

РЕГУЛЯЦИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ КОРМОВЫМИ ДОБАВКАМИ

Спирина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

Романова Елена Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

Романов Василий Васильевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика»

Любомирова Васелина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел. 8(8422)55-23-75; e-mail: elspirin@yandex.ru

Ключевые слова: аквакультура, африканский клариевый сом, малоновый диальдегид, антиоксидантная система, перекисное окисление липидов.

Статья содержит результаты исследований влияния пробиотика «Споротермин» и витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» на процессы свободно-радикального окисления липидов в мышечной ткани рыб. Были сформированы три группы половозрелых африканских сомов. Первая экспериментальная группа получала пробиотик «Споротермин» 2 г/кг кормов. Вторая группа получала витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник» 2 мл/кг кормов, третья группа являлась контрольной и получала только корма марки «Сом» фирмы ЛимКорм. Через три месяца у всех групп исследовали содержание малонового диальдегида (МДА). В контрольной группе содержание МДА у самцов составило 7948,71 ммоль/100 г ткани, у самок 8119,65 ммоль/100 г ткани. У рыб, выращенных с пробиотиком, наблюдался самый низкий уровень перекисного окисления липидов. У самцов уровень МДА составил 3931,62 ммоль/100 г ткани, а у самок - 4273,5 ммоль/100 г ткани. Во второй группе, получавшей витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник», содержание МДА было ниже, чем в контрольной, но выше, чем в группе, получавшей пробиотик, и составило у самцов 4358,97 ммоль/100 г ткани, а у самок 4957,26 ммоль/100 г ткани. Можно заключить, что использование пробиотика «Споротермин» и витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» в рационе клариевых сомов приводит к снижению свободно-радикальных процессов, уменьшает активность перекисного окисления липидов, стимулирует антиоксидантную систему, обеспечивает устойчивость к оксидативному стрессу, оздоравливая и повышая жизнеспособность организма рыб.

Исследования выполнялись по заданию МСХ РФ

Введение

В условиях, когда интенсификация сельскохозяйственного производства достигла своего предела, во всем мире опережающими темпами развивается аквакультура. В перспективе аквакультура способна обеспечить продовольственную безопасность страны и импортозамещение на рыбном рынке. Для мирового сообщества проблема повышения продуктивности аквакультуры является актуальной [1, 2]. Для решения этой проблемы необходимы фундаментальные знания о физиологии и биохимии рыб. Важно выявить факторы, позволяющие повысить продуктивность рыбы и показатели ее здоровья в условиях искусственного разведения. Ведется активный поиск средств, позволяющих интенсифицировать аквакультуру [1-4].

Общеизвестно, что выращивание рыбы в искусственной среде сопряжено с хроническим стрессом [5], в первую очередь из-за высокой

плотности посадки. Стресс проявляется в нарушениях физиологических процессов, метаболических сбоях, нарушении гомеостаза и сказывается на продуктивности и качестве рыболовной продукции [6].

Под воздействием стресса у рыб повышается перекисное окисление липидов на кристах митохондрий при синтезе АТФ [7], вследствие чего образуются свободные радикалы, которые повреждают биомембраны [8-9] и нарушают их функции. Биомембраны утрачивают барьерную функцию и перестают участвовать в восприятии сигнала [10]. Этот системный процесс приводит к нарушению гомеостаза, снижает защитные функции организма и тормозит ростовые процессы, приводит к болезням рыб [11].

Поэтому для защиты от свободно радикальных процессов необходимо использовать биологически активные вещества – антиоксиданты [12], блокирующие реакции свободно-

радикального окисления и восстанавливающие окисленные соединения. Такие вещества способны вырабатывать микробиота пробиотиков.

Пробиотики способствуют формированию микробиоценоза кишечника, обеспечивают стимуляцию иммунной системы [13], синтезируют белки и способствуют их лучшему усвоению [14]. Микробиоценоз желудочно-кишечного тракта рыб, получающих с кормами пробиотики, обеспечивает лучшее усвоение органических соединений пищи в организме рыб и повышает конверсию кормов. Микроорганизмы, входящие в состав пробиотика, производят широкий спектр биологически активных веществ [15], таких как витамины, органические кислоты и другие низкомолекулярные соединения, способные осуществлять коррекцию биохимических и физиологических процессов. Под действием пробиотиков происходит коррекция структуры микробиоценоза пищеварительной системы рыб, что позволяет интенсифицировать биосинтетические процессы, регулировать обмен веществ рыб [13, 16], в том числе за счет синтеза антиоксидантов [17, 18]. Это важно для усиления защиты и устойчивости мембран от свободно радикальных процессов. Таким образом, микробиота пробиотиков интенсифицирует рост и развитие рыб.

В своих исследованиях мы использовали пробиотик «Споротермин». Он относится к пробиотикам последнего поколения. «Споротермин» содержит спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, которые не входят в состав микробиоценоза желудочно-кишечного тракта рыб, однако эти бактерии обеспечивают нормализацию кишечного микробиоценоза. Препарат применяется для повышения продуктивности и жизнеспособности сельскохозяйственных животных и рыб [19, 20].

Для увеличения темпов роста рыб и интенсификации аквакультуры целесообразно применять витамины и аминокислоты, которые интенсифицируют синтез белка, в частности мышц, стимулируют процессы роста, регенерации, синтеза гормонов, ферментов, антител. Витамины относятся к числу регуляторов метаболических процессов, входят в состав ферментов, определяют их активность. Необходимо обратить внимание, что большую часть витаминов организм не синтезирует сам, а получает с пищей, поэтому корма для аквакультуры должны содержать весь спектр витаминов. С этой целью необходимо использовать такие витаминно-аминокислотные комплексы как «Чиктоник»

[21, 22] и его аналоги.

Целью работы являлось исследование влияния пробиотика «Споротермин» и витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» на процессы перекисного окисления липидов в мышечной ткани африканского клариевого сома.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования были половозрелые африканские клариевые сомы, выращиваемые в лаборатории кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура» Ульяновского аграрного университета.

Были сформированы три группы по 50 особей в каждой. Первая экспериментальная группа сомов получала пробиотик «Споротермин» из расчета 2 г/кг кормов марки «Сом» фирмы ЛимКорм. Вторая экспериментальная группа получала витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник» из расчета 2мл/кг кормов марки «Сом» фирмы ЛимКорм, третья группа являлась контрольной и выращивалась без каких-либо добавок на комбикормах марки «Сом» фирмы ЛимКорм.

Рыба содержалась в бассейнах объемом 1,5 м³. Для очистки воды использовались фильтры на кварцевом песке. Ежедневная подмена воды составляла 25 %, температура воды поддерживалась на уровне 26 С, содержание кислорода составляло 4 мг/л.

Эксперимент продолжался 90 дней. По завершении эксперимента проводили исследование мышечной ткани клариевых сомов на содержание малонового диальдегида (МДА), который образуется при перекисном окислении и является одним из токсичных продуктов метаболизма.

Определение МДА в мышечной ткани клариевых сомов проводили на анализаторе Hitachi AAA 835 в лаборатории Ульяновского государственного университета. Статистическую обработку данных проводили с использованием «STATISTICA-6» [23].

Результаты исследований

В ходе проведенных исследований были получены результаты, характеризующие интенсивность перекисного окисления липидов в мышечной ткани африканских клариевых сомов. У самцов и самок африканских клариевых сомов исследовали уровень продукта перекисного окисления липидов - малонового диальдегида на фоне применения биологически активных компонентов - пробиотика «Споротермин» и

витамино-аминокислотного комплекса «Чиктоник». Результаты представлены на рисунке 1.

При исследовании уровня малонового диальдегида самцов и самок контрольной группы было установлено, что содержание этого компонента у самцов составило 7948,71 ммоль/100 г ткани, а у самок - 8119,65 ммоль/100 г ткани.

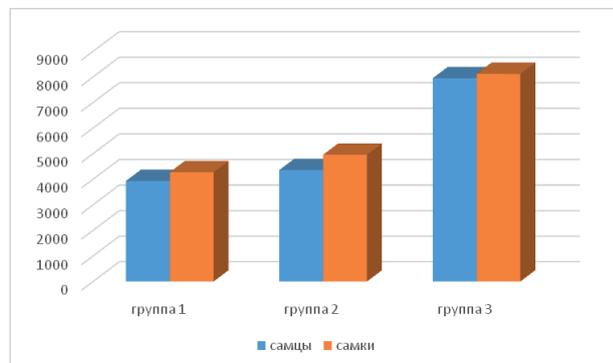


Рис. 1 – Содержание МДА у клариевых сомов

У клариевых сомов первой группы, выращиваемых с использованием пробиотика, наблюдался самый низкий уровень перекисного окисления липидов, т.к. у самцов уровень малонового диальдегида составил - 3931,62 ммоль/100 г ткани, а у самок 4273,5 ммоль/100 г ткани (рис. 1) по сравнению с другими группами.

Условия выращивания рыбы в индустриальной аквакультуре способствуют накоплению в воде азотистых соединений в виде аммонийного азота, нитратов и нитритов, повышенное содержание которых является токсикологическим грузом для организмов рыб, приводит к замедлению роста и интоксикации. Поэтому в своих исследованиях мы использовали пробиотики, которые способны снизить уровень патогенной и условно-патогенной микрофлоры, а также обеспечить снижение токсической нагрузки на печень. Следует отметить, что накопление МДА является индикатором оксигенного стресса [24] и свидетельствует об интоксикации организма рыб. Уровень МДА повышается в крови на фоне заболеваний внутренних органов. Полученные нами результаты свидетельствуют о снижении уровня токсичного продукта перекисного окисления липидов - МДА при использовании в кормлении рыб биологически активных компонентов таких, как пробиотик и витаминно-аминокислотный комплекс.

Присутствие пробиотика способствует стимуляции роста рыбы за счет биологически ак-

тивных веществ, продуцируемых микробиотой пробиотика. При этом улучшается физиологическое состояние организма рыб, оптимизируются биохимические показатели мяса клариевых сомов в результате снижения количества влаги и накопления белка и жира.

Использование пробиотика «Споротермин» направлено на активизацию естественной микрофлоры, обеспечивающей пристеночное пищеварение в кишечнике рыб. За счет нормализации кишечного микробиоценоза, снижения уровня патогенной и условно патогенной микрофлоры улучшается перистальтика, происходит полноценное переваривание, всасывание и усвоение питательных веществ.

Во второй группе африканских клариевых сомов, получавшей витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник», содержание малонового диальдегида также было ниже, чем в контрольной. Содержание МДА в мышечной ткани клариевых сомов, получавших витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник», составило у самцов 4358,97 ммоль/100 г ткани, а у самок -4957,26 ммоль/100 г ткани (рис. 1).

Витамино-аминокислотный комплекс «Чиктоник» имеет сбалансированный состав витаминов и аминокислот. Он содержит незаменимые аминокислоты и витамины, которые не синтезируются в организме рыб. Производители препарата рекомендуют его для нормализации обмена веществ и повышения неспецифической резистентности к средовым факторам. Исходя из состава витаминно-аминокислотного препарата «Чиктоник», можно заключить, что он в полной мере способен компенсировать дефицит биологически активных веществ таких, как витамины и аминокислоты в организме рыб.

Наиболее эффективно применение витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» в условиях индустриальной аквакультуры и особенно при выращивании товарной рыбы в установках замкнутого водоснабжения, когда процесс выращивания полностью контролируется человеком, а экосистема создана искусственно, не устойчива и является относительно замкнутой. Применение витаминно-аминокислотного комплекса в аквакультуре эффективно при стрессах, для интенсификации роста, повышения качества рыбной продукции и ее пищевой ценности.

Таким образом, использование пробиотика «Споротермин» и витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» в рационе клариевых сомов приводит к снижению свободно-

радикальных процессов, уменьшает активность перекисного окисления липидов, стимулирует антиоксидантную систему, обеспечивает устойчивость к стрессам и повышает жизнеспособность организма рыб. Происходит это за счет оздоровления организма рыб, нормализации микробиоценоза кишечника, а также снижения токсической нагрузки, создаваемой перекисным окислением липидов.

Обсуждение

При выращивании рыб в условиях аквакультуры в ответ на воздействие стресса происходит развитие общего адаптационного синдрома, сопровождающегося интенсификацией перекисного окисления липидов, возникающего как следствие пониженной активности антиоксидантных ферментов, которые способны предупредить образование и разрушить образовавшиеся перекиси.

Малоновый диальдегид является результатом реакций деградации полиненасыщенных жиров под действием ионов кислорода, свободных радикалов и перекисей. Малоновый диальдегид является маркером оксидативного стресса. При перекисном окислительном стрессе происходит активизация ферментов антирадикальной защиты, а затем происходит снижение активности антиперекисных ферментов, так как происходит повреждение ферментов вследствие воздействия свободных радикалов [11], при этом наблюдается истощение глутатиона [9, 11] и накопление продуктов перекисного окисления липидов в тканях.

В условиях индустриальной аквакультуры, когда процесс кормления рыб и качество предоставляемого корма контролируется антропогенным фактором, темпы роста рыб могут стать хорошо предсказуемыми, если задаться целью снизить роль стресса в целом и оксидативного стресса в частности. Полученные результаты показали, что использование определенных биологически активных веществ позволяет это сделать.

В частности, проведенные исследования свидетельствуют, что использованные нами в кормлении рыб пробиотик «Споротермин» и витаминно-аминокислотный комплекс «Чиктоник» снижают уровень малонового диальдегида в мышечной ткани рыб.

Заключение

Использование пробиотика «Споротермин» и витаминно-аминокислотного комплекса «Чиктоник» при выращивании африканского клариевого сома в условиях индустриальной

аквакультуры перспективно, так как благодаря им снижается уровень малонового диальдегида - продукта перекисного окисления липидов.

При этом повышаются качество и пищевая ценность выращиваемой рыбы за счет ее оздоровления и обогащения пробиотиками, незаменимыми аминокислотами, не синтезируемыми организмом рыбы витаминами. Происходит это на фоне повышения активности антиоксидантной системы, что выражается в снижении уровня токсикантов, в частности малонового диальдегида, являющегося индикатором оксидативного стресса и продуктом перекисного окисления липидов.

Библиографический список

1. Моховиков, О. В. Перспективы Российской аквакультуры / О. В. Моховиков, А. А. Грунина // Дельта науки. - 2019. - № 1. - С. 10-12.
2. Барулин, Н. В. Системный подход к технологии регулирования воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных индустриальных комплексах / Н. В. Барулин // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. - 2018. - № 34. - С. 235-239.
3. Ходоревская, Р. П. Современное состояние и перспективы воспроизводства водных биологических ресурсов для промышленной аквакультуры в астраханской области / Р. П. Ходоревская, С. О. Некрасова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2019. - № 3. - С. 107-116.
4. Буюров, В. С. Резервы повышения эффективности товарной аквакультуры / В. С. Буюров, Ю. А. Юшкова, А. В. Буюров // Аграрный вестник Верхневолжья. - 2019. - № 1(26). - С. 63-69.
5. Спирина, Е. В. Адаптивные изменения картины крови клариевого сома на фоне трекрежана при выращивании в искусственной среде / Е. В. Спирина, Е. М. Романова, Ю. В. Петрова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 1(53). - С. 124-129. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-124-129.
6. Виноградов, Е. В. Изменение биохимических параметров слизи и крови у рыб, устойчивых к стрессу / Е. В. Виноградов, В. М. Симонов // Вестник рыбохозяйственной науки. - 2018. - Т. 5, № 2(18). - С. 24-32.
7. Oganisyan, A. O. Changes in succinate dehydrogenase activity in various parts of the brain during combined exposure to vibration and licorice root / A. O. Oganisyan, K. R. Oganisyan, S. M. Minasyan // Neuroscience and behavioral physiology. - 2005. - Vol. 35, No 5. - P. 545-548.
8. Бабаева, А. Х. Перекисное окисление

липидов и антиоксидантная защита в сыворотке крови у беременных с гестозом и железодефицитной анемией / А. Х. Бабаева // Вестник проблем биологии и медицины. - 2017. - Vol. 1, No 2(136). - P. 80-82.

9. Влияние ингибиторов NHE-1 зонипорида и ВМА-1321 на уровень продуктов перекисного окисления липидов и ферментов антиоксидантной системы в митохондриях сердца животных с хронической сердечной недостаточностью / В. Н. Перфилова, Н. А. Гурова, Т. А. Попова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. - 2019. - № 3(71). - С. 62-65. - DOI 10.19163/1994-9480-2019-3(71)-62-65.

10. Молекулярно-динамическое моделирование взаимодействия катионных флуоресцентных зондов, чувствительных к перекисному окислению липидов, с митохондриальной мембраной / А. М. Нестеренко, Е. Г. Холина, К. Г. Лямзаев [и др.] // Доклады Академии наук. - 2019. - Т. 486, № 4. - С. 509-513. - DOI 10.31857/S0869-56524864509-513.

11. Волощук, О. Н. Интенсивность свободнорадикального окисления биомолекул митохондрий гепатоцитов при нутриентном дисбалансе / О. Н. Волощук, Ю. В. Стус, Г. П. Копыльчук // Биомедицинская химия. - 2020. - Т. 66, № 5. - С. 386-391. - DOI 10.18097/PBMC20206605386.

12. Юдина, Н. В. Антиоксиданты в липидах растений-торфообразователей и торфов / Н. В. Юдина, А. В. Савельева // Химия растительного сырья. - 2019. - № 3. - С. 253-259. - DOI 10.14258/jscrpm.2019034840.

13. Орлова, Т. Н. Влияние пробиотика на микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров / Т. Н. Орлова // Евразийский союз ученых. - 2020. - № 10-2(79). - С. 68-70. - DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.79.1039.

14. Гематологические параметры молоди стерляди на фоне совместного использования культуры *Bacillus subtilis* и наночастиц сплава Cu-Zn / Е. П. Мирошникова, А. Е. Аринжанов, Ю. В. Килякова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. - 2018. - Т. 101, № 3. - С. 100-109.

15. Effects of nanostructured zeolite and aflatoxin B1 in growth performance, immune parameters and pathological conditions of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / S. Alinezhad, M. Faridi, B. Falahatkar, R. Nabizadeh, D. Davoodi // Fish and Shellfish Immunology. - 2017. - Vol. 70. - P. 648-655.

16. Артеменков, Д. В. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на комбикормах с добавками пробиотика субтилис в условиях УЗВ : спец. 06.04.01 : автореферат диссертации на со-

искание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Артеменков Дмитрий Владимирович ; Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. - Москва, 2013. - 23 с.

17. Toxicity assessment of arsenic on common carp (*Cyprinus carpio*) and development of natural sorbents to reduce the bioconcentration by RSM methodology / Z. Ghadersarbazi, F. Ghiasi, F. Ghorbani, S. A. Johari // Chemosphere. - 2019. - Vol. 224. - P. 247-255.

18. Максимов, Н. И. Влияние комбинированного пробиотика на ростовые показатели и уровень иммунитета у порослят-отъемышей / Н. И. Максимов, А. П. Лашин // Дальневосточный аграрный вестник. - 2020. - № 1(53). - С. 56-61. - DOI 10.24411/1999-6837-2020-11008.

19. Эффект стимуляции антиоксидантной системы рыб на фоне использования пробиотика споротермин / Е. В. Спирина, Е. М. Романова, В. В. Романов, Л. А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2020. - № 1(49). - С. 85-90. - DOI 10.18286/1816-4501-2020-1-85-90.

20. Гистологическая характеристика кишечника африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на фоне использования пробиотика «Споротермин» / Е. М. Романова, Е. В. Спирина, В. Н. Любомирова, В. В. Романов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - № 4(48). - С. 76-82. - DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-76-82.

21. Бачинская, В. М. Ветеринарно-санитарная оценка тушек цыплят-бройлеров при применении Чиктоника и Абиотоника / В. М. Бачинская, С. И. Чинченков, Е. В. Тюрина // Инновационная наука. - 2019. - № 6. - С. 195-198.

22. Дворницын, А. И. Оценка эффективности использования препарата «Чиктоник» в кормлении телят / А. И. Дворницын // БИО. - 2018. - № 2(209). - С. 16-17.

23. Щукова, К. Б. Применение однофакторного анализа для оценки производительности системы с помощью программы STATISTICA / К. Б. Щукова // Современная техника и технологии. - 2015. - № 12(52). - С. 254-259.

24. Experimental assessment of the influence of dust from cities of the Karaganda region on the indicators of lipid peroxidation in bronchoalveolar lavage / K. A. Nurlybaeva, A. M. Aitkulov, G. M. Tykezhanova [et al.] // Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series. - 2021. - Vol. 102, No 2. - P. 57-62. - DOI 10.31489/2021BMG2/57-62.

REGULATION OF FISH ANTIOXIDANT SYSTEM WITH BIOLOGICALLY ACTIVE FEED ADDITIVES

Spirina E.V., Romanova E.M., Romanov V.V., Lyubomirova V.N.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU
432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; Tel. 8 (8422) 55-23-75;
e-mail: elspirin@yandex.ru

Keywords: aquaculture, African sharptooth catfish, malondialdehyde, antioxidant system, lipid peroxidation.

The article contains results of the research on the influence of "Sporothermin" probiotics and "Chiktonik" vitamin-amino acid complex on the processes of free-radical oxidation of lipids in the muscle tissue of fish. Three groups of sexually mature African catfish were formed. The first test group received "Sporothermin" probiotic at a dose of 2 g / kg of feed. The second group received "Chiktonik" vitamin-amino acid complex at a dose of 2 ml / kg of feed, the third group was the control and received only LimKorm "Som" brand feeds. All groups were tested for malondialdehyde content (MDA) in three months. In the control group, the content of MDA of males was 7948.71 mmol / 100 g of tissue, females - 8119.65 mmol / 100 g of tissue. Fish reared with the probiotics had the lowest levels of lipid peroxidation. Males had the MDA level of 3931.62 mmol / 100 g of tissue, and females - 4273.5 mmol / 100 g of tissue. As for the second group, which received "Chiktonik" vitamin-amino acid complex, the MDA content was lower than in the control, but higher than in the group which received the probiotics and was 4358.97 mmol / 100 g of tissue (males), and 4957.26 mmol / 100 g of tissue (females). It can be concluded that the usage of "Sporothermin" probiotics and "Chiktonik" vitamin-amino acid complex in the diet of African sharptooth catfish leads to a decrease of free radical processes, reduces the activity of lipid peroxidation, stimulates the antioxidant system, provides resistance to oxidative stress, revitalizing and increasing the vitality of the organism fish.

Bibliography:

1. Mokhovikov, O.V. Prospects for Russian aquaculture / O.V. Mokhovikov, A.A. Grunina // *Delta of Science*. - 2019. - № 1. - P. 10-12.
2. Barulin, N. V. System approach to regulation technology of reproduction of aquaculture objects in fish-breeding industrial complexes / N. V. Barulin // *Issues of fish industry in Belarus*. - 2018. - № 34. - P. 235-239.
3. Khodorevskaya, R. P. Current state and prospects of reproduction of aquatic biological resources for industrial aquaculture in Astrakhan region / R. P. Khodorevskaya, S. O. Nekrasova // *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. - 2019. - № 3. - P. 107-116.
4. Buyarov, V. S. Reserves for increasing the efficiency of commercial aquaculture / V. S. Buyarov, Yu. A. Yushkova, A. V. Buyarov // *Agrarian Vestnik of the Upper Volga Region*. - 2019. - № 1 (26). - P. 63-69.
5. Spirina, E.V. Adaptive changes in the blood picture of African catfish in case of trekrezan application in artificial environment breeding / E.V. Spirina, E.M. Romanova, Yu. V. Petrova // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2021. - № 1 (53). - P. 124-129. - DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-124-129.
6. Vinogradov, E.V. Changes in biochemical parameters of mucus and blood of fish resistant to stress / E.V. Vinogradov, V.M. Simonov // *Vestnik of fishery science*. - 2018. - V. 5, № 2 (18). - P. 24-32.
7. Oganisyan, A. O. Changes in succinate dehydrogenase activity in various parts of the brain during combined exposure to vibration and licorice root / A. O. Oganisyan, K. R. Oganisyan, S. M. Minasyan // *Neuroscience and behavioral physiology*. - 2005. - Vol. 35, No 5. - P. 545-548.
8. Babaeva, A. Kh. Lipid peroxidation and antioxidant protection in blood serum of pregnant women with preeclampsia and iron deficiency anemia / A. Kh. Babaeva // *Vestnik of problems of biology and medicine*. - 2017. - Vol. 1, №2 (136). - P. 80-82.
9. Influence of NHE-1 zoniporide inhibitors and BMA-1321 on the level of lipid peroxidation products and enzymes of the antioxidant system in heart mitochondria of animals with chronic heart failure / V. N. Perfilova, N. A. Gurova, T. A. Popova [and etc.] // *Vestnik of Volgograd State Medical University*. - 2019. - № 3 (71). - P. 62-65. - DOI 10.19163/1994-9480-2019-3 (71) -62-65.
10. Molecular dynamic modeling of interaction of cationic fluorescent probes (sensitive to lipid peroxidation) with mitochondrial membrane / A.M. Nesterenko, E.G. Kholina, K.G. Lyamzaev [et al.] // *Reports of the Academy of Sciences*. - 2019. - V. 486, № 4. - P. 509-513. - DOI 10.31857/S0869-56524864509-513.
11. Voloshchuk, O.N. Intensity of free radical oxidation of biomolecules of mitochondria of hepatocytes in case of nutritional imbalance / O.N. Voloshchuk, Yu. V. Stus, GP Kopylchuk // *Biomedical chemistry*. - 2020. - V. 66, № 5. - P. 386-391. - DOI 10.18097/PBMC20206605386.
12. Yudina, N.V. Antioxidants in lipids of peat-forming plants and peat / N.V. Yudina, A.V. Savelieva // *Chemistry of vegetable raw materials*. - 2019. - № 3. - P. 253-259. - DOI 10.14258/jcpm.2019034840.
13. Orlova, T.N. Influence of probiotics on intestinal microbiocenosis of broiler chicken / T.N. Orlova // *Eurasian Union of Scientists*. - 2020. - № 10-2 (79). - P. 68-70. - DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.79.1039.
14. Hematological parameters of young sterlet in case of combined usage of *Bacillus subtilis* culture and nanoparticles of Cu-Zn alloy / E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhonov, Yu. V. Kilyakova [et al.] // *Animal husbandry and forage production*. - 2018. - V. 101, № 3. - P. 100-109.
15. Effects of nanostructured zeolite and aflatoxin B1 in growth performance, immune parameters and pathological conditions of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / S. Alinezhad, M. Faridi, B. Falahatkar, R. Nabizadeh, D. Davoodi // *Fish and Shellfish Immunology*. - 2017. - Vol. 70. - P. 648-655.
16. Artemenkov, D.V. Rearing of *Clarias gariepinus* on compound feeds with addition of *subtilis* probiotics under RAS conditions: spec. 06.04.01: abstract of dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Artemenkov Dmitry Vladimirovich; Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. - Moscow, 2013. - 23 p.
17. Toxicity assessment of arsenic on common carp (*Cyprinus carpio*) and development of natural sorbents to reduce the bioconcentration by RSM methodology / Z. Ghadersarbazi, F. Ghiasi, F. Ghorbani, S. A. Johari // *Chemosphere*. - 2019. - Vol. 224. - P. 247-255.
18. Maksimov, N.I. Influence of combined probiotic on growth rates and level of immunity in weaned pigs / N.I. Maksimov, A.P. Lashin // *Far Eastern Agrarian Vestnik*. - 2020. - № 1 (53). - P. 56-61. - DOI 10.24411/1999-6837-2020-11008.
19. Effect of stimulation of fish antioxidant system in case of Sporothermin probiotics usage / E. V. Spirina, E. M. Romanova, V. V. Romanov, L. A. Shadyeva // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2020. - № 1 (49). - P. 85-90. - DOI 10.18286/1816-4501-2020-1-85-90.
20. Histological characteristics of the intestine of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in case of Sporothermin probiotics usage / E. M. Romanova, E. V. Spirina, V. N. Lyubomirova, V. V. Romanov // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2019. - № 4 (48). - P. 76-82. - DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-76-82.
21. Bachinskaya, V.M. Veterinary and sanitary assessment of carcasses of broiler chicken in case of application of Chiktonik and Abiotonik / V.M. Bachinskaya, S.I. Chinchonov, E.V. Tyurina // *Innovative Science*. - 2019. - № 6. - P. 195-198.
22. Dvornitsyn, A.I. Effectiveness evaluation of "Chiktonik" application in feeding of calves / A.I. Dvornitsyn // *BIO*. - 2018. - № 2 (209). - P. 16-17.
23. Shchukova, K.B. Application of one-factor analysis to assess system performance using STATISTICA program / K.B. Shchukova // *Modern equipment and technologies*. - 2015. - № 12 (52). - P. 254-259.
24. Experimental assessment of the influence of dust from cities of the Karaganda region on the indicators of lipid peroxidation in bronchoalveolar lavage / K. A. Nurlybaeva, A. M. Aitkulov, G. M. Tykezhanova [et al.] // *Vestnik of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series*. - 2021. - Vol. 102, No 2. - P. 57-62. - DOI 10.31489/2021BMG2/57-62.