

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ» (КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2023»)

с применением дистанционных технологий

с. Дивноморское,
4 – 10 сентября 2023 г.

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону
2023

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

III INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

"DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE" ("AQUACULTURE 2023" CONFERENCE)

using remote technologies

Divnomorskoye,
September 4 – 10, 2023

Ростов-на-Дону | Rostov-on-Don
2023

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.Ч. Месхи – ректор Донского государственного технического университета, член-корреспондент Российской академии образования, д-р техн. наук, профессор

Г.Г. Матишов – заместитель президента Российской академии наук, член президиума Российской академии наук, академик Российской академии наук

С.В. Бердников – директор Южного научного центра Российской академии наук, д-р геогр. наук

Мин Тзе Лионг – профессор школы промышленных технологий по технологии биопроцессов, Университет Малайзии, Малайзия, PhD

А.В. Невредин – руководитель Евразийского аквакультурного альянса, руководитель комиссии по аквакультуре, академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (ООН)

Е.Н. Пономарёва – главный научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук, д-р биол. наук, профессор

Д.В. Рудой – руководитель специализированной организации территориального кластера «Долина Дона» Ростовской области, декан факультета «Агропромышленный» ДГТУ, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробιοтехнологии» ДГТУ, канд. техн. наук, доцент

А.В. Ольшевская – заместитель декана факультета «Агропромышленный» ДГТУ, заместитель руководителя Центра развития территориального кластера «Долина Дона» ДГТУ, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. техн. наук

М.Ю. Одабашян – старший научный сотрудник «Центра агробιοинженерии эфиромасличных и лекарственных растений», старший преподаватель кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. биол. наук (отв. ред.)

P17 **Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2023»):** сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции (с. Дивноморское, 4 – 10 сентября 2023 г.) / ред. кол. Б.Ч. Месхи [и др.]; ДГТУ – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2023. – 145 с.

ISBN 978-5-6050870-1-4

Сборник опубликован по результатам III Международной научно-практической конференции «Развитие и современные проблемы аквакультуры», проводимой факультетом «Агропромышленный» Донского государственного технического университета, и предназначен для специалистов в области аквакультуры, охраны водных ресурсов, селекции и генетики, а также обучающихся соответствующих специальностей, и для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками в этой области.

В сборнике содержатся материалы, отражающие многогранный подход к изучаемой тематике. Рассмотрены такие темы, как биоремедиация и фитоценозы, выращивание радужной форели и осетроводство, лекарства и корма для рыб, применение криотехнологий и т.д. Широкий круг вопросов свидетельствует о том, что аквакультура была и остаётся в центре внимания научного сообщества и что данная отрасль имеет первостепенное значение не только для хозяйства Юга России и всей страны в целом, а также для мирового научного и производственного сообществ, в рамках конференции объединяющих свои усилия для создания проектов, необходимых для активного развития отрасли, бизнеса и науки.

ISBN 978-5-6050870-1-4

© ДГТУ-Принт, 2023

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ КОРМОВ ДЛЯ МАРИКУЛЬТУРЫ ТРЕПАНГА

¹Кадникова И.А., ¹Аминина Н.М., ¹Дзизюров В.Д., ¹Сухин И.Ю.

¹Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены данные по биотехнологии изготовления кормов для разных стадий развития трепанга в заводских условиях. Для непрерывного обеспечения живыми кормами личинок трепанга используется режим многоциклического выращивания трех видов микроводорослей *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri*, *Phaeodactylum tricornerutum* с последовательным запуском циклов. В качестве основы для стартовых и продукционных кормов для молоди трепанга рекомендуется ферментированная смесь, состоящая из красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis*, бурой водоросли *Saccharina japonica*, морской травы *Zostera marina*. Использование стартового корма на основе ферментированной смеси в промышленных условиях увеличивает массу молоди трепанга в 5,4 раза, продукционного – в 5,9 раз. Разработаны рекомендации по применению кормов на основе ферментированных макрофитов для промышленного выращивания молоди трепанга разных стадий развития.

Ключевые слова. Микроводоросли, макрофиты, анфельция, сахарина, zostera, ферментация, корм, прирост, молодь трепанга

PRACTICAL ASPECTS BIOTECHNOLOGY OF FEEDS FOR TREPANG MARICULTURE

¹Kadnikova I.A., ¹Aminina N.M., ¹Dzizyurov V.D., ¹Sukhin I.Y.

¹Pacific branch of VNIRO (TINRO), Vladivostok, Russian Federation

Abstract. The article presents data on biotechnology for manufacture of feed for different stages of development sea cucumber in the factory conditions. The regime of multi-cycle cultivation of three species of microalgae *Isochrysis galbana*, *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri*, *Phaeodactylum tricornerutum* with sequential start of cycles is used for continuous provision of live food for larvae trepang. A fermented mixture consisting of red algae *Ahnfeltia tobuchiensis*, brown algae *Saccharina japonica* and the sea grass *Zostera marina* is recommended as the basis for starter and production feeds for juvenile trepang. Use of starter feed of fermented mixtures in industrial conditions increases mass of young trepang by 5,4 times, production – by 5,9 times. Recommendations have been developed on the use of feeds based on fermented macrophytes for the industrial cultivation of juvenile sea cucumber of different stages of development.

Key words. Microalgae, macrophytes, ahnfeltia, saccharina, zostera, fermentation, feed, growth, sea cucumber juvenile.

Дальневосточный трепанг является одним из ценных объектов марикультуры. Для успешного выращивания молоди трепанга требуются искусственные корма, отвечающие его физиологическим потребностям. В России корма для молоди пока не производятся, отсутствуют на рынке и коммерческие корма импортного производства. Предприятия на Дальнем Востоке, занимающиеся искусственным воспроизводством трепанга до жизнестойкой молоди, до настоящего времени привлекали китайских технологов и корма китайского производства. В связи с возрастающим вниманием к разведению трепанга и дальнейшим решением вопросов массового воспроизводства разработка искусственных кормов для молоди трепанга представляет одну из актуальных проблем марикультуры. Искусственное воспроизводство трепанга в заводских условиях представляет собой процесс его развития от микроскопических личинок, питающихся микроводорослями, до жизнестойкой молоди. Товарной продукцией считается молодь размером от 3 см и более (от 300 мг).

При разработке биотехнологии кормов для искусственного выращивания трепанга исходили из данных о питании трепанга в естественной среде, а также опыта отечественных и зарубежных исследователей по созданию кормов для этого объекта марикультуры.

Процесс выращивания трепанга до жизнестойкой молоди можно разделить на три этапа. Каждый этап выращивания требует определенный вид кормового продукта. На первом этапе, через 2 суток после оплодотворения икры, личинки переходят на экзогенное питание, и им требуется корм из

микроводорослей. На втором этапе выращивания, с момента оседания личинки размером от 300 мкм до появления 70-80 % пигментированной молоди массой 30 мг, необходим стартовый корм из макроводорослей. На третьем этапе, от начала пигментации до получения 70-80 % жизнестойкой молоди массой 300 мг и выше, используют продукционный корм, содержащий морские макрофиты [1].

Оптимальный режим выращивания кормовых микроводорослей для кормления личинок трепанга в искусственных условиях был установлен на культуре *Chaetoceros muelleri*. Полученные результаты показали, что подобранный режим выращивания микроводорослей является высокоэффективным. Показано, что наращивание культуры клеток *Chaetoceros muelleri* достаточно хорошо аппроксимируется S-образной кривой, теоретически описывающей идеальный процесс роста клеточной культуры. Для непрерывного обеспечения живыми кормами в течение всего периода выращивания личинок трепанга используется режим многоциклического выращивания трех видов микроводорослей *Dunaliella salina*, *Chaetoceros muelleri*, *Phaeodactylum tricornutum* с последовательным запуском циклов [2].

Рецептуры кормов для второй и третьей стадии развития трепанга обязательно содержат макрофиты — от 20 до 80 %. Они используются в качестве источника углеводов, макро- и микроэлементов, белка. В странах Азиатско-Тихоокеанского региона, как правило, использовались саргассовые водоросли, имеющие широкий ареал развития в прибрежных водах этих стран [3,4,5]. Саргассум считается наиболее качественным легкоусвояемым компонентом корма для молоди трепанга. С развитием индустрии культивирования трепанга появились альтернативы в виде разных видов водорослей [6,7]. В нашей стране в качестве замены саргассовых водорослей можно использовать цистозиру (стефаноцистис) или другие виды бурых водорослей (ламинарию, сахарину), красных водорослей (анфельцию), морских трав (зостеру) [8]. Содержание углеводов в этом сырье превышает 50 %, причем в основном в виде прочно связанных полисахаридов. Ферменты пищеварительного тракта молоди трепанга не обладают высокой активностью, поэтому оптимальным способом для повышения усвоения растительного сырья является его ферментирование. Применение таких ферментов, как целлюлаза, ксиланаза, б-глюканаза, гемицеллюлаза, приводит к деструкции полисахаридов. С этой целью возможно использование коммерческих препаратов из смеси ферментов, используемых при производстве кормовой продукции из наземного растительного сырья: препараты из группы оллзаймов, целлолюкс F [9,10]. Наиболее рациональными параметрами гидролитического расщепления являются: pH 6, температура 55 – 65 °C и продолжительности 6 ч. Обработка водорослей под действием ферментных препаратов снижает содержание полисахаридов, клетчатки и увеличивает количество легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП), соответственно меняется состав кормов (табл. 1).

Таблица 1 – Состав углеводов морского растительного сырья после ферментации

Вид сырья	Ферментный препарат	Параметры гидролиза	Содержание, % сухого вещества			
			*Агар/пектин	Альгиновая кислота	ЛГП	Клетчатка
анфельция	Оллзайм РТ, Целлолюкс-F	pH 6, 60°C, 6 ч	*11,1	-	29,0	8,9
зостера	Оллзайм BG	pH 6, 60 °C, 6 ч	12,0	-	27,0	9,5
сахарина	Оллзайм BG	pH 6, 55 C, 6 ч	-	26,6	20,9	6,8

Использование ферментированных растений в кормах положительно влияет на физиологическое состояние молоди трепанга, они легко усваиваются животными, и дают высокий прирост (рис.1).



Рисунок 1 – Прирост особи молоди трепанга при кормлении кормами на основе натуральных и ферментированных морских растений

1 – натуральная сахарина; 2 – ферментированная сахарина; 3 – натуральная анфельция; 4 – ферментированная анфельция; 5 – натуральная зостера; 6 – ферментированная зостера; 7 – контроль.

Наиболее интенсивный рост наблюдается у молоди трепанга на кормах, содержащих ферментированные водоросли: за 20 суток кормления трепанга абсолютный прирост увеличивается от 60,0 мг до 101,3 мг в зависимости от вида сырья. Однако интенсивность ростовых процессов трепанга различна. Среднесуточный прирост массы тела особи при использовании в кормах с ферментированными водорослями варьирует от 3,0 мг/сут до 5,1 мг/сут в зависимости от вида используемого сырья.

Использование кормов с ферментированным морским сырьем повышает среднесуточный прирост массы тела особи в 2,0-2,2 раза. Увеличение прироста во всех кормах с использованием ферментированного сырья связано с увеличением в нем содержания легкогидролизуемых полисахаридов и снижением количества клетчатки по сравнению с применением натуральных водорослей (рис. 2).

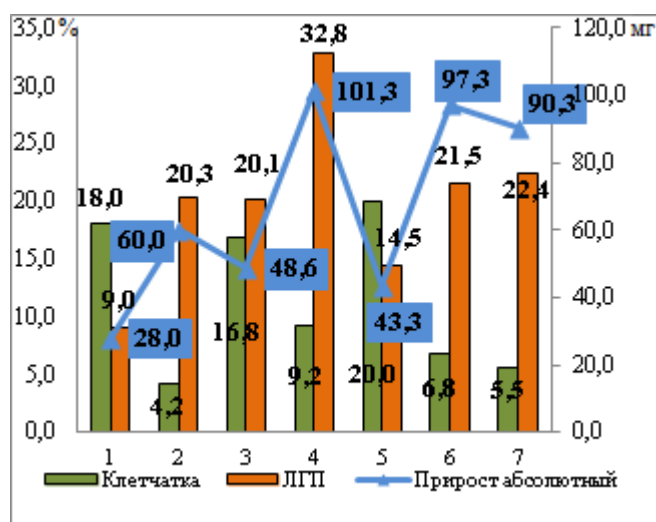


Рисунок 2 – Прирост молоди трепанга в зависимости от содержания ЛГП и клетчатки в корме
1 – натуральная сахарина; 2 – ферментированная сахарина; 3 – натуральная анфельция; 4 – ферментированная анфельция; 5 – натуральная зостера; 6 – ферментированная зостера; 7 – контроль.

Таким образом, использование макрофитов после ферментации в составе кормов повышает прирост молоди. При этом в эксперименте была определена разная скорость роста молоди трепанга при использовании отдельных видов макрофитов в зависимости от вида и степени гидролиза сырья.

С целью выравнивания показателей прироста используют ферментативную обработку смесей макрофитов. Наибольшую эффективность дает ферментативная обработка смеси, состоящей из анфельции:сахарины:зостеры (1:1,5:2,5), комплексным ферментным препаратом вискоферм. Вискоферм содержит комплекс ферментов, действующих на углеводы разных видов морских растений. В результате обработки ферментным препаратом происходят изменения в количественном составе полисахаридов с переходом их в легкогидролизуемую форму (табл. 2).

Таблица 2 – Состав углеводов смесей морского растительного сырья после ферментации

Вид сырья	Ферментный препарат	Параметры гидролиза	Содержание, % сухого вещества			
			ΣАгар+ пектин+ альгиновая кислота	ΣАгар+ пектин	ЛГП	Клетчатка
анфельция:зостера (1:2)	Вискоферм	pH 6, 65°C, 16 ч	-	17,2	23,0	8,5
анфельция:сахарина : зостера (1:1,5:2,5)	Вискоферм	pH 6, 65°C, 16 ч	14,6	-	23,5	8,6

Рыбоводно-биологические показатели молоди трепанга при кормлении стартовым и продукционным кормами с использованием ферментированной смеси в промышленных условиях представлены в таблице 3. Использование стартового корма увеличивает массу особей молоди трепанга в 5,4 раза, продукционного - в 5,9 раз. Добавление ферментированной смеси из трех видов растений повышает эффективность кормов для выращивания молоди трепанга в промышленных условиях. На основании данных биологической оценки рекомендовано использовать ферментированную смесь из анфельции:сахарины:зостеры (в соотношении 1:1,5:2,5) для производства стартового и продукционного кормов.

Таблица 3 – Биологические показатели молоди трепанга за период выращивания в промышленных условиях при кормлении стартовым и продукционным кормом

Наименование корма		Стартовый	Продукционный
Масса особи, мг	начальная	10,0±25,0	62,0±30,0
	конечная	54,3±50,0	365,5±65,0
Прирост особи	абсолютный, мг	44,3±5,0	303,5±5,0
	среднесуточный, мг/сут	2,1±0,3	7,6±1,0
	относительный, %	443	489
Выживаемость, %		92	96
Кормовой коэффициент		0,9	1,1

В связи с этим в качестве основы для получения промышленных кормов рекомендуется использовать ферментированные смеси макрофитов. Ферментированные смеси получают из трех видов растений анфельции, сахарины и зостеры (в соотношении 1:1,5:2,5) в результате их обработки ферментным препаратом при pH 6,0 и температуре 65 °C в течение 16 ч при соотношении 1:12 к массе сухой смеси с периодическим перемешиванием мешалкой со скоростью вращения 15-17 об/ми. По окончании обработки, сопровождающейся гидролизом полисахаридов морских растений, реакцию

смесь подогревают до 80 °С и выдерживают её в течение 15-20 минут для инактивации ферментов. Обработанную смесь высушивают в конвективных сушилках до содержания влаги не более 10%. Температура продукта при сушке должна быть не более 70 °С.

Для увеличения количества легкоусвояемых веществ в рецептуру вводят ферментированные отруби. Для улучшения перевариваемости углеводных компонентов в состав кормов добавляют дрожжи (3 %). С целью оптимизации рецептуры для изготовления стартового комбикорма белковую составляющую увеличивают на 10 % по сравнению с производственным кормом за счет увеличения количества отходов мягких тканей моллюсков (с 5 до 15 %) и снижения содержания ферментированных растений (с 40 до 30 %). Для усиления биологической ценности в корм добавляют премикс ПФ1-2, представляющий смесь витаминов А, Дз, группы В и микроэлементов Fe, Mn, Cu, Zn, Co. До начала приготовления кормовой смеси все компоненты по рецептуре дополнительно сушат, измельчают, просеивают и смешивают с ферментированными смесями. Корма представляют собой порошки тонкого помола с размером частиц 15,0-17,8 мкм.

Питательная ценность кормовых продуктов на основе ферментированных макрофитов для индустриального выращивания должна соответствовать данным представленным в таблице 4.

Таблица 4 – Данные по питательной ценности индустриальных комбикормов на основе ферментированных макрофитов и их смесей

Комбикорма	Содержание, % сухого вещества					Энергия, Ккал/100 г
	Сырая зола	Сырой протеин	Сырые липиды	Углеводы		
				Сырая клетчатка	ЛГП	
Стартовый	24,0-27,0	25,0-33,0	2,0-3,0	10,0-12,5	20,0-22,0	200,0-280,0
Производственный	26,0-28,0	19,0-27,0	2,0-3,0	12,0-15,0	22,0-25,0	180,0-250,0

Стартовый корм на основе ферментированных продуктов из макрофитов содержит больше белка (25,0-33,0 %), меньше клетчатки (10,0-12,5 %) и минеральных (24,0-27,0 %) по сравнению с производственным кормом на этой же основе. Это различие определяется количеством мягких тканей моллюсков и ферментированной смеси макрофитов, вводимых в рецептуру кормов.

На основании полученных данных разработаны рекомендации по применению кормов на основе ферментированных макрофитов для индустриального выращивания молоди трепанга разных стадий развития.

Список использованных источников

1. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях / Н.Д. Мокрецова [и др.] – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2012. – 104 с.
2. Результаты производственной проверки технологии кормов из микро-и макроводорослей для промышленного выращивания трепанга / И.А.Кадникова [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2022, №2. – С.72-75.
3. Effect of various protein sources in formulated diets on the growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) / Y.J.Seo [et al.] // Aquaculture Research. – 2011, №. 42. – P. 623–627.
4. Lactic acid fermentation of seaweed (*Ulva reticulata*) for preparing marine single cell detritus (MSCD) / S.Felix [et al.] // Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2012, № 2. – P. 76–81.
5. Effects of Replacing Algae Powder by Fermented Soybean Meal on Growth and Digestive Physiology of Juvenile Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka / L. Baoshan [et al.] // Advances in Marine Sciences. – 2018, № 5. – P. 89–97.
6. Ферментативная обработка морских водорослей-перспективный способ получения кормовых добавок для марикультуры / И.А. Кадникова [и др.] // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всероссийской конференции. 22-24 апреля 2014 г./ под.ред. Н.Г.Базарновой, В.И. Маркина.-Барнаул: Из-во Алт.ун-та, 2014. – С.415–416.
7. Влияние ферментной обработки на химический состав сахарины японской / А.М. Рогов [и др.] // Вестник КамчатГТУ. – 2016, №38. – С.44–50.
8. Применение разных видов водорослей в составе кормов для молоди трепанга / И.А.Кадникова [и др.] // Вестник АГТУ. – 2015, №4. – С.62-68.

9. Исследование влияния ферментации сахарины японской на химический состав комбикормов для молоди трепанга /А.М. Рогов // Известия ТИНРО. – 2017. – Т.190, № 4. – С.196-203.
10. Комбикорма для промышленного выращивания молоди трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka) /И.А.Кадникова [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2021, № 2. – С. 68-71.