

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАРОТИНОИДОСОДЕРЖАЩИХ КОМБИКОРМОВ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ КОРМЛЕНИИ КАРПА

Ж. В. Кошак¹, А. И. Пономарева², Л. В. Рукшан³, А. Э. Кошак¹, А. Г. Кохович¹

¹РУП «Институт рыбного хозяйства», Минск, Республика Беларусь

²АО «ЭКО-РЕСУРС АГРО», Санкт-Петербург, РФ

³Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Известна высокая эффективность использования в составе кормов в рыбоводстве каротиноидов. Актуальным является обеспечение сохранности каротиноидов в процессе производства комбикормов, что определило цель исследования. Научная задача – оптимизация процессов производства комбикормов для разновозрастного карпа и оценка влияния каротиноидов на показатели роста рыб и выживаемость.

Материалы и методы. Каротиноидосодержащие препараты «Эко Золотой», «Панаферд-АХ», спирулина в высушенном виде в составе комбикорма для карпа. Стандартные методы оценки качества комбикормов и физиологического состояния рыбы.

Результаты. Максимальная сохранность каротиноидов при производстве кормов достижима при температуре рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки не более 65–70 °С, влажности перед гранулированием 17–18 %, температуры после гранулирования – не более 80 °С. При использовании «Эко Золотой» накопление протеина в теле однолетнего карпа выше чем в контрольном стаде на 22,9 %, при использовании «Панаферд-АХ» – выше на 19,1 % у двухлетнего. В токсичных условиях среды при использовании «Панаферд-АХ» выживаемость карпа выше на 63 % по сравнению с контролем. Этот препарат характеризовался высокой эффективностью при заживлении ран. Установлена высокая эффективность у спирулины в составе комбикорма (выживаемость карпа 100 %).

Выводы. Для повышения выживаемости карпа, повышения иммунитета и устойчивости к бактериальным инфекциям рекомендуется добавлять в состав комбикорма каротиноидосодержащие компоненты в следующих количествах: «Панаферд-АХ» – 80 мг/кг, «Эко Золотой» – 0,55 г/кг, спирулина – 0,1 г/кг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *рыбоводство; каротиноидосодержащие комбикорма; карп; технология; инфекции; выживаемость.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кошак, Ж. В. Оптимизация технологии производства каротиноидосодержащих комбикормов и оценка их эффективности при кормлении карпа/ Ж. В. Кошак, А. И. Пономарева, Л. В. Рукшан [и др.] //Вестник МГУП. – 2020. – № 2(29). – С. 64–73.

OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL MODES FOR PRODUCTION OF COMPOUND FEEDS CONTAINING CAROTENOIDS AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF CARP FEEDING

J. V. Koshak¹, A. I. Ponomareva², L. V. Rukshan³, A. E. Koshak¹, A. G. Kohovich¹

¹ Fish Industry Institute, Republic of Belarus,

²JSC "ECO-RESOURCE AGRO", Russian Federation

³Mogilev State University of Food Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. It is known that carotenoids are effectively used in the composition of compound feeds for fish breeding. Thus, the retention of carotenoids in the production of compound feeds is of utmost importance. The scientific task of the study is to optimize the production processes of compound feeds for uneven-aged carp and assess the effect of carotenoids on fish growth and survival rates.

Materials and methods. Carotenoid-containing products «Eco Zolotoy», «Panaferd-AX», dried spirulina as an ingredient in compound feeds for carp. Standard methods for assessing the quality of compound feeds and physiological state of fish.

Results. The maximum retention of carotenoids in the production of feeds is achieved at a temperature of loose compound feed after being treated with moisture and heat at a temperature no more than 65–70 °C, at the humidity of 17–18 % before granulation, at a temperature no more than 80 °C after granulation. When using «Eco Zolotoy», the accumulation of protein in the body of a one-year-old carp is 22,9 % higher than in the control fish stock, and as for «Panaferd-AX» it is higher by 19,1 % in a two-year-old carp. Under toxic environmental conditions the survival rate of carp is 63 % higher than in the control stock when «Panaferd-AX» is used. This product revealed high efficiency in wound healing. Spirulina was found to be highly effective when used in compound feed (carp survival rate is 100 %).

Conclusions. To increase the survival rate of carp as well as improve immune system and resistance to bacterial infections, it is recommended to add carotenoid-containing components to the compound feeds in the following quantities: «Panaferd-AX» – 80 mg / kg, «Eco Zolotoy» – 0,55 g / kg, spirulina – 0,1 g / kg.

KEY WORDS: *fish breeding; carotenoid-containing compound feeds; carp; technology; infections; survival.*

FOR CITATION: Koshak J. V., Ponovareva A. I., Rukshan L. V., Koshak A. E., Kohovich A. G. Optimization of the technological modes for production of compound feeds containing carotenoids and evaluation of the effectiveness of carp feeding. *Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies.* – 2020. – No. 2(29). – P. 64–73 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Каротиноиды выполняют ряд важных функций в метаболизме: оказывают антиокислительное действие, усиливают иммунный ответ, повышают функцию воспроизводства, являются провитаминами. Ввиду неспособности животного организма самостоятельно синтезировать каротиноиды, поступление их жизненно необходимо. Каротиноиды представляют собой тетратерпены и тетратерпеноиды, являющиеся производными – продуктами гидрирования, дегидрирования, циклизации, окисления либо их комбинации ациклического предшественника – ликопина. К каротиноидам также относят каротины, ксантофиллы и некоторые другие продукты, образующиеся за счет потери части углеродного скелета ликопина [1].

Каротиноиды являются природными органическими пигментами, синтезируемыми бактериями, грибами, водорослями, высшими растениями и коралловыми полипами, они окрашены в жёлтый, оранжевый или красный цвета. Влияние каротиноидных препаратов на жизнедеятельность животных и птиц научно доказано. Изучено их влияние на процессы жизнедеятельности животных и птиц, улучшение обменных процессов и повышение эффективности их выращивания [2–6]. Использование каротиноидов в комбикормах для объектов аквакультуры изучено в двух направлениях: окраска мяса радужной форели и повышение эффективности воспроизводства [7–9], а также некоторые физиологические процессы, протекающие в организме рыб без конкретной привязки к комбикормам [10]. В то же время воздействие каротиноидов на организм карпа мало изучено, практически отсутствуют публикации по данному направлению исследований.

Известно более 700 каротиноидных пигментов, среди которых один из наиболее распространенных и изученных – бета-каротин. В органах и тканях рыб обнаружено около 40 каротиноидных пигментов и около 20 каротиноидов. Опыт широкого использования бета-каротина в различных отраслях животноводства заставил более пристально исследовать возможности его применения и в аквакультуре [11].

При разработке современных рецептур комбикормов, помимо их обязательной сбалансированности по основным питательным веществам, необходимо также уделять внимание наличию в них эссенциальных биологически активных веществ. К их числу наряду с витаминами и минеральными веществами относятся каротиноиды – природные пигменты, содержащиеся в естественной пище рыб [12–14]. Каротиноидные пигменты являются природ-

ными веществами, биосинтез которых осуществляется исключительно растениями и некоторыми микроорганизмами. Животные, в том числе и рыбы, не способны их синтезировать и должны регулярно получать с пищей, так как каротиноиды выполняют в организме целый ряд жизненно важных функций [15–17]. Многочисленными исследованиями доказано, что они являются предшественниками ретинола, способствуют усвоению органических и минеральных веществ через клеточные мембраны, на молекулярном и клеточном уровне предотвращают трансформации, индуцированные окислителями, рентгеновским и ультрафиолетовым излучением, поддерживают стабильность генома и резистентность организма к мутагенезу и канцерогенезу [18–20].

В настоящее время комбикормовому производству предлагаются различные каротиноидосодержащие препараты природного и синтетического происхождения. Источниками каротиноидов природного происхождения являются криль, спирулина, экстракты из цветков бархатцев, календулы, красного перца и т.д. На рынке Республики Беларусь практически единственным производителем и поставщиком каротиноидосодержащих препаратов является компания «Эко Ресурс Агро» (Россия, Санкт-Петербург), которая выпускает такие препараты, как «Панаферд-АХ», «Эко Золотой» и спирулина. Препарат «Панаферд-АХ» (натуральный астаксантин микробиологического происхождения) получен из бактерий рода *Parasoccus*, препарат «Эко Золотой» – из экстракта цветков бархатцев. Спирулина (одноклеточная сине-зеленая водоросль), представляющая сухую кормовую добавку, в пищевой цепочке находится в самом низу и представляет собой планктон, которым могут питаться различные рыбы из-за его насыщенности протеином, жирными кислотами, углеводами и каротиноидами.

В настоящее время на территории РБ каротиноидосодержащие препараты используются в основном в составе комбикормов для птицы («Эко Золотой») и не используются при производстве комбикормов для рыб. Препараты синтетического происхождения, представляющие собой синтезированные вещества, по химическому составу и свойствам схожие с натуральными, сейчас в ряде стран запрещены к использованию из-за недостаточной изученности их влияния на организм человека, по этой причине в составе комбикормов для рыб их не будем использовать.

Комбикорма для рыб выпускаются в основном в гранулированном виде. При их производстве предполагается выполнение влаготепловой обработки и собственно процесса гранулирования рассыпных комбикормов [21]. Сведений о сохранности каротиноидов после выполнения влаготепловой обработки и собственно процесса гранулирования рассыпных комбикормов, содержащих современные каротиноидосодержащие препараты, нет, что обуславливает актуальность данного исследования.

Учитывая изложенное выше, можно предположить, что современные каротиноидосодержащие препараты при их сохранности в процессе производства комбикормов могут сыграть определяющую роль на показатели роста рыб и их выживаемость.

Целью работы является повышение сохраняемости каротиноидов в процессе производства комбикормов и разработка их рецептурного состава для кормления разновозрастного карпа.

Научная задача – оптимизация процессов производства каротиноидосодержащих комбикормов и оценка их влияние на показатели роста рыб и выживаемость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись комбикорма для карпа с каротиноидосодержащими компонентами.

Темпы роста, выживаемость и накопление протеина в тканях годовика карпа изучали, используя каротиноидосодержащие компоненты «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой», спирулину в высушенном виде. Кормление проводили комбикормом К-110 для годовиков карпа и К-111 для двухгодовиков карпа. Эксперимент по кормлению рыб проводили в лаборатории кормов

РУП «Институт рыбного хозяйства». Оценка качества комбикормов проводилась по ГОСТ 22834 и общепринятыми методами: массовые доли влаги – по ГОСТ 13496.3, сырого протеина – по ГОСТ 13496.4; сырого жира – по ГОСТ 13496.15; сырой клетчатки – по ГОСТ 13496.2; содержание каротиноидов – фотометрическим методом (ГОСТ 13496.17-95).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе производства гранулированных комбикормов для карпа определены их потери на каждом этапе производства, которые были в пределах норм, установленных [12].

Определено, что содержание каротиноидов в комбикорме на разных этапах производства следующее: перед влаготепловой обработкой (рассыпной комбикорм) – 1,34 мг%; после влаготепловой обработки (рассыпной комбикорм – опыт 1) – 1,33 мг%; после гранулирования (гранулированный комбикорм – опыт 2) – 1,30 мг%.

Отмечено, что в процессе производства гранулированных комбикормов, содержащих каротиноиды, необходимо придерживаться следующих технологических параметров: температура рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки (ВТО) не более 65–70 °С, влажность рассыпного комбикорма после ВТО (перед гранулированием) 17–18 %, температура комбикорма после гранулирования – не более 80 °С. При строгом соблюдении вышеизложенных технологических параметров в результате ВТО рассыпной комбикорм потеряет 0,01 мг% каротиноидов, а при гранулировании – 0,03 мг%. Установлено, что при более высоких температурах влаготепловой обработки и гранулирования происходит более существенная потеря каротиноидов (до 90 %).

Показатели качества контрольного и опытных комбикормов для годовика карпа представлены в табл. 1.

Табл. 1. Показатели качества комбикормов для годовика карпа

Table 1. Quality indicators of compound feeds for yearling carp

Наименование показателя	К-110 (контроль)	К-110 (опыт 1)	К-110 (опыт 2)
Массовая доля влаги, %	9,84±0,05	8,97±0,02	10,08±0,01
Массовая доля сухого вещества, %	90,17±0,06	91,03±0,02	89,92±0,07
Массовая доля сырого протеина, %	29,73±0,18	30,17±0,10	29,90±0,09
Массовая доля сырого жира %	3,83±0,09	3,92±0,08	3,64±0,05
Массовая доля сырой клетчатки, %	5,71±0,15	5,49±0,16	5,25±0,10

Анализ данных табл. 1 показал, что все показатели находятся в пределах нормы, рекомендуемой ТУ ВУ 100035627.018-2015 «Комбикорм гранулированный для сеголеток, двух- и трехлеток карпа».

На следующем этапе исследований определяли влияние каротиноидосодержащих компонентов на темп роста и выживаемость годовика карпа после зимовки. Для исследований использованы годовики карпа средней массой 24 г, общим количеством 60 экз. На момент проведения экспериментов вся рыба была клинически здорова, носительства эктопаразитов, а также наличия эндопаразитов, признаков инфекционных заболеваний не наблюдалось. При проведении исследований подопытную рыбу размещали в аквариумах емкостью 60 л. Период кормления 32 суток, температура воды в аквариумах 18±0,5 °С. Показатели роста рыб представлены в табл. 2.

Замечено, что комбикорма, содержащие спирулину, не оказывают существенного влияния на темп роста и накопление протеина в тканях рыбы и поэтому эти результаты не внесены в табл. 2.

Табл. 2. Показатели роста карпа при кормлении комбикормами с каротиноидсодержащими компонентами

Table. 2. Growth indices of carp when feeding with compound feeds with carotenoid-containing components

Наименование комбикорма	Общая масса, г		Прирост массы, г	Удельная скорость роста, %/сут	Кормовой коэффициент, ед.	Выживаемость, %
	начало кормления	конец кормления				
К-110 (Панаферд-АХ)	139	149	10	0,002173	5,8	50
К-110 (Эко Золотой)	234	224	10	0,001309	4,2	90
К-110 (контроль)	81	89	8	0,002948	5,3	40

Анализ данных табл. 2 показал, что наибольшая скорость роста годовика карпа наблюдается при его кормлении контрольным комбикормом, и наименьшие кормовые коэффициенты наблюдаются при кормлении годовика карпа комбикормом, содержащим препарат «Эко Золотой», по сравнению с контролем кормовой коэффициент на данном комбикорме ниже на 20,7 %. Видно также, что наилучшая выживаемость наблюдается при кормлении годовика карпа комбикормом с препаратом «Эко Золотой».

Исследовано накопление протеина в тканях годовика и двухгодовика карпа, результаты представлены на рис. 1.

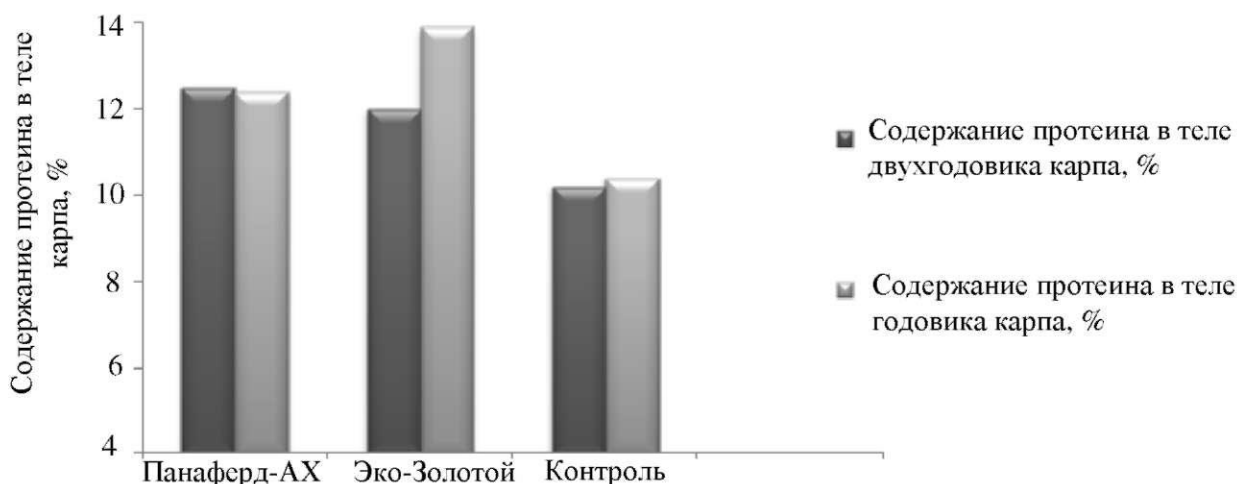


Рис. 1. Накопление протеина в тканях карпа при кормлении комбикормами с каротиноидсодержащими компонентами

Fig. 1. Protein accumulation in carp tissues when feeding with compound feeds with carotenoid-containing components

Видно, что наилучшим образом накапливается протеин в теле годовика карпа под воздействием каротиноидсодержащего препарата «Эко Золотой», по сравнению с контролем у этой группы карпа содержание протеина в мышцах выше на 22,9 %, и по сравнению с комбикормом, содержащим препарат «Панаферд-АХ» на 9,5 %.

В то же время для двухгодовика карпа накопление протеина в тканях эффективнее при использовании в составе комбикорма препарата «Панаферд-АХ». Под его воздействием по сравнению с контролем содержание протеина в мышцах выше на 19,1 %. При кормлении препаратом «Эко Золотой» накопление протеина выше на 16,9 % по сравнению с контролем.

Изучено иммуномодулирующее действие каротиноидосодержащих препаратов на заживление ран, устойчивость к бактериальным инфекциям и устойчивость к воздействию токсичных элементов. При проведении исследований подопытную рыбу размещали в аквариумах емкостью 60 л при постоянной аэрации. Осуществляли ежедневное кормление рыбы комбикормами и смену воды на 2/3 объема аквариумов. Температура воды в аквариумах $18 \pm 0,5$ °С.

Для определения влияния каротиноидосодержащих препаратов на скорость заживления ран, карпу наносили раны и садили в аквариумы для дальнейшего кормления. В ходе исследований визуально наблюдали изменение внешнего вида рыб с нанесенными на них ранами перед началом кормления комбикормом с каротиноидами.

Установлено, что в течение 3-х суток кормления опытной рыбы комбикормами, содержащими каротиноиды, внешний вид ран изменился. Наблюдалось, что процесс заживления ран при использовании препаратов «Эко Золотой» и «Панаферд-АХ» в данном случае наиболее заметен. В то же время у рыбы контрольной группы и рыбы, кормившейся комбикормом со спирулиной, процесс заживления ран протекал медленнее, не было образования коллагена и основного вещества, новообразования кровеносных сосудов и развития грануляционной ткани в месте тканевого дефекта, как при использовании препаратов «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой».

Также установлено, что в течение 30-ти суток наблюдается полное заживление ран у карпа, кормившегося комбикормами с каротиноидосодержащими препаратами «Панаферд-АХ», «Эко Золотой» и спирулиной. В контрольной группе рыб процесс заживления ран идет медленнее, а на 30-е сутки кормления соответствует состоянию ран при семисуточном заживлении при использовании комбикормов с каротиноидосодержащими препаратами. Таким образом, процесс заживления ран у карпа при использовании каротиноидосодержащих препаратов в составе комбикормов протекает быстрее в среднем на 70 % по сравнению с комбикормами без каротиноидов.

На следующем этапе изучали устойчивость карпа к бактериальным инфекциям. С этой целью в течение недели карпа кормили комбикормами, содержащими в своем составе каротиноидосодержащие препараты «Панаферд-АХ», «Эко Золотой» и спирулину, после этого ввели карпу штамм *Aeromonas hydrophyla* и наблюдали динамику развития бактериальной инфекции, при этом продолжали кормить рыбу опытными комбикормами. Данные по смертности карпа представлены в табл. 3. Видно, что наиболее эффективным препаратом для борьбы с бактериальной инфекцией карпа оказалась сухая водоросль спирулина, выживаемость рыбы составила 100 %, при этом ярких признаков заболевания не наблюдалось (отсутствовало пучеглазие, взъерошенность чешуи, язвы). Данный эффект объясняется тем, что фикоцианин водоросли является самым сильным природным иммуностимулятором.

Вторым по эффективности показал себя препарат «Панаферд-АХ» (выживаемость составила 30 %). Препарат «Эко Золотой» оказался неэффективным в борьбе с бактериальной инфекцией карпа (100 % смертность). Обнаружено, что после семи суток смертность карпа остановилась, и начался постепенный процесс восстановления.

Под воздействием токсических веществ в организме рыб могут происходить патологические изменения на уровне молекул, на уровне организма и на уровне популяций или биоценоза.

Воздействие токсических веществ зависит от природы и химических свойств яда, времени воздействия, концентрации, степени поражения, видовых особенностей рыб и других факторов. Для рыб свойственно привыкать к определенным ядам. Адаптация к ядам зависит от химической природы и концентрации яда. У рыб наиболее выражена адаптация к ядам органической природы и почти отсутствует к неорганическим. В то же время обнаружена высокая адаптация рыб в естественных водоемах к малым концентрациям меди [13].

Табл. 3. Выживаемость рыб при бактериальной инфекции *Aeromonas hydrophyla* и пороговой концентрации медного купороса в воде

Table. 3. Survival of fish with bacterial infection *Aeromonas hydrophyla* and threshold concentration of copper sulfate in water

Продолжительность наблюдения, сут	Количество погибшей рыбы, шт.							
	бактериальная инфекция <i>Aeromonas hydrophyla</i>				пороговая концентрация медного купороса в воде			
	Конт-роль	Пана-ферд-АХ	Эко-Золотой	Спи-рулина	Конт-роль	Пана-ферд-АХ	Эко-Золотой	Спи-рулина
1	0	1	0	0	0	1	0	0
2	2	2	3	0	0	1	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0	0
5	5	0	0	0	0	0	0	1
6	0	2	0	0	1	0	1	0
7	0	2	7	0	1	0	1	1
8	-	-	-	-	0	0	1	0
9	-	-	-	-	1	0	2	0
10	-	-	-	-	0	0	0	1
11	-	-	-	-	0	0	0	0
12	-	-	-	-	2	0	1	0
13	-	-	-	-	2	0	1	2
14	-	-	-	-	0	0	0	2
Выживаемость, %	0	30	0	100	30	80	30	30

Для исследований по влиянию токсичных элементов на выживаемость рыбы применяли общепринятые методики. В качестве токсичного вещества использовали медный купорос (CuSO_4). Сульфат меди является эффективным средством против некоторых простейших паразитов и дает хорошие результаты при аргулезе, гиродактилезе, дактилогирозе тетрахименозе, плавниковой гнили, эффективен при грибковых болезнях и эктопаразитах, однако лекарства для рыб на основе меди ядовиты и риск токсикоза всегда существует. Кроме этого, длительное применение ведет к хроническим отравлениям, так как ионы меди могут выпадать в осадок и откладываться в грунте. Токсические вещества в организм рыб проникают как через желудочно-кишечный тракт, так и через водную среду. Через желудочно-кишечный тракт у карпа проникает незначительное число ядов. Основная же масса ядов проникает осмотически через кожу и жабры [13].

Для определения токсичности меди на карпе использовали пороговую концентрацию $0,8 \text{ мг Cu}^{++}$ в 1 л воды, рекомендуемую авторами [13]. Увеличивая концентрацию того или иного соединения в воде, создавали искусственное хроническое отравление рыб. Рыбы в результате хронического отравления настолько ослабевали, что подвергались неблагоприятным условиям внешней среды и заболеваниям. Общая резистентность организма рыб падала, рост и развитие замедлялись и в результате они гибли.

Фактор времени играет ведущую роль в определении степени токсичности и особое значение приобретает при изучении малотоксичных соединений, вредное действие которых проявляется после длительного контакта с гидробионтами. Поэтому для определения показателей токсичности сульфата меди и уровня устойчивости рыб изменяли время их выдерживания в токсическом растворе.

Результаты по выживаемости рыбы в воде при пороговой концентрации медного купороса и кормлением комбикормами с каротиноидсодержащими препаратами также представлены в табл. 3. Видно, что в течение 14 суток кормления рыб выживаемость их контрольной груп-

пы составила всего 30 %. Максимальная выживаемость наблюдалась у рыб, кормившихся комбикормом с препаратом «Панаферд-АХ» (выживаемость составила 80 %). Замечено, что использование препарата «Эко Золотой» и спирулины в составе комбикормов не привели к повышению выживаемости рыб в токсичных условиях водной среды.

Недостаток витамина А оказывает влияние на костеобразующие клетки (остеобласты) и на обмен нуклеиновых кислот, вызывает нарушение образования скелета, сопровождающееся рядом вторичных явлений, и угнетение синтеза белков. Витамин А необходим также для обеспечения проницаемости и стабильности клеточных мембран. В результате недостатка витамина А происходит торможение роста, ухудшение показателей крови, снижение активности ферментов крови рыб и увеличение кормового коэффициента. Поэтому на следующем этапе исследований изучалось накопление витамина А в печени карпа при его кормлении каротиноидосодержащими комбикормами. Результаты исследований представлены на рис. 2.

Как видно на рис. 2, накопление витамина А в печени карпа при увеличении количества препарата «Панаферд-АХ» от 80 до 150 мг/кг происходит по линейному закону. При вводе препарата «Эко Золотой» или спирулины от 0,55 до 1,5 г/кг содержание витамина А в печени карпа также увеличивается, подчиняясь линейному закону. При этом накопление витамина А при вводе в комбикорма препарата «Эко Золотой» по сравнению с вводом препарата «Панаферд-АХ» больше на 13,4 %, а со спирулиной – на 5,6 %. Поэтому при недостатке витамина А в комбикорма для карпа следует вводить препарат «Эко Золотой».

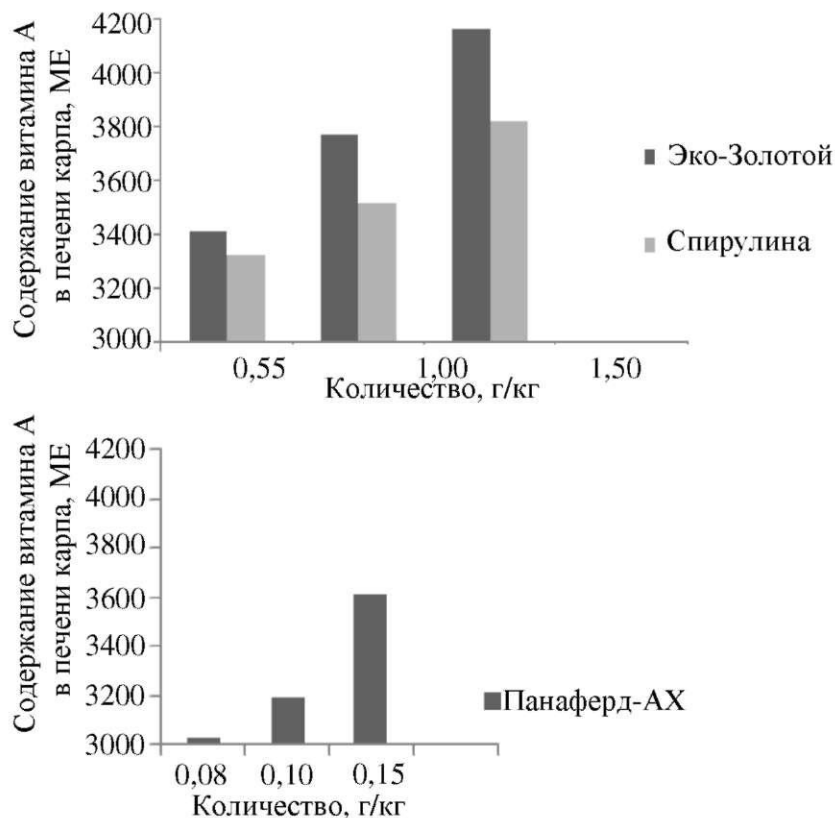


Рис. 2. Накопление витамина А в печени карпа при кормлении комбикормами с каротиноидосодержащими компонентами

Fig. 2. Accumulation of vitamin A in the liver of carp when feeding with compound feed with carotene-containing components

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены данные по сохранности каротиноидов в процессе влаготепловой обработки и гранулирования рассыпных комбикормов для карпа, накоплению протеина в мышцах рыб и заживления их ран, выживаемости рыб при бактериальных инфекциях и неблагоприятных условиях окружающей среды, накоплению витамина А в мышцах карпа.

Рекомендовано процесс влаготепловой обработки и гранулирования рассыпных комбикормов для карпа с целью сохранения содержания каротиноидов проводить соответственно при температурах, не превышающих 65–70 °С и 80 °С. В составе комбикормов следует использовать для накопления протеина в мышцах карпа и заживления ран в зависимости от возраста рыбы препараты «Эко Золотой» и «Панаферд-АХ» соответственно в количестве 0,55 г/кг и 80 мг/кг; для повышения иммунитета при выживаемости при бактериальных инфекциях – спирулину в количестве 0,1 г/кг; для повышения выживаемости рыбы при токсичности воды – препарат «Панеферд-АХ».

Установлено, что в зависимости от возраста карпа эффективность каротиноидов в составе комбикормов различна. Для более эффективного накопления витамина А в печени карпа нужно использовать препарат «Эко Золотой», который позволяет повысить содержание витамина в печени на 9,5 % больше, чем в контроле. Накопление протеина в теле годовика карпа выше на 22,9 % при использовании в составе комбикорма препарата «Эко Золотой» по сравнению с контролем, а у двухгодовика выше на 19,1 % при использовании препарата «Панаферд-АХ». Наиболее эффективен при заживлении ран препарат «Панаферд-АХ». При борьбе с бактериальными инфекциями карпа высокая эффективность у спирулины в составе комбикорма (выживаемость карпа 100 %). В токсичных условиях среды при использовании препарата «Панаферд-АХ» в составе комбикормов выживаемость карпа выше на 63 % по сравнению с контролем.

В результате исследований получены новые данные о химическом составе каротиноидосодержащих комбикормов для карпа, полученных при разных температурных режимах влаготепловой обработки и гранулирования рассыпных комбикормов.

Практическая значимость исследований заключается в улучшения качества комбикормов для карпа за счет использования каротиноидосодержащих компонентов, социальная значимость – население республики получит больше качественной и дешевой рыбы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Грозеску, Ю. Н. Эффективность применения каротиноидных препаратов в осетровых комбикормах / Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева, О. Д. Сергазиева. – Астрахань, 2001. – С. 21.
- 2 Антипов, В. А. Применение бета-каротина при воспроизводстве животных и птиц / В. А. Антипов, А. Н. Турченко, Е. В. Кузьминова // Информационный обзор. – Краснодар. – 55 с.
- 3 Кузьминова, Е. В. Перспективность каротиноидсодержащих препаратов в птицеводстве / Е. В. Кузьминова, В. А. Антипов // Птицеводство. – Москва. – 2006. – № 8. – С. 16.
- 4 Любина, Е. Н. Изучение влияния препаратов бета-каротина на минеральный состав печени и костной ткани / Е. Н. Любина // Материалы Междунар. научно-практич. конфер. «Современные методы диагностики, профилактики и терапии заразных и незаразных болезней животных». – Ставрополь, 2009. – С. 98–102.
- 5 Tatarlunas, A. B. Oxred states of a nervous tissue during longterm cultivation / A. B. Tatarlunas, V. H. Karnaukhov, S. O. Vnenko, L. G. Khaspekov // Abstracts of IV international Biophysics congress, Moscow, August 7-10.08. 1972. – P. 401.
- 6 Karnaukhov, V. B. Accumulation of carotenoids in brain and heart of animals on ageing the role of carotenoids in lipofuscin formation / V.B. Karnaukhov, A.B. Tatarlunas, V.V. Petrunyaka // Mechanisms of Ageing and Development, 1972. – № 2, P. 201–210.
- 7 Маслобойщиков, В. С. Рыбоводно-биологическая эффективность каротиноидов в комбикормах для радужной форели *Oncorhynchus mykiss* / В. С. Маслобойщиков // Информационный пакет «Рыбное хозяйство», серия «Аквакультура». Москва, 1998. – № 1. – 34 с.
- 8 Кошак, Ж. В. Каротиноидные пигменты для окрашивания мышц радужной форели / Ж. В. Кошак, А. И. Пономарева, Л. В. Рукшан, Д. В. Долгая // Комбикорма. 2018. – № 6. – С. 60–62.
- 9 Киселев, А. Ю. Эффективность кормовых добавок, содержащих β-каротин при выращивании молоди рыб / А. Ю. Киселев, П. Б. Авчиева, В. А. Тюренков, А. А. Тюренков // Рыбное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 50–52.
- 10 Enis Yonar, M. Ameliorative effect of lycopene on antioxidant status in *Cyprinus carpio* during pyrethroid deltamethrin

- exposure / М. Enis Yonar, Fatih Sakin // Pesticide Biochemistry and Physiology, Vol. 99, Issue 3, March 2011, P. 226–231.
- 11 Пономаренко, Ю. А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания / Ю. А. Пономаренко, В. И. Фисинин, И. А. Егоров. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 864 с.
- 12 Пономарев, С. В. Каротиноиды в питании осетровых рыб / С. В. Пономарев // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. – Т. 3. – № 2. – С. 79–85.
- 13 Крымов, В. Г. Производство отечественных комбикормов как стратегия повышения эффективности отрасли рыболовства / В. Г. Крымов, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы II Национальной научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2017 г.). СПб.: Издательство ООО «ЦеСАин», 2017. – С. 68–75.
- 14 Крымов, В. Г. Альтернатива зарубежным кормам в аквакультуре / В. Г. Крымов, С. И. Кононенко, Н. А. Юрина [и др.] // Пища. Экология. Качество: труды XIV Международной научно-практической конференции (г. Новосибирск, 08–10 ноября 2017 г.). Новосибирск: издательский центр «Золотой колос» Новосибирского государственного аграрного университета, 2017. – С. 315–318.
- 15 Карнаухов, В. Н. Биологические функции каротиноидов / В. Н. Карнаухов, М.: Наука, 1988. – 240 с.
- 16 Микулич, А. Е. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб / А. Е. Микулич. – Москва, 2000. – 231 с.
- 17 Кудинова, С. П. Биологические функции бета-каротина / С. П. Кудинова, А. А. Белая // Вестник ИМСИТ. 2014. – № 1–2(57–58). – С. 46–49.
- 18 Печинский, С. В. Структура и биологические функции каротиноидов (обзор) / С. В. Печинский, А. Г. Курегян // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. – № 9. – С. 4–14.
- 19 Артюхова, С. И. Биотехнология новых форм каротиноидных препаратов на основе микробного синтеза / С. И. Артюхова, Г. И. Бондарева // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2013. – № 3. – С. 4–6.
- 20 Бондаренко, О. А. Интенсивность питания, переваримость и эффективность использования питательных веществ комбикормов различного состава у молоди карпа при введении β-каротина с препаратом «Витатон» / О. А. Бондаренко, М. А. Щербина // Рыбное хозяйство. 2010. – № 2. – С. 67–71.
- 21 Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности: РДРБ 02150.019-2004 – Минск: ГУ «НИПТИХлебопродукт». – 297 с.

Поступила в редакцию 27.10.2020

ОБ АВТОРАХ:

Кошак Жанна Викторовна, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, e-mail: koshak.zn@gmail.com.

Пономарева Анна Ивановна, начальник отдела продаж кормовых добавок АО «Экоресурс Агро», e-mail: aponomareva@eco-resource.com

Рукшан Людмила Викторовна, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопродуктов, Могилевский государственный университет продовольствия, rukshanludmila@mgup.by

Кошак Артур Эдуардович, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси, e-mail: j8849619@gmail.com

Кохович Артем Геннадьевич, младший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси.

ABOUT AUTHORS:

Zhanna V. Koshak, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Laboratory of Feed of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, e-mail: koshak.zn@gmail.com.

Anna I. Ponomareva, head of sales department of feed additives of JSC «ECO-RESOURCE AGRO», e-mail: aponomareva@eco-resource.com.

Lyudmila V. Rukshan, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Grain Products Technology, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: rukshanludmila@mgup.by.

Arthur E. Koshak, PhD (Engineering), Associate Professor, senior researcher of the Laboratory of Feed of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus, e-mail: j8849619@gmail.com.

Artsiom G. Kohovich, junior researcher of the Laboratory of Feed of RUE «Fish Industry Institute» of the National Academy of Sciences of Belarus.