – опытная группа, ♀ – самки, ♂ – самцы

Применение бактериоцинов в сельском хозяйстве рассматривается как перспективное направление для контроля патогенной микробиоты у сельскохозяйственных животных. Кроме того, ряд исследований демонстрирует, что введение определенных бактериоцинов может стимулировать рост животных. В частности, исследование В. Кierończyk и соавт. показало, что добавление низина и саломидина в рацион цыплят-бройлеров способствует улучшению показателей роста и эффективности использования корма. Помимо прямого антимикробного действия, эти соединения оказывают модулирующее влияние на состав кишечной микробиоты, что может вносить вклад в наблюдаемые положительные эффекты [8]. В исследовании Damian Józefiak и соавт. был выявлен дозозависимый эффект влияния низина на ростовые показатели бройлеров. Авторы подчеркивают, что включение данного антимикробного пептида в кормовые рационы представляет собой перспективную стратегию в современном птицеводстве, направленную на оптимизацию конверсии корма и стимулирование роста цыплят-бройлеров [7]. В другой научной работе включение низина в рацион цыплят-бройлеров также способствовало достоверному повышению ростовых показателей и улучшению кажущейся усвояемости сырого протеина на уровне подвздошной кишки. При этом минеральный состав большеберцовой кости оставался неизменным, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния добавки на костную ткань. Отсутствие изменений биохимических параметров крови позволяет сделать вывод о нейтральном воздействии низина на основные метаболические процессы и иммунологический статус птицы [9]. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной эффективности

применения низина в качестве функциональной кормовой добавки для повышения продуктивности в сельском хозяйстве. В отечественных работах отсутствуют исследования, направленные на анализ особенностей рыбоводно-биологических показателей объектов аквакультуры при введении в рацион низина. В рамках нашего исследования была предпринята попытка оценить возможные изменения размерно-массовых характеристик и выживаемость при введении в рацион разнополовых групп австралийского красноклешневого рака. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели роста разнополовых групп австралийского красноклешневого рака
Cherax quadricarinatus при введении в рацион низина**

Критерий, ед. изм.	Группа животных			
	контрольная		опытная	
	♀	♂	♀	♂
Средняя индивидуальная масса ± ошибка среднего (диапазон min–max) (m), г	$18,93 \pm 3,61$ (10,4–27,7)	$20,13 \pm 4,65$ (14,7–29,1)	$25,29 \pm 3,53$ (18,7–32,9)	$25,38 \pm 1,92$ (19,8–33,9)
Общая длина ± ошибка среднего (диапазон min–max) (L), см	$8,7 \pm 0,59$ (7,15–9,85)	$9,11 \pm 0,72$ (7,01–10,30)	$9,93 \pm 0,49$ (8,81–11,01)	$10,22 \pm 0,56$ (9,01–12,49)
Коэффициент упитанности по Фультону (Q _Ф), усл. ед.	$2,83 \pm 0,16$ (2,36–3,13)	$2,51 \pm 0,23$ (1,92–2,97)	$2,56 \pm 0,14$ (2,23–2,89)	$2,41 \pm 0,29$ (1,49–2,98)
Индивидуальный прирост массы (WGt), г	1,3	1,1	6,96	4,14
Индивидуальный прирост массы (RGMi), %	7,37	5,78	37,97	19,49
Индивидуальный прирост длины (WGl), см	0,24	0,08	1,07	1,08
Индивидуальный прирост длины (RGMl), %	2,84	0,88	12,08	11,81
Коэффициент выживаемости (S), %	56,7	76,7	86,7	83,3

Пр и м е ч а н и е – ♀ – самки, ♂ – самцы

Результаты статистического анализа подтверждают достоверность положительного влияния низина на темпы роста *C. quadricarinatus*. Конечная масса тела особей в опытных группах достоверно превышала таковую в контрольных группах: у самок на 33,6 % ($p < 0,001$), у самцов на 26,1 % ($p < 0,001$). Аналогичная статистически значимая динамика наблюдалась и для показателя конечной длины тела: прирост у самок в опытной группе был на 14,1 % выше ($p < 0,001$), у самцов – на 12,2 % выше ($p < 0,001$) по сравнению с контролем.

Статистический анализ также подтвердил изменение коэффициента упитанности. У самок в контрольной группе значение данного показателя было достоверно выше, чем в опыте ($p < 0,001$), в то время как у самцов различия между контрольной и опытной группой оказались статистически незначимыми ($p = 0,121$). Это свидетельствует о различном характере ростовых процессов у разнополовых особей под воздействием изучаемой добавки: у самок прирост происходил в большей степени за счет линейного роста, а у самцов наблюдался более сбалансированный рост массы и длины.

Наблюдаемое повышение выживаемости в опытных группах (86,7 % у самок и 83,3 % у самцов) по сравнению с контрольными (56,7 % и 76,7 % соответственно) сопровождалось важной особенностью. Анализ причин гибели особей показал, что все случаи были связаны с проявлениями каннибализма среди особей, что подтверждалось наличием гастролитов (желудочных жерновков) в рыбоводных емкостях, которые являются диагностическим признаком поедания одних особей другими.

Наибольшая активность каннибализма регистрировалась в ранний постлиночный период, что согласуется с повышенной уязвимостью раков в это время. Наличие свободных экзувиев (сброшенных панцирей) в емкостях служило дополнительным подтверждением прохождения линьки у особей. Эти данные могут указывать на то, что введение низина в рацион могло косвенно снижать стрессовую нагрузку, уменьшая частоту каннибализма. Однако для точного установления механизмов наблюдаемого эффекта требуются дальнейшие исследования.

Выводы

В результате проведенного исследования установлено положительное воздействие бактерицина класса лантибиотиков типа А – низина на рост и выживаемость разнополых групп австралийского красноклешневого рака *C. quadricarinatus*. Результаты показали, что добавление низина в рацион способствовало увеличению средней индивидуальной массы особей: у самок на 33,6 %, у самцов на 26,1 % по сравнению с контрольными группами. Кроме того, наблюдалось повышение выживаемости в опытных группах (86,7 % у самок и 83,3 % у самцов), что может быть связано с косвенным снижением стрессовой нагрузки и уменьшением проявлений каннибализма, особенно в постлиночный период. Полученные результаты согласуются с исследованиями, проведенными на других видах сельскохозяйственных животных, где низин также демонстрировал стимулирующее действие на рост и продуктивность. Однако механизмы влияния требуют дальнейшего изучения, особенно в контексте модуляции кишечной микробиоты и усвояемости кормов.

Работа проведена в рамках выполнения проекта «Разработка персонифицированных кормов нового поколения с растительными и пробиотическими добавками для повышения выживаемости и улучшения здоровья рыб» (FZNE-2023-0003).

Список литературы

1. Чолутаева Э. Э., Саркисян Д. С., Ковальчук Д. Ю., Шевченко В. Н., Ольшевская А. В. Опыт проведения нереста у австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в искусственных условиях // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 2. С. 134–144.
2. Cabello F. C., Godfrey H. P., Tomova A., Ivanova L., Dölz H., Millanao A., Buschmann A. H. Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health // Environmental microbiology. 2013. Vol. 15, No 7. P. 1917–1942.
3. Ghanawi J., Saoud I. P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquaculture. 2012. Vol. 358. P. 183–195.
4. Haubrock P. J., Oficialdegui F. J., Zeng Y., Patoka J., Yeo D. C. J., Kouba A. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. 2021. Vol. 13, No 3. P. 1488–1530.
5. Hossain A., Habibullah-Al-Mamun M., Nagano I., Masunaga S., Kitazawa D., Matsuda H. Antibiotics, antibiotic-resistant bacteria, and resistance genes in aquaculture: risks, current concern, and future thinking // Environmental Science and Pollution Research. 2022. P. 1–22.
6. Hossain A., Raknuzzaman M., Tokumura M. Coronavirus (COVID-19) pandemic: concern about misuse of antibiotics // Journal of Biomedical Analytics. 2020. Vol. 3, No 2. P. 19–23.
7. Józefiak D., Kierończyk B., Juśkiewicz J., Zduńczyk Z., Rawski M., Długosz J., Sip A., Højberg O. Dietary nisin modulates the gastrointestinal microbial ecology and enhances growth performance of the broiler chickens // PloS one. 2013. Vol. 8, No 12. P. e85347.
8. Kierończyk B., Pruszyńska-Oszmerek E., Świątkiewicz S., Rawski M., Długosz J., Engberg R. M., Józefiak D. The nisin improves broiler chicken growth performance and interacts with salinomycin in terms of gastrointestinal tract microbiota composition // J. Anim. Feed Sci. 2016. Vol. 25, No 4. P. 309–316.
9. Kierończyk B., Sassek M., Pruszyńska-Oszmerek E., Kołodziejcki P., Rawski M., Świątkiewicz S., Józefiak D. The physiological response of broiler chickens to the dietary supplementation of the bacteriocin nisin and ionophore coccidiostats // Poultry science. 2017. Vol. 96, No 11. P. 4026–4037.
10. Lulijwa R., Rupia E. J., Alfaro A. C. Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health and environmental risks: a review of the top 15 major producers // Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12, No 2. P. 640–663.

11. Nong C., Chen Y., Yang H., Chen N., Tian C., Li S., Chen H. Phenotypic sorting of individual male and female intersex *Cherax quadricarinatus* and analysis of molecular differences in the gonadal transcriptome // Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics. 2024. Vol. 49. P. 101194.

12. Pereira W. A., Mendonça C. M. N., Urquiza A. V., Marteinsson V. P., LeBlanc J. G., Cotter P. D., Oliveira R. P. Use of probiotic bacteria and bacteriocins as an alternative to antibiotics in aquaculture // Microorganisms. 2022. Vol. 10, No 9. P. 1705.

13. Santos L., Ramos F. Antimicrobial resistance in aquaculture: Current knowledge and alternatives to tackle the problem // International journal of antimicrobial agents. 2018. Vol. 52, No 2. P. 135–143.

14. Zhang Z. L., Li J. J., Xing S. W., Lu Y. P., Zheng P. H., Li J. T., Hao C. G., Xu J. R. Xian J. A., Zhang L. M., Zhang X. X. A newly isolated strain of *Bacillus subtilis* W2Z exhibited probiotic effects on juvenile red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Aquaculture. 2024. Vol. 585. P. 740700.

Поступила в редакцию 21.08.2025 г.

Olshevskaya A. V., Shevchenko V. N., Maltseva T. A., Sarkisyan D. S., Cholutaeva E. E. Study of growth characteristics of male and female Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) when introducing bacteriocin into their diet. – The paper presents data on the results of studying the effect of nisin on the growth and survival of female and male Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. The experiment was conducted in closed water supply systems on individuals with clearly expressed signs of sexual dimorphism and divided into control and experimental groups. Nisin, a representative of the class of lantibiotics type A, was added to the diet of the experimental groups in an amount of 0.1 %. The duration of the experiment was 30 days. As a result, an improvement in growth indicators was recorded: the average weight of females in the experimental group increased by 33.6 %, males – by 26.1 % compared to the control group. Survival also increased to 86.7 % for females and 83.3 % for males against 56.7 % and 76.7 %, respectively, in the control groups. The data obtained are of practical value for the development of environmentally friendly technologies in industrial crustacean breeding.

Keywords: aquaculture, *Cherax quadricarinatus*, biotechnology, growth rates, survival, bacteriocins, nisin, lantibiotics.

Ольшевская Анастасия Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: olshevskaya.av@gs.donstu.ru
ORCID: 0000-0001-8318-3938
AuthorID: 784811

Olshevskaya Anastasiya Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Technologies and Equipment for Processing Products of the Agro-Industrial Complex», Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Шевченко Виктория Николаевна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробιοтехнологии», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: vikakhorosheltseva@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5001-4959
AuthorID: 1031771

Shevchenko Victoria Nikolaevna

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Research Laboratory «Agrobiotechnology Center», Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Мальцева Татьяна Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.
E-mail: tamalceva@donstu.ru

Maltseva Tatyana Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Technologies and Equipment for Processing Products of the Agro-Industrial Complex», Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

ORCID: 0000-0002-3973-6846

AuthorID: 969155

Саркисян Диана Славиковна

студент, факультет «Агропромышленный»,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.

E-mail: dianassarkisyan@mail.ru

AuthorID: 1180124

Sarkisyan Diana Slavikovna

Student, Faculty of Agribusiness, Don State Technical
University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Чолутаева Энкринэ Эренценовна

студент, факультет «Агропромышленный»,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону, РФ.

E-mail: cholutaeva@mail.ru

Cholutaeva Enkrina Erentsenovna

Student, Faculty of Agribusiness, Don State Technical
University, Rostov-on-Don, Russian Federation