

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

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

(Владивосток, 27 ноября 2020 года)

Электронное издание

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2021**

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

Секретарь: Пономаренко Светлана Юрьевна, ассистент 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 VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (19,5 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2021. – 396 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 978-5-88871-747-9

Представлены материалы, посвященные рациональному использованию водных биологических ресурсов, рыболовству, экологическим проблемам, аквакультуре, технике, технологии и управлению качеством продуктов из гидробионтов, а также гуманитарным и социально-экономическим аспектам развития рыбохозяйственной отрасли.

Приводятся результаты научных исследований студентов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 639.2
ББК 65.35

ISBN 978-5-88871-747-9

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2021

Татьяна Сергеевна Ковтун

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистрант, Россия, Владивосток, e-mail: tanyusha_kovtun@mail.ru

Особенности питания и подготовка кормовой базы для личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)

Аннотация. В связи с ростом спроса на личинок тихоокеанской устрицы, полученных в заводских условиях, у предприятий возникла необходимость подготовки кормовой базы для их кормления. Представлен анализ литературных данных по кормлению личинок устрицы, выращиваемых в искусственных условиях. Рассмотрен биохимический состав микроводорослей, состав рационов питания, а также концентрированные корма как альтернатива живым микроводорослям.

Ключевые слова: кормовая база моллюсков, тихоокеанская устрица, кормовые микроводоросли, *Crassostrea gigas*, концентрированные корма, водорослевые пасты.

Tatyana S. Kovtun

Far Eastern State Technical Fisheries University, master's degree student, Russia, Vladivostok, e-mail: tanyusha_kovtun@mail.ru

Features of nutrition and preparation of the food supply for the larvae of the pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)

Abstract. In connection with the growing demand for the larvae of the *Crassostrea gigas* obtained in the factory, the enterprises had the need to prepare a forage base for their feeding. This work presents an analysis of the literature data on the feeding of oyster larvae reared under artificial conditions. The biochemical composition of microalgae, the composition of food rations, as well as concentrated feed as an alternative to live microalgae are considered.

Keywords: food supply for molluscs, Pacific oyster, fodder microalgae, *Crassostrea gigas*, concentrated feed, algal pastes.

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* обладает высокой пищевой ценностью, прекрасными вкусовыми свойствами и богатым химическим составом. Именно поэтому она занимает ведущее место в промысле среди моллюсков. Помимо этого *C. gigas* отличается высоким темпом роста, экологической пластичностью и устойчивостью ко многим болезням, что важно для развития устрицеводства [1]. Выращивание устриц широко распространено в Китае [2], Японии [3], Корее [4], Франции и в США [5]. По данным ФАО, в 2018 г. мировой объем культивирования устрицы гигантской (*C. gigas*) составил 643,5 тыс. т [6].

Марикультура устрицы в Приморском крае развивается давно, но в связи с тем, что последние годы спат молоди из естественных условий собирается нестабильно, некоторые предприятия начали работы по получения личинок устрицы в искусственных условиях. Впервые в 2019 г. специалистами ТИНРО-Центра были получены личинки тихоокеанской устрицы в заводских условиях [7]. В связи с этим возникла необходимость подготовки кормовой базы для личинок и осевшей молоди устрицы тихоокеанской.

Целью настоящей работы является анализ литературных данных по кормлению личинок устрицы, выращиваемых в заводских условиях.

По типу питания устрицы относятся к фильтраторам, питаются диатомовыми водорослями и простейшими [8]. При исследовании устриц Черного моря было выяснено, что в их питании преобладают диатомовые водоросли: *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Thalassiosira*, *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Cyclotella* и динофлагелляты: *Exuviaella*, *Prorocentrum* [9]. Важно, что устрицы хорошо растут именно на живых микроводорослях, замена их искусственными кормами или другими микроорганизмами (дрожжи, бактерии) оказалась неэффективна [10].

При выборе микроводорослей прежде всего необходимо обращать внимание на их размер для эффективного усвоения моллюском, также водоросли должны обладать высоким темпом роста и умением приспосабливаться в широком диапазоне изменений среды [10].

Микроводоросли являются источниками белков, углеводов, насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот – г-линолевая или альгуриновая кислоты, полисахаридов, каратиноидов, фикобилипротеинов – фикоцианин или фикоэритрин (таблица). Биомасса водорослей содержит до 60–70 % белковых веществ, эти показатели сильно превышают содержание белка в соевой муке и сухом молоке [11]. Содержание белка является изменчивым параметром, зависящим от вида и факторов среды [12]. Белки увеличивают темп роста личинок на ранних стадиях и уменьшают смертность.

Кормовая ценность водорослей выражается количественным и качественным составом липидов. Качественный состав липидов характеризуется наличием незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) [10]. Интересный факт, что морские беспозвоночные не способны синтезировать ряд ПНЖК и от состава жирных кислот микроводорослей зависит их состав в моллюсках. Также жирные кислоты придают специфический запах свежим устрицам [13].

Именно высокое содержание ПНЖК (14–18 %) и пигментов явилось причиной интереса к *Ph. tricornutum* как к объекту культивирования [14, 15]. Специфическая окраска водоросли, обусловленная присутствием фукоксантина и хлорофиллов, обуславливает высокую фотосинтетическую активность данного вида водоросли [16]. Жирные кислоты обеспечивают личинок энергией для дальнейшего процесса метаморфоза, а также способствуют усилению темпа роста и выживаемости. Каратиноиды улучшают рост и повышают выживаемость. [15] От условий культивирования зависит и биохимический состав микроводорослей. Отмечаются межвидовые различия химического состава микроводорослей [10].

Биохимический состав кормовых микроводорослей [13]

Вид водорослей	Белок, ккал/г СВ	Липиды, ккал/г СВ	Углеводы, ккал/г СВ	Суммарная калорийность, ккал/г СВ
<i>Isochrysis galbana</i>	2,19	2,38	1,67	6,24
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	1,28	2,51	1,77	5,56
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	1,67	1,86	1,24	4,77
<i>Dunaliella viridis</i>	1,52	1,67	0,84	4,03
<i>Tetraselmis suecica</i>	1,25	1,94	0,98	4,17

Примечание. СВ – сухой вес.

Для составления рационов питания личинок устриц необходимо принимать во внимание морфологические особенности, качественный состав и калорийность микроводорослей. Наиболее калорийными среди золотистых водорослей является род *Isochrysis* и среди диатомовых – *Chaetoceros*, наименее калорийными являются зеленые водоросли рода *Dunaliella* [13].

При выращивании микроводорослей необходимо учитывать фазы роста [13]:

1 – лаг-фаза – не происходит увеличения количества клеток, продолжительность зависит от концентрации клеток в инокуляте;

2 – экспоненциальная (логарифмическая) фаза – численность клеток увеличивается в геометрической прогрессии, продолжительность зависит от скорости деления и величины максимальной концентрации;

3 – фаза линейного роста – постоянство скорости роста;

4 – фаза замедления роста – скорость роста снижается;

5 – стационарная фаза – количество клеток постоянно, так как происходит снижение концентрации биогенных элементов в питательной среде;

6 – фаза отмирания.

Известно, что каждая фаза роста микроводорослей характеризуется накоплением в большей степени определенного вещества, в логарифмической фазе синтезируется белок, в фазе замедления скорости роста – углеводы, в стационарной фазе, особенно в конце, накапливаются липиды [17].

Культивирование микроводорослей представляет собой достаточно трудоемкий процесс [10]. Его можно осуществлять в двух режимах: накопительном (периодическая культура) и непрерывном (полупроточная культура). Непрерывный способ культивирования применяется на ранних стадиях развития устрицы, а накопительный – на поздних стадиях и при подрачивании спата [13].

Процесс культивирования микроводорослей включает (рисунок): подготовку питательных сред, хранение маточной культуры, подготовку стартовой культуры и массовое культивирование микроводорослей [13].



Схема подготовки питательной среды и массового культивирования микроводорослей [13]

Водоросли хорошо растут на питательной среде, обогащённой макро- и микроэлементами, которые вносят в морскую воду. К макроэлементам относятся азот, фосфор, калий, к микроэлементам – железо, марганец, медь, цинк, кобальт, бор, молибден. Источниками азота для водорослей могут быть азотнокислый калий или натрий, мочевины; источниками фосфора – одно- или двузамещённый фосфорнокислый калий или натрий, аммофос. Очень важно, чтобы в питательной среде наряду с натрием содержался калий, так как он ускоряет рост водорослей. При его отсутствии или недостаточном количестве рост микроводорослей тормозится [13]. Потребность водорослей в железе ниже, чем в азоте и фосфоре. Железо входит в состав многих ферментов и участвует в реакциях фотосинтеза, дыхания и углеродного обмена, при его недостатке или отсутствии задерживается рост и продуктивность клеток [18].

Потребность микроводорослей в микро- и макроэлементах различна, поэтому при их выращивании необходимо подбирать среду индивидуально под тип водорослей (золотистые, диатомовые, зелёные). Золотистые микроводоросли (Изохризис) предпочтительнее выращивать на питательной среде Конвея, так как она содержит сбалансированное количество азота, фосфора и микроэлементов, что увеличивает скорость роста и накопление биомассы. Высокий уровень азота в среде Конвея способствует синтезу белков, в то же время недостаток азота в конце стационарной фазы способствует синтезу липидов. Высокая интенсивность света приводит к увеличению содержания углеводов в клетках и тормозит синтез белка [15, 19]. Диатомовые водоросли (Хетцерос, Феодактилум, Скелетонема) выращивают на питательной среде Guillard F/2, так как в ней содержатся соли кремния, необходимые для развития клеточной оболочки [13], или среде Конвея с повышенным содержанием железа. Также было выявлено, что *Chaetoceros calcitrans* наибольшей биомассы достигает при выращивании на питательной среде 4F при температуре 22–24 °С и освещённости 10 клк [20]. Зелёные микроводоросли (Дуналиелла, Тетраселмис) хорошо растут на среде Уолна [21] и Гольберга в модификации Кабановой [13].

Помимо питательной среды важными факторами роста микроводорослей являются: температура, освещённость, фотопериод, солёность воды, pH среды. Максимальные численности клеток и биомассы диатомовых водорослей можно получить при освещённости 10 тыс. люкс и температуре 16–18 °С, золотистых – 22–24 °С, а зелёных – 22–26 °С. При массовом культивировании освещение должно быть круглосуточное. Высокая интенсивность света приводит к увеличению содержания углеводов в клетках и тормозит синтез белка [13].

Микроводорослями *Isochrysis galbana* и *Chaetoceros calcitrans* в фазе замедления роста в концентрации до 100 тыс. кл./мл и соотношении клеток 2 : 1 кормят личинок тихоокеанской устрицы на стадии велигера. На стадии великонхи добавляют микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum*, *Tetraselmis suecica*, используют микроводоросли уже в логарифмической фазе роста и в концентрации до 200 тыс. кл./мл при соотношении клеток 2 : 1 : 1 : 1 соответственно. На стадии педивелигера рацион дополняют *Skeletonema costatum* (2 части) в стационарной фазе роста, так как именно в этой фазе содержится до 27 % липидов, в концентрации 200–250 тыс. кл./мл [20]. Липиды в данном случае нужны для сокращения продолжительности оседания личинок [13].

Если у предприятия нет возможности выращивать в заводе, микроводоросли можно прибегнуть к использованию концентрированных кормов из микроводорослей. На сегодняшний день концентрированные корма из микроводорослей производят в Канаде – компания Innovative Aquaculture Products и в США – компания Reed Mariculture и питомник Horn Point – Environmental Laboratories. Себестоимость выращивания живых микроводорослей выходит выше, чем покупка готовых концентратов [13].

Концентрированные корма микроводорослей изготавливают в виде суспензии, сухого порошка или пастообразного препарата [22].

Эффективным способом консервирования *T. suecica* является суспензия, полученная при низкой положительной температуре, так как сохраняет пищевую ценность в полной

мере. При успешном распространении на другие морские микроводоросли, используемые в аквакультуре, предприятия смогут поставлять водорослевую биомассу высокого и постоянного качества, что будет способствовать более качественному выращиванию двустворчатых моллюсков в заводе [23].

Сублимация является наиболее бережным методом сушки кормов, поскольку процесс удаления влаги происходит при низкой температуре в вакууме. Процесс отделения клеток водорослей от массы воды – наиболее трудоемкая стадия [22]. Сублимированный корм может рассматриваться как полноценная замена замороженного или живого корма. После процесса сублимации в нем сохраняются все питательные вещества и витамины.

Пастообразные корма микроводорослей готовят путем центрифугирования микроводорослей при 3 тыс. об/мин в течение 3–10 мин в зависимости от размера клеток водорослей [24]. Полученный концентрат герметично упаковывают в баночки или полиэтиленовые пакеты. Срок хранения концентрированных кормов 12–14 недель при температуре не выше 5 °С без добавления консервантов. Для кормления моллюсков небольшой объем концентрата разводят в морской воде, получают суспензию из целых неповрежденных клеток водорослей, которую вносят в выростные ёмкости [13].

Концентраты из микроводорослей не являются «живыми» водорослевыми культурами, поэтому их невозможно использовать для дальнейшего культивирования. Однако следует отметить, что концентрированные корма не могут заменить живые микроводоросли, особенно на ранних стадиях развития личинок, так как их качественный состав (содержание белка и высоконенасыщенных жирных кислот) значительно ниже, чем в живых микроводорослях [13].

Библиографический список

1. Ляшенко С.А., Щербакова Н.В., Гостюхина О.Б. Оценка природного потенциала районов залива Петра Великого (Японское море) для сбора спата тихоокеанской устрицы // Изв. ТИНРО. – 2019. – Т. 199. – С. 231–240.
2. Liu Qingyu. О результатах выращивания тихоокеанской устрицы в заливе Бохай // Shuichan kexue = Fish. Sci. – 1994. – 13, № 3. – С. 27–29. Кит. 3 A2113.
3. Seki Tetsuo. Лучший метод для разведения устриц в Японии. A better method for oyster farming in Japan :[Pap.] 18th US-Jap. Meet. Aquacult. «Mar. Ranching», Port Ludlow, Wash., 18–19 Sept., 1989 // NOAA Techn. Rept NMFS. – 1992. – № 106. – С. 85–87. Англ. 1 A2305.
4. Shellfish culture. The project Capacity Building for Shellfish Farming in Tunisia, Korea International Cooperation Agency, 2008.
5. Викторовская Г.И., Баранов А.Ю., Калинина М.В., Ляшенко С.А. История развития устрицеводства и перспективы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в прибрежной зоне Приморского края (в Дальневосточном регионе) // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: материалы Всерос. науч. конф., посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – С. 381–388.
6. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. ФАО. – Рим, 2020.
7. Калинина М.В., Гостюхина О.Б., Сухин И.Ю., Шевченко Л.О. Первый опыт заводского получения личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Приморье // Приоритеты модернизации и технологического развития продовольственного сектора Российской Федерации на современном этапе: материалы Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием. 2019.
8. Шарова И.Х. Зоология беспозвоночных. – М.: Владос, 2002. – 592 с.
9. Самсония К.П. Питание черноморских устриц // Тр. Тбилисского госуниверситета. – 1948. – Т. 31. – С. 101–120.

10. Лескова С.Е., Ковалев Н.Н. Микроводоросли как объекты питания для аквакультурантов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы III Нац. науч.-техн. конф. – 2020. – С. 61–65.
11. Якубке Х. Д., Ешкайт Х. Аминокислоты. Пептиды. Белки / под ред. проф. Ю.В. Митина. – М.: Мир, 1985. – 455 с.
12. Bercea V., Nicoară A., Dragos N. Efectele intensității luminii și a duratei de expunere asupra manifestării fotoinhibiției la alga verde *Chlorella fusca* Shi-hira et Krauss // Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol. – 2004. – Vol. 49, № 2. – P. 61–72.
13. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / под ред. В.Н. Еремеева. Нац. академия наук Украины, Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь, 2010. – С. 340–363.
14. Viso A.C., Marty J.C. Fatty acids from 28 marine microalgae // Phytochemistry. – 1993. – Vol. 34, № 6. – P. 1521–1523.
15. Ладыгина Л.В. Каротиноидный состав микроводорослей – корма для двустворчатых моллюсков // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 1. – С. 33–41.
16. Peng J., Yuan J., Wu C., Wang J. Fucoxanthin a Marine Carotenoid Present in Brown Seaweeds and Diatoms: Metabolism and Bioactivities Relevant to Human Health // Mar. Drugs. – 2011. – № 9. – P. 1806–1828.
17. Далакян Т.А., Волкова Е.Р., Недосекин А.Г. Количественное изменение суммарных липидов как один из показателей модельных популяций // Лимнология горных водоемов. – 1984. – С. 185–185.
18. Кузнецов Е.Д., Семененко В.Е. Сбалансированные среды и перспективы их использования для стабилизации условий минерального питания одноклеточных водорослей при длительном интенсивном культивировании // Управляемый биосинтез. – М.: Наука, 1966. – С. 105–110.
19. Ладыгина Л.В. Культивирование микроводорослей в питомнике – корма для производителей и личинок устриц // Вестн. Житомирского государственного университета имени Ивана Франко. – 2002. – Т. 10. – С. 70–71.
20. Ладыгина Л.В., Пиркова А.В. Способ культивирования диатомовой водоросли *Chaetoceros calcitrans* – корма для личинок гигантской устрицы *Crassostrea gigas* / заявитель и патентообладатель Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН. № 2017121508; заявл. 19.06.2017; опубл. 03.08.2018, Бюл. № 22.
21. Пат. Российская Федерация. Способ подготовки кормов из микроводорослей для личинок дальневосточного трепанга / Ким Г.Н., Журба Е.К., Калинина Г.Г., Советкина А.С., Азьмука Т.М. № 2566672 С1; опубл. 27.10.2015, Бюл. № 30.
22. Новиков Д.А. Выделение и очистка продуктов биотехнологии: метод. пособие. – Минск: БГУ, 2014. – 256 с.
23. Robert R., Parisi G., Rodolfi L., Poli B.M., Tredici M.R. Use of fresh and preserved *tetraselmis suecica* for feeding *crassostrea gigas* larvae // Aquaculture (Amsterdam, Netherlands). – 2001. № 192(2/4). – P. 333–346.
24. Knauer, J., Southgate, P.C. A review of the nutritional requirements of bivalves and the development of alternative and artificial diets for bivalve aquaculture // Rev. Fish Sci. – 1999. – № 7. – P. 241–280.