Астаксантин в составе кормов для объектов индустриальной аквакультуры

DOI 10.37663/0131-6184-2022-6-71-74

Кандидат биологических наук **А.Б. Ахмеджанова** – ведущий инженер, доцент кафедры «Аквакультура и рыболовство» научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», кафедры «Аквакультура и рыболовство» Астраханского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «АГТУ»);

Доктор биологических наук, профессор **С.В. Пономарев** – профессор кафедры «Аквакультура и рыболовство», заведующий научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры» Астраханского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «АГТУ»); главный научный сотрудник центра «Аквакультура» Московского государственного университета технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ);

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Ю.В. Федоровых** – доцент кафедры «Аквакультура и рыболовство»;

Кандидат сельскохозяйственных наук **О.А. Левина** – доцент кафедры «Аквакультура и рыболовство»;

Н.В. Терганова – лаборант научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры»;

А.Н. Хисамутдинова – бакалавр кафедры «Аквакультура и рыболовство»;

В.М. Насунова – бакалавр кафедры «Аквакультура и рыболовство» – Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»)

ASTAXANTHIN AS PART OF FEED FOR INDUSTRIAL AQUACULTURE FACILITIES

Candidate of Biological Sciences **A.B. Akhmedzhanova** – Leading Engineer, Associate Professor of the Department of "Aqua-culture and Fisheries" of the Scientific Research Laboratory "Sturgeon Breeding and Promising Aquaculture Facilities", Depart-ment of "Aquaculture and Fisheries" of *Astrakhan State Technical University (ASTU)*;
Doctor of Biological Sciences, Professor **S.V. Ponomarev** – Professor of the Department of "Aquaculture and Fisheries", Head of the Research Laboratory "Sturgeon Breeding and promising Aquaculture Facilities" of *Astrakhan State Technical University (FSBEI HE "AGTU")*; Chief researcher of the Center "Aquaculture" of *the Moscow State University of Technology and Manage-ment named after K.G. Razumovsky*;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Yu.V. Fedorovykh** – Associate Professor of the Department "Aqua culture and fishing";
Candidate of Agricultural Sciences **O.A. Levina** – Associate Professor of the Department "Aquaculture and Fisheries";
N.V. Terganova – laboratory assistant of the Research Laboratory "Sturgeon breeding and selective aquaculture facilities";
A.N. Hisamutdinova – Bachelor of the Department "Aquaculture and Fisheries";
V.M. Nasunova – Bachelor of the Department "Aquaculture and Fisheries fishing" – *Astrakhan State Technical University (FGBOU VO "AGTU")*

Modern combined feeds provide high plastic growth of fish, but their composition differs from the natural food of fish, and first – by the presence or absence of biologically active substances (BAS) of natural origin in their composition, which regulate many metabolic processes in the body. The shortage of BAS in feed, in conditions of high-intensity aquaculture and super-intensive cultivation technologies, can affect the quality of producers and their offspring. Along with vitamins and minerals, this also includes carotenoids – natural pigments contained in the natural food of fish. Caratinoids are a numerous and widespread group of pigments in nature that are part of the cells of microorganisms, algae and higher plants, as well as animal and human cells. It was found that the addition of astaxanthin 20.0 and 40.0 mg/kg to the composition of production feeds allowed increasing productivity by 22.0% and 39.2%, respectively, and to have a positive effect on the physiological state of fish.

@ aliyaakhmed14@gmail.com; kafavb@yandex.ru; jaqua@yandex.ru; levina90@inbox.ru

Ключевые слова:
природный антиоксидант, астаксантин, каротиноиды, тиляпия, аквакультура, кормление, прирост, физиологическое состояние

Keywords:
natural antioxidant, astaxanthin, carotenoids, tilapia, aquaculture, feeding, growth, physiological state

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей индустриального рыбоводства является улучшение состава комбикормов и технологии кормления. При разработке состава рецептов комбинированных кормов, помимо их сбалансированности по основным питательным веществам, значительное внимание уделяется адекватному использованию в них различных биологически активных веществ, к числу которых относятся природные пигменты каротиноиды [1].

Вопросом применения каротиноидов в аквакультуре ученые заинтересовались еще в прошлом

столетии. Он возник в связи с тем, что при выращивании лососевых рыб в искусственных условиях мясо их приобретает несвойственный бледный цвет, что делает его непривлекательным для потребителя. В природной среде яркий розовый цвет мясу лососей и других гидробионтов придает пигмент астаксантин. Планктонные организмы, особенно ракообразные, являющиеся естественной пищей многих рыб, богаты этим пигментом [2]. Астаксантин – мощнейший антиоксидант, который оказывает огромное влияние на работу всех систем и общее состояние здоровья [3]. Но такая практика не коснулась массовых теплолюбивых видов аквакультуры, таких как тиляпия, у них мышечные ткани и икра не окрашиваются под действием астаксантина, а его влияние на физиологический статус рыб, а также антиоксидантные свойства так и не изучены.

Целью работы явилось изучение эффективности использования антиоксиданта астаксантина в составе комбикормов для перспективного объекта аквакультуры – мозамбикской тиляпии (*Oreochromis Mossambicus*).

Современные комбинированные корма обеспечивают высокий пластический рост рыб, однако их состав отличается от естественной пищи рыб, и в первую в очередь – по наличию или отсутствию в их составе биологически активных веществ (БАВ) естественного происхождения, которые регулируют многие метаболические процессы в организме. Недостаток БАВ в кормах, в условиях высокоинтенсивной аквакультуры и суперинтенсивных технологий выращивания, может сказаться на качестве производителей и их потомства. Наряду с витаминами и минеральными веществами, сюда же относятся каротиноиды – природные пигменты, содержащиеся в естественной пище рыб. Каратиноиды – многочисленная и широко распространенная в природе группа пигментов, входящих в состав клеток микроорганизмов, водорослей и высших растений, а также клеток животных и человека. Установлено, что добавление в состав продукционных кормов астаксантина 20,0 и 40,0 мг/кг позволило увеличить продуктивность на 22,0% и 39,2%, соответственно, а также оказать положительное влияние на физиологическое состояние рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные работы проводили на базе Инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Объектами исследования послужили годовики мозамбикской тиляпии (Oreochromis Mossambicus).

В исследовании изучалась эффективность применения природного антиоксиданта астаксантина – торговое название «Астапед». Исследование проводили на трех экспериментальных группах. Первая группа (контроль) получала продукционный корм, сбалансированный по всем элементам питания, согласно физиологическим потребностям. Вторая группа (вариант 1) получала рацион 1-й группы с добавлением природного антиоксиданта астаксантина в количестве 20 мг/кг. Третья группа (вариант 2) получала рацион 1-й группы с добавлением природного антиоксиданта астаксантина в количестве 40 мг/кг. Кормление рыб осуществляли вручную 3 раза в светлое время суток. Суточную норму кормления определяли согласно кормовым таблицам, в зависимости от средней массы рыб и температуры воды [4].

Состояние и развитие рыб определяли по комплексу показателей, анализируя скорость увеличения размеров тела и наращивания мышечной массы. Взвешивание и измерение рыбы проводили согласно рекомендациям [5], принятым в рыбоводстве, с использованием лабораторных весов Масса-К ВК-3000. Выживаемость рыб учитывали поштучным методом. Физиологическое состояние исследуемых объектов оценивали по биохимическим показателям белкового, липидного обмена (состав крови), согласно разработанным методикам [6; 7; 8; 9]. Кровь отбирали прижизненно из хвостовой вены у рыб в пробирки Эппендорфа [10]. Определяли следующие показатели: концентрацию гемоглобина фотометрически с помощью набора реактивов фирмы Агат-Мед [7], скорость оседания эритроцитов (СОЭ) на приборе Р.П. Панченкова [10]. Для измерения оптической плотности полученных проб использовали спектрофотометр Unico 2100. Результаты исследований обработаны с применением общепринятых методов биологической статистики и программы Microsoft Excel. Уровень различий оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента [11].

Таблица 1. Динамика роста Oreochromis Mossambicus (n=25) /
Table 1. Growth dynamics of Oreochromis Mossambicus (n=25)

Показатель	Контроль	Вариант No 1	Вариант No 2
Масса начальная, г	160,1±1,02	161,5±1,1	159,7±1,4
Масса конечная, г	222,1±1,3	236,8±1,2*	245,5±1,8*
Абсолютный прирост, г	62,09	75,75*	86,43*
Среднесуточный прирост, г	2,07	2,53*	2,88*
Среднесуточная скорость роста, %	13,0	13,8*	14,0**
Коэффициент массонакопления, ед.	0,0012	0,0014	0,0015
Продолжительность выращивания, сут.	30	30	30
Выживаемость, %	100,0	100,0	100,0

Примечание: при * p<0,05, ** p<0,001 – различия достоверны

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учитывая важное значение каротиноидов в жизнедеятельности рыб, были выполнены исследования по оценке эффективности введения их в продукционные корма для молоди мозамбикской тиляпии (*Oreochromis Mossambicus*).

В исследованиях использовалась рыба массой от 150,0 г до 210,0 г, при этом коэффициент вариации не превышал 3,0%. Оценка эффективности применения природного антиоксиданта астаксантина в продукционных комбикормах показала, что наилучшие показатели роста были характерны для группы рыб, потреблявшей корма с добавлением астаксантина в количестве 40 мг/кг – вариант № 2.

Динамике темпа роста соответствовало изменение абсолютных значений. В процессе исследования выявлено, что достоверно ($p \leq 0,05$) более низкие значения прироста были характерны для рыб контрольной группы (*табл. 1*). В процессе эксперимента установлено, что во всех группах наблюдалась высокая интенсивность роста.

За весь период эксперимента абсолютный и среднесуточный прирост рыб опытных групп на 22,0-39,2% был выше, чем у рыб контрольной группы. Наилучший результат абсолютного прироста установлен для варианта № 2, данные показателя был выше контрольного в 1,4 раза ($p < 0,001$). Среднесуточная скорость роста в контрольной группе была ниже на 22,2-39,1%, в отличие от вариантов №1 и № 2, соответственно.

Для всех вариантов исследования условия выращивания поддерживались на оптимальном уровне, а кормление производили согласно установленным рекомендациям [4], очевидно энергетические ресурсы для выборки из контрольной группы, получаемые от комбикорма, в меньшей степени расходовались на пластический обмен. Это подтверждается более низкими данными рыбоводно-биологических показателей.

Объективно оценить состояние организма, в предложенных условиях среды, можно по физиолого-биохимическим показателям крови, которые выступают в качестве специфических индикаторов физиологических или патологических изменений организма. Результаты оценки биохимических показателей крови, при завершении экспериментов, представлены на рисунке 1. Анализ показателей красной крови не выявил существенных изменений. Достоверных различий по уровню гемоглобина у рыб контрольной и двух опытных групп не выявлено ($p > 0,05$), показатели в исследуемых группах варьировали от 72,0-83,0 г/л. Однако отмечено, что гемоглобин в крови рыб всех вариантов исследования находился на высоком уровне, а за период исследования наблюдалось повышение показателя на 10,8% и 14,3% у рыб, выращиваемых на рационе с добавлением астаксантина, что свидетельствует о положительном влиянии кормовых компонентов на обмен веществ исследуемых рыб.

Важное значение при определении функционального состояния рыб имеет скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Показатели СОЭ в исследуемых группах варьировали от 2,2 до 4,0 мм/ч. Статистические различия по вариантам исследования были недостоверны $p > 0,05$.

Холестерин во всех вариантах эксперимента оставался в пределах нормативных значений, что свидетельствует о постоянном белковом составе плазмы крови, показатели в вариантах исследования составили от 3,0-3,5 ммоль/л и были величинами одного порядка ($p > 0,05$).

В условиях исследования незначительное увеличение (9,2%) общего сывороточного белка отмечено у рыб контрольного варианта. Наибольшие изменения произошли в крови рыб, потреблявших тестируемые корма. Уровень общего сывороточного белка увеличился ($p < 0,05$) на 27,8% и 58,5% в вариантах №1 и №2, соответственно. Подобная динамика отвечает данным по темпу роста. Учитывая, что рацион трех экспериментальных групп рыб содержал оптимальное количество аминокислот, которое соответствует потребностям текущего периода жизни, показатели белкового состава сыворотки крови условно можно считать нормальными.

Таким образом, показатели белкового и липидного обменов во всех трех вариантах эксперимента находились в пределах нормативных значений, а динамика изменений согласуется с рыбоводно-биологическими данными.

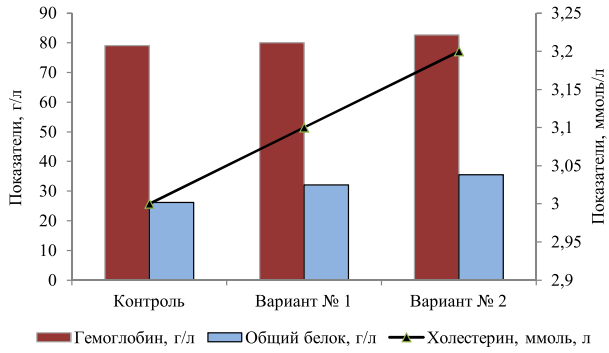

Рисунок 1. Физиолого-биохимические показатели *Oreochromis Mossambicus* (n=25)

Figure 1. Physiological and biochemical parameters of *Oreochromis Mossambicus* (n=25)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности использования астаксантина в кормлении перспективных объектов аквакультуры, в частности тиляпии. Установлено положительное влияние природного антиоксиданта астаксантина на рост и развитие культивируемой молоди. В целом полученные результаты гематологических и биохимических показателей согласуются с данными других авторов [12].

Рыба во время опыта с астаксантином не проявляла каких-либо беспокойств после кормления. В конце опыта мясо тиляпии сравнивали визуально, по оттенку мышц. Астаксантин не проявил пигментирующую роль в окраске тканей на тиляпии.

Таким образом, по данным биологических показателей роста, можно говорить об эффективности добавления астаксантина в корма для тиляпии в количестве 40 мг/кг, так как для данной выборки характерен высокий темп роста и более высокий уровень общих сывороточных белков.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 22-76-00023 «Разработка и апробация инновационной технологии кормления для сохранения иммунного гомеостаза в условиях высокопродуктивного и экологически чистого аквахозяйства».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Вклад в работу авторов: **А.Б. Ахмеджанова** – сбор и анализ данных, идея работы, подготовка введения, заключения, окончательная проверка статьи; **С.В. Пономарев** – подготовка введения, заключения, окончательная проверка статьи; **Ю.В. Федоровых** – подготовка введения, заключения, подготовка статьи; **О.А. Левина** – сбор и анализ данных, подготовка статьи; **Н.В. Терганова** – сбор, подготовка и анализ базы данных; **А.Н. Хисамутдинова** – подготовка и анализ базы данных; **В.М. Насунова** – подготовка и анализ базы данных.*

The work was supported by a grant from the Russian Science Found, project No. 22-76-00023 "Development and testing of innovative feeding technology to preserve immune homeostasis in conditions of highly productive and environmentally friendly aquatic farming".

The authors declare that there is no conflict of interest.

*Contribution to the work of the authors: **A.B. Akhmedzhanova** – data collection and analysis, idea of the work, preparation of the introduction, conclusion, final verification of the article; **S.V. Ponomarev** – preparation of the introduction, conclusion, final verification of the article; **Yu.V. Fedorovykh** – preparation of the introduction, conclusion, preparation of the article; **O.A. Levina** – data collection and analysis, preparation of the article; **N.V. Terganova** – collection, preparation and analysis of the database; **A.N. Hisamutdinova** – preparation and analysis of the database; **V.M. Nasunova** – preparation and analysis of the database.*

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / REFERENCES AND SOURCES

1. Пономарев С.В. Каротиноиды в аквакультуре осетровых рыб / С.В. Пономарев. – Ростов-на-Дону, 2010. – 148 с.

1. Ponomarev S.V. Carotenoids in aquaculture of sturgeon fish / S.V. Ponomarev. – Rostov-on-Don, 2010. – 148 p.

2. Грозеску Ю.Н. Новый каротиносодержащий препарат в составе комбикормов для осетровых рыб / Ю.Н. Грозеску, М.А. Митрофанова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2004. – №2 (21). – С. 81-88.

2. Grozescu Yu.N. A new carotene-containing preparation with compound feeds for sturgeon / Yu.N. Grozescu, M.A. Mitrofanova // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. – 2004. – №2 (21). – Pp. 81-88.

3. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. Изд-е 2. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

3. Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding / I.N. Ostroumova. Ed. 2. – St. Petersburg: GosNIORH, 2012. – 564 p.

4. Пономарев С.В. Корма и кормление рыб в аквакультуре / С.В. Пономарев, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску. – М.: Моркнига, 2013. – 417 с.

4. Ponomarev S.V. Forage and feeding of fish in aquaculture / S.V. Ponomarev, A.A. Ba-hareva, Yu.N. Grozescu. – M.: Morkniga, 2013. – 417 p.

5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

5. Pravdin I.F. Guide to the study of fish / I.F. Pravdin. – M.: Food industry, 1966. – 376 p.

6. Колб В.Г. Клиническая биохимия: пособие для врачей-лаборантов / В.Г. Колб, В.С. Камышников. – М.: Беларусь, 1976. – 311 с.

6. Kolb V.G. Clinical biochemistry: a manual for laboratory doctors / V.G. Kolb, V.S. Kamyshnikov. – M.: Belarus, 1976. – 311 p.

7. Филиппович Ю.Б. Практикум по общей биохимии / Ю.Б. Филиппович, Т.А. Егорова, Г.А. Севастьянова. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с.

7. Filippovich Yu.B. Practicum on general biochemistry / Yu.B. Filippovich, T.A. Egorova, G.A. Sevastyanova. – M.: Prosveshchenie, 1975. – 318 p.

8. Fish bach F. A manual of laboratory diagnostic tests. 7thed / F. Fish bach, M. Dunning. –Lppincott Williams & Wilkins, 2004. – 1291 p.

9. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P. Trinder // Ann Clin Biochem. – 1969. – P. 24 - 25.

10. Усов М.М. Морфология и физиология рыб. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие / М. М. Усов. – Г.: БГСХА, 2017. – 114 с.

10. Usov M.M. Morphology and physiology of fish. Laboratory workshop: educational and methodical manual / M. M. Usov. – G.: BGSHA, 2017. – 114 p.

11. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 293 с.

11. Lakin G.F. Biometrics / G.F. Lakin. – M.: Higher School, 1990. – 293 p.

12. Аблеев Д.Р. Влияние соотношения полов в маточном стаде тиляпии на эффективность нереста и физиолого-биохимические показатели производителей / Д.Р. Аблеев, А.Б. Ахмеджанова, С.В. Пономарев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. –№ 5 (172). – С. 54-61.

12. Ableev D.R. The influence of the sex ratio in the breeding stock of tilapia on the efficiency of spawning and physiological and biochemical indicators of producers / D.R. Ableev, A.B. Akhmedzhanova, S.V. Ponomarev // Fish farming and fisheries. – 2020. –№ 5 (172). – Pp. 54-61.