

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ АРТЕМИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

**Романова Елена Михайлова**, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, экология, паразитология водные биоресурсы и аквакультура»

**Шленкина Татьяна Матвеевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология водные биоресурсы и аквакультура»

**Романов Василий Васильевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика»

**Фазилев Элёр Бекнур угли**, аспирант кафедры «Биология, экология, паразитология водные биоресурсы и аквакультура»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 8(8422) 55-95-38, e-mail: vvr-emr@yandex.ru

**Ключевые слова:** Аквакультура, живые стартовые корма, артемии, обогащение, жирнокислотный состав.

Работа посвящена исследованию состава полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) у артемии разных стадий онтогенеза. Исследовалось содержание ПНЖК в интактных цистах и декапсулированных яйцах артемии, а также исследовалось содержание ПНЖК после обогащения цист, декапсулированных яиц, науплий артемии многокомпонентным комплексом биологически активных веществ. В состав обогащающего комплекса были включены пробиотики, адаптогены, витамины, аминокислоты и конопляное масло. Целью исследований являлась оценка содержания полиненасыщенных жирных кислот в артемии на разных стадиях онтогенеза при обогащении биологически активными веществами. Среди идентифицированного нами перечня жирных кислот доминирующими у артемии на всех стадиях онтогенеза являлись полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, пальмитолеиновая и олеиновая. Результаты исследований показали, что использование обогащающего комплекса многократно повысило содержание полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 и омега-6. Данные по содержанию Омега-6 жирных кислот свидетельствовали, что их уровень во всех видах биоматериала артемии после обогащения возрос. В наибольшей мере возросло содержание линолевой, арахидоновой кислот из семейства Омега-6 и эйкозапентаеновой, докозагексаеновой, линоленовой жирных кислот из семейства Омега-3. Это отмечено прежде всего в науплиях, декапсулированных яйцах и цистах артемии. Результаты исследований показали, что обогащение артемии разработанным нами комплексом биологически активных веществ повысило содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в цистах, декапсулированных яйцах и науплиях по сравнению с необогащенными интактными цистами и декапсулированными яйцами.

**Исследования выполнялись при поддержке Программы развития Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова Приоритет - 2030**

### Введение

Артемия – жаброногое ракообразное, обитающее в водной среде повышенной солености [1-3]. Все виды артемии считаются лучшим стартовым кормом для личинок рыб и других гидробионтов [4-5]. Цисты артемии в естественных экосистемах являются объектом интенсивного промысла.

Артемии обладают высокой пищевой ценностью и уникальным жирнокислотным составом, который оказывает стимулирующее влияние на рост и выживаемость рыб в раннем постэмбриональном онтогенезе [6-8]. Питательная ценность науплий артемии, используемой в качестве кормов для аквакультуры, зависит от источников питания, факторов среды и химического состава [9].

При оценке питательной ценности науплий важная роль отводится липидам [10], которые служат в качестве пластического и энергетического материала у гидробионтов. Приоритет отдается ненасыщенным жирным кислотам. У большей части животных жирные кислоты  $\omega 3$  и  $\omega 6$ , в частности линолевая (18:2 $\omega 6$ ) и  $\alpha$ -линоленовая (18:3 $\omega 3$ ), из-за генетически обусловленного отсутствия ферментов, необходимых для их синтеза [11, 12], являются эссенциальными, поскольку поступают только с пищей [13]. У пресноводных рыб эссенциальными жирными кислотами являются 18:2n-6 и 18:3n-3 [14], они должны составлять не менее 1% суточного рациона.

Полиненасыщенные жирные кислоты: 20:4n-6 и 20:5n-3 играют важную роль в метабо-

лизме рыб и в построении клеточных мембран [15, 16]. Из арахидоновой кислоты (20:4) образуются медиаторы эйкозаноиды, регулирующие постэмбриональный онтогенез у рыб [17-20].

Учитывая важную роль ненасыщенных жирных кислот, мы использовали обогащение артемии биологически активными веществами и конопляным маслом.

В состав обогащающего комплекса включили пробиотик на основе *Bacillus subtilis*, который продуцирует полиеновые антибиотики, адаптоген «Иркутин», витаминно-аминокислотный комплекс Чиктоник, масло конопли, в котором содержание линолевой жирной кислоты составляет 50-70%, линоленовой и  $\gamma$ -линоленовой от 15% до 25%.

Цель работы: Оценка содержания полиненасыщенных жирных кислот в артемии на разных стадиях онтогенеза при обогащении биологически активными веществами.

#### **Материалы и методы исследований**

Объектом исследования послужили цисты, декапсулированные яйца и науплии артемии, которые с целью повышения биологической ценности обрабатывали комплексом биологически активных веществ, в состав которого входили: пробиотик «Ветом 1.1.» на базе *Bacillus subtilis*, адаптоген «Иркутин» витаминно-аминокислотный препарат «Чиктоник», конопляное масло.

Для обогащения цист или декапсулированных яиц артемии на 1 кг биоматериала использовали следующий состав: 1 г пробиотика + 40 мг адаптогена + 1мл витаминно-аминокислотного препарата +1 мл конопляного масла, которые разводили в 100 мл воды и полученной мелкодисперсной суспензией из пульверизатора опрыскивали цисты или декапсулированные яйца артемии, рассыпанные монослоем, которые затем высушивали при комнатной температуре.

При обогащении науплий артемии использовали тот же компонентный состав обогащающего комплекса, но обогащение проводили дважды в процессе культивирования. Первое обогащение проводили после 12 часов инкубации. Рецептúra обогащающего комплекса, вносимого в культуральную среду, включала: 0,1 г/л пробиотика, 0,005 г/л адаптогена, 0,1 мл/л витаминно-аминокислотного препарата. Второе обогащение проводили по истечении 24 часов инкубации, рецептúra второго этапа обогащения включала: 1 г/л пробиотика, 5 мг/л адаптогена, 1мл/л витаминно-аминокислотного препа-

рата, 0.5мл/л конопляного масла.

Для анализа аминокислотного состава были отобраны обогащенные и интактные цисты, обогащенные и интактные декапсулированные яйца артемии, обогащенные науплии артемии.

Анализ жирнокислотного состава исследуемого биоматериала проводили с использованием Аппаратно-программного комплекса для медицинских исследований на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.1», плазменно-ионизационного детектора в соответствии ГОСТ 31663-2012 и ГОСТ 31665-2012 п.5

Исследования проводили на базе сертифицированной учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова».

#### **Результаты исследований**

При изучении жирнокислотного состава артемии (цист, декапсулированных яиц и науплий) мы свое внимание в первую очередь акцентировали на содержании Омега-3 и Омега – 6 жирных кислот, которые были обнаружены в артемии разных этапов онтогенеза. В состав Омега – 3 вошли такие кислоты, как линоленовая, докозагексаеновая и эйкозапентаеновая, в состав Омега – 6: линолевая, гамма-линолевая, трикозановая, арахидоновая.

Линолевая кислота. Цисты, обогащенные биологически активными веществами, содержали 16,1% линолевой кислоты. Интактные цисты содержали линолевой кислоты 4,1%, что было в 3,9 раза меньше.

В обогащенных декапсулированных яйцах содержание линолевой кислоты составляло 36,1%, что было в 7,8 раза больше, чем в интактных декапсулированных яйцах. Содержание линолевой кислоты в обогащенных науплиях составило 25,5%.

Обогащенные декапсулированные яйца содержали больше линолевой кислоты в 2,2 раза, чем обогащенные цисты. Содержание линолевой кислоты в обогащенных науплиях было больше, чем в обогащенных цистах в 1,5 раза, но меньше по сравнению с обогащенными декапсулированными яйцами на 41,6% (рис. 1).

Гамма-линолевая кислота. Наибольшее содержание гамма-линолевой кислоты отмечено в обогащенных науплиях, где оно составляло 1,3% (табл. 1). Содержание гамма-линолевой кислоты в обогащенных цистах артемии было выше по сравнению с интактными цистами в 7

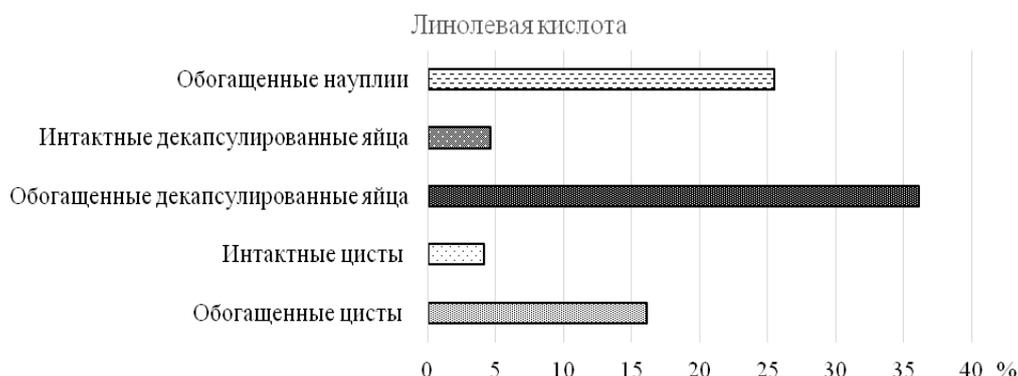


Рис. 1 – Содержание линолевой кислоты, %

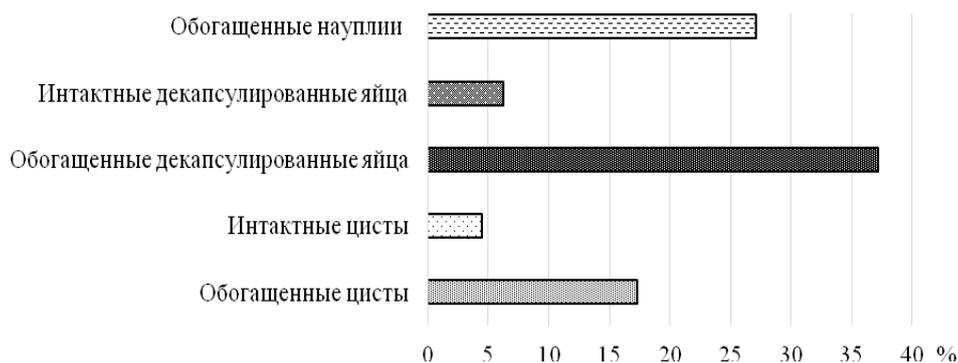


Рис. 2 – Суммарные значения содержания жирных кислот, в составе Омега 6, %.

раз. Отмечено увеличение гамма-линолевой кислоты в обогащенных декапсулированных яйцах по отношению к интактным яйцам. Разница составила 40%. Содержание гамма-линолевой кислоты в обогащенных науплиях было больше, чем в обогащенных цистах и декапсулированных яйцах в 1,9 раза.

Таблица 1  
Содержание гамма-линолевой кислоты

Показатели	C18:3n6 гамма-линолевая кислота, %
Обогащенные цисты	0,7±0,17
Интактные цисты	Менее 0,1
Обогащенные декапсулированные яйца	0,7±0,34
Интактные декапсулированные яйца	0,5±0,13
Обогащенные науплии	1,3±0,55

Суммарное содержание кислот, вошедших в состав Омега – 6, приведено на рисунке 2.

Арахидоновая кислота — незаменимая кислота, необходимая для функционирования и роста организма. Содержание арахидоновой кислоты в артемии на фоне обогащения колебалось в пределах 0,2 – 0,4% в обогащенных цистах, науплиях и декапсулированных яйцах. В

интактных цистах и интактных декапсулированных яйцах арахидоновой кислоты было менее 0,1%.

Анализируя данные по содержанию Омега - 6 жирных кислот, следует отметить, что их уровень во всех видах биоматериала артемии после обогащения возрос.

Жирные кислоты типа n-3 и n-6 относятся к незаменимым факторам питания и должны обязательно присутствовать в пище. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) n-6 ряда являются предшественниками эйкозаноидов.

Полиненасыщенные жирные кислоты n-3 служат физиологическими активаторами сердечно-сосудистой системы. Дисбаланс в соотношении незаменимых жирных кислот, безусловно, является одной из главных причин снижения скорости роста молоди, ухудшения физиологического состояния, жизнестойкости, адаптационных возможностей.

Из полиненасыщенных жирных кислот в состав семейства Омега – 3 вошли следующие кислоты: линоленовая, докозагексаеновая, эйкозапентаеновая. Суммарное значение Омега – 3 жирных кислот приведено на рисунке 3.

Содержание линоленовой кислоты колебалось в пределах 0,2-0,4%. Уровень линоленовой кислоты в обогащенных цистах, обога-

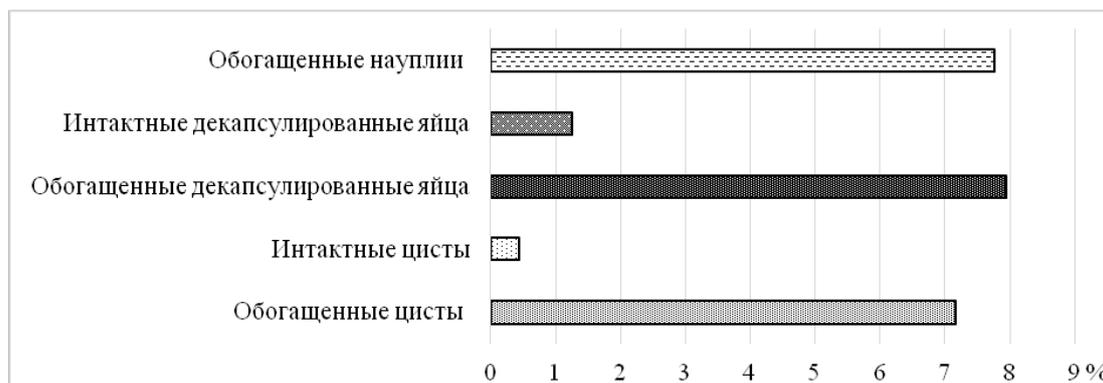


Рис. 3 – Суммарное содержание кислот семейства Омега – 3, %

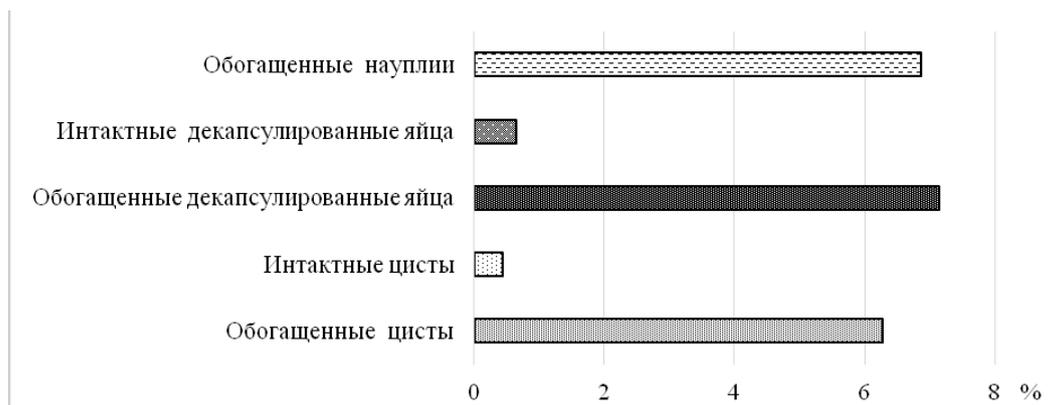


Рис. 4 - Содержание эйкозапентаеновой кислоты, %

ценных декапсулированных яйцах, интактных декапсулированных яйцах был одинаковым и составлял 0,2%. Менее 0,1% линоленовой кислоты было отмечено у интактных цист. У обогащенных науплий этот показатель был больше в 2 раза по сравнению с обогащенными цистами, обогащенными декапсулированными яйцами и интактными декапсулированными яйцами, и составил 0,4%.

Эйкозапентаеновая кислота. Использование науплий артемии в качестве стартовых кормов повышает выживаемость личинок рыб за счет эйкозапентаеновой кислоты. Эйкозапентаеновая кислота является антиоксидантом и защищает организм от вредного воздействия свободнорадикальных процессов. Кроме того, эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК) необходимы для купирования воспалительных процессов. В рыбе эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислоты содержатся в составе фосфолипидов клеточных мембран.

Содержание ЭПК у артемии находилось в пределах 0,43-7,14% (рис. 4). В обогащенных: цистах, декапсулированных яйцах и науплиях отмечалось повышенное содержание ЭПК - 6,27%,

- 7,14%, - 6,87% соответственно по сравнению с интактными формами.

Содержание ЭПК в обогащенных цистах было больше, чем в интактных в 14,6 раза. Этот показатель в обогащенных декапсулированных яйцах был выше по сравнению с интактными декапсулированными яйцами в 11 раз.

Содержание ЭПК в обогащенных цистах составляло 7,14% (рис. 4), в обогащенных науплиях было выше на 9,6% по сравнению с обогащенными цистами. Разница в содержании ЭПК между интактными цистами и интактными декапсулированными яйцами составила 33,8%.

Докозагексаеновая кислота по степени важности для организма занимает лидирующую позицию, она предупреждает развитие сердечно-сосудистых заболеваний, стимулирует обмен веществ, регулирует эмоциональный фон. Скорость линейно-весавого роста рыб на ранних этапах постэмбрионального онтогенеза зависит от содержания докозагексаеновой кислоты [23].

По результатам наших исследований ДГК у артемии находилась в пределах 0,4-0,7%. Количество докозагексаеновой кислоты в обогащенных цистах составляло 0,7%, в необогащенных цистах - менее 0,1%. В обогащенных декап-

сулированных яйцах этот показатель был выше на 33,3% по сравнению с необогащенными декапсулированными яйцами.

Содержание ДГК в обогатенных науплиях было меньше по сравнению с обогатенными цистами и с обогатенными декапсулированными яйцами на 40% и 20% соответственно. ДГК в интактных цистах было менее 0,1%. Этот же показатель в интактных декапсулированных яйцах был ниже по сравнению с обогатенными цистами и декапсулированными яйцами, а также обогатенными науплиями на 75%, 50% и 25% соответственно.

Таким образом, на основании проведенных исследований мы можем заключить, процесс обогащения существенно повысил содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в цистах, декапсулированных яйцах и науплиях по сравнению с интактными цистами и декапсулированными яйцами.

#### **Обсуждение**

Содержание жирных кислот у артемии по мере роста и развития возрастает от 490-704 мг/г в цистах до 602-854 мг/г у науплий. Недостаточное содержание в организме полиненасыщенных жирных кислот тормозит рост, развитие, вызывает бесплодие и некроз внешних покровов и др.

Потребности организма рыб в тех или иных жирных кислотах сильно варьируют на разных этапах онтогенеза и в зависимости от факторов среды [17, 19].

При анализе жирнокислотного состава установлено, что наибольшим колебаниям была подвержена линолевая кислота. Содержание линолевой кислоты в артемии на разных этапах онтогенеза артемии и в процессе обогащения варьировало в пределах от 4,1% до 36,1%. Содержание гамма-линолевой кислоты у артемии колебалось в пределах от 0,1% до 1,3%.

Анализируя данные по содержанию Омега - 6 жирных кислот, следует отметить, что их уровень во всех видах биоматериала артемии после обогащения возрос.

Линоленовая кислота в организме преобразуется в длинноцепочечные омега-3 кислоты: эйкозапентаеновую и докозагексаеновую, ее содержание

колебалось в пределах 0,2-0,4%. Выживаемость рыб повышается за счет эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК). Содержание ЭПК у артемии находилось в пределах 0,43-7,14%, а ДГК у артемии колебалось в пределах 0,4-0,7%.

Таким образом, на основании проведен-

ных исследований мы продемонстрировали, что обогащение разработанным нами комплексом биологически активных веществ повысило содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в цистах, декапсулированных яйцах и науплиях, по сравнению с необогащенными интактными цистами и декапсулированными яйцами.

#### **Заключение**

Среди идентифицированного нами перечня жирных кислот доминирующими у артемии на всех стадиях онтогенеза являлись полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, пальмитолеиновая и олеиновая .

Необходимо также отметить, что обогащение артемии разных стадий жизненного цикла комплексом биологически активных веществ значительно повысило содержание таких эссенциальных жирных кислот, как Омега-3 - эйкозапентаеновая, докозагексаеновая, линолевая жирные кислоты и Омега - 6 - линолевая и арахидоновая кислоты в науплиях, декапсулированных яйцах и цистах артемии, существенно повысив их биологическую и пищевую ценность при использовании в качестве стартовых кормов для рыб.

#### **Библиографический список**

1. Rudneva, I. I. Formation of the antioxidant system during ontogenesis in the artemia, artemia salina / I. I. Rudneva // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. - 1999. - Т. 35, № 1. - P. 26-32.
2. Portuguese native artemia parthenogenetica and artemia franciscana survival under different abiotic conditions / P. M. Pinto, A. Bio, V. Almeida, N. Vieira, F. Hontoria // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. - 2013. - Т. 440. - P. 81-89.
3. Dyakovskaya, E. E. Activation of artemia cysts with the use of different substances / E. E. Dyakovskaya, E. V. Pishchenko, I. Moryzi // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - P. 022064.
4. Biochemical composition of artemia cysts used as food for juvenile fish from different hypersaline lakes of the Altai territory / I. V. Moruzi, E. V. Pishchenko, E. E. Djakovskay, D. V. Kropachev, I. V. Bibikov, L. V. Vesnina, V. S. Tokarev, R. M. Farhod // Ekoloji. - 2017. - Т. 26, № 102. - P. e102001.
5. Hur, B. Present status of larval-rearing technology in Korea / B. Hur // Hydrobiologia. - 1997. - Т. 358, № 1-3. - P. 21-26.

6. Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin c: effects on milkfish (chanos chanos) larval performance / R. S. J. Gapasin, R. Bombo, P. Lavens, P. Sorgeloos, H. Nelis // *Aquaculture*. - 1998. - T. 162, № 3-4. - P. 269-286.
7. Valentine, S. A. Effects of alternative food types on body size and survival of hatchery-reared lake sturgeon larvae / S. A. Valentine, K. T. Scribner, J. M. Bauman // *North American Journal of Aquaculture*. - 2017. - T. 79, № 4. - P. 275-282.
8. Smith, M. E. Causes of growth depensation in red drum, *sciaenops ocellatus*, larvae / M. E. Smith, L. A. Fuiman // *Environmental Biology of Fishes*. - 2003. - T. 66, № 1. - P. 49-60.
9. Kolkovski, S. The mode of action of artemia in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *sparus aurata* larvae / S. Kolkovski, W. Koven, A. Tandler // *Aquaculture*. - 1997. - T. 155, № 1-4. - P. 193-205.
10. Lipid conversions during enrichment of artemia / J. C. Navarro, R. J. Henderson, L. A. McEvoy, M. V. Bell, F. Amat // *Aquaculture*. - 1999. - T. 174, № 1-2. - P. 155-166.
11. Dietary n-3 pufa deprivation for 15 weeks upregulates elongase and desaturase expression in rat liver but not brain / M. Igarashi, K. Ma, L. Chang, J. M. Bell, S. I. Rapoport // *Journal of Lipid Research*. - 2007. - T. 48, № 11. - P. 2463-2470.
12. Use of radiolabeled substrates to determine the desaturase and elongase activities involved in eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid biosynthesis in the marine microalga *Pavlova lutheri* / F. Guihéneuf, L. Ulmann, V. Mimouni, G. Tremblin // *Phytochemistry*. - 2013. - T. 90. - P. 43-49.
13. Tulli, F. Changes in amino acids and essential fatty acids during early larval rearing of dentex / F. Tulli, E. Tibaldi // *Aquaculture International*. - 1997. - T. 5, № 3. - P. 229-236.
14. Strobel, C. Survey of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products / C. Strobel, G. Jahreis, K. Kuhnt // *Lipids in Health and Disease*. - 2012. - T. 11. - P. 144.
15. Sukrutha, S. K. Omega-3 fatty acids: a review of its wide range of applications and possible mechanisms of action / S. K. Sukrutha, S. Janakiraman // *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. - 2014. - T. 25, № 1. - P. 171-177.
16. Kanazawa, A. Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish / A. Kanazawa // *Aquaculture*. - 1997. - T. 155, № 1-4. - P. 129-134.
17. Tocher, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish / D. R. Tocher // *Reviews in Fisheries Science*. - 2003. - T. 11, № 2. - P. 107-184.
18. Fish consumption, n-3 fatty acids, and colorectal cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies / A. Geelen, Ja. M. Schouten, C. Kamphuis, B. E. Stam, Ja. Burema, Ja. M. S. Renkema, E. Ja. Bakker, P. vant Veer, E. Kampman // *American Journal of Epidemiology*. - 2007. - T. 166, № 10. - P. 1116.
19. Season and cooking may alter fatty acids profile of polar lipids from blue-back fish / F. Farabegoli, S. Nesci, V. Ventrella, A. Badiani, S. Albonetti, M. Pirini // *Lipids*. - 2019. - T. 54, № 11-12. - P. 741-753.
20. Lecerf, J.-M. Fish, omega - 3 fatty acids and cardiovascular risk: epidemiological data / J.-M. Lecerf // *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. - 2004. - T. 39, № 2. - P. 143-150.

## FATTY ACID COMPOSITION OF ARTEMIA WHEN ENRICHED WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

*Romanova E.M., Shlenkina T.M., Romanov V.V., Fazilov E.B.*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University  
432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1, phone: 8(8422) 55-95-38, e-mail: vvr-emr@yandex.ru*

**Keywords:** *Aquaculture, live starter feed, Artemia, enrichment, fatty acid composition*

*The work is devoted to the study of the composition of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) of Artemia at different stages of ontogenesis. The content of PUFAs in intact cysts and decapsulated Artemia eggs was studied, in addition, the content of PUFAs after enrichment of cysts, decapsulated eggs and Artemia nauplii with a multicomponent complex of biologically active substances was analyzed. The composition of the enriching complex included probiotics, adaptogens, vitamins, amino acids and hemp oil. The aim of the research was to assess the content of polyunsaturated fatty acids in Artemia at different stages of ontogenesis in case of enriching with biologically active substances. Among our identified list of fatty acids, the following polyunsaturated fatty acids were dominant in Artemia at all stages of ontogenesis: linoleic, palmitoleic and oleic acids. The results of the research showed that application of the enriching complex greatly increased the content of polyunsaturated fatty acids of omega-3 and omega-6 families. Data on the content of Omega-6 fatty acids indicated that their level in Artemia biomaterial of all types increased after enrichment. The content of linoleic, arachidonic acids from Omega-6 family and eicosapentaenoic, docosahexaenoic, linolenic fatty acids from the Omega-3 family grew up to the greatest extent. This is noted primarily in nauplii, decapsulated eggs and Artemia cysts. The research results showed that the enrichment of Artemia with our complex of biologically active substances increased the content of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in cysts, decapsulated eggs and nauplii, compared to unenriched intact cysts and decapsulated eggs.*

### **Bibliography:**

- Rudneva, I. I. Formation of the antioxidant system during ontogenesis in the artemia, artemia salina / I. I. Rudneva // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. - 1999. - T. 35, № 1. - P. 26-32.*
- Portuguese native artemia parthenogenetica and artemia franciscana survival under different abiotic conditions / P. M. Pinto, A. Bio, V. Almeida, N. Vieira, F. Hontoria // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. - 2013. - T. 440. - P. 81-89.*

3. Dyakovskaya, E. E. Activation of artemia cysts with the use of different substances / E. E. Dyakovskaya, E. V. Pishchenko, I. Moryzi // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* - 2021. - P. 022064.
4. Biochemical composition of artemia cysts used as food for juvenile fish from different hypersaline lakes of the Altai territory / I. V. Moruzi, E. V. Pishchenko, E. E. Djakovskaya, D. V. Kropachev, I. V. Bibikov, L. V. Vesnina, V. S. Tokarev, R. M. Farhod // *Ekoloji.* - 2017. - T. 26, № 102. - P. e102001.
5. Hur, B. Present status of larval-rearing technology in Korea / B. Hur // *Hydrobiologia.* - 1997. - T. 358, № 1-3. - P. 21-26.
6. Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin c: effects on milkfish (*chano chano*) larval performance / R. S. J. Gapasin, R. Bomboe, P. Lavens, P. Sorgeloos, H. Nelis // *Aquaculture.* - 1998. - T. 162, № 3-4. - P. 269-286.
7. Valentine, S. A. Effects of alternative food types on body size and survival of hatchery-reared lake sturgeon larvae / S. A. Valentine, K. T. Scribner, J. M. Bauman // *North American Journal of Aquaculture.* - 2017. - T. 79, № 4. - P. 275-282.
8. Smith, M. E. Causes of growth depensation in red drum, *sciaenops ocellatus*, larvae / M. E. Smith, L. A. Fuiman // *Environmental Biology of Fishes.* - 2003. - T. 66, № 1. - P. 49-60.
9. Kolkovski, S. The mode of action of artemia in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *sparus aurata* larvae / S. Kolkovski, W. Koven, A. Tandler // *Aquaculture.* - 1997. - T. 155, № 1-4. - P. 193-205.
10. Lipid conversions during enrichment of artemia / J. C. Navarro, R. J. Henderson, L. A. McEvoy, M. V. Bell, F. Amat // *Aquaculture.* - 1999. - T. 174, № 1-2. - P. 155-166.
11. Dietary n-3 puFA deprivation for 15 weeks upregulates elongase and desaturase expression in rat liver but not brain / M. Igarashi, K. Ma, L. Chang, J. M. Bell, S. I. Rapoport // *Journal of Lipid Research.* - 2007. - T. 48, № 11. - P. 2463-2470.
12. Use of radiolabeled substrates to determine the desaturase and elongase activities involved in eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid biosynthesis in the marine microalga *Pavlova lutheri* / F. Guihéneuf, L. Ulmann, V. Mimouni, G. Tremblin // *Phytochemistry.* - 2013. - T. 90. - P. 43-49.
13. Tulli, F. Changes in amino acids and essential fatty acids during early larval rearing of *dentex* / F. Tulli, E. Tibaldi // *Aquaculture International.* - 1997. - T. 5, № 3. - P. 229-236.
14. Strobel, C. Survey of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products / C. Strobel, G. Jahreis, K. Kuhnt // *Lipids in Health and Disease.* - 2012. - T. 11. - P. 144.
15. Sukrutha, S. K. Omega-3 fatty acids: a review of its wide range of applications and possible mechanisms of action / S. K. Sukrutha, S. Janakiraman // *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research.* - 2014. - T. 25, № 1. - P. 171-177.
16. Kanazawa, A. Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish / A. Kanazawa // *Aquaculture.* - 1997. - T. 155, № 1-4. - P. 129-134.
17. Tocher, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish / D. R. Tocher // *Reviews in Fisheries Science.* - 2003. - T. 11, № 2. - P. 107-184.
18. Fish consumption, n-3 fatty acids, and colorectal cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies / A. Geelen, Ja. M. Schouten, C. Kamphuis, B. E. Stam, Ja. Burema, Ja. M. S. Renkema, E. Ja. Bakker, P. vant Veer, E. Kampman // *American Journal of Epidemiology.* - 2007. - T. 166, № 10. - P. 1116.
19. Season and cooking may alter fatty acids profile of polar lipids from blue-back fish / F. Farabegoli, S. Nesci, V. Ventrella, A. Badiani, S. Albonetti, M. Pirini // *Lipids.* - 2019. - T. 54, № 11-12. - P. 741-753.
20. Lecerf, J.-M. Fish, omega - 3 fatty acids and cardiovascular risk: epidemiological data / J.-M. Lecerf // *Cahiers de Nutrition et de Dietetique.* - 2004. - T. 39, № 2. - P. 143-150.