

### МИКРОВОДОРОСЛЬ *RHODOMONAS SALINA* – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОРМОВОЙ ОБЪЕКТ В АКВАКУЛЬТУРЕ МОЛЛЮСКОВ

Определены оптимальные условия культивирования криптофитовой микроводоросли *Rhodomonas salina* (Wislouch, 1924), перспективного кормового объекта для личинок двусторчатых моллюсков, выращиваемых в контролируемых условиях. Максимальная биомасса микроводоросли получена при культивировании на питательной среде Конвея при температуре 24 °С.

**Ключевые слова:** микроводоросль *Rhodomonas salina*, культивирование.

Эффективность выращивания личинок в питомнике во многом зависит от особенностей их питания. Микроводоросли являются основным и наиболее полноценным кормом при выращивании личинок, молоди и производителей промысловых моллюсков - устриц, гребешков, клем, мидий.

При выращивании личинок и молоди двусторчатых моллюсков в условиях питомника период метаморфоза является наиболее уязвимым, так как в это время может наблюдаться максимальный отход. Поэтому в рацион необходимо включать несколько видов микроводорослей, которые по своим морфологическим характеристикам (размер и форма клетки) и по своему качественному составу дополняют друг друга. В период метаморфоза необходимо, чтобы в рацион личинок входили микроводоросли богатые липидами и в частности их производными  $\omega$ -3 жирными кислотами.

Введение в состав корма криптофитовой микроводоросли *Rhodomonas salina* способствует значительному увеличению темпа роста личинок, и они быстрее проходят период метаморфоза. Так, при выращивании личинок *Pecten maximus* установлено, что добавление в корм водоросли *R. salina* приводило к изменению биохимического состава личинок, за счет накопления липидов, что способствовало успешному прохождению метаморфоза [8]. В связи с этим возникла необходимость в культивировании микроводоросли *R. salina* для добавления ее в корм личинкам мидий и устриц на поздних стадиях развития и в период оседания.

Цель работы: определение оптимальных условий культивирования микроводоросли *Rhodomonas salina*, для получения максимальной биомассы с ценными пищевыми качествами.

**Материал и методы.** Микроводоросль *R. salina* была получена из коллекции отдела физиологии водорослей ИнБЮМ НАНУ и адаптирована к новым условиям культивирования (температура 18 °С, питательная среда Конвея, круглосуточное освещение).

Для определения оптимальных условий микроводоросль выращивали в режиме накопительного культивирования в колбах ( $V = 2$  л), при круглосуточной аэрации и освещенности 5 кЛк на питательной среде Конвея в собственной модификации, при температуре  $20 \pm 1$  °С и  $24 \pm 1$  °С [1]. Исходный объем инокулята (не менее 150 мл) перенесли в питательную среду. Концентрацию клеток водорослей на каждой стадии роста подсчитывали в камере Горяева под микроскопом МБИ-6. Удельную скорость роста культуры определяли по формуле:

$$\mu = \frac{\Delta N}{\Delta T} \cdot \frac{1}{\Delta N_0},$$

где  $N_0$  – начальная концентрация клеток ( $\times 10^6$  кл · мл<sup>-1</sup>);  $\Delta N$  – изменение концентрации клеток за время  $\Delta T$  (сут).

Величину сырой биомассы водорослей определяли по формуле:

$$B = V_{\text{кл}} \cdot C,$$

где  $B$  – сырая биомасса водорослей (мг · л<sup>-1</sup>),  $V_{\text{кл}}$  – объем клетки (мкм<sup>3</sup>);  $C$  – концентрация клеток ( $\times 10^6$  кл · мл<sup>-1</sup>).

Биохимический анализ водоросли определяли в пробах, находящихся в конце логарифмической фазы роста. Массовую долю белка, углеводов, липидов в сухом весе (%) определяли фотоколориметрическими методами. Содержание белков, углеводов, липидов определяли как % к сухому весу (СВ) [1, 2].

**Результаты и обсуждение.** Клетки микроводоросли *R. salina* подвижные с двумя жгутиками и одним хлоропластом [7]. Средний размер клеток составлял: длина  $12 \pm 0,58$  мкм, ширина  $7 \pm 0,35$  мкм, объём –  $527 \pm 0,43$  мкм<sup>3</sup>.

Наиболее интенсивный рост микроводоросли *R. salina* наблюдался при температуре среды 24 °С. В логарифмической фазе роста максимальная плотность культуры при 24 °С была выше, чем при 20 °С, и составляла соответственно  $5,43 \cdot 10^6$  и  $3,9 \cdot 10^6$  кл·мл<sup>-1</sup> (рис. 1).

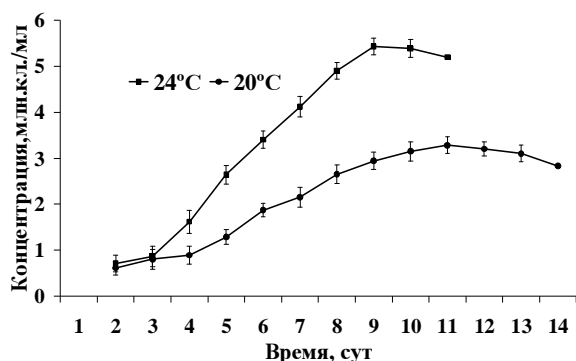


Рисунок 1. Динамика роста микроводоросли *Rhodomonas salina* при разной температуре

Figure 1. *Rhodomonas salina* growth dynamics under the different temperature

Стационарная фаза роста *R. salina* наступала на 8-й день культивирования при температуре 24 °С и на 13-й день при 20 °С. При низкой температуре стационарная фаза роста была более

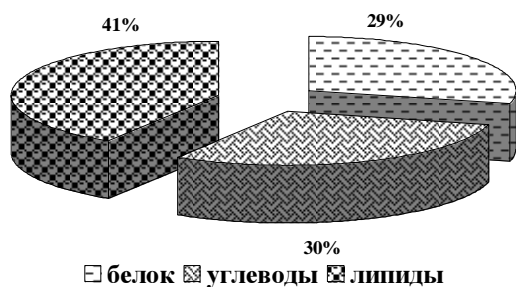
продолжительной, и длилась до 16 дня культивирования. Среднесуточный прирост при температурах 24 и 20 °С составлял соответственно  $0,67 \cdot 10^6$  и  $0,27 \cdot 10^6$  кл · мл<sup>-1</sup> · сут<sup>-1</sup>. Удельная скорость роста культуры *R. salina* при 24 °С была в 2 раза выше, чем при 20 °С (табл.1).

Таблица 1. Параметры роста микроводоросли *Rhodomonas salina* при разной температуре  
Table 1. *Rhodomonas salina* growth parameters under the different temperature

Параметры роста	Температура	
	20 °С	24 °С
Среднесуточный прирост, млн. кл·мл <sup>-1</sup> ·сут <sup>-1</sup>	0,27	0,67
Удельная скорость роста, сут <sup>-1</sup>	0,02	0,04
Максимальная биомасса, г·л <sup>-1</sup>	2,00	2,87

При повышении температуры до 26 – 28 °С концентрация клеток микроводоросли *R. salina* увеличивалась незначительно, а среднесуточный прирост составлял  $0,35 \cdot 10^6$  кл·мл<sup>-1</sup>·сут<sup>-1</sup>, что почти в два раза меньше, чем при 24 °С. Следовательно, верхняя граница температурного оптимума для *R. salina* не должна превышать 26 – 28 °С. Закономерность прироста биомассы *R. salina* была аналогичной изменению плотности культуры при разных температурах. Максимальная биомасса водоросли – 2,87 г · л<sup>-1</sup> получена на 7-й день культивирования при температуре 24 °С.

Окраска микроводоросли в процессе роста изменялась. В логарифмической фазе роста культуральная среда имела коричневатую-красную окраску, а на стационарной фазе она приобретала зелёный цвет. Вероятно, это связано с изменением содержания пигментов в микроводоросли. Пигментный состав *R. salina* представлен фикоэритрином, хлорофиллом *a*, *b* и каротиноидами [6]. Очевидно, на стационарной фазе роста концентрация хлорофилла в клетках значительно выше, чем фикоэритрина, и это способствовало изменению цвета культуральной среды.



**Рисунок 2. Биохимический состав микроводоросли *Rhodomonas salina***  
**Figure 2. *Rhodomonas salina* microalgae biochemical composition**

Пищевая ценность микроводорослей определяется содержанием в них белка, углеводов и липидов. При исследовании биохимического состава микроводоросли *R. salina*, было установлено, что она содержит максимальное количество липидов – 41 % (% от СВ) (рис. 2). Липиды, и, в частности, высоконенасыщенные жирные кислоты, входящие в их состав, являются самыми важными компонентами водорослевой диеты для двустворчатых моллюсков [9]. Состав жирных кислот в тканях морских и большинства пресноводных беспозвоночных напрямую зависит от состава жирных кислот микроводорослей [3]. Жирнокислотный состав *R. salina*

представлен высоконенасыщенными кислотами эйкозапентаеновой (20:5 $\omega$ -3) иэйкозагексаеновой (20:6 $\omega$ -3), содержание которых варьирует соответственно от 12 до 17 %. Суммарное содержание жирных кислот у микроводоросли в 2,2 – 2,5 раза выше, чем у таких кормовых микроводорослей, как *Chaetoceros gracilis* и *Skeletonema costatum*, которых обязательно включают в рацион двустворчатых моллюсков и ракообразных [8].

Содержание белка и углеводов в клетках *R. salina* отличалось незначительно и составляло соответственно 29 и 30 %. Благодаря высокому содержанию углеводов в клетках *R. salina*, данная микроводоросль служит источником энергии для метаболических процессов во время личиночного развития моллюсков [5].

Следовательно, криптофитовая микроводоросль *R. salina* по качественному составу является перспективным кормовым объектом для личинок и спата двустворчатых моллюсков. Её добавление в корм личинкам мидий и устриц на поздних стадиях развития будет способствовать увеличению их темпа роста и выживаемости, а также успешному прохождению метаморфоза.

**Выводы.** Оптимальными условиями культивирования криптофитовой микроводоросли *R. salina* в контролируемых условиях являются: температура 24 °С, питательная среда Конвея, круглосуточное освещение 5 кЛк и постоянная аэрация воздухом. Высокое содержание липидов в клетках микроводоросли предполагает использовать её как кормовой объект для личинок и спата двустворчатых моллюсков, выращиваемых в условиях питомника.

1. Ладыгина Л. В. Микроводоросли как кормовые объекты личинок мидий и устриц: автореф. дисс. ... канд. биол. наук.– Севастополь, 2007. – 24 с.
2. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – М.: Изд-во ВНИРО, 1988. – 150 с.
3. Хардин А. С., Айздайчер Н. А., Латышев Н. А. Изменения в составе жирных кислот моллюска *Mytilus edulis*, связанные с питанием микроводорослями // V Региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии (Владивосток, 15 - 20 сентября 2002 г.). – Владивосток, 2002. – С. 119 - 121.

4. *Brown M. R.* The amino-acid and sular composition of 16 species of microalgae in mariculture // *Exp. Mar. Biol. Ecol.* – 1991. – **145**. – P. 79 - 95.
5. *Brown M. R., Jeffrey S. W., Volkman J. K., Dunstan G. A.* Nutritional properties of 393 microalgae for mariculture // *Aquaculture.* – 1997. – **15**. – P. 315 - 331.
6. *Roman K. S.* Photosynthetic pigments of algae // Cambridge University Press, 1989. – 334 p.
7. *Tomas R.* Marine phytoplankton - Identification. – Acad. Press Harcourt Brace & Company, 1997. – 858 p.
8. *Tremblay R., Cartier S., Miner P.* et al. Effect of *Rhodomonas salina* addition to a standard hatchery diet during the early ontogeny of the scallop *Pecten maximus* // *Aquaculture*, 2007. – **262**, No 2. – P. 410 - 418.
9. *Whyte J. C., Bourne N., Hodgson C. A.* Influence of algal diets on biochemical composition and energy reserves in *Patinopecten yessoensis* (Jay) larvae // *Aquaculture.* – 1989. – **163**. – P. 333 - 347.

Институт биологии южных морей НАН Украины,  
г. Севастополь, Украина

Получено 24.02.2010 г.

Л. В. Л А Д И Г И Н А

**МІКРОВОДОРІСТЬ *RHODOMONAS SALINA* – ПЕРСПЕКТИВНИЙ КОРМОВИЙ ОБ'ЄКТ  
В АКВАКУЛЬТУРІ МОЛЮСКІВ**

**Резюме**

Визначено оптимальні умови культивування кріптофітової мікроводорості *Rhodomonas salina* (Wislouch, 1924), перспективного кормового об'єкту для личинок двостулкових моллюсків, що вирощуються в контрольованих умовах. Максимальна біомаса мікроводорості отримана при культивуванні на живильному середовищі Конвея при температурі 24 °С.

**Ключові слова:** мікроводорість *Rhodomonas salina*, культивування.

L. V. L A D Y G I N A

**MICROALGAE *RHODOMONAS SALINA* IS A PERSPECTIVE FOOD OBJECT  
IN MOLLUSC AQUACULTURE**

**Summary**

Optimal cultivation conditions for cryptophytes microalgae *Rhodomonas salina* (Wislouch, 1924), the perspective food object for bivalves larvae bred in the controlled conditions, were determined. Microalgae maximal biomass was obtained under cultivating on the Convey nutrient medium under the temperature of 24 °C.

**Key words:** microalgae *Rhodomonas salina*, cultivation.