
РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.3.043+639.55

Николай Николаевич Ковалев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-7100-7208, Author ID Scopus: 7005804649, Author ID РИНЦ: 96894, Россия, Владивосток, e-mail: kovalevnn61@yandex.ru

Светлана Евгеньевна Лескова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, ORCID: 0000-0001-7058-3449, Author ID РИНЦ: 960459, Россия, Владивосток, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Евгений Валерьевич Михеев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат технических наук, ORCID: 0000-0002-9138-3865, Author ID Scopus: 6602626984, Author ID РИНЦ: 964637, Россия, Владивосток, e-mail: zhenyasuper79@mail.ru

Роман Владимирович Есипенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат технических наук, ORCID: 0000-0002-8263-6939, Author ID Scopus: 57216585877, Author ID РИНЦ: 860260, Россия, Владивосток, e-mail: azt@bk.ru

Юлия Михайловна Позднякова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат технических наук, SPIN-код: 9789-9378, AuthorID: 411202, Россия. Владивосток, e-mail: pozdnyakova.julia@yandex.ru

Оценка эффективности внесения некоторых БАВ в стартовые корма для молоди дальневосточного трепанга

Аннотация. Определение взаимосвязи между составом питательных веществ, ростом и выживаемостью молоди имеет важное значение для оптимизации режимов кормления молоди трепанга. Важным является формирование понимания относительных скоростей поглощения и переваривания кормов, которые основаны на знании наличия питательных веществ и питательной ценности кормов.

Проведено исследование влияния экспериментальных рецептов кормов на массу молоди трепанга. Эффективность корма оценивали по показателям: суточный темп роста, скорость поглощения корма, эффективность пищевой конверсии. О химическом составе мускульного мешка трепанга судили по количественному содержанию в мускульном мешке трепанга водорастворимого белка, гексозаминов и липидов.

В состав рецептуры корма входили: сушеная ламинария, рыбная мука, соевый шрот, измельченные раковины двустворчатых моллюсков и сублимированные внутренности трепанга в соотношении 4 : 2 : 1 : 3 : 0,05. В качестве биологически активных компонентов в рецептуру кормов вносили ДНК и холестерин.

Показано, что внесение холестерина в рецептуры кормов приводило к снижению содержания водорастворимого белка в 1,2–1,8 раза. В то же время использование в качестве добавки в корма ДНК не оказывало влияния на содержание водорастворимого белка в мускульном мешке трепанга по сравнению с контрольной группой. Определение содержания гексозаминов в мускульном мешке трепанга различных экспериментальных групп показало, что положительная динамика накопления характерна только при использовании корма с содержанием ДНК 5 мг/кг.

Выявлено, что внесение в рецептуру кормов ДНК и холестерина способствуют накоплению в тканях трепанга триацилглицеридов. Их содержание увеличивалось в 1,5–1,9 раза по сравнению с контролем. В то же время использование экспериментальных рецептур кормов снижало уровень свободных жирных кислот в 1,7–2,5 раза. Введение в рацион молоди трепанга ДНК и холестерина эффективно улучшает показатели скорости поглощения корма и его пищевой конверсии, что необходимо учитывать при разработке рецептур коммерческих кормов.

Ключевые слова: трепанг, корма, скорость роста, ДНК, холестерин, эффективность пищевой конверсии, липиды мускульного мешка, гексозамины, фракционный состав белков.

Nikolay N. Kovalev

Far Eastern State Technical Fisheries University, doctor of biological sciences, ORCID: 0000-0001-7100-7208, Author ID Scopus: 7005804649, Author ID RSCI: 96894, Russia, Vladivostok, e-mail: kovalevnn61@yandex.ru

Svetlana E. Leskova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of biological sciences, ORCID: 0000-0001-7058-3449, Author ID RSCI: 960459, Russia, Vladivostok, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Evgeny V. Mikheev

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of technical sciences, ORCID: 0000-0002-9138-3865, Author ID Scopus: 6602626984, Author ID RSCI: 964637, Russia, Vladivostok, e-mail: zhenyasuper79@mail.ru

Roman V. Esipenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of of technical sciences, ORCID: 0000-0002-8263-6939, Author ID Scopus: 57216585877, Author ID RSCI: 860260, Russia, Vladivostok, e-mail: azt@bk.ru

Yulia M. Pozdnyakova

The Far Eastern State Technical Fisheries University, Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of of technical sciences; SPIN-код: 9789-9378, AuthorID: 411202, Russia, Vladivostok, e-mail: pozdnyakova.julia@yandex.ru

**Evaluation of the effectiveness of introducing some BAS
in starter feeds for juvenile Far Eastern trepan**

Annotation. Determining the relationship between nutrient composition, growth, and survival of juveniles is important for optimizing the feeding regimens of trepan juveniles. It is important

to develop an understanding of the relative rates of absorption and digestion of feed, which are based on knowledge of the availability of nutrients and the nutritional value of feed.

The paper studies the effect of experimental feed formulations on the weight of trepang juveniles. Feed efficiency was evaluated by indicators: daily growth rate, feed absorption rate, food conversion efficiency. The chemical composition of the trepang muscle was judged by the quantitative content of water-soluble protein, hexosamines and lipids in the trepang muscle.

The composition of the feed recipe included: dried kelp, fish meal, soy meal, crushed bivalve shells and freeze-dried trepang entrails in the ratio 4:2:1:3:0,05. DNA and cholesterol were added to the feed formulations as biologically active components.

It was shown that the introduction of cholesterol into feed formulations led to a decrease in the content of water-soluble protein by 1.2-1.8 times. At the same time, the use of DNA as an additive in the feed did not affect the content of water-soluble protein in the trepang muscle, compared with the control group. Determination of the content of hexosamines in the trepang muscle of various experimental groups showed that the positive accumulation dynamics is characteristic only when using feed with a DNA content of 5 mg/kg.

It was found that the introduction of DNA and cholesterol into the feed formulation contributes to the accumulation of triacylglycerides in trepang tissues. Their content increased by 1.5-1.9 times, compared to the control. At the same time, the use of experimental feed formulations reduced the level of free fatty acids by 1.7-2.5 times. The introduction of DNA and cholesterol into the diet of trepang juveniles effectively improves the rate of feed absorption and food conversion, which must be taken into account when developing commercial feed formulations.

Keywords: trepang, feed, growth rate, DNA, cholesterol, efficiency of food conversion, muscle sea cucumber lipids, hexosamines, fractional composition of proteins.

Введение

В связи с чрезмерным выловом природных ресурсов и растущим рыночным спросом масштабы выращивания морского огурца в последние десятилетия быстро расширились [1].

Массовое заводское и пастбищное выращивание способствует возникновению ряда серьезных заболеваний, таких как изъязвление кожи и опухоль перистомы, что приводит к большим экономическим потерям [2]. В связи с ограничением применения антибиотиков и химических веществ для повышения показателей роста и выживания молоди трепанга широко используются биологически активные добавки: пробиотики [2, 3], пребиотики [4], иммуностимуляторы [5], пищевые добавки [6, 7] и др.

Определение взаимосвязи между составом питательных веществ, ростом и выживаемостью молоди имеет важное значение для оптимизации методов кормления молоди трепанга, что в свою очередь способствует разработке биотехнологии заводского выращивания. Важной частью этого процесса является формирование понимания относительных скоростей поглощения и переваривания кормов, которые основаны на знании наличия питательных веществ и питательной ценности кормов.

Несмотря на то, что в научной литературе имеется достаточно много сведений о пищевом предпочтении трепанга, отмечается недостаток такой информации для ранней молоди этого вида. Ранняя ювенильная культура трепанга считается узким местом для крупномасштабного развития марикультуры вида. Это объясняется, в частности, его относительно медленным темпом роста до размеров, при которых индустриальное и пастбищное выращивание в естественных условиях становится экономически целесообразным. Поэтому более глубокое понимание взаимосвязей между питательным составом кормов, результирующим ростом и выживаемостью молоди трепанга имеет решающее значение для будущих исследований в этой области.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служила молодь трепанга *Apostichopus japonicas*, полученная в заводских условиях на базе цеха научно-производственного департамента марикультуры (НПДМ) ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» в бухте Северной (залив Славянка, Приморский край). Молодь трепанга содержалась в емкостях объемом 100 л при плотности посадки на 0,3 экз./л. Кормление трепанга осуществляли 2 раза в сутки из расчета 100 мг корма на 1 особь.

В состав рецептуры корма входили: сушеная ламинария, рыбная мука, соевый шрот, измельченные раковины двустворчатых моллюсков и сублимированные внутренности трепанга в соотношении 4 : 2 : 1 : 3 : 0,05.

В качестве биологически активных компонентов в рецептуры кормов вносили: ДНК в количестве 1 мг (корм № 1) и 5 мг (корм № 2) и холестерин в количестве 20 мг ДНК (корм № 3) и 40 мг (корм № 4).

Экспериментальные исследования проводили с июня по август в течение 101 дня. Об эффективности кормов судили по изменению массы тела молоди трепанга. Оценка эффективности проводилась в сравнении с кормом без добавления биологически активных компонентов (контроль). Для оценки изменения массы тела ежемесячно проводили контрольное взвешивание. Животных извлекали из воды, обсушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г. Для определения средней массы мелкой молоди использовали объемно-весовой метод. После определения массы молодь помещали обратно в те же емкости, где они содержались для дальнейшего экспериментального выращивания.

Обработку экспериментальных данных проводили по показателям: специфический темп роста, скорость поглощения корма и эффективность пищевой конверсии. Показатели рассчитывали следующим образом [8]:

$$\begin{aligned} \text{темп роста (\% сут}^{-1}\text{)} &= 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T; \\ \text{скорость поглощения корма (г}^{-1}\text{ сут}^{-1}\text{)} &= I / [T(W_2 + W_1) / 2]; \\ \text{эффективность пищевой конверсии (\%)} &= 100 \times (W_2 - W_1) / I, \end{aligned}$$

где W_1 и W_2 – начальные и окончательные значения массы трепангов в каждом экспериментальном аквариуме; T – экспериментальный период; I – сухой вес корма, подаваемого в аквариум.

О химическом составе мускульного мешка трепанга судили по количественному содержанию в мускульном мешке трепанга водорастворимого белка и гексозаминов. Количественное содержание белка оценивали по методу Лоури [9], гексозамины определяли спектрофотометрически [10].

Экстракцию липидов из тканей проводили по методу Bligh и Dyer (1959) [11].

Компонентный состав общих липидов тканей трепанга определяли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на силикагеле в системах гексан–диэтиловый эфир–уксусная кислота (80 : 20 : 1) или гексан–диэтиловый эфир–уксусная кислота (70 : 30 : 1) на предварительно промытых пластинках (10 × 10 см) с силикагелем ПТСХ Sorbfil (Россия). Пластинки проявляли 7%-м раствором H_2SO_4/C_2H_5OH с последующим нагревом до 240 °С. Хроматограммы сканировали с помощью сканера Epson Perfection 2400 PHOTO (Япония). Процентное содержание отдельных классов липидов определяли по интенсивности пятен обработкой изображения в программе Sorbfil TLC Videodensitometer DV (Россия) [12].

Результаты и их обсуждение

Результаты эксперимента (табл. 1) по скармливанию молоди трепанга экспериментальных рецептур кормов свидетельствуют о эффективности корма № 2 с использованием в качестве БАВ ДНК в дозировке 5 мг.

Таблица 1

Параметры роста и пищевой конверсии молоди трепанга

Table 1

Parameters of growth and food conversion of sea cucumber juveniles

Параметры	Номер корма				
	1	2	3	4	Контроль
Масса старт	52,1±2,8	56,9±3,0	60,2±3,1	64,2±2,7	68,6±3,3
Масса окончание эксперимента	70,1±4,2	79,1±2,7	77,6±3,3	69,9±2,9	85,3±3,5
темп роста, % сут ⁻¹	0,3	0,33	0,25	0,09	0,22
скорость поглощения корма, г ⁻¹ сут ⁻¹	1,97	1,80	1,74	1,79	1,56
эффективность пищевой конверсии, %	17,8	21,98	17,23	5,67	16,53

По влиянию на массу тела экспериментальных животных данный корм был на 32,9 % более эффективен по сравнению с контролем. Другие рецептуры кормов не оказывали значительного влияния на массу тела экспериментальных животных. Следует отметить, что корм с более высоким содержанием холестерина (№ 4) оказался менее эффективным по сравнению с контрольным кормом.

Изменение темпов роста трепанга в экспериментальных группах соответствует динамике массы тела животных. Максимальный темп роста отмечен в экспериментальных группах при скармливании кормов с ДНК.

Темп роста животных определяется в первую очередь скоростью поглощения корма и эффективностью его конверсии (усвоения). Проведенные исследования показывают, что скорость поглощения экспериментальных рецептур кормов на 11–20 % выше, чем в контрольной группе.

Эффективность пищевой конверсии является показателем, позволяющим оценить динамику изменения массы тела экспериментальных животных при использовании единицы веса корма. Динамика показателя эффективности пищевой конверсии соответствует показателю темпа роста животных при использовании различных по составу рецептур. Наибольшая эффективность пищевой конверсии отмечена для рецептур кормов с внесением ДНК. Следует отметить, что внесение в рецептуру корма холестерина в дозе 40 мг снижает эффективность его конверсии по сравнению с контролем. При этом скорость поглощения данного корма выше таковой по сравнению с контролем.

Оценка влияния БАВ экспериментальных рецептур оценивали по изменению содержания белка, гексозаминов (рис. 1) и липидов в мускульном мешке трепанга.

Проведенное исследование показало, что внесение холестерина и ДНК в дозировке 1 мг в рецептуры кормов не приводило к значительному изменению содержания водорастворимого белка в мускульном мешке трепанга. В то же время добавление в состав корма ДНК в количестве 5 мг (корм № 2) приводило к увеличению содержания водорастворимого белка в 1,7 раза по сравнению с контрольной группой (рис. 1).

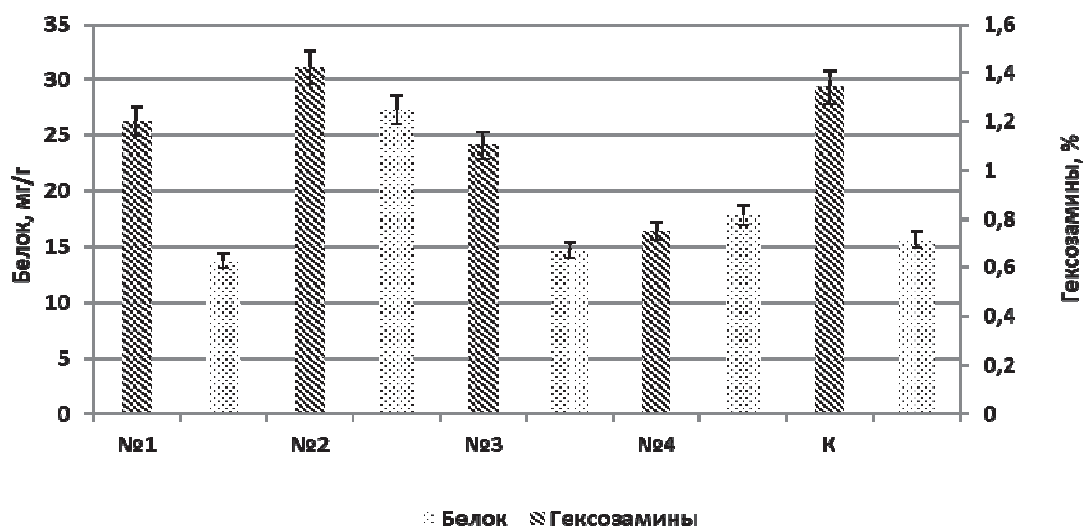
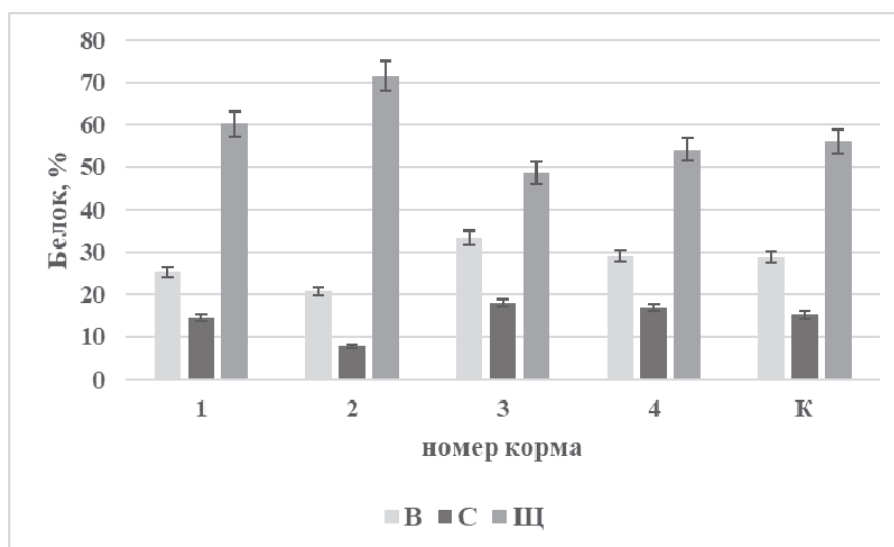


Рис. 1. Содержание водорастворимого белка и гексозаминов в мускульном мешке трепанга экспериментальных групп

Fig. 1. Content of water-soluble protein and hexosamines in muscle of sea cucumber experimental groups

Определение содержания гексозаминов в мускульном мешке трепанга различных экспериментальных групп показало, что при внесении в состав корма ДНК и холестерина в количестве 20 мг значительно не влияло на содержание данного компонента в мускульном мешке трепанга. При этом внесение в состав корма холистерина в количестве 40 мг (корм № 4) приводило к снижению содержания гексозаминов в 1,8 раза.

Основным компонентом мускульного мешка трепанга являются структурные, щелочерастворимые белки. Проведенное исследование показало (рис. 2), что применение экспериментальных рецептов с внесением ДНК приводит к повышению процентного содержания структурных белков в мускульном мешке трепанга.



Примечание. В – водорастворимые; С – солерастворимые; Щ – щелочерастворимые белки.

Рис. 2. Фракционный состав белков (% от общего белка) мускульного мешка молоди трепанга экспериментальных групп

Fig. 2. Fractional proteins composition of experimental groups sea cucumber juveniles

Применение корма (№ 3) с низким содержанием холестерина приводило к снижению содержания щелочерастворимых белков в мускульном мешке трепанга. Применение различных дозировок двух БАВ не оказывало существенного влияния на процентное соотношение водо- и солератворимых белков.

Проведенное исследование показывает, что введение в корма холестерина оказывает подавляющее действие на белок–синтетическую функцию, что выражается в снижении количественного содержания белковых фракций.

Холестерин является предшественником многих физиологически активных веществ, включая половые гормоны и гормоны линьки, кортикоидов надпочечников и витамина D. Экзогенный холестерин необходим для роста и выживания беспозвоночных. Большинство животных могут синтезировать холестерин, однако многие ракообразные и иглокожие не способны к синтезу *de novo* [13].

Мускульный мешок трепанга характеризуется низким уровнем содержания липидов. Жирнокислотный состав некоторых видов голотурий был проанализирован ранее. Проведенные исследования свидетельствуют, что голотурии имеют рекомендуемое для человека соотношение ω -3/ ω -6 жирных кислот [14].

Проведено исследование состава основных классов липидов мускульного мешка молоди трепанга, выращенной на кормах различного состава (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание классов липидов в мускульном мешке трепанга
разных экспериментальных групп (% от суммы липидов)**

Table 2

**Content of lipid classes in different experimental sea cucumber groups
(% of the total lipids)**

Показатель	Номер корма				
	1	2	3	4	К
ТАГ	25,6	28,4	25,5	33,8	17,6
СЖК	3,7	2,6	3,0	2,7	6,3
Диацил- глицерины	1,1	<0,5	1,3	1,2	<0,5
Стерины	7,5	4,2	4,4	2,8	5,9
Моноацил- глицерины	10,9	8,8	7,7	8,2	17,9
Гликолипиды	36,8	39,5	39,5	33,5	33,3
ФЭ	1,5	0,6	<0,5	<0,5	1,1
ФС	2,7	1,8	5,6	3,3	6,1
ФХ	9,2	12,3	12,5	13,6	9,4
ЛФХ	1,0	1,8	0,9	1,0	2,4
Сумма ФЛ	14,4	16,5	18,6	17,8	19,0

Примечание. ТАГ – триалкилглицериды; СЖК – свободные жирные кислоты; ФЭ – фосфотидилэнозит; ФС – фосфатидилсерин; ФХ – фосфатидилхолин; ЛФХ – лизо-фосфатидилхолин; ФЛ – фосфолипиды.

Результаты табл. 2 показывают, что внесение в рецептуру кормов ДНК и холестерина способствуют накоплению в тканях трепанга ТАГ. В случае внесения ДНК (корма № 1, 2)

содержание ТАГ увеличивалось в 1,5–1,6 раза, в случае внесения холестерина (корма № 3, 4) – в 1,5–1,9 раза по сравнению с контролем. В то же время использование экспериментальных рецептур кормов снижало уровень СЖК в 1,7–2,5 раза.

Проведенное исследование позволило оценить влияние экзогенного холестерина на содержание стерина в тканях экспериментальных животных. Введение в рецептуру корма холестерина дозозависимо снижало уровень стерина в мускульном мешке трепанга: при дозе в корме 20 мг/кг – в 1,3 раза, при дозе 40 мг/кг – в 2,1 раза. В то же время внесение в рецептуру корма ДНК в дозе 1 мг/кг (корм № 1) способствовало увеличению уровня стерина в 1,3 раза.

Моноацилглицерины выполняют в организме энергетическую, резервную и терморегуляторную функции, участвуют в ресинтезе жиров. Применение БАВ в рецептуре кормов показало снижение уровня этого класса липидов при использовании всех экспериментальных рецептур. Снижение уровня липидов не зависело от дозы БАВ в корме и составляло в случае применения ДНК в 1,6–2,0 раза, а в случае холестерина – 2,2–2,3 раза по сравнению с контролем.

Проведенное исследование показало, что включение в рецептуру корма исследованных БАВ не оказывало влияния в течение эксперимента на накопление диацилглицеринов и гликолипидов в мускульном мешке молоди трепанга.

Фосфолипиды – основные компоненты клеточных мембран. От их количества зависят ее пластические свойства. Важная функция фосфолипидов – транспорт жиров и жирных кислот.

Оценка влияния БАВ в рецептуре кормов показала, что внесение в рецептуру корма холестерина не оказывало значимого влияния на содержание суммы ФЛ в мускульном мешке молоди трепанга. В то же время применение ДНК в дозе 1 мг/кг (корм № 1) приводило к понижению значений показателя в 1,3 раза.

В результате проведенного исследования установлена тенденция увеличения содержания ФХ при введении в корма экзогенного холестерина (корма № 3 и 4) и ДНК (корм № 2) на фоне снижения количества его лизоформ (ЛФХ). По-видимому, ЛФК как высокотоксический агент находится в проводящей системе трепанга в связи с холестерином, что характерно для позвоночных животных.

В плазматической мембране ФС локализуется исключительно в цитоплазматическом листке, где он образует часть белковых док-сайтов, необходимых для активации нескольких ключевых сигнальных путей. К ним относятся Akt, протеинкиназа с (PKC) и Raf-1 сигнализация, которая, как известно, стимулирует выживание нейронов, рост нейритов и синаптогенез [15]. Модуляция уровня ПС в плазматической мембране нейронов оказывает значительное влияние на эти сигнальные процессы.

Введение в рецептуру корма ДНК (корма № 1 и 2) приводило к снижению концентрации данного фосфолипида в 2,2–3,4 раза. Высокая концентрация холестерина в корме (№ 4) также вызывала снижение концентрации ФС в 1,8 раза.

Следует отметить, что все исследованные БАВ в структуре кормов не оказывали значительного влияния на содержание ФЭ в мускульном мешке трепанга экспериментальных групп.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить влияние двух различных по химической природе классов БАВ на ростовые показатели, эффективность пищевой биоконверсии и химический состав мускульного мешка молоди трепанга в процессе его культивирования в заводских условиях.

Хотя нуклеотиды давно используются в качестве кормовой добавки в корма для позвоночных и беспозвоночных, исследование потенциального влияния на рост и физиологические показатели кормовых добавок были проведены только в начале 2000-х гг.

Экзогенные нуклеотиды играют заметную роль в усилении роста на ранних стадиях развития, улучшении репродуктивных характеристик прудовых рыб, повышении качества личинок, повышении стрессоустойчивости и устойчивости к болезням, модуляции иммунных функций и улучшении морфологии кишечника и кишечной микробиоты рыб и креветок [16]. ДНК-содержащие дрожжевые добавки также значительно повлияли на содержание белка тихоокеанских белых креветок [17].

Выявленный нами эффект повышения концентрации белка в группе экспериментальных животных свидетельствует о стимуляции его синтеза и у иглокожих. По-видимому, экзогенная ДНК оказывает влияние на биосинтез белка, регулируя внутриклеточный пул нуклеотидов. Кроме того, повышенный уровень протеина мускульного мешка трепанга при использовании ДНК указывает на эффективную конверсию пищевого белка.

Отсутствие выраженного эффекта влияния ДНК на состав липидов мускульного мешка оставляет открытым вопрос использования нуклеотидов при разработке экономически эффективного, экологически чистого функционального аквакорма в ближайшем будущем.

Отсутствие эффекта пищевого холестерина на массу и ростовые показатели молоди трепанга согласуется с данными, полученными при использовании данной добавки при культивировании речной креветки *Macrobrachium nipponense* [18]. Так же, как и у молоди трепанга состав тела креветок, включая влагу, сырой белок и сырые липиды, не подвергался значительному влиянию при различных концентрациях холестерина.

В заключение следует отметить, что введение в рацион молоди трепанга ДНК и холестерина эффективно улучшает показатели скорости поглощения корма и его пищевой конверсии, что необходимо учитывать при разработке рецептур коммерческих кормов.

Список литературы

1. Xia B., Ren Y.C., Wang J.Y., Sun Y.Z., Zhang Z.D. Effects of feeding frequency and density on growth, energy budget and physiological performance of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Aquaculture*. 2017. Vol. 466. P. 26–32.
2. Zhao Y.C., Yuan L., Wan J.L., Sun Z.X., Wang Y.Y., Sun H.S. Effects of potential probiotic *Bacillus cereus* EN25 on growth, immunity and disease resistance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *Fish. Shellfish Immunol.* 2016. Vol. 49. P. 237–242.
3. Zhao Y.C., Zhang W.B., Xu W., Mai K.S., Zhang Y.J., Liufu Z.G. Effects of potential probiotic *Bacillus subtilis* T13 on growth, immunity and disease resistance against *Vibrio splendidus* infection in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *Fish. Shellfish Immunol.* 2012. Vol. 32. P. 750–755.
4. Zhang Q., Ma H.M., Mai K.S., Zhang W.B., Liufu Z.G., Xu W. Interaction of dietary *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on the growth performance, non-specific immunity of sea cucumber, *Apostichopus japonicus* // *Fish. Shellfish Immunol.* 2010. Vol. 29. P. 204–211.
5. Wei Z.H., Yi L.N., Xu W., Zhou H.H., Zhang Y.J., Zhang W.B., Mai K.S. Effects of dietary nucleotides on growth, non-specific immune response and disease resistance of sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *Fish. Shellfish Immunol.* 2015. Vol. 47. P. 1–6.
6. Yu H.B., Gao Q.F., Dong S.L., Lan Y., Ye Z., Wen B. Regulation of dietary glutamine on the growth, intestinal function, immunity and antioxidant capacity of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Fish. Shellfish Immunol.* 2016. Vol. 50. P. 56–65.
7. Yu H.B., Gao Q.F., Dong S.L., Zhou J.S., Ye Z., Lan Y. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFAs) on growth, fatty acid profiles, antioxidant capacity and immunity of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // *Fish. Shellfish Immunol.* 2016. Vol. 54. P. 211–219.

8. Liu Y, Dong S, Tian X, Wang F, Gao Q. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicas* (Selenka) // *Aquaculture*. 2009. Vol. 286. P. 266–270.
9. Lowry O., Rosenbrough N., Parr A., Randall R. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193, № 1. P. 265–276.
10. Jang J., Hia H.C., Like M., Inouce C., Fujiita M., Yoshida T. Acid hydrolysis and quantitative determination of total hexosamines of an exopolysaccharide produce by *Citobacter* sp. // *Biotechnology letter*. 2005. Vol. 27, № 1. P. 13–18.
11. Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification // *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959. Vol. 37. P. 911–917.
12. Imbs A.B., Demina O.A., Demidkova D.A. Lipid class and fatty acid composition of the boreal soft coral *Gersemia rubiformis* // *Lipids*. 2006. Vol. 41. P. 721–725.
13. Han H., Wang J.T., Li X.Y., Yang Y.X., Wang J.X., Hu S.X., Jiang Y.D., Mu C.K., Wang C.L. Effects of dietary cholesterol levels on the growth, molt performance, and immunity of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus* // *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 2015. Vol. 67. P. 1191–1202.
14. Nishanthan G., Kumara P. A. D. A., Croos M. D., Prasada D. V. P., Dissanayake D. C. T. Effects of processing on proximate and fatty acid compositions of six commercial sea cucumber species of Sri Lanka // *J Food Sci. Technol.* 2018. Vol. 55(5). P. 1933–1941.
15. Glade M. J., Smith K. Phosphatidylserine and the human brain // *Nutrition*. 2015. Vol. 31(6). P. 781–786.
16. Hossain Md. S., Koshio S., Kestemont P. Recent advances of nucleotide nutrition research in aquaculture: a review // *Reviews in Aquaculture*. 2019. Vol. 3. P. 1–26.
17. Xiong J, Jin M, Yuan Y, Luo J-X, Lu Y, Zhou Q-C Dietary nucleotide-rich yeast supplementation improves growth, innate immunity and intestinal morphology of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) // *Aquaculture Nutrition*. 2018. Vol. 24. P. 1425–1435.
18. Gu X., Fu H., Sun S., Qiao H., Zhang W., Jiang S., Xiong Y., Jin S., Gong Y., Wu Y. Effects of cholesterol on growth, feed utilization, body composition and immune parameters in juvenile oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) // *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48. P. 4262–4271.

© Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В., Есипенко Р.В., Позднякова Ю.М., 2020

Для цитирования: Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В., Есипенко Р.В. Оценка эффективности внесения некоторых БАВ в стартовые корма для молоди дальневосточного трепанга // *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2020. Т. 53, № 3. С. 18–27.

Статья поступила в редакцию 16.11.2020, принята к публикации 25.11.2020.