

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АКВАКУЛЬТУРА

УДК 595.32

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНКУБАЦИИ И БИОИНКАПСУЛЯЦИИ НАУПЛИУСОВ АРТЕМИИ

М. А. Корентович, Е. А. Сироткина, М. Н. Бронников, Н. П. Соломинова

ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Тюмень

*В статье рассматриваются результаты экспериментальных работ по инкубации цист и обогащению науплиусов артемии в лабораторных условиях и в оригинальной установке цеха выращивания осетровых рыб ФГБНУ «Госрыбцентр». В качестве инкубационного раствора использована минерализованная термальная подземная вода. Подобраны наиболее эффективные обогащающие эмульсии для насыщения метанауплиусов артемии высшими жирными кислотами (ВЖК), пробиотиками (ацидофильное молоко «Наринэ форте») и витаминным комплексом («Триовит»). Из семи протестированных масел с высоким содержанием ВЖК (льняное, подсолнечное, кунжутное, кедровое, масло зародышей пшеницы, виноградной косточки, расторопши) отобраны пять масел. Выяснено, что применение кедрового и масла расторопши невозможно для обогащения рачков из-за высокой смертности артемии в растворе. Изучены данные полного биохимического анализа на содержание ВЖК в обогащенных и необогащенных науплиусах, в цистах артемии сибирских популяций (*Artemia parthenogenetica*) и артемии из Большого Соленого озера (*A. franciscana*). Выявлено, что по сумме всех исследуемых показателей (включая биохимические, выживаемость и размеры рачков после биоинкапсуляции) наиболее эффективными являются обогащающие эмульсии, состоящие из подсолнечного или льняного масла с добавлением витаминов и пробиотиков. По биохимическим показателям отмечена высокая результативность использования комплекса с маслом зародышей пшеницы.*

Ключевые слова: науплиусы артемии; инкубация; обогащение; жирные кислоты; витамины; пробиотики; биохимический состав; калорийность.

Введение

Практика мирового рыбоводства, начиная с 30-х гг. прошлого столетия и по настоящее время [1, 2], убедительно показала особую пищевую ценность науплиусов артемии в качестве стартового корма для личинок различных видов рыб и ракообразных, выращиваемых в условиях аквакультуры. Ценность артемии в первую очередь зависит от ее химического состава. Известно, что при определении кормовой значимости рачка обращают особое внимание на количество жирных кислот, которые используются в качестве пластического и энергетического материала

у культивируемых организмов [3, 4]. С помощью опытных работ выявлено, что использование для кормления личинок рыб науплиусов артемии, обогащенных биологическими добавками, позволяет добиться не только низкой элиминации, но и ускоренного темпа линейно-весового роста молоди [2]. Известна биотехнология повышения питательной ценности науплиусов артемии с помощью препарата Selco, содержащего высокую концентрацию докозагексаеновой и эйкозапентаеновой незаменимых жирных кислот [2]. В то же время науплиусы можно обогатить другими высоконасыщенными кислотами (ВНЖК), а также витаминами, гормональными препаратами, профилактическими и терапевтическими средствами [2]. Основными критериями

© М. А. Корентович, Е. А. Сироткина, М. Н. Бронников, Н. П. Соломинова

выбора масел являлись следующие показатели: высокое содержание омега-3 и омега-6 незаменимых жирных кислот в рачках после обогащения, калорийность, высокое содержание белков и жиров в сухом веществе тела науплиусов после обогащения; линейный рост рачков, а также выживаемость артемии в обогащающем растворе и в пресной воде после биоинкапсуляции.

В качестве инкубационного раствора для получения артемии возможно использование ресурсосберегающих минерализованных вод, потенциал которых в Западной Сибири огромен, а их применение является одним из приоритетных разновидностей индустриальной аквакультуры Западной Сибири. При проведении работ в производственных масштабах количество внесенной соли может достигать нескольких тонн, что требует значительных материальных и трудовых затрат. В то же время использование природных термальных вод с минерализацией до 7 г/дм³ позволило бы существенным образом интенсифицировать процесс получения живых кормов при экономии расходных средств и материалов.

Цель данной научно-исследовательской работы — усовершенствование биотехнологических методов инкубации и биоинкапсуляции науплиусов артемии как подготовительного этапа разработки технологии приготовления стартовых живых обогащенных кормов для личинок и молоди осетровых видов рыб.

Материалы и методы исследования

Исследовательские работы по инкубации и обогащению науплиусов артемии проводили в 2010–2015 гг. в лаборатории и на осетровом экспериментальном научно-производственном участке ФГБНУ «Госрыбцентр». Объект исследований — жаброногий рачок артемия сибирских популяций *Artemia parthenogenetica* (Varigozzi, 1974; Bowen, Sterling, 1978). Для получения науплиусов использовали цисты, заготовленные фирмой К-Ником (г. Омск) [3] в озерах Курганской и Омской областей. Влажность сухих цист не превышала 6–8 %; массовая доля скорлупы — менее 2 %; массовая доля примесей — менее 0,01 % [3].

Цисты артемии инкубировали согласно стандартным методикам [2, 5] в течение 24–30 ч (при использовании метода обогащения рачков инкубация длилась в течение 24 ч [2]). Для увеличения темпа вылупления науплиусов применяли порошкообразный активатор (пероксид мочевины — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$) [3]. На производственном участке в качестве инкубационного раствора использовали термальную минерализованную воду из скважин Тюменского рыбопитомника (ТРП). В лабораторных условиях тестировали подземную воду из скважин ТРП и рыбоводного комплекса ООО «Пышма-96». Перед инкубацией природную воду освобождали от газообразного метана и аммиака путем пропуска ее через градирню или с помощью биоблоков, установленных в баке-накопителе. Одновременно вода насыщалась кислородом до 6,0–7,0 мг/дм³ и происходило снижение ее температуры с 39 до 28–30 °С. Постоянную аэрацию воды обеспечивали при помощи компрессоров марки ЕНЕИМ-100. Соленость инкубационного раствора определяли рефрактометром, кислотность — рН-метром. Для сравнения цисты артемии инкубировали в воде из пресных водоисточников: р. Тура, р. Балда, оз. Волково (старица р. Иртыш) с добавлением NaCl в количестве 30 г/л [2, 5]. Съем, отделение 24-часовых науплиусов от оболочек и невылупившихся цист, а также первичное обогащение [2] осуществляли в лабораторных условиях в течение часа (возраст рачков — 25 ч), в производственных условиях — трех часов (возраст артемии — 27 ч). Отношение сухого веса цист к сырой массе рачков составляло 1:2,5, что говорило о высоком качестве цист [6].

Для обогащения науплиусов использовали солевой раствор в концентрации NaCl 20 г/дм³. Условия проведения биоинкапсуляции: плотность загрузки рачков в аппараты — 200–400 экз./мл; температура воды — 20 °С; постоянная аэрация [2]. Необходимое количество масла (0,4–0,5 г/дм³), витаминов «Триовит» (А, D₃, Е) (0,3 мг/дм³) и пробиотика «Наринэ форте» (ацидофильное молоко) (1,16 г/дм³) вносили в 0,5 л отстоянной водопроводной воды, в течение 1–2 мин взбива-

ли до образования пены с помощью блендера (модель Leben, 220 В, 450 Вт) и вливали полученную питательную смесь в рабочие аппараты с науплиусами. Подбор масел растительного происхождения осуществляли по высокому содержанию в них высших жирных кислот (ВЖК) (83–93 %) [7] и по выживаемости рачков в растворе за период обогащения. Из масел применяли следующие: кедровое, кунжутное, подсолнечное и льняное, масло расторопши, виноградной косточки и зародышей пшеницы. Для сравнения данных по ВЖК использовали коммерческий препарат Selco производства фирмы INVE (0,6 г/дм³) в двух вариантах — Selco-DHA (с высоким уровнем содержания докозагексаеновой кислоты) и Selco-Experimental (соотношение докозагексаеновой кислоты (ДГК) к эйкозапентаеновой (ЭПК) — 2:1) [2], а также два комплекса: Selco-DHA + «Наринэ форте» и Selco-DHA + «Триовит». Повторное обогащение науплиусов проводили через 6 ч после первого внесения (возраст рачков — 31–33 ч). Через 6 ч после вторичной биоинкапсуляции артемию тщательно промывали чистой водой (отстоянной водопроводной или речной) от продуктов метаболизма (возраст обогащенных рачков — 38–40 ч). В качестве контроля использовали небогатых науплиусов того же возраста. Учет массы полученной продукции выполняли прямым взвешиванием или по численности и массе одного рачка (0,01 мг) согласно стандартным методикам [2, 5]. Каждый из вариантов проведен в двух-четыре повторностях. Для определения длины науплиусов артемию фиксировали несколькими каплями раствора Люголя. Камеральную обработку выполняли под стереоскопическим микроскопом МБС-10 с окуляр-микрометром. Число измеренных рачков каждого варианта — не менее 50 экз.

Общий биохимический анализ сухих цист и науплиусов артемии (жиры, минеральные вещества, влага) выполнен согласно ГОСТ 7636-85 [8]. Содержание протеинов определяли нестандартным методом «Колориметрический метод определения содержания общего азота, модифицированный БалтНИРХ» [9]. Биохимический анализ содер-

жания ВЖК в цистах и науплиусах проведен на замороженном материале сотрудниками лаборатории Артемиевого реферативного центра (г. Гент, Бельгия) при использовании газового хроматографа Chrompack CP 9001 [10]. Обработку статистических данных выполняли с помощью компьютерных программ ANOVA 16-й версии (SPSS Inc., IL, USA) и Excel.

Выживаемость науплиусов после обогащения различными питательными растворами определяли как в пресной, так и в солоноватой (5 г/дм³) воде (температура воды — 17 °С; контроль — небогатые рачки). Температурно-кислородный режим контролировали каждый час с помощью термооксиметра Nach Company (HQ40d18) (производство США). Полный химический анализ воды выполняли согласно стандартным методикам [11].

Результаты исследований и обсуждение

Инкубация цист артемии в геотермальной воде

Для интенсификации получения науплиусов артемии с целью экономии расходных средств и материалов в качестве рабочего инкубационного раствора использовали природные термальные воды. Применяемая для инкубации цист артемии геотермальная вода из скважины ТРП относится к разряду слабоминерализованных — сумма ионов составила 4,34 г/дм³, из скважины ООО «Пышма-96» минерализация была в 1,7 раза выше — 7,18 г/дм³ (табл. 1). В термальной воде из обоих источников отмечено низкое содержание легкоокисляющихся органических веществ. Активная реакция среды рН слабощелочная (7,74–7,96). По величине общей жесткости вода из скважины ТРП «мягкая», практически такой же жесткости, как и речная (3,25 ± 0,16 ммоль/дм³·экв.), на ООО «Пышма-96» она относится к классу «умеренно жестких вод» (9,5 ± 0,5 ммоль/дм³·экв.) [12]. Для термальной воды из скважин ООО «Пышма-96» характерно отсутствие нитратов N/NO₃; для скважины ТРП их количество колебалось от 0,01 до 0,65 мгN/дм³. Следует отметить высокое содержание сульфатов и

железа в минерализованной воде ООО «Пышма-96»: их количество в 2 и 3 раза превышало этот показатель в термальной воде

ТРП — по сульфатам ($159,70 \pm 15,82$) и ($80,31 \pm 9,94$) мг/дм³; по железу — ($0,83 \pm 0,25$) и ($0,27 \pm 0,08$) мг/дм³ соответственно.

Таблица 1 — Гидрохимический состав воды, используемой для инкубации цист артемии, из геотермальных и пресных водоисточников Тюменской области, 2010 г.

Наименование компонентов	Единица измерения	Озеро Волково	Река Балда	Река Тура	Геотермальная вода	
					ТРП	ООО «Пышма-96»
рН	ед. рН	$7,46 \pm 0,10$	$7,91 \pm 0,10$	$6,92 \pm 0,10$	$7,96 \pm 0,10$	$7,74 \pm 0,10$
Азот аммонийный	мг/дм ³	$0,24 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,14$	$1,67 \pm 0,35$	$2,84 \pm 0,6$	$3,07 \pm 0,65$
Азот нитритный	мг/дм ³	$0,016 \pm 0,004$	$0,014 \pm 0,004$	$0,09 \pm 0,01$	$< 0,006$	$< 0,006$
Азот нитратный	мг/дм ³	$< 0,10$	$< 0,10$	$0,83 \pm 0,15$	$0,01-0,65$	$< 0,10$
Железо общее	мг/дм ³	$0,10 \pm 0,03$	$2,58 \pm 0,39$	$0,30 \pm 0,05$	$0,27 \pm 0,08$	$0,83 \pm 0,25$
Фосфат-ион	мг/дм ³	$0,07 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,05$	$1,46 \pm 0,15$	$0,05 \pm 0,01$	$< 0,05$
Окисляемость перманганатная	мгО ₂ /дм ³	$7,99 \pm 1,6$	$9,98 \pm 2,0$	$4,40 \pm 0,15$	$< 0,25$	$< 0,25$
Жесткость общая	ммоль/дм ³ ·экв.	$2,30 \pm 0,12$	$1,70 \pm 0,09$	$4,80 \pm 0,24$	$3,25 \pm 0,16$	$9,5 \pm 0,5$
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	$140,35 \pm 0,78$	$122,04 \pm 8,71$	$280,69 \pm 17,43$	$488,16 \pm 28,85$	$335,61 \pm 20,46$
Кальций	мг/дм ³	$34,07 \pm 2,35$	$22,04 \pm 1,59$	$64,13 \pm 4,24$	$36,07 \pm 2,47$	$114,23 \pm 7,40$
Магний	мг/дм ³	7,30	7,30	19,46	17,63	46,21
Сульфаты	мг/дм ³	$5,48 \pm 1,37$	$15,51 \pm 5,15$	$10,95 \pm 2,74$	$80,31 \pm 9,94$	$159,70 \pm 15,82$
Хлориды	мг/дм ³	$19,14 \pm 2,87$	$141,80 \pm 5,67$	$17,73 \pm 2,66$	$2127,0 \pm 8,51$	$3899,50 \pm 15,6$
Na + K	мг/дм ³	16,35	115,58	13,20	1594,08	2623,92
Цветность	град.	$20,0 \pm 4,60$	$70,0 \pm 8,6$	$5,0 \pm 3,4$	$< 5,0$	$23,0 \pm 4,48$
Прозрачность	см	$> 30,0$	—	$> 30,0$	$> 30,0$	$> 30,0$
Взвешенные вещества	мг/дм ³	—	$13,4 \pm 4,0$	—	$< 5,0$	$47,8 \pm 4,0$
Сумма ионов	мг/дм ³	222,69	424,27	406,17	4343,25	7179,17

Результаты использования геотермальной воды в качестве инкубационного раствора показали следующее. Выход науплиусов артемии через 24 ч инкубации практически не различался как в слабоминерализованной воде, так и в солевых растворах воды из пресных источников (NaCl 30 г/дм³), составив в среднем ($62,90 \pm 4,23$) и ($62,47 \pm 5,44$) % соответственно (данные статистически достоверны при уровне значимости $P < 0,05$).

Через 30 ч инкубации количество вылупившихся науплиусов во всех вариантах достоверно увеличилось ($P < 0,05$): в термальных водах с соленостью 4,3 г/дм³ на 2,56 % ($66,46 \pm 4,58$ %), при повышении минерализации подземной воды до 7,2 г/дм³ — на 6,64 % ($69,35 \pm 1,22$ %). При использовании для инкубации цист пресной воды с добавлением NaCl количество вылупившихся науплиусов возросло на 1,23–10,51 % (от ($62,57 \pm 6,10$) % —

оз. Волково до ($74,52 \pm 2,28$) % — р. Балда) (табл. 2). Максимальное количество продукции гидробионтов получено через 30 ч инкубации в солевом растворе воды из р. Балды (77,31 %), общая минерализация которой, помимо внесения соли, составила на момент исследований более 400 мг/дм³ (данные статистически достоверны при уровне значимости $P < 0,05$).

Эксперименты, проведенные в цехе выращивания осетровых рыб ФГБНУ «Госрыбцентр», где в качестве инкубационного раствора использована термальная подземная вода, подтвердили данные лабораторных исследований. Выход науплиусов как при инкубации в речной воде (фоновая сумма ионов 424 мг/дм³) с добавлением NaCl, так и в геотермальной через 24 ч составил более 70 % рачков (72,3 и 71,8 % соответственно).

Таблица 2 — Выход науплиусов артемии (%) через 24 и 30 ч инкубации в различных солевых растворах ($n = 40$); лабораторные условия

Инкубация, часы	Выход, %	Геотермальная вода; $\Sigma_{\text{ионов}}$		Пресная вода (с добавлением 30 г/дм ³ NaCl)		
		4,3 г/дм ³	7,2 г/дм ³	р. Тура	р. Балда	оз. Волково
24	$X \pm M_x$	63,08 ± 3,29	62,71 ± 5,17	68,48 ± 2,17	64,01 ± 5,02	54,91 ± 9,12
	$C_V, \%$	9,65	14,35	5,49	11,74	28,77
	σ	7,93	8,95	3,76	5,45	15,80
	min-max	59,91–67,37	59,31–64,53	64,6–72,1	67,86–60,15	40,00–71,47
30	$X \pm M_x$	66,46 ± 4,58	69,35 ± 1,22	69,71 ± 3,82	74,52 ± 2,28	62,57 ± 6,10
	$C_V, \%$	12,16	3,06	9,49	5,30	16,88
	σ	5,69	2,12	6,62	3,95	10,56
	min-max	62,93–67,63	67,04–71,19	63,53–76,69	71,72–77,31	50,46–69,86

Одним из способов оптимизации получения живых кормов в производственных масштабах является увеличение нормы загрузки сухих цист на единицу площади. Опытные работы показали, что при плотности цист 8 г/дм³ инкубация происходит более успешно, чем

при рекомендованном количестве 2 г/дм³ [2]. Эксперименты по инкубации артемии при различной плотности (от 2 до 20 г/дм³) позволили определить оптимальную норму загрузки сухих активированных цист в аппарат в количестве 12 г/дм³ (табл. 3).

Таблица 3 — Выход науплиусов артемии (%) через 30 ч инкубации при различной плотности загрузки сухих цист ($n = 40$)

Показатель	Плотность цист, г/дм ³									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$X \pm M_x$	70,08 ± 3,25	82,05 ± 2,98	82,16 ± 1,86	82,69 ± 3,75	81,43 ± 2,18	86,90 ± 0,80	79,46 ± 2,02	69,75 ± 0,55	59,04 ± 1,50	48,75 ± 1,05
$C_V, \%$	11,35	8,90	5,54	11,10	6,57	2,24	6,23	1,93	6,22	5,27
σ	7,95	7,30	4,55	9,18	5,35	1,95	4,95	1,35	3,67	2,57
min	63,61	68,98	74,31	66,88	74,26	83,17	69,39	68,65	54,82	45,22
max	78,96	90,43	87,27	89,98	86,88	88,75	83,87	72,28	63,96	50,96
t_ϕ	4,46	2,45	5,30	2,41	2,59	5,22	2,49	3,12	3,39	4,75
t_{st}	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,26	2,26	2,26	2,26

Выход науплиусов артемии при такой плотности составил в среднем (86,90 ± 0,80) % с колебаниями от 83,17 до 88,75 % ($C_V = 2,24$ %). Увеличение количества цист на единицу площади (до 14; 16; 18; 20 г/дм³) привело к статистически достоверному ($P < 0,001$) снижению выхода рачков: при 14 г/дм³ он снижается до (79,46 ± 2,02) %, при 16 г/дм³ — до (69,75 ± 0,55) %, при 20 г/дм³ его значения уменьшаются в 1,8 раза от оптимального — до (48,75 ± 1,05) %.

При более высокой плотности загрузки цист (свыше 14 г/дм³) появляются трудности в поддержании оптимального уровня содер-

жания растворенного в воде кислорода без пенообразования и механического повреждения вылупившихся науплиусов.

Итак, применение слабоминерализованных термальных подземных вод хлоридно-натриевого класса для инкубации цист артемии после предварительной водоподготовки (дегазация, оксигенация) позволило полностью исключить внесение поваренной соли и искусственный подогрев инкубационного раствора. Геотермальные воды являются стерильными, поэтому их использование возможно без предварительной дезинфекции инкубационного раствора от болезнетворных микроорганизмов.

Использование метода биоинкапсуляции науплиусов артемии

Выживаемость рачков в обогащающих солевых растворах. В ходе опытных работ по подбору обогащающих растворов для биоинкапсуляции науплиусов артемии из семи растительных масел были выделены пять — льняное, подсолнечное, зародышей пшеницы, виноградной косточки и кунжутное. Основным критерием выбора масел на этапе отбора являлась выживаемость рачков в течение 12 ч обогащения при температуре водной среды 20 °С. Количество живых науплиусов после биоинкапсуляции оставалось очень высоким при использовании подсолнечного (98,0 %), кунжутного (97,9 %) и масла зародышей пшеницы (97,5 %). Выживаемость обогащенных рачков при применении комплекса: масло зародышей пшеницы, пробиотик «Наринэ форте», витамины «Триовит» — была близка к 100 %. Применение масла кедрового ореха и расторопши в качестве обогащающей среды привело к повышенному отходу рачков:

элиминация особей составила 64,8 и 60,9 % соответственно, причем после использования кедрового масла живые метанауплиусы совершали лишь колебательные движения и в течение часа погибали.

Выживаемость обогащенных рачков в пресной воде. Науплиусы артемии, являющиеся ценнейшим стартовым живым кормом, успешно используются для кормления личинок и молоди пресноводных видов рыб [2, 5]. В то же время диапазон солености среды обитания галофильного рачка находится в пределах от 10 до 340 г/л [4]. При определении времени элиминации науплиусов в пресной воде использовали данные бельгийских ученых, свидетельствующие о том, что гибель гипергалинных рачков в пресной воде наступает через 30–60 мин при температуре 20 °С [2]. В наших экспериментах массовый отход (свыше 30 %) необогащенных рачков (контроль) наблюдали через 20 мин после внесения в пресную воду (температура воды 17 °С); через 60 мин элиминация составила 90 %, через 70 мин — 100 % (рис. 1).

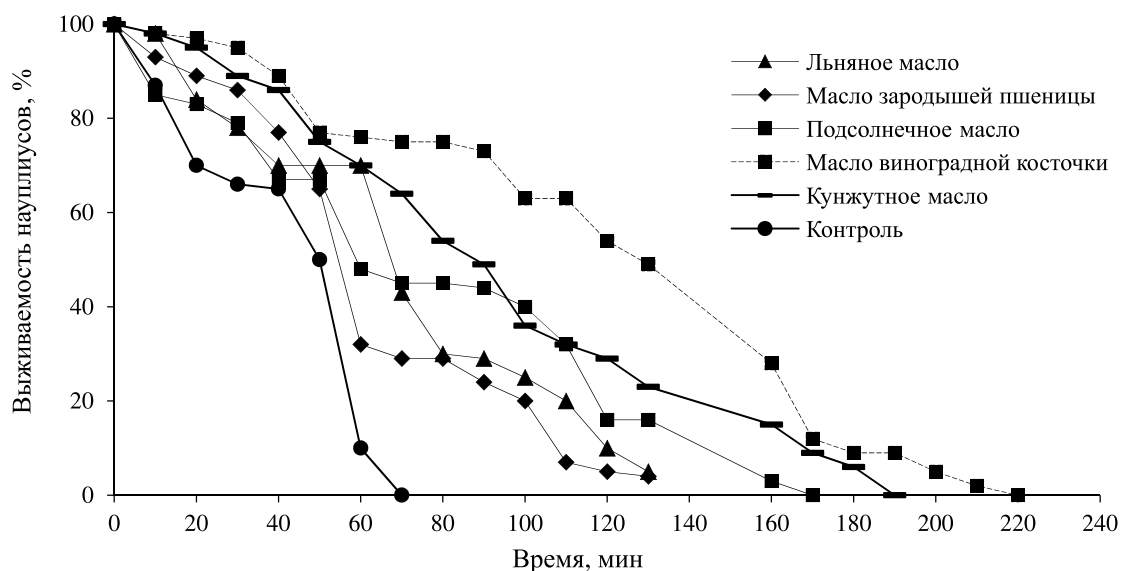


Рисунок 1 — Выживаемость обогащенных и необогащенных (контроль) метанауплиусов артемии в пресной воде (17 °С)

В опыте отмечена высокая выживаемость метанауплиусов, обогащенных маслом виноградной косточки: через 30 мин после помещения рачков в пресную воду отход составил не более 5 %; через 60 мин элиминация особей достигла 25 %; полностью артемия

погибла через 3 ч 40 мин. При обогащении метанауплиусов подсолнечным маслом отход (до 15 %) наблюдался уже через 10 мин после помещения в пресную воду. Через 60 мин гибель отмечена у 50 % особей; полная элиминация гидробионтов произошла через

2 ч 50 мин. Через 60 мин отмечена массовая гибель рачков, предварительно обогащенных маслом зародышей пшеницы (до 70 %); через 70 мин — после использования льняного масла (55 %). Полная гибель науплиусов, «пропитанных» льняным маслом и зародышей пшеницы, наблюдалась через 2 ч 20 мин и 2 ч 30 мин соответственно.

Линейный рост обогащенных рачков. Длина тела только что вылупившихся науплиусов составляла ($0,51 \pm 0,01$) мм ($C_V = 11,96\%$); при переходе в I метанауплиальную стадию небогатенные рачки достигли длины ($0,70 \pm 0,01$) мм ($C_V = 8,47\%$) (рис. 2). Двукратное обогащение артемии ска-

залось на росте метанауплиусов незначительно — рачки в среднем имели длину тела ($0,76 \pm 0,02$) мм ($C_V = 9,32\%$). Наибольший линейный рост отмечен у артемии при использовании комплекса, состоящего из льняного масла, пробиотика «Наринэ форте» и витаминов «Триовит»: длина тела рачков составила ($0,81 \pm 0,24$) мм ($C_V = 10,91\%$), или в 1,2 раза выше, чем в контроле. Минимальный линейный рост артемии наблюдался после воздействия препарата Selco-DHA без дополнительного внесения витаминов и пробиотиков: среднее значение длины — ($0,68 \pm 0,04$) мм при $C_V = 9,97\%$.

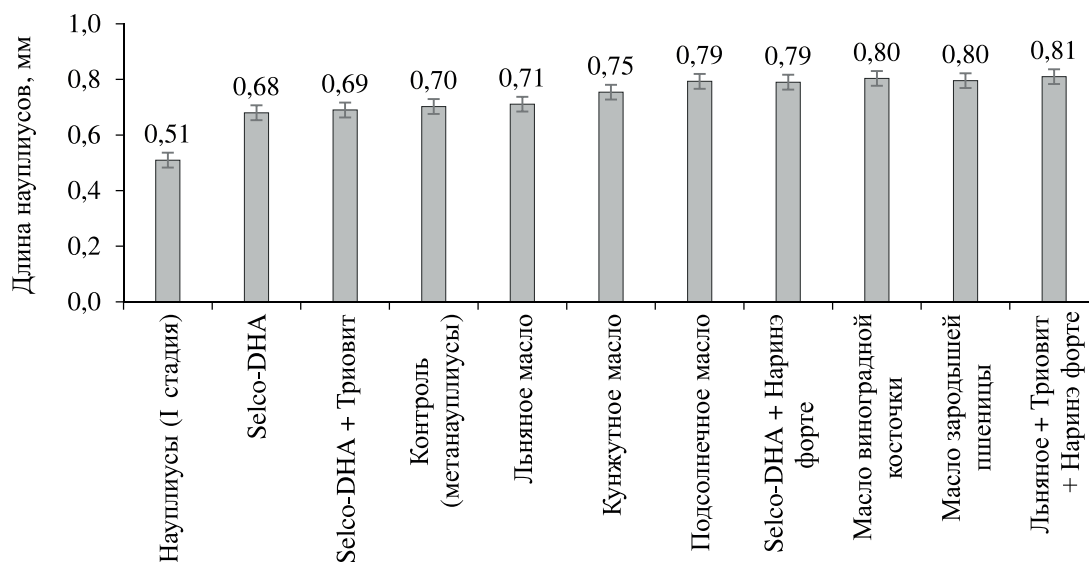


Рисунок 2 — Изменение длины (мм) науплиусов, небогатенных и обогащенных метанауплиусов артемии в зависимости от выбора растительных масел

Биохимический анализ состава тела обогащенных науплиусов артемии. Как известно [13], химический состав и хозяйственная ценность живых кормов определяются содержанием в них общего белка, липидов и минеральных веществ. Для обеспечения интенсивного роста личинок большинства выращиваемых рыб доля белка в кормах должна составлять не менее 35–45 % [13]. Анализ биохимического состава цист и тела рачков артемии сибирских популяций показал, что он заметно изменяется в процессе раннего онтогенеза гидробионтов, что подтверждается данными исследователей [2, 5, 14].

Содержание влаги в сухих цистах не превышало ($10,7 \pm 0,21$) %. Для цист отмечено относительно высокое содержание белка — до ($62,7 \pm 4,4$) % сухого вещества (СВ) и минеральных веществ ($7,0 \pm 0,1$ %); количество жира незначительно — ($0,34 \pm 0,02$) % СВ. Следует отметить, что низкое количество жира характерно для цист из многих артемиевых озер юга Западной Сибири: в среднем их содержание составило ($0,4 \pm 0,03$) % СВ (колебания от ($0,07 \pm 0,01$) % в оз. Вишняковское до ($0,8 \pm 0,05$) % в оз. Горькое).

У вылупившихся науплиусов I личиночной стадии содержание жиров и особенно протеина резко увеличилось до величин

($19,6 \pm 0,6$) и ($71,3 \pm 1,4$) % СВ соответственно; калорийность рачков составила 4,7 ккал/г сухого вещества (рис. 3).

По мере развития рачков и перехода в I метанауплиальную стадию, когда начинает функционировать пищеварительный тракт и происходят изменения в содержании основных органических веществ тела гидробионтов [2, 5], количество белков и жиров в экс-

периментах уменьшилось до величин 64,9 и 7,5 % СВ соответственно; калорийность сократилась до 3,4 ккал/г СВ, т. е. почти на 30 % ниже, чем у рачков I науплиальной стадии. Следует отметить, что, согласно литературным источникам [2, 5, 14], для необогащенных метанауплиусов количество жира обычно не превышает 11 %, а калорийность составляет около 3,5 ккал/г СВ.

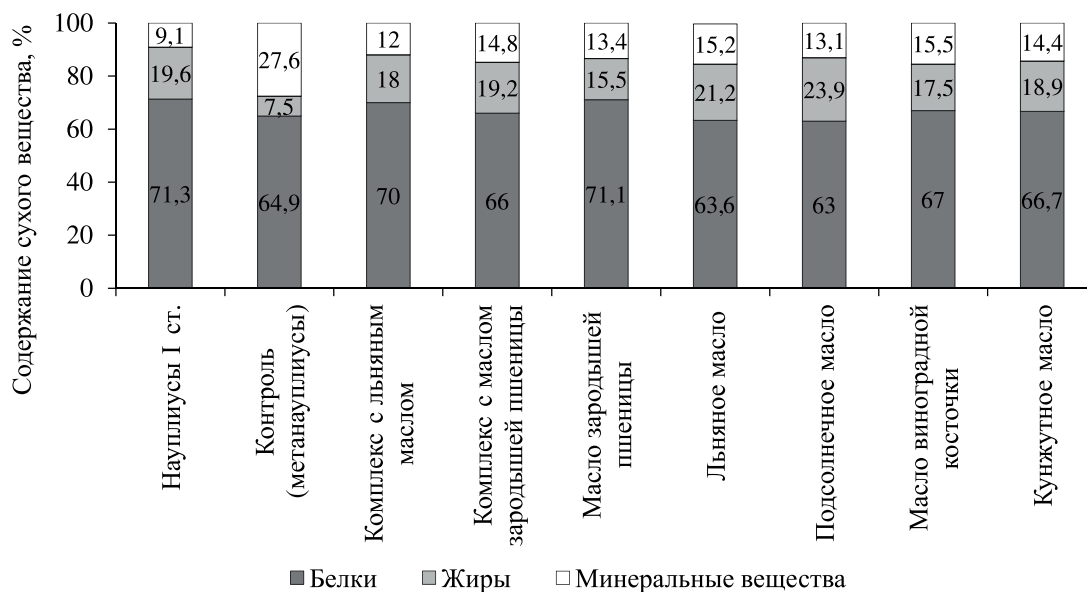


Рисунок 3 — Биохимический состав сухого вещества науплиусов, необогащенных и обогащенных метанауплиусов артемии

Количество белков у рачков, «пропитанных» различными растительными маслами, изменялось следующим образом: минимальная концентрация отмечена после применения подсолнечного и льняного масел — 63,0 и 63,6 % соответственно. Использование для биоинкапсуляции комплекса, состоящего из льняного масла, витаминов и пробиотиков, позволило поднять уровень белков в артемии до 70,0 %. Максимальное количество протеинов в метанауплиусах (до 71,1 %) наблюдали после внесения масла зародышей пшеницы.

При выдерживании артемии в обогащающих растворах наибольшее количество жира отмечено после воздействия подсолнечного масла — 23,9 % СВ; калорийность метанауплиусов также была максимальной — 4,8 ккал/г сухого вещества. Высокая

концентрация липидов наблюдалась после обогащения рачков льняным маслом — 21,2 % СВ (калорийность составила 4,5 ккал/г СВ). После биоинкапсуляции артемии другими растительными маслами (кунжутное, виноградной косточки; комплексы витаминов «Триовит» и пробиотика «Наринэ форте» с маслом зародышей пшеницы или льняным) уровень жиров относительно стабилен и варьировал в пределах 17,5–19,2 % СВ. Рачки, обогащенные этими маслами и комплексами, также имели высокую калорийность: от 4,4 ккал/г СВ (масло виноградной косточки) до 4,5 ккал/г СВ (комплекс с льняным маслом). Пониженное содержание жира (15,5 %) отмечено лишь при использовании масла зародышей пшеницы; калорийность сухого вещества тела рачков также была минимальной — 4,3 ккал/г.

Содержание минеральных веществ, поддерживающих водно-солевой баланс в живом организме, в только что вылупившихся науплиусах составило 9,1 % СВ. В обогащенных рачках общее количество неорганических веществ колебалось в пределах от 12 % (комплекс с льняным маслом) до 15,2–15,5 % (обогащение льняным и маслом виноградной косточки соответственно).

Таким образом, применение метода обогащения растительными маслами, витаминами и пробиотиками позволило увеличить содержание жиров и белков в теле метанауплиусов в 1,4 раза. Среди двух изученных комплексов более высокие показатели калорийности, содержания белка и жира отмечены у рачков, обогащенных питательной смесью, состоя-

щей из льняного масла, витаминов «Триовит» и пробиотика «Наринэ форте» — 4,5 ккал/г, 70,0 и 18,0 % соответственно.

Биохимический анализ содержания ВЖК в цистах, науплиусах и метанауплиусах артемии. При проведении биохимического анализа содержания высших жирных кислот в цистах, необогащенных рачках и метанауплиусах артемии, обогащенных эмульсиями из подобранных растительных масел (льняное, подсолнечное, виноградной косточки, зародышей пшеницы и комплекса (масло зародышей пшеницы, витамины «Триовит», пробиотик «Наринэ форте»)) из 42 высших жирных кислот, содержащих от 14 до 24 атомов углерода, были выявлены 32 кислоты (табл. 4).

Таблица 4 — Содержание жирных кислот в цистах, необогащенных и обогащенных метанауплиусах артемии (*A. parthenogenetica*)

Код кислоты	Цисты артемии		Контроль — необогащенные науплиусы		Обогащенные науплиусы артемии									
					Льняное масло		Подсолнечное масло		Масло виноградной косточки		Масло зародышей пшеницы		Масло зародышей пшеницы, Триовит, Наринэ форте	
	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ
14:0	1,34	1,86	1,02	1,26	0,68	1,14	0,85	1,22	0,63	1,17	0,93	1,62	1,05	1,83
14:1 ω^5	1,49	2,07	1,28	1,58	0,80	1,35	1,04	1,49	0,75	1,41	1,13	1,98	1,16	2,02
15:0	0,64	0,89	0,46	0,57	0,32	0,53	0,39	0,56	0,29	0,54	0,45	0,79	0,47	0,82
15:1 ω^5	0,55	0,77	0,53	0,65	0,36	0,60	0,04	0,06	0,02	0,04	0,44	0,76	0,45	0,78
16:0	12,37	17,19	11,22	13,82	9,03	15,14	10,08	14,49	9,54	17,83	11,89	20,76	12,29	21,37
16:1 ω^7	6,21	8,63	5,08	6,26	3,37	5,66	4,19	6,03	3,10	5,79	4,82	8,41	4,84	8,42
17:0	0,97	1,35	0,96	1,18	0,67	1,12	0,78	1,12	0,61	1,14	0,82	1,44	0,80	1,39
17:1 ω^7	1,81	2,52	1,58	1,95	1,04	1,75	1,18	1,70	0,93	1,73	1,43	2,49	1,42	2,47
18:0	4,27	5,94	5,85	7,20	5,43	9,10	5,43	7,80	5,26	9,83	4,21	7,36	4,29	7,45
18:1 ω^7	8,12	11,28	9,51	11,71	6,67	11,18	7,82	11,24	5,87	10,98	7,50	13,10	7,41	12,88
18:1 ω^9	24,75	34,39	23,67	29,16	21,53	36,10	23,10	33,20	22,21	41,52	22,67	39,60	22,79	39,62
18:2(ω^6)-t	0,08	0,11	0,11	0,13	0,07	0,12	0,08	0,11	0,04	0,08	0,09	0,15	0,09	0,15
18:2(ω^6)-c	7,45	10,35	7,58	9,34	10,49	17,59	17,47	25,11	31,02	58,00	15,05	26,28	15,33	26,65
18:3 ω^3	17,75	24,67	17,20	21,19	29,83	50,03	14,30	20,56	10,90	20,38	16,22	28,32	16,20	28,16
18:3 ω^6	0,16	0,22	0,19	0,24	0,13	0,22	0,16	0,23	0,12	0,22	0,16	0,28	0,16	0,28
18:4 ω^3	2,68	3,73	1,88	2,31	1,32	2,21	1,55	2,23	1,28	2,40	1,99	3,48	1,98	3,45
19:0	0,06	0,08	0,12	0,15	0,08	0,13	0,11	0,16	0,09	0,16	0,11	0,20	0,11	0,19
19:1 ω^9	0,90	1,25	0,75	0,92	0,50	0,84	0,63	0,90	0,47	0,88	0,78	1,36	0,79	1,38
20:0	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	0,07	—	—	0,03	0,05

Окончание табл. 4

Код кислоты	Цисты артемии		Контроль — необогачен- ные наупли- усы		Обогащенные науплиусы артемии									
					Льняное масло		Подсол- нечное масло		Масло виноградной косточки		Масло зародышей пшеницы		Масло зар- одышей пшеницы, Триовит, Наринэ форте	
	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ	%	мг/г СВ
20:1 ω^7	0,08	0,11	0,11	0,14	0,08	0,13	0,09	0,13	0,16	0,30	0,09	0,15	0,09	0,15
20:1 ω^9	0,38	0,53	0,64	0,79	0,48	0,80	0,59	0,85	0,47	0,88	0,69	1,20	0,67	1,17
20:3 ω^3	0,15	0,21	0,23	0,28	0,23	0,38	0,19	0,27	0,14	0,26	0,15	0,27	0,16	0,27
20:3 ω^6	0,14	0,20	0,07	0,09	0,12	0,20	0,15	0,21	0,09	0,16	0,14	0,24	0,13	0,23
20:4 ω^3	0,47	0,66	0,61	0,75	0,20	0,33	0,25	0,36	0,19	0,35	0,33	0,58	0,33	0,57
20:5 ω^3	6,78	9,42	8,43	10,38	5,65	9,48	6,75	9,71	4,92	9,20	6,24	10,90	6,20	10,77
21:0	—	—	0,06	0,08	—	—	0,04	0,06	—	—	—	—	—	—
21:5 ω^3	0,20	0,28	0,49	0,60	0,30	0,51	0,42	0,61	0,27	0,50	0,32	0,56	0,29	0,51
22:0	0,18	0,25	0,32	0,39	0,47	0,78	0,63	0,90	0,50	0,94	0,38	0,67	0,37	0,65
22:1 ω^9	—	—	0,05	0,06	—	—	—	—	—	—	0,09	0,16	0,09	0,15
22:6 ω^3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06	0,11	—	—
23:0	—	—	—	—	0,17	0,29	—	—	0,11	0,20	—	—	—	—
23:1 ω^9	—	—	—	—	—	—	1,70	2,44	—	—	0,82	1,43	—	—

Ряд карбоновых кислот (19:2 ω^6 , 20:0, 21:0, 22:1 ω^7 , 22:1 ω^9 , 22:3 ω^3 , 23:0, 23:1 ω^9 и др.), в том числе незаменимая омега-3 докозагексаеновая кислота 22:6 ω^3 , полностью отсутствовали в цистах артемии. У необогащенных рачков также не обнаружено несколько кислот (22:6 ω^3 , 23:0, 23:1 ω^9 и др.). Минимальное количество ВЖК (27) отмечено у метанауплиусов, биоинкапсулированных эмульсией льняного масла. Наибольшее разнообразие по количеству жирных кислот выявлено у артемии, обогащенной маслом зародышей пшеницы. Кроме того, только у этих рачков отмечено следовое количество докозагексаеновой кислоты (0,11 мг/г СВ). При анализе качественного состава жирных кислот в сухих цистах артемии из озер Омской области наибольшее значение имели мононенасыщенная олеиновая (24,75 %; 34,39 мг/г СВ), полиненасыщенная линоленовая (ω^3) — 17,75 % (24,67 мг/г СВ) и насыщенная пальмитиновая (12,37 %; 17,19 мг/г СВ) кислоты. Для цист артемии сибирских популяций отмечено достаточно высокое содержание еще одной незаменимой омега-3 кислоты — эйкозапентаеновой — до 6,78 % (9,42 мг/г СВ),

в то же время отсутствовала арахидоновая кислота (20:4 ω^6). Сравнивая полученные данные с результатами предыдущих исследований [2, 15, 16] (табл. 5), можно отметить, что цисты *A. parthenogenetica* по содержанию основных жирных кислот занимают промежуточное положение среди других рас артемии за исключением гексадекадиеновой (16:2 ω^7), гексадекатриеновой (16:3 ω^4) и кислот, которые не обнаружены даже в следовых количествах.

У необогащенной артемии количество многих карбоновых кислот (14:0, 14:1 ω^5 , 15:0, 16:0, 17:0, 17:1 ω^7 , 18:1 ω^9 , 19:1 ω^9 , 18:3 ω^3 , 18:4 ω^3) уменьшается в 1,2–1,4 раза по сравнению с содержанием их в цистах. В то же время концентрация незаменимой эйкозапентаеновой кислоты 20:5 ω^3 увеличилась в 1,24 раза — 8,43 % соответственно. Анализ жирнокислотного состава метанауплиусов, обогащенных эмульсиями различных растительных масел, показал следующее. По суммарному количеству омега-3 кислот существенных отличий в опытных образцах (за исключением масла зародышей пшеницы) не отмечено (табл. 6).

Таблица 5 — Содержание основных жирных кислот у цист артемии различных рас [2, 14, 15] и сибирских популяций (наши данные, 2015 г.)

Код кислоты	Название кислоты		Содержание, % от общего уровня	
	систематическое (IUPAC)	тривиальное	Данные литературы	Наши данные, 2015 г.
14:0	Тетрадекановая	Миристиновая	0,7–2,4	1,34
15:0	Пентадекановая	Пентадециловая	0,8–1,5	0,64
16:0	Гексадекановая	Пальмитиновая	7,8–26,6	12,37
16:1 ω^7	Цис-9-гексадеценовая	Пальмитолеиновая	3,1–30,6	6,21
16:2 ω^7	Гексадекадиеновая	—	1,2–1,9	—
16:3 ω^4	Гексадекатриеновая	—	1,3–5,2	—
18:0	Октадекановая	Стеариновая	1,5–3,9	4,27
18:1 ω^9	Цис-9-октадеценовая	Олеиновая	6,6–36,1	24,75
18:2 ω^6	9,12-уноктадиеновая	Линолевая	0,7–10,0	7,45
18:3 ω^3	Цис,цис,цис-9,12,15-октадекатриеновая	α -Линоленовая	0,4–33,6	17,75
18:4 ω^3	Октадекатетраеновая	Стеаридоновая	0,4–3,2	2,68
20:3 ω^6	8,11,14-эйкозатриеновая	Дигомо-линоленовая	0,1–0,3	0,14
20:5 ω^3	5,8,11,14,17-эйкозапентаеновая	Тимнодоновая	0,2–15,4	6,78
22:6 ω^3	4,7,10,13,16,19-докозагексаеновая	Цервоновая	0,1–0,3	—

Таблица 6 — Суммарное содержание омега-3 и омега-6 жирных кислот в цистах, обогащенных и не-обогащенных метанауплиусах артемии

Показатель		Сумма $\omega^3 \geq 20:3\omega^3$		Сумма $\omega^6 \geq 18:2\omega^6$	
		%	мг/г СВ	%	мг/г СВ
Цисты артемии		13,37	10,57	6,18	10,88
Контроль — небогатая артемия		15,19	12,01	5,56	9,8
Обогащенная артемия	Льняное масло	13,53	10,70	10,29	18,13
	Подсолнечное масло	13,85	10,95	14,56	25,66
	Масло виноградной косточки	13,04	10,31	33,18	58,46
	Масло зародышей пшеницы	15,71	12,42	15,30	26,95
	Масло зародышей пшеницы, Триовит, Наринэ форте	15,33	12,12	14,93	26,31

Следует отметить, что у небогатых рачков суммарное содержание омега-3 жирных кислот незначительно выше (в 1,1–1,2 раза) (15,19 %, или 12,01 мг/г СВ), чем у метанауплиусов, биоинкапсулированных этими препаратами. Наименьшее суммарное количество омега-3 кислот отмечено у артемии, обогащенной маслом виноградной косточки (13,04 %; 10,31 мг/г СВ); максимальное (15,71 %, или 12,42 мг/г СВ) — при использовании в качестве обогащающей среды масла зародышей пшеницы. В то же время после обогащения у науплиусов во всех вариантах опытов наблюдалось значительное увеличение мас-

совой доли незаменимых омега-6 ВЖК — в среднем в 3,2 раза выше по сравнению с контролем (колебания от 1,9 до 5,9 раза). Пиковые значения этого показателя отмечены для артемии, «пропитанной» маслом виноградной косточки (33,18 %; 58,46 мг/г СВ). Существенное накопление омега-6 ВЖК в тканях метанауплиусов происходило при воздействии подсолнечного и масла зародышей пшеницы — 14,56 % (25,66 мг/г СВ) и 15,30 % (26,95 мг/г СВ) соответственно. После применения эмульсии с льняным маслом суммарное количество омега-6 кислот увеличилось незначительно (10,29 %; 18,13 мг/г СВ) (см. табл. 6, рис. 5).

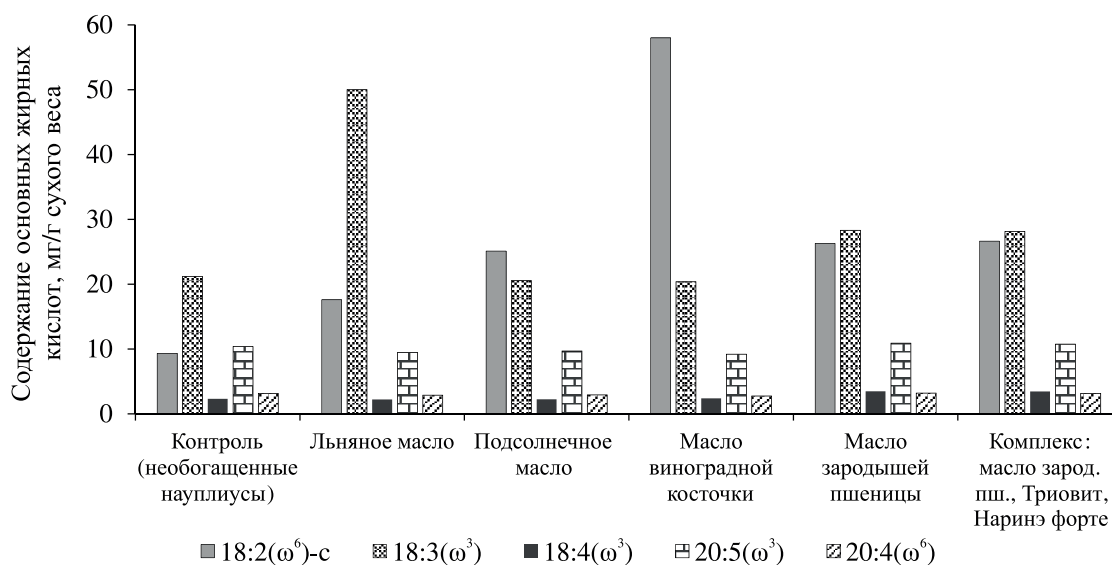


Рисунок 5 — Содержание омега-3 и омега-6 жирных кислот у необогащенных и обогащенных метанауплиусов артемии *A. parthenogenetica*

Сравнительный биохимический анализ по содержанию основных ВЖК у науплиусов артемии *A. franciscana* из Большого Соленого озера (Great Salt Lake; штат Юта, США), обогащенных препаратом Selco или его производными [15], и науплиусов сибирских популяций *A. parthenogenetica* (оз. Ульжай, Омская область), биоинкапсулированных различными растительными маслами, показал следующее. По содержанию 12 основных насыщенных и ненасыщенных высших жирных кислот, выделенных у необогащенных науплиусов *A. parthenogenetica* и *A. franciscana* [16], количественные показатели ряда кислот (16:0; 16:1 ω^7 ; 18:0; 18:4 ω^3 и др.) имели близкие значения (табл. 7).

У необогащенных науплиусов артемии морского типа [2] (*A. franciscana*) содержание эйкозапентаеновой кислоты (20:5 ω^3) было в 1,8 раза меньше, чем у *A. parthenogenetica* (4,4 и 7,7 мг/г СВ соответственно). Науплиусы артемии сибирских популяций (оз. Ульжай) характеризовались более высоким уровнем содержания арахидоновой кислоты (20:4 ω^6) — в 2,9 раза выше, чем у *A. franciscana* (2,3 и 0,8 мг/г СВ соответственно) и линолевой (18:2 ω^6) — в 1,7 раза выше (6,9 и 4,0 мг/г СВ соответственно). Следует отметить, что количество линоленовой кислоты (18:3 ω^3) у *A. parthenogenetica* было в 1,3 раза меньше, чем у *A. franciscana* (15,7

и 19,6 мг/г СВ соответственно). В жирнокислотном составе необогащенных рачков обоих видов отсутствовала докозагексаеновая кислота (22:6 ω^3).

Анализируя данные по составу и количеству некоторых жирных кислот у рачков *A. franciscana* и *A. parthenogenetica*, следует отметить повышение содержания всех жирных кислот у науплиусов после обогащения как коммерческими препаратами [2, 16], так и растительными маслами (за исключением миристиновой (14:0) после обогащения маслом виноградной косточки, подсолнечным и льняным). Содержание ряда кислот (16:0, 18:0, 20:1 ω^9 , 20:5 ω^3) в метанауплиусах после обогащения различными препаратами примерно одинаковое. Исключение составили олеиновая (18:1 ω^9), линолевая (18:2 ω^6) и арахидоновая (20:4 ω^6) кислоты, количество которых в рачках сибирских популяций было значительно выше: по кислоте 18:1 ω^9 — в 1,3–2,4 раза, по 18:2 ω^6 — в 2,8–9,1 раза, по 20:4 ω^6 — в 1,6–3,2 раза. В то же время для науплиусов *A. franciscana*, обогащенных эмульсией препарата DHA Selco [16], характерно повышенное содержание ЭПК (20:5 ω^3) (до 18,3 мг/г СВ), являющейся незаменимой для личинок морских видов рыб и ракообразных [2, 5]. В отличие от метанауплиусов *A. parthenogenetica*, обогащенных растительными маслами (кроме масла зародышей пшеницы),

Таблица 7 — Сравнительные данные по составу и содержанию (мг/г сухого веса) некоторых жирных кислот у небогатенных и обогащенных науплиусов *A. franciscana* [16] и *A. parthenogenetica* (наши данные, 2015 г.)

Код кислоты	Необогащенные науплиусы		Обогащенные науплиусы								
	<i>Artemia franciscana</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i>	Menhaden Oil	Selco	DHA Selco	Micro Feast L-10	Масло виноград- ной косточки	Комплекс с льня- ным маслом	Масло зароды- шей пшеницы	Льняное масло	Подсолнечное масло
	[16]	Наши данные	Tamaru C.S. et al., 2000 [16]				Наши данные, 2015 г.				
14:0	0,8	1,3	3,6	1,4	1,1	1,2	1,1	1,8	1,6	1,1	1,2
16:0	9,2	10,2	17,7	18,5	17,7	15,8	17,8	21,4	20,8	15,1	14,5
16:1 ω^7	3,3	4,6	7,5	3,5	3,9	4,4	5,8	8,4	8,4	5,7	6,0
18:0	3,0	5,3	7,7	9,1	7,0	6,6	9,8	7,5	7,4	9,1	7,8
18:1 ω^9	12,5	21,6	23,8	17,7	26,4	21,7	41,5	39,7	39,6	36,1	33,2
18:2 ω^{6*}	4,0	6,9	6,4	8,1	8,4	7,3	58,0	26,7	26,3	17,6	25,1
18:3 ω^{3*}	19,6	15,7	25,7	49,7	33,0	38,0	20,4	2,82	28,3	50,0	20,6
18:4 ω^3	2,0	1,7	4,7	6,9	2,6	4,3	2,4	3,5	3,5	2,2	2,2
20:1 ω^9	0,3	0,6	1,2	0,8	1,7	0,7	0,9	1,2	1,2	0,8	0,9
20:4 ω^{6*}	0,8	2,3	2,0	1,9	1,1	1,0	2,8	3,2	3,2	2,9	2,9
20:5 ω^{3*}	4,4	7,7	10,2	5,9	18,3	8,2	9,2	10,8	10,9	9,5	9,7
22:6 ω^{3*}	—	—	5,0	2,5	23,3	1,6	—	—	0,1	—	—
$\Sigma\omega^3 + \omega^6$ незаменим. мг/г/%	<u>28,8</u> 48,1	<u>32,6</u> 41,9	<u>49,3</u> 42,8	<u>68,1</u> 54,1	<u>84,1</u> 58,4	<u>56,1</u> 50,6	<u>90,4</u> 53,3	<u>68,9</u> 45,2	<u>68,8</u> 45,1	<u>80,0</u> 53,3	<u>58,3</u> 47,0
Σ кислот	59,9	77,9	115,3	126,0	144,0	110,9	169,7	152,4	151,2	150,1	124,1

* Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты.

в рачках *A. franciscana*, биоинкапсулированных коммерческими препаратами, присутствовала незаменимая ДГК (до 23,3 мг/г СВ при использовании DHA Selco). Доля суммарного содержания незаменимых ВЖК в рачках, биоинкапсулированных как коммерческими препаратами, так и растительными маслами, составляла в среднем 50 % от общего количества ВЖК. После обогащения науплиусов *A. parthenogenetica* маслом виноградной косточки или льняным маслом доля незаменимых омега-3 и омега-6 высших жирных кислот увеличилась в 1,3 раза (до 53,3 %).

Выводы

1. Возможно использование геотермальных вод с минерализацией 4–7 г/дм³ после предварительной водоподготовки для инкубации цист артемии сибирских популяций

(*A. parthenogenetica*) в течение 24–30 ч при плотности загрузки 12 г/дм³.

2. В сухих цистах артемии сибирских популяций содержится значительное количество олеиновой (24,75 %; 34,39 мг/г СВ), линоленовой (17,75 %; 24,67 мг/г СВ) и эйкозапентаеновой (6,75 %; 9,42 мг/г СВ) кислот.

3. Для обогащения метанауплиусов артемии сибирских популяций возможно применение растительных масел: льняного, подсолнечного и зародышей пшеницы, а также двух комплексов (масло зародышей пшеницы или льняное, витамины «Триовит», пробиотик «Наринэ форте»). Перспективны для использования масло виноградной косточки и кунжутное.

4. Наиболее высокие показатели по содержанию липидов (23,9 %) и калорийности тела (4,8 ккал/г) выявлены у артемии, «пропитан-

ной» подсолнечным маслом. Максимальное количество протеинов (71,1 %) отмечено для метанауплиусов, инкапсулированных маслом зародышей пшеницы.

5. У небогатых и богатых метанауплиусов *A. parthenogenetica* отсутствовала незаменимая докозагексаеновая кислота за исключением артемии, обогащенной маслом зародышей пшеницы.

6. У метанауплиусов *A. franciscana* и *A. parthenogenetica*, богатых разными препаратами, содержание кислот 16:0, 18:0, 20:1 ω^9 , 20:5 ω^3 примерно одинаковое. По сравнению с *A. franciscana* у рачков *A. parthenogenetica* после обогащения отмечено повышенное количество олеиновой 18:1 ω^9 , линолевой 18:2 ω^6 и арахидоновой 20:4 ω^6 кислот.

7. Суммарное содержание ВНЖК в рачках, биоинкапсулированных как коммерческими препаратами, так и растительными маслами, составляет около 50 % от общего количества основных кислот. Обогащение науплиусов *A. parthenogenetica* маслом виноградной косточки или льняным способствовало увеличению массовой доли незаменимых омега-3 и омега-6 жирных кислот в 1,3 раза (до 53,3 %).

Благодарности

Выражаем благодарность сотрудникам Артемиевого реферативного центра (г. Гент, Гентский университет, Бельгия) и лично профессору Патрику Соржелосу за практическую помощь при обработке проб артемии на содержание высоконасыщенных жирных кислот. Выражаем признательность заведующей сектором гидрохимической исследований ФГБНУ «Госрыбцентр» А. И. Коваленко за обработку проб воды на гидрохимический анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Seale A. Brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes // Trans. Amer. Fish. Soc. 1933. Vol. 63. P. 129–130.
2. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger et al. Belgium : Ghent university, 1986. 319 p.
3. <http://www.k-nikom.ru>.
4. Руднева И. А., Щепкина А. П. Химический состав цист артемии из различных источников // Рыбное хозяйство. 1990. № 5. С. 15–17.
5. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре / Л. И. Литвиненко, Ю. П. Мамонтов, О. В. Иванова и др. Тюмень, 2000. 58 с.
6. Богатова И. Б. Рыбоводная гидробиология. М. : Пищевая пром-сть, 1980. 168 с.
7. Яновая С. М. Химия жиров. М. : Норма, 2002. С. 114–115.
8. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Изд-во стандартов, 1985. 142 с.
9. Головин А. Н. Контроль производства рыбной продукции. М. : Пищевая пром-сть, 1978. Т. 2. 585 с.
10. Coutteau P., Sorgeloos P. Intercalibration exercise on the qualitative and quantitative analysis of fatty acids in *Artemia* and marine samples used in mariculture // ICES cooperative research report collectives. № 211. October. 1995. 30 p.
11. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. М. : РЭФИА. НИА Природа, 2002. 118 с.
12. Характеристика геотермальной воды в Тюменской области, используемой для целей рыбоводства / Л. В. Михайлова, И. В. Князев, Б. П. Ставицкий и др. // Вопросы повышения рыбопродуктивности водоемов Западной Сибири. Томск, 1979. С. 98–102.
13. Остроумова И. Н. Актуальные проблемы кормления рыб в промышленном рыбоводстве // Сб. тр. ГосНИОРХ. 1981. Вып. 176. 169 с.
14. Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Хозяйственное значение и биохимический состав кормовых гидробионтов // Водоемы Алтайского края. Новосибирск : Наука, 1999. 81 с.
15. Camara M.R. Arachidonic acid: a biological indicator of physiological stress in the brine shrimp *Artemia* // 3rd fish and Shellfish Larviculture Symposium "Larvi 2001". Oostende. Belgium. 2001. P. 100–103.
16. Enrichment of *Artemia* for use of Ornamental Fish Production / C.S. Tamaru, H. Ako, R. Paguirigan et al. // Center of Tropical and Subtropical Aquaculture Publication. USA. Journal of Aquaculture. № 133. 2000. P. 2–21.

IMPROVEMENT OF THE METHODS OF ARTEMIA NAUPLII INCUBATION AND BIOENCAPSULATION

М.А. Korentovich, E.A. Sirotkina, M.N. Bronnikov, N.P. Solominova

FSBSI State Scientific-and-Production Centre of Fishery, Tyumen

This article analyses the results of experimental works on *Artemia* cysts incubation and nauplii enrichment in vitro and in original installation of FSBSI "Gosrybcenter" plot of sturgeon fish cultivation. Mineralized thermal underground water was used as incubation solution. The most effective enriching solutions for saturation of *Artemia* metanauplii with high fatty acids (HFA), probiotics (acidophilic milk "Narine Forte") and vitamins ("Triovit") were selected. From 7 tested vegetable oils with the high content of HFA (linen, sunflower, sesame, cedar, oil of wheat germs, oil of grape seed, oil of thistle) five oils were selected. It was found out that cedar oil and oil of thistle cannot be used for crustacean enrichment because of high *Artemia* mortality in the solution. Data of a comprehensive biochemical analysis of the HFA content in enriched and non-enriched nauplii, in *Artemia* cysts of Siberian populations (*A. parthenogenetica*) and *Artemia* from the Great Salt Lake (*A. franciscana*) were analyzed. It was revealed that considering the sum of all studied indicators (including biochemical indexes, survival and linen sizes of enriched shrimps) the most effective ones were nutrient solutions consisting of sunflower oil or linseed oil with addition of vitamins and probiotics. As for biochemical indicators high productivity of use of complex with oil of wheat germs was noted.

Keywords: *Artemia* nauplii; incubation; enrichment; fatty acids; vitamins; probiotics; biochemical structure; caloric content.

REFERENCES

1. Seale A. Brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes. Trans. Amer. Fish. Soc., 1933. Vol. 63: 129–130.
2. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph. et al. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium, Ghent University, 1986. 319 p.
3. <http://www.k-nikom.ru>.
4. Rudneva I.A., Shchepkina A.P. [A chemical composition of *Artemia* cysts from various water reservoirs]. Fisheries. Moscow, 1990, No. 5: 15–17. (In Russ.)
5. Litvinenko L.I., Mamontov Yu.P., Ivanova O.V. et al. [Manual for use of *Artemia* in aquaculture]. Tyumen, 2000. 58 p. (In Russ.)
6. Bogatova I.B. [Fish-breeding Hydrobiology]. Moscow, Food Industry, 1980. 168 p. (In Russ.)
7. Yanovaya S.M. [Chemistry of Fats]. Moscow, Norma Publ. house, 2002: 114–115. (In Russ.)
8. [GOST standard 7636-85. Fish, marine mammals, sea invertebrates and products of their conversion. Methods of the Analysis]. Moscow, Standards publ. house, 1985. 142 p. (In Russ.)
9. Golovin A.N. [Control of fish production]. Moscow, Food Industry, 1978. Vol. 2. 585 p. (In Russ.)
10. Coutteau P., Sorgeloos P. Intercalibration exercise on the qualitative and quantitative analysis of fatty acids in *Artemia* and marine samples used in mariculture. ICES cooperative research report collectives. No. 211. October 1995. 30 p.
11. [The guide on analyzing water toxicity, ground deposits, polluting substances and drilling fluids by the method of biotesting]. Moscow, Russian Ecological Federal Information Agency, NIA Nature, 2002. 118 p. (In Russ.)
12. Mikhailova L.V., Knyazev I.V., Stavitsky B.P. et al. [The characteristic of geothermal water in Tyumen region used for the purposes of fish breeding]. Questions of increasing fish-productivity in reservoirs of Western Siberia. Tomsk, 1979: 98–102. (In Russ.)
13. Ostroumova I.N. [Pressing problems of fish feeding in industrial fish breeding]. Leningrad, Coll. of works of GosNIORH, Issue 176. 1981. 169 p. (In Russ.)
14. Solovov V.P., Studenikina T.L. [Economic value and biochemical structure of fodder hydrobiotics]. Reservoirs of Altai region. Novosibirsk, Nauka, 1999. 81 p. (In Russ.)
15. Camara M.R. Arachidonic acid: a biological indicator of physiological stress in the brine shrimp *Artemia*. 3rd fish and Shellfish Larviculture

- Symposium Larvi 2001. Oostende, Belgium, 2001: 100–103.
16. Tamaru C.S., Ako H., Paguirigan R. et al. Enrichment of *Artemia* for use of Ornamental

Fish Production. Center of Tropical and Subtropical Aquaculture Publication, USA. Journal of Aquaculture. No. 133. 2000: 2–21.

Об авторах

Корентович Марина Александровна, кандидат биологических наук, заведующая сектором осетроводства отдела аквакультуры ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства» 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33 (3452) 41-69-13; marinachep@yandex.ru

Сироткина Елена Андреевна, младший научный сотрудник отдела аквакультуры ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства» 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33 (3452) 41-69-13; sirotkina-e.a@mail.ru

Бронников Михаил Николаевич, младший научный сотрудник отдела аквакультуры ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства» 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33 (3452) 41-69-13; bron132@mail.ru

Соломинова Наталья Павловна, исполняющая обязанности научного сотрудника испытательного центра рыбы, рыбопродуктов и продуктов моря ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства» 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33 (3452) 41-58-12; gosrc@gosrc.ru

About the authors

Korentovich Marina Aleksandrovna, Ph.D. in Biology, head of sturgeon breeding sector, department of aquaculture FSBSI State Scientific-and-Production Centre of Fishery Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen (3452) 41-69-13; marinachep@yandex.ru

Sirotkina Elena Andreevna, junior researcher, department of aquaculture FSBSI State Scientific-and-Production Centre of Fishery Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen (3452) 41-69-13; sirotkina-e.a@mail.ru

Bronnikov Mikhail Nikolaevich, junior researcher, department of aquaculture FSBSI State Scientific-and-Production Centre of Fishery Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen (3452) 41-69-13; bron132@mail.ru

Solominova Natalya Pavlovna, acting researcher, test center of fish, fish products and sea products FSBSI State Scientific-and-Production Centre of Fishery Odesskaya Str. 33, 625023, Tyumen (3452) 41-58-12; gosrc@gosrc.ru