

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ**

**Материалы VIII Международной научно-технической
конференции студентов, аспирантов и молодых ученых**

(Владивосток, 25 ноября 2022 года)

Электронное издание

Владивосток
Дальрыбвтуз
2023

УДК 639.2
ББК 65.35
К63

Организационный комитет конференции:

Председатель: Щека Олег Леонидович, доктор физ.-мат. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Зам. председателя: Полещук Денис Владимирович, канд. техн. наук, доцент, председатель Совета молодых ученых ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Секретарь: Клипак Марина Борисовна, аспирант кафедры «Технология продуктов питания»

Адрес оргкомитета конференции:

690087, г. Владивосток
ул. Луговая, 52б, ауд. 412б
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет,
Тел./факс: (423)2-44-11-76
e-mail: dalrybvtuz-smu@mail.ru

К63 **Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли** : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (56,6 Мб). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. – 409 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-88871-766-0

Представлены материалы, посвященные рациональному использованию водных биологических ресурсов, рыболовству, экологическим проблемам, аквакультуре, технике, технологии и управлению качеством продуктов из гидробионтов, эксплуатации водного транспорта и безопасности мореплавания.

Приводятся результаты научных исследований студентов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 639.2
ББК 65.35

ISBN 978-5-88871-766-0

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2023

Секция 1. ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ, РЫБОЛОВСТВО, ЭКОЛОГИЯ И АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.4.04

Александра Дмитриевна Андриюшина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
ВБМ-212, Россия, Владивосток, e-mail: andryushina.a.d@mail.ru

Живые и альтернативные корма для двустворчатых моллюсков

Аннотация. В связи с растущим спросом на продукцию аквакультурных предприятий были рассмотрены способы оптимизации кормов для двустворчатых моллюсков, не только подходящих для гидробионтов, но и соответствующих оптимальным экономическим затратам. Представлен анализ литературных данных по актуальным и перспективным видам кормов.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, микроводоросли, живые корма, концентрированные корма, дрожжи

Aleksandra D. Andryushina

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBM-212, Russia, Vladivostok, e-mail: andryushina.a.d@mail.ru

Live and alternative feeds for bivalves

Abstract. Due to the growing demand for the products of aquaculture enterprises, ways to optimize feed for bivalve mollusks were considered, not only suitable for aquatic organisms, but also corresponding to optimal economic costs. The analysis of the literature data on current and promising types of feed is presented.

Keywords: bivalve mollusks, microalgae, live feeds, concentrated feeds, yeast

Аквакультура – это самый быстрорастущий сегмент производства продуктов питания во всем мире. Индустриальное выращивание двустворчатых моллюсков (устрицы, мидии, морские гребешки) неразрывно связано и с культивированием микроводорослей в качестве корма [1]. Микроводоросли богаты белками, углеводами, жирами, витаминами и минералами. Стандарты оценки качества микроводорослей включают проверку таких различных качеств, как усвояемость, биодоступность и токсичность [2]. На основании данных свойств их используют в качестве естественного корма для двустворчатых моллюсков [1].

Культивирование микроводорослей в качестве корма является важной задачей. Объекты культивирования должны иметь подходящие размеры для оптимального усвоения и иметь широкую экологическую пластичность к факторам среды. От условий культивирования зависит биохимический состав. Как правило, для сбалансированного питания моллюсков используют смеси водорослей для наилучшего усвоения [3].

Основными видами водорослей, используемыми в качестве корма для мидий и устриц, являются золотистые – изохризис (*Isochrysis galbana* Parke), монохризис (*Monochrysis lutea* Parke); зеленые – тетраселмис (*Tetraselmis suecica* Butcher), дуналиелла (*Dunaliella viridis* Teod) и диатомовые – хетоцерос (*Chaetoceros calcitrans* Meunier), феодактилюм (*Phaeodactylum tricornerum* Bohlin), скелетонема (*Skeletonema costatum* Grev) [4].

Процесс выращивания микроводорослей включает в себя: подготовку питательных сред; хранение маточных культур; подготовку стартовых культур и массовое культивирование микроводорослей [4].

Для приготовления питательных сред наиболее эффективно использовать природную фильтрованную морскую воду. Она должна быть только высшего качества с соленостью не менее 30 ‰, для обеспечения оптимального роста микроводорослей воду обогащают минеральными солями и микроэлементами [5].

Для культивирования зеленых микроводорослей применяют в основном среду Гольдберга [6]. Широко используется питательная среда f/2, которую готовят на основе фильтрованной морской воды с добавлением минеральных солей [7]. Для культивирования диатомовых, зеленых используют питательную среду f [8].

Маточные культуры хранятся в жидком состоянии в пробирках или круглых плоскодонных колбах, установленных в ламинарном шкафу [4]. Их поддерживают длительное время и в случае необходимости наращивают в нужных объемах. Для поддержания культур регулярно необходимо маточную культуру пересевать на свежеприготовленную питательную среду [5].

Для проведения работ по пересеву культур предварительно подготавливают рабочее место и посуду. Все процедуры должны исключать попадание токсичных и органических веществ из окружающей среды в культуральный материал. Пересев проводится по стандартной методике: над пламенем спиртовки и в ламинарном боксе [5].

Маточную культуру объемом в 1 мл стерильными пипетками вносят в отдельные емкости для культивирования. В дальнейшем клеточные культуры инкубируют в климатостатах, которые поддерживают заданную температуру [5].

Выращивание микроводорослей осуществляют в двух основных режимах: накопительном и непрерывном. Накопительный режим предусматривает накопление биомассы водорослей до тех пор, пока не будут исчерпаны все биогены и не прекратится рост микроводорослей. Полупроточное культивирование характеризуется непрерывным ростом водорослей и сочетается с периодическим изъятием определенной части урожая [4].

При культивировании устриц на стадиях великонха и педивелигера их подкармливают смесью одноклеточных микроводорослей – *P. luthery*, *P. viridis*, *D. salina* в концентрации 104–105 кл./мл [9].

Необходимое количество микроводорослей в исходной кормовой суспензии для устрицы определяют методом прямого подсчета в камере Горяева. Фактическое количество подаваемого корма для личинок устрицы рассчитывается по формуле

$$V_k = \{(P_{mv} * V_l) / P_k\} * PC [10].$$

Перед продажей устриц откармливают особыми микроводорослями, чтобы улучшить их качество и внешний вид. Существует определенная корреляция между составом жирных кислот *C. gigas* и микроводорослей. Эквивалентные значения концентрации умами у *C. gigas*, получавших *Chlorella vulgaris* и *Pavlova viridis*, были значительно выше, чем у устриц, которых кормили стандартной смесью [12].

При культивировании морского петушка со стадии велигер необходимо начинать их кормление микроводорослями. До стадии оседания личинок кормят смесью двух видов водорослей – *Isochrysis*, *Phaeodactylum*. На стадии оседания кормят *Nitzschia*+*Phaeodactylum*. Корм добавляют после смены воды. Плотность водорослей для кормления должна составлять от 3–10 тыс. шт./мл [11].

Необходимо учитывать как физические, так и химические свойства поверхности различных микроводорослей, используемых в качестве корма, чтобы разработать значимые модели отбора частиц у моллюсков [13].

Двустворчатые моллюски, выделяя неорганические питательные вещества, могут стимулировать рост первичных продуцентов. Тесты на рост водорослей показывают, что слизь

двухстворчатых стимулирует рост четырех изученных видов: *Chaetoceros* sp., *N. ostrearia*, *N. gandersheimiensis* и *T. suecica* [14].

Методы консервации микроводорослей разнообразны и определяются методами хранения. Основной целью сохранения культур микроорганизмов является создание генетических банков штаммов [15]. Эффективность данного способа характеризуется в сохранении жизнеспособности культур, их биологических характеристик. Биомассу культивированных микроводорослей можно заготавливать такими способами, как замораживание, сублимирование или обработка криокопротектором [16].

По способам осуществления дегидрирования выделяют несколько основных этапов: высушивание, лиофилизация, криоконсервация. Способ криоконсервации клеток разделяют ещё на два типа: хранение при температуре выше температуры жидкого азота; хранение при температуре жидкого азота [15].

Хранение культур клеток без утраты жизнеспособности основывается на замедлении метаболических процессов. Это достигается замораживанием. Однако прямое замораживание обеспечивает жизнеспособность восстановленных клеток только по отношению к *P. tricornutum* и не эффективно по отношению к *T. suecica* [15].

В настоящее время для повышения эффективности биомассы используют такую добавку к корму, как выделения и очистки биологически активных веществ из клеток микроводорослей. Учитывая целевое назначение препаратов на основе микроводорослей, наиболее экономически целесообразным представляется измельчение биомассы различными способами [17].

Результаты показали, что частичная замена микроводорослей (25–50 %) микрокапсульной диетой не привела к значительному снижению темпов роста у некоторых видов моллюсков. Если микрокапсулирование продолжит развиваться, то это может способствовать экономии и увеличению производства [18].

Пасты из водорослей обладают некоторым потенциалом в качестве альтернативы диеты. Преимущество таких продуктов заключается в том, что их можно использовать уже «в готовом виде», что обеспечивает потенциальную экономическую эффективность для гидробионтов. Концентраты получают центрифугированием или флокуляцией. Концентраты, приготовленные из микроводорослей, различаются по своей пригодности, но наиболее перспективными являются диатомовые водоросли, срок годности которых составляет от 2 до 8 недель при хранении при температуре ниже 4 °C [19].

Производство микроводорослей является одним из основных ограничивающих факторов для аквакультуры двухстворчатых моллюсков из-за высоких производственных затрат и рисков. Альтернативные диеты были испытаны на двухстворчатых, но не были разработаны продукты, удовлетворяющие их потребности в питании. Пекарские дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*), мутация которых приводит к усечению структуры маннана, для замены микроводорослей в рационе питания тихоокеанской устрицы представляют собой подходящую альтернативу микроводорослевому рациону у этого вида. Элонгазы жирных кислот, по-видимому, участвуют в путях биосинтеза ПНЖК у *S. gigas*, и их активность может повышаться в ответ на дефицит ПНЖК в рационе [20].

Исходя из всех рассмотренных видов кормов, следует сделать вывод, что на данный момент оптимальным способом получения кормовых смесей является установка на аквакультурном хозяйстве лаборатории по культивации микроводорослей. Высокие затраты на оборудование окупаются практически полной автономностью предприятия. Дальнейшие исследования и разработки в области альтернативных кормов для двухстворчатых моллюсков смогут оптимизировать и существенно сократить затраты аквакультурных предприятий.

Библиографический список

1. Pengfei C., Chengxu Z., Ruirui C., Ting C., Jilin X., Roger R., Paul C., Xiaojun Y. Effect of microalgae diet and culture system on the rearing of bivalve mollusks // *Algal Research*. 2020. Vol. 51.

2. Dillirani N., Sunita V., Duu-J., Jo-S. Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae. Nutritive value and techno-functional components, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 150.
3. Лескова С.Е., Ковалев Н.Н. Микроводоросли как объекты питания для аквакультурантов: материалы III Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. С. 61–65.
4. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море» / Нац. академия наук Украины. Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. Севастополь, 2010. С. 424.
5. Орлова Т.Ю., Айздайчер Н.А., Стоник И.В. Лабораторное культивирование морских микроводорослей, включая продуцентов фитотоксинов. Владивосток: Дальнаука, 2001. 89 с.
6. Кабанова Ю.Г. О культивировании в лабораторных условиях морских планктонных диатомовых и перидиниевых водорослей // Тр. ИО АН СССР. 1961. Т. 47. С. 203–216.
7. Guillard R.R.L. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. Eds. W.L. Smith, M.H. Chanley. New York: Plenum Press, 1975. P. 26–60.
8. Guillard R.R.L., Ryther J.H. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* Cleve // *Can. J. Microbiol.* 1962. Vol. 8, № 2. P. 229–239.
9. Золотницкий А.П., Орленко А.Н. Методы индуцирования созревания и нереста гигантской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg) в современных условиях Черного моря: материалы II съезда НАСЕС «Аквакультура Центральной и Восточной Европы: настоящее и будущее». 2011. С. 101–105.
10. Табельская А.С., Калинина М.В. Рост и выживаемость заводских личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* при различных концентрациях микроводорослей и солености в условиях южного Приморья // *Изв. ТИНРО*. 2021. Т. 201(3). С. 723–734.
11. Лескова С.Е., Рыбникова И.Г. Получение молоди тихоокеанского петушка *Ruditapes philippinarum* в заводских условиях // *Науч. тр. Дальрыбвтуза*. 2011. Т. 23. С. 17–20.
12. Qi Wang, Cheng Sun, Lipin Chen, Haohao Shi, Changhu Xue, Zhaojie Li. Evaluation of microalgae diets on flavor characteristics of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during fattening // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 391.
13. Maria Rosa, J. Evan Ward, Bridget A. Holohan, Sandra E. Shumway, Gary H. Wikfors. Physicochemical surface properties of microalgae and their combined effects on particle selection by suspension-feeding bivalve molluscs // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2017. Vol. 486. P. 59–68.
14. Bruno Cognie, Laurent Barille. Does bivalve mucus favour the growth of their main food source, microalgae? // *Oceanologica Acta*. 1999. Vol. 22, Issue 4. P. 441–450.
15. Ковалев Н.Н., Лескова С.Е., Михеев Е.В. Способы и сроки хранения микроводорослей *Tetraselmis suecica* и *Phaeodactylum tricornutum* // *Водные биоресурсы: рациональное освоение и искусственное воспроизводство: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Владивосток. Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет*, 2021. С. 99–105.
16. Duygu D.Y, Udoh A.U., Özer T, Erkaya I.A. The Characteristics and Importance of Microalgae Culture Collections // *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 2017. Vol. 13, № 1. P. 80–87.
17. Шинкарев М., Неминущая Л.А., Скотникова Т.А. Инновационные кормовые добавки на основе биомассы микроводорослей для аквакультуры: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Ивана Васильевича Звягина. М.: ООО «Август Борг», 2020.
18. Yuxiang Zhu, Kai Liao, Jiaojiao Tian, Yang Liu, Jilin Xu, Xingwang Liu, Lin Zhang, Xiaojun Yan. Substitution of microalgae with microcapsule diet for two bivalve species, manila clam *Ruditapes philippinarum* and razor clam *Sinonovacula constricta* // *Aquaculture Reports*. 2022. Vol. 22.

19. Brown, M. R., 2002. Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. Avances en Nutrición Acuícola // VI Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
20. Thane A. Militz, Richard D. Braley, Paul C. Southgate. Factors influencing the capacity for pediveliger larvae of the giant clam, *Tridacna noae*, to ingest and digest cells of microalgae concentrates // Aquaculture. 2021. Vol. 533.