

УДК 639.3.043.13

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ КАРОТИНСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ В СОСТАВЕ ИСКУССТВЕННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ

Денисенко О.С.

ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований», Краснодар,  
e-mail: rosfishcenter@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по определению возможности комплексного использования бета-каротинсодержащего препарата «Витатон» в составе искусственных комбикормов для осетровых видов рыб. Детально описан состав препарата «Витатон», представленный бета-каротином, токоферолом, витаминами группы В, витамином РР, биотином, пантеноловой кислотой, комплексом липидов, аминокислот, макро- и микроэлементов. Проведена оценка введения в состав искусственных комбикормов для осетровых видов рыб (русского осетра, бестера, ленского осетра и белуги) при их аквакультурном выращивании различных дозировок препарата «Витатон» в качестве источника природного бета-каротина, комплекса питательных и биологически активных веществ. Детально изучены антиоксидантные свойства испытуемого препарата и динамика содержания каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения испытуемых комбикормов. Выявлено позитивное влияние препарата «Витатон» на сохранность липидных компонентов искусственных комбикормов, а также на резистентность младших возрастных групп осетровых видов рыб к распространенному инфекционному заболеванию – миксобактериозу. Определены оптимальные дозировки препарата «Витатон» для включения в состав комбикормов. Подтверждена эффективность препарата «Витатон» в качестве антиоксиданта, детоксиканта и источника биологически активных веществ в составе искусственных комбикормов.

**Ключевые слова:** каротиноидные пигменты, бета-каротин, осетровые виды рыб, комбикорма, окислительные процессы, миксобактериоз

## ON THE ISSUE OF THE POSSIBILITY OF USING CAROTENE-CONTAINING PREPARATIONS IN THE AQUACULTURE COMPLEX AS PART OF ARTIFICIAL FEED FOR STURGEON FISH SPECIES

Denisenko O.S.

Limited liability company «Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research», Krasnodar,  
e-mail: rosfishcenter@mail.ru

The article presents the results of studies to determine the possibility of the integrated use of beta-carotene-containing drug «Vitamin» as part of artificial feed for sturgeon fish species. The composition of the «Vitamin» preparation, represented by beta-carotene, tocopherol, B vitamins, vitamin PP, biotin, pantothenic acid, a complex of lipids, amino acids, macro- and microelements, is described in detail. An assessment of the introduction of artificial animal feed for sturgeon fish species (Russian sturgeon, Bester, Lena sturgeon and Beluga) in their aquaculture rearing of various dosages of the «Vitamin» preparation as a source of natural beta-carotene, a complex of nutrient and biologically active substances was carried out. The antioxidant properties of the test preparation and the dynamics of the content of carotenoid pigments during the long-term storage of the tested feeds have been studied in detail. The positive effect of the drug «Vitamin» on the safety of the lipid components of artificial feed, as well as on the resistance of younger age groups of sturgeon fish to a common infectious disease – myxobacteriosis, was revealed. The optimal dosage of the drug «Vitamin» for inclusion in the composition of feed has been determined. The effectiveness of the drug «Vitamin» as an antioxidant, detoxicant and source of biologically active substances in the composition of artificial feeds has been confirmed.

**Keywords:** carotenoid pigments, beta-carotene, sturgeon fish species, compound feed, oxidative processes, myxobacteriosis

Отличительным признаком аквакультуры является выращивание рыб в контролируемых условиях с использованием искусственных комбикормов при недостатке или полном отсутствии в пищевых рационах живых кормовых организмов. При разработке современных рецептур искусственных 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 мине-

ральными веществами относятся каротиноиды – природные пигменты, содержащиеся в естественной пище рыб [1–3].

Каротиноидные пигменты являются природными 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 [4–6]. Многочисленными исследованиями доказано, что

они принимают участие во всех основных биохимических процессах роста, развития и размножения, 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 [7–9].

Известно более 700 каротиноидных пигментов, среди которых одним из наиболее распространенных и изученных является 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 [10–12] заставил более пристально исследовать возможности его применения и в аквакультуре [13–15].

Использование каротиноидных пигментов в составе специализированных рыбных комбикормов долгое время сдерживалось ограниченностью их источников. Традиционно используемые в нашей стране в 1970–1980-е гг. при производстве комбикормов продукты переработки ракообразных, несмотря на весьма впечатляющие результаты от их применения, не заняли прочного места в составе отечественных кормов, а когда их производство сократилось до критического минимума, им не нашлось замены. Пришедшие на смену естественным источникам каротиноидов синтетические препараты неплохо зарекомендовали себя. Однако из-за ежегодно возрастающей цены, а также сложившейся в последнее время неоднозначности мнений об их физиологическом действии и влиянии на здоровье очевидной является необходимость поиска альтернативных вариантов, направленного в сторону препаратов естественного происхождения.

В настоящее время на рынке кормовых добавок имеется продукт с высокой концентрацией бета-каротина, выпускаемый под торговой маркой «Витатон». Препарат «Витатон», в отличие от традиционно применяемых каротиноидов химического происхождения (астаксантина и кантоксантина), натуральный, с высоким уровнем содержания натурального β-каротина. Данный продукт является биологически активным препаратом биотехнологической переработки кукурузы грибом *Blakeslea trispora* с концентрацией бета-каротина около 8%, насыщенным комплексом липидов (в том числе ненасыщенных жирных кислот), свободных

и связанных аминокислот, микро- и макроэлементов, а также ряда витаминов [16–18].

Цель исследования: оценка введения в состав искусственных комбикормов для осетровых видов рыб при их аквакультурном выращивании различных дозировок препарата «Витатон» в качестве источника природного бета-каротина, комплекса питательных и биологически активных веществ, а также изучение антиоксидантных свойств испытуемого препарата и динамики содержания каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения комбикормов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Препарат «Витатон» в сухом виде содержит 25–30% протеина, 55–60% липидов и 8–9% зольных элементов.

В составе белка препарата присутствует 19 свободных аминокислот (суммарное содержание в 100 мг препарата – 1,3 мг) и 17 связанных (их суммарное содержание в 100 мг препарата – 9,1 мг). Лимитирующими аминокислотами препарата являются лизин, валин, лейцин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аргинин, фенилаланин.

Фракционный состав общих липидов представлен шестью основными фракциями, среди которых преобладают фосфолипиды (18,47% от суммы), диглицериды (15,60%), триглицериды (19,76%), эфиры стерина (17,57%). Кроме того, в состав общих липидов входят стерин (14,18%) и свободные жирные кислоты (14,42%).

Компонентный состав свободных жирных кислот характеризуется высоким содержанием непредельных жирных кислот олеинового, линолевого и линоленового ряда, а также присутствием ряда непредельных кислот с 20 атомами углерода – пальмитолеиновой, арахидиновой и арахидоновой. Отмечено также высокое содержание стеариновой (3,64%) и пальмитиновой (10,16%) кислот. Остальные жирные кислоты (с числом атомов углерода от 16 до 24) присутствуют в препарате, хотя и содержатся в меньших количествах.

Особое значение имеет наличие в препарате полного набора эссенциальных элементов (кобальт, медь, хром, железо, йод, марганец, молибден, селен, цинк).

В результате анализа выявлено следующее количество витаминов в 100 г препарата: витамин Е – 27,6 ± 1,8 мг; витамин В1 – 0,195 ± 0,003 мг; витамин В2 – 0,167 ± 0,011 мг; витамин В6 – 0,89 ± 0,02 мг; витамин РР – 1,33 ± 0,01 мг; пантеноловая кислота – 3,5 ± 0,1 мг; витамин В12 – 0,0014 мг; биотин – 0,09 ± 0,004 мг.

В процессе хранения химический состав и качественные свойства комбикормов изменяются под воздействием температуры, влажности воздуха, освещенности и других факторов. Наиболее значительно изменяются липидные компоненты кормов, гидролитическое расщепление и окисление которых приводит к образованию свободных жирных кислот, перекисей и накоплению особенно токсичных продуктов вторичного окисления, например альдегидов, кетонов, оксикислот. В конечном итоге комбикорм становится непригодным, а его дальнейшее использование ведет к ухудшению физиологического состояния рыбы и резкому снижению рыболовных результатов.

Комплекс проведенных нами ранее рыболовно-биологических экспериментов на разновозрастных группах осетровых рыб (русский осетр, бестер, ленский осетр, белуга) показал, что ожидаемый эффект от применения препарата «Витатон» в силу его свойств оказался более значимым, чем ожидалось. Введение препарата в комбикорма способствовало значительному повышению интенсивности роста и выживаемости подопытных рыб, существенному снижению кормовых затрат, улучшению физиологического статуса культивируемых гидробионтов, значительной активации биосинтетических процессов [19–21].

Принимая во внимание антиокислительные свойства входящих в состав препарата «Витатон» бета-каротина и токоферола, можно было предположить сочетание в нем свойства ростостимулирующей добавки и ингибитора окислительных процессов, что и определило наш интерес к его

апробации в опытах по увеличению сроков хранения комбикормов.

В качестве объектов исследований использовали личинок, годовиков и двухгодовиков следующих видов и гибридов осетровых рыб: русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), ленского осетра (*Acipenser baerii*), бестера (гибрид белуги *Huso huso* и стерляди *Acipenser ruthenus*) и белуги (*Huso huso*) в аквариальных и производственных условиях.

Результаты наших исследований показали, что при хранении комбикормов с включением в их состав препарата «Витатон» в концентрациях 400, 800 и 1250 мг/кг рациона в течение девяти месяцев наблюдались относительно более медленные отрицательные процессы окисления находящиеся в корме липидов по сравнению с контролем (рис. 1–2).

Кислотное число за период хранения в опытных вариантах повысилось соответственно с 20,0 до 54,2–62,2 мг КОН/г жира, в контроле с 20,0 до 70,4 мг КОН/г жира. Таким образом, по мере хранения комбикорма окисленность жира возрастала, однако присутствие бета-каротина в комбикорме сдерживало процесс окисления жира, причем степень влияния определялась дозировкой препарата «Витатон».

Максимальные результаты были получены при введении в состав комбикормов 800 мг препарата/кг рациона, кислотное число при этом в конце опыта было на 1,1–14,8% ниже, чем при введении 1250 и 400 мг препарата «Витатон». Перекисное число за первые шесть месяцев эксперимента возросло в опытных вариантах с 0,18 до 0,29–0,34% йода, в контроле – с 0,18 до 0,44% йода.

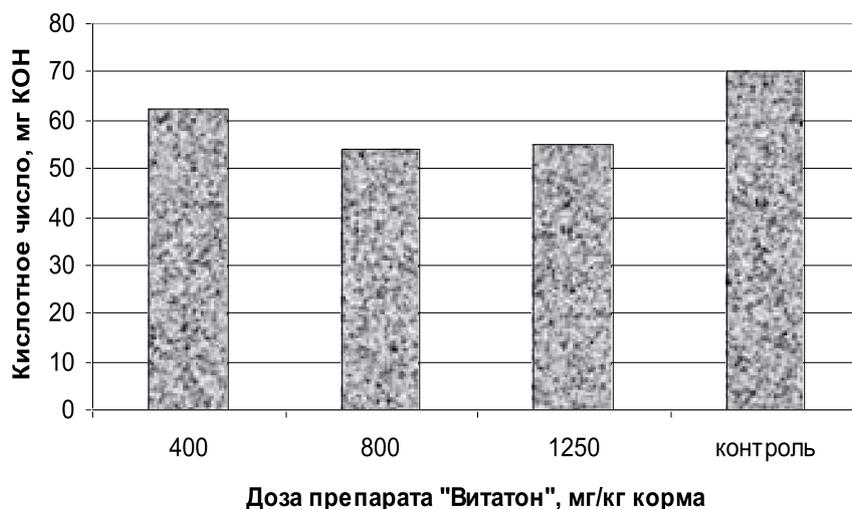


Рис. 1. Кислотное число экспериментальных комбикормов с введением препарата «Витатон» и базовой рецептуры комбикорма после девяти месяцев хранения

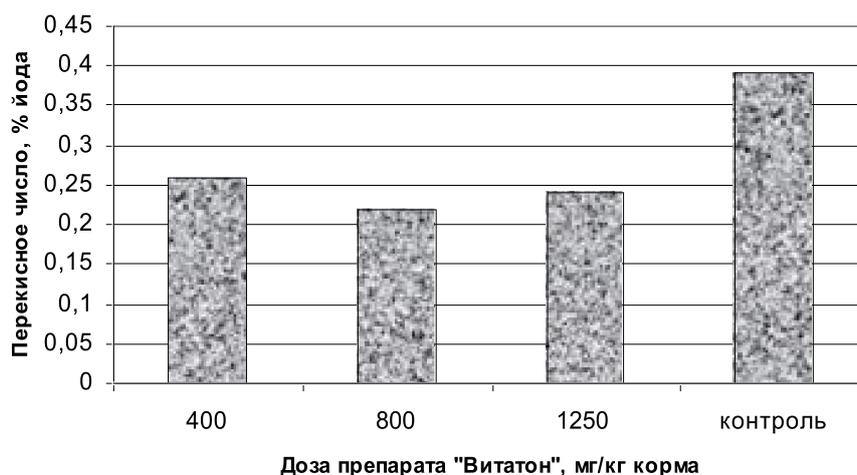


Рис. 2. Перекисное число экспериментальных комбикормов с введением препарата «Витатон» и базовой рецептуры комбикорма после девяти месяцев хранения

В конце опыта проявилась устойчивая тенденция снижения перекисного числа как в опытных комбикормах, так и в контрольных. Так, уровень продуктов окисления в кормах по истечении девяти месяцев эксперимента в опытных вариантах составил 0,22–0,26% йода, в контроле – 0,39% йода.

Нами также были проведены опыты по изучению влияния препарата «Витатон» на степень обогащения комбикормов каротиноидными пигментами и изменение их концентраций в процессе длительного хранения.

Введение препарата «Витатон» в состав кормов способствовало значительно увеличению в них по сравнению с базовой рецептурой уровня каротиноидов, концентрации которых зависела от дозировки препарата.

При введении в комбикорма препарата «Витатон» в количестве, адекватном 32; 64 и 100 мг бета-каротина, фактическая концентрация каротиноидных пигментов оказалась несколько ниже расчетных данных (в среднем на 11,6–22,6%), составив соответственно 27,4; 52,2 и 89,6 мг/кг корма. Следовательно, при нормированном обогащении комбикормов бета-каротином необходимо увеличивать количество вводимого препарата на вышеуказанную величину.

Степень расходования каротиноидных пигментов в процессе хранения зависит от их концентрации в комбикормах (рис. 3).

Так, при фактической концентрации каротиноидов в 27,4 мг/кг кормосмеси их полное расходование и разрушение наблюдается через шесть месяцев хранения, при концен-

трации 52,2 и 89,6 мг – через восемь. Содержание каротиноидов в базовой рецептуре проанализированных образцов отечественных комбикормов находится на очень низком уровне (0,4 мг/кг корма), и через месяц пигменты полностью расходуются.

Важнейший фактор повышения эффективности аквакультуры – обеспечение эпизоотического благополучия рыбоводных хозяйств.

В ходе эксперимента в опытных и контрольных бассейнах произошла спонтанная вспышка миксобактериоза, что предоставило нам возможность исследовать эффективность препарата «Витатон» к качеству детоксиканта в течение 42 дней эксперимента на годовиках русского осетра.

При обнаружении признаков болезни в контрольных бассейнах было проведено лечебное кормление рыб окситетрациклином, в то время как в опытных емкостях такой обработки не проводилось. Применение антибиотика позволило снизить повышенную гибель рыб в контрольных бассейнах. Однако по истечении опыта у осетров, потреблявших комбикорма, обогащенные препаратом «Витатон», кумулятивная смертность была на 41,7% меньше, чем у рыб из контроля. Выживаемость осетра в контроле по окончании опыта составила 74,5%, тогда как у рыб, потреблявших комбикорма с добавлением препарата «Витатон», где не проводили лечение миксобактериоза – 82%. Следовательно, введение препарата «Витатон» в состав комбикормов положительно влияет на устойчивость осетровых рыб к заболеванию миксобактериозом (рис. 4).

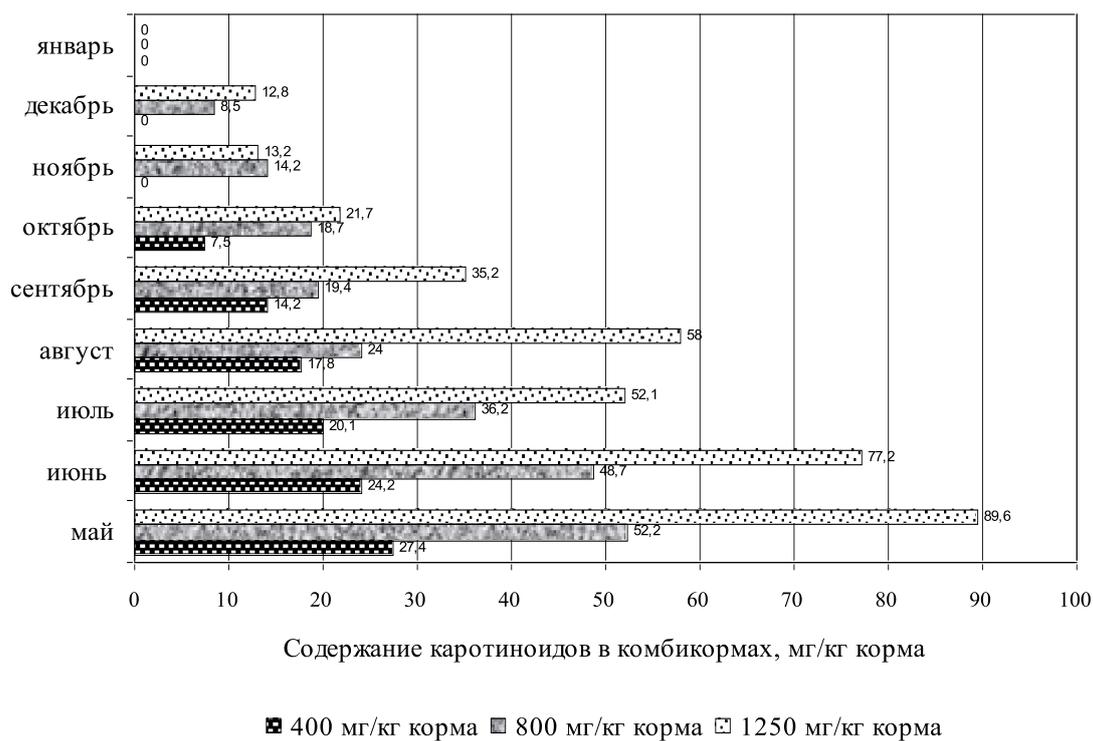


Рис. 3. Динамика расходования каротиноидных пигментов в процессе длительного хранения комбикормов с введением в их состав различных доз препарата «Витатон»

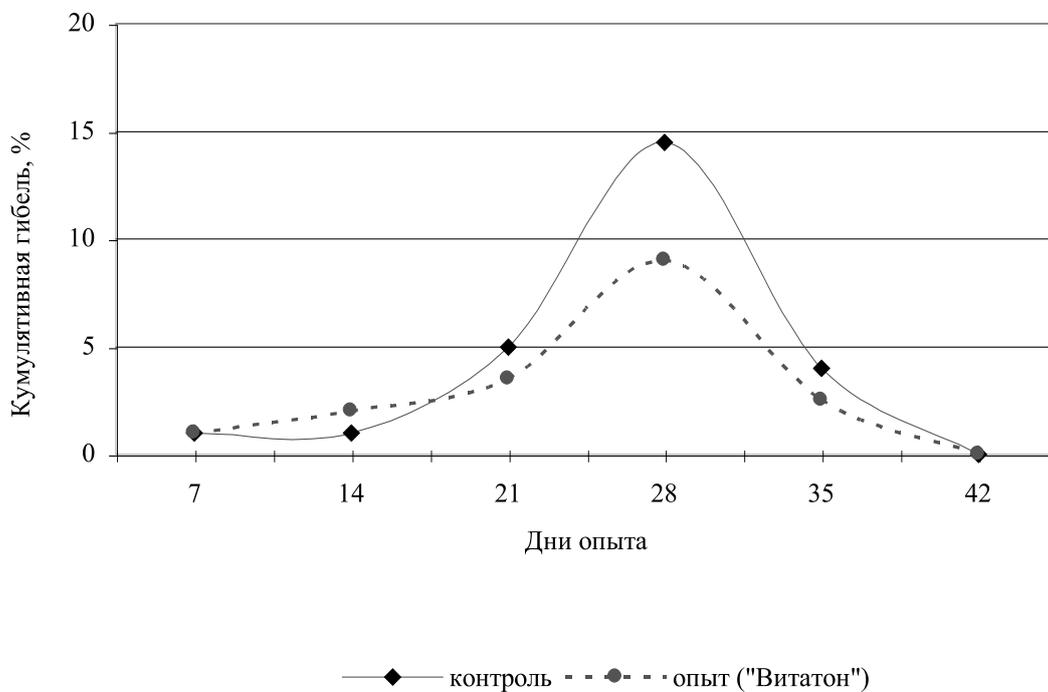


Рис. 4. Кумулятивная гибель молоди русского осетра в опыте с препаратом «Витатон»

Таким образом, насыщенность препарата «Витатон» бета-каротином, токоферолом, витаминами группы В, витамином РР, биотином, пантеноловой кислотой, комплексом липидов, аминокислот, макро- и микроэлементов позволяет рекомендовать его не только как ростостимулирующую добавку, но также в качестве источника каротиноидных пигментов, эффективного антиоксиданта, способствующего значительно более медленным процессам окисления липидов искусственных кормов, а также детоксиканта, положительно влияющего на устойчивость осетровых рыб к заболеванию миксобактериозом.

### Список литературы

1. Пономарев С.В. Каротиноиды в питании осетровых рыб // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. Т. 3. № 2. С. 79–85.
2. Крымов В.Г., Юрина Н.А., Максим Е.А. Производство отечественных комбикормов как стратегия повышения эффективности отрасли рыбоводства // 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.
3. Крымов В.Г., Кононенко С.И., Юрина Н.А., Максим Е.А., Данилова А.А. Альтернатива зарубежным кормам в аквакультуре // 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.
4. Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов. М.: Наука, 1988. 240 с.
5. Микулин А.Е. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. Москва, 2000. 231 с.
6. Кудинова С.П., Белая А. Биологические функции бета-каротина // Вестник ИМСИТ. 2014. № 1–2 (57–58). С. 46–49.
7. Печинский С.В., Курегян А.Г. Структура и биологические функции каротиноидов (обзор) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. № 9. С. 004–014.
8. Артюхова С.И., Бондарева Г.И. Биотехнология новых форм каротиноидных препаратов на основе микробного синтеза // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2013. № 3. С. 4–6.
9. Серба Е.М., Соколова Е.Н., Фурсова Н.А., Волкова Г.С., Борщева Ю.А., Курбатова Е.И., Куксова Е.В. Получение биологически активных добавок на основе обогащенной дрожжевой биомассы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 2. С. 74–79.
10. Любина Е.Н. Влияние различных комбинаций каротиноидов, витамина А и биофлавоноидов на антиоксидантный статус, минеральный обмен и продуктивность свиней: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Боровск, 2012. 46 с.
11. Мосолова Н.И., Злобина Е.Ю., Короткова А.А., Бочков А.А. Использование новых препаратов и кормовых добавок на основе бета-каротина – инновационный подход к интенсификации производства молока // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 152–156.
12. Кузьмина Е.В., Семенов М.П., Кошаев А.Г., Трошин А.Н. Биологические функции каротиноидов при воспроизводстве крупного рогатого скота // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) № 05 (129) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/05/pdf/80.pdf> (дата обращения: 09.01.2019).
13. Митрофанова М.А. Биологическая оценка использования разных каротиноидных препаратов в составе новых комбикормов при искусственном воспроизводстве осетровых рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2005. 23 с.
14. Кошак Ж., Долгая Д., Пономарева А., Рукшан Л. Каротиноидные пигменты для окрашивания мышц радужной форели // Комбикорма. 2018. № 6. С. 60–62.
15. Бондаренко О.А., Щербина М.А. Интенсивность питания, переваримость и эффективность использования питательных веществ комбикормов различного состава у молоди карпа при введении β-каротина с препаратом «Витатон» // Рыбное хозяйство. 2010. № 2. С. 67–71.
16. Кудинова С.П. Стандартизация препаратов бета-каротина // Вестник ИМСИТ. 2013. № 1–2 (53–54). С. 30–32.
17. Гарбуз С.А. Получение бета-каротина с помощью *Blakeslea trispora* // Наука, техника и образование. 2015. № 12 (18). С. 27–29.
18. Кудинова С.П., Турченко А.Н. Опыт применения микробиологического β-каротина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 45. С. 177–179.
19. Гамыгин Е.А., Тюренков В.А., Тюренков А.А., Черных Е.Н., Чикова В.В., Денисенко О.С. Каротиноидный препарат в кормлении рыб // Комбикорма. 2004. № 3. С. 12.
20. Денисенко О.С. Эффективность использования бета-каротина в составе комбикормов для осетровых рыб: дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2005. 198 с.
21. Денисенко О.С. Влияние введения в состав комбикормов различных форм каротинсодержащего препарата «Витатон» на рост, физиологическое состояние, аккумуляцию каротиноидных пигментов и интенсивность окраски японского декоративного карпа кои // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014. № 5. С. 197–200.