



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
CI2N 1/12 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023134071, 18.12.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.12.2023

Дата регистрации:
24.07.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.12.2023

(45) Опубликовано: 24.07.2024 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Федеральный
исследовательский центр "Институт
биологии южных морей имени А.О.
Ковалевского РАН",
отдел охраны интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Боровков Андрей Борисович (RU),
Гудвилович Ирина Николаевна (RU),
Челебиева Элина Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Федеральный
исследовательский центр "Институт
биологии южных морей имени А.О.
Ковалевского РАН" (ФИЦ ИнБЮМ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: GARGOUCHE N. et al. Enhanced B-
phycoerythrin production by the red microalgae
Porphyridium marinum: A powerful agent in
industrial applications, Intern. J. Biolog.
Macromolec., 2018, v. 120, p. 2106-2114.
ТРЕНКЕНШУ Р.П. и др. Ростовые и
производственные показатели водоросли
Porphyridium cruentum в плотных культурах,
Интенсивная светокультура растений, (см.
прод.)

(54) СПОСОБ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МОРСКОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ PORPHYRIDIUM PURPUREUM

(57) Реферат:

Изобретение относится к области биотехнологии. Изобретение представляет собой способ культивирования морской микроводоросли Porphyridium purpureum, относится к биотехнологии микроводорослей, а именно к интенсивному выращиванию красной морской микроводоросли Porphyridium purpureum, и предназначено для получения ее биомассы, обогащенной красным пигментом B-фитоэритрином. Задачей предлагаемого изобретения является модификация водной основы питательной среды - замена природной морской воды на пресную - для снижения энергозатрат и трудоемкости операций при получении биомассы микроводоросли. Способ

предусматривает культивирование микроводоросли P. purpureum в течение 10 суток при температуре 26°C, освещенности 5 клк, при непрерывном барботаже культуры атмосферным воздухом через аквариумный распылитель со скоростью 0,5 л·л⁻¹ культуры в минуту, на модифицированной питательной среде на основе пресной воды, имеющей состав: NaNO₃ - 1,2 г·л⁻¹, NaH₂PO₄·2H₂O - 0,45 г·л⁻¹, EDTA-Na₂ - 0,037 г·л⁻¹, FeC₆H₅O₇·3H₂O - 0,0265 г·л⁻¹, MnCl₂·4H₂O - 0,004 г·л⁻¹, Co(NO₃)₂·6H₂O - 0,0031 г·л⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O - 0,0009 г·л⁻¹, K₂Cr₂

RU 2823597 C1

RU 2823597 C1

R U 2 8 2 3 5 9 7 C 1

$(SO_4)_2 \times 4H_2O$ - 0,0017 г·л⁻¹. Содержание морской соли в воде перед приготовлением питательной среды доводят до концентрации 28 г/л, а заявляемое изобретение обеспечивает накопление биомассы и В-ФЭ в культуре *P. purpureum* на

уровне не ниже, чем при ее выращивании на среде на основе морской воды. Изобретение позволяет простым и доступным способом получить биомассу *P. purpureum* требуемого качества с сохранением высокой скорости роста культуры. 3 ил., 1 табл.

(56) (продолжение):

Красноярск, 1977, с. 191-200. RU 2675318 C2, 18.12.2018. FUENTES-GRUNEWALD C. et al. Transform Infrared spectroscopy for monitoring biomass composition and biomass composition and metabolites production, Biores. Technol. 2015. V. 189, p. 357-363.

R U 2 8 2 3 5 9 7 C 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
C12N 1/12 (2024.01)

(21)(22) Application: 2023134071, 18.12.2023

(24) Effective date for property rights:
18.12.2023Registration date:
24.07.2024

Priority:

(22) Date of filing: 18.12.2023

(45) Date of publication: 24.07.2024 Bull. № 21

Mail address:
299011, g. Sevastopol, pr. Nakhimova, 2,
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Federalnyj issledovatelskij
tsentr "Institut biologii yuzhnykh morej imeni
A.O. Kovalevskogo RAN", otdel okhrany intellektualnoj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Borovkov Andrej Borisovich (RU),
Gudvilovich Irina Nikolaevna (RU),
Chelebieva Elina Sergeevna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Federalnyj issledovatelskij
tsentr "Institut biologii yuzhnykh morej imeni
A.O. Kovalevskogo RAN" (FITS InBYUM) (RU)R U
2 8 2 3 5 9 7
C 1

(54) METHOD FOR CULTIVATION OF SEA MICROALGAE PORPHYRIDIUM PURPUREUM

(57) Abstract:

FIELD: biotechnology.

SUBSTANCE: invention represents a method for cultivation of marine microalgae Porphyridium purpureum, relates to biotechnology of microalgae, namely to intensive cultivation of red marine microalgae Porphyridium purpureum, and is intended to produce its biomass enriched with red pigment B-phycerythrin. Objective of the present invention is to modify the water base of the nutrient medium – replacement of natural sea water with fresh water – to reduce energy consumption and labour intensity of operations when producing microalgae biomass. Method involves cultivation of microalgae P. purpureum for 10 days at temperature of 26 °C, illumination 5 klx, with continuous bubbling of culture with atmospheric air through an aquarium sprayer at rate of 0.5 l·l⁻¹ culture per minute, on a modified nutrient medium based on fresh water, having the following composition: NaNO₃– 1.2 g·l⁻¹, NaH₂PO₄×2H₂O – 0.45 g·l⁻¹, EDTA-Na₂ – 0.037 g·l⁻¹, FeC₆H₅O₇×3H₂O – 0.0265 g·l⁻¹, MnCl₂×4H₂O – 0.004 g·l⁻¹, Co(NO₃)₂×6H₂O – 0.0031 g·l⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄×4H₂O – 0.0009 g·l⁻¹, K₂Cr₂(SO₄)₂×4H₂O – 0.0017 g·l⁻¹. Content of sea salt in water before preparation of nutrient medium is brought to concentration of 28 g/l, and the claimed invention provides the accumulation of biomass and B-FE in the culture of P. purpureum at a level not lower than when grown on a medium based on sea water.

EFFECT: invention enables to obtain Porphyridium purpureum biomass of the required quality using a simple and affordable method while maintaining a high rate of growth of the culture.

1 cl, 3 dwg, 1 tbl

Предлагаемое изобретение относится к биотехнологии микроводорослей, а именно к интенсивному выращиванию красной морской микроводоросли *Porphyridium purpureum*, и предназначено для получения ее биомассы, обогащенной красным пигментом В-фикаэритрином.

5 В литературе описаны различные питательные среды для выращивания *P. purpureum*: F/2, Artificial Seawater Medium, Pm и другие [1-7]. Состав всех этих сред позволяет поддерживать клетки *P. purpureum* в вегетативном состоянии, однако скорость роста культуры и выход биомассы могут значительно отличаться из-за различной стартовой концентрации элементов минерального питания и условий выращивания культуры.

10 Большинство питательных сред для выращивания морской микроводоросли *P. purpureum* приготавливают на основе природной или искусственной морской воды, что, в первом случае, существенно сужает возможную территорию для выращивания этого вида, а во втором - значительно увеличивает себестоимость получаемой биомассы, так как предполагает дополнительные затраты по приготовлению искусственной морской 15 воды. Замена основы среды для выращивания *P. purpureum* с морской воды на пресную является определяющим для повышения эффективности интенсивного культивирования микроводоросли, что исключает зависимость от источника морской воды и снижает себестоимость получаемой биомассы.

15 Известен способ культивирования *Porphyridium marinum* при котором выращивание красной микроводоросли проводят в колбах объемом 2 л и объемом питательной среды 1 литр, причем используют среду состава: NaCl - 28 г·л⁻¹, NaNO₃ - 1,7 г·л⁻¹, K₂HPO₄ - 0,9 г·л⁻¹, MgSO₄·7H₂O - 7,2 г·л⁻¹, CaCl₂·2H₂O - 1,55 г·л⁻¹, раствор микроэлементов - 1 мл·л⁻¹ [6]. Культивирование осуществляют в лабораторных условиях в накопительном режиме 20 культивирования при интенсивности света 150 мкмоль фотонов·м⁻²·с⁻¹, температуре 20°C и перемешивании при 110 об/мин. При таком режиме культивирования порфиридиума максимальная плотность культуры составляет $4,6 \times 10^6 \pm 0,5$ кл·мл⁻¹, содержание В-ФЭ в биомассе - 15,9 мг·г⁻¹ в пересчете на сухой вес (СВ). Максимальное 25 количество В-ФЭ в биомассе (41 мг·г⁻¹) получено при оптимизации условий культивирования, а именно: увеличении концентрации NaNO₃ до 3,4 г·л⁻¹, уменьшении концентрации K₂HPO₄ до 0 г·л⁻¹, снижении интенсивности света до 70 мкмоль 30 фотонов·м⁻²·с⁻¹ и увеличении объема раствора микроэлементов в 1,5 раза.

35 Указанная работа имеет принципиальное значение, так как подтверждает возможность получения биомассы *P. marinum* при выращивании его на питательной среде на основе пресной воды. Однако предложенный способ выращивания микроводоросли *P. marinum* для получения биомассы имеет некоторые недостатки.

40 Наиболее важными из них являются:

а) использование поваренной соли NaCl, что требует дополнительного внесения элементов, содержащихся в морской воде (Mg и Ca), кроме того, в составе среды отсутствует источник углерода, что ограничивает накопление биомассы у микроводорослей, либо требует его дополнительного внесения;

45 б) существенно более низкая плотность культуры микроводоросли и ее продуктивность с единицы объема, а содержание В-ФЭ в получаемой биомассе при максимальном его количестве более чем на 30% ниже по сравнению с предлагаемым способом;

в) максимизация количества В-ФЭ в биомассе (до 40 мг·г⁻¹) достигается за счет двукратного увеличения концентрации азота в среде и применения двухэтапного режима культивирования, что в 3 раза увеличивает временной период для выращивания культуры.

⁵ Общим для прототипа и заявляемого изобретения является культивирование красной морской микроводоросли на питательной среде, основой которой является пресная вода.

¹⁰ Основные отличия от прототипа заключаются в том, что в заявляемом способе культивирования используется другой вид красной морской микроводоросли - *Porphyridium purpureum*, который выращивают в культиваторах иного (плоскопараллельного) типа на питательной среде по [2], имеющей состав: NaNO₃ - 1,2 г·л⁻¹, NaH₂PO₄×2H₂O - 0,45 г·л⁻¹, EDTA-Na₂ - 0,037 г·л⁻¹, FeC₆H₅O₇×3H₂O - 0,0265 г·л⁻¹, MnCl₂×4H₂O - 0,004 г·л⁻¹, Co(NO₃)₂×6H₂O - 0,0031 г·л⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄×4H₂O - 0,0009 г·л⁻¹, K₂Cr₂(SO₄)₂×4H₂O - 0,0017 г·л⁻¹, при приготовлении которой используют пресную воду и морскую соль до концентрации 28 г·л⁻¹, а для повышения растворимости углекислого газа атмосферного воздуха - аквариумный распылитель.

¹⁵ Задачей изобретения Способ культивирования морской микроводоросли *Porphyridium purpureum* является модификация водной основы питательной среды - замена природной морской воды на пресную - для снижения энергозатрат и трудоемкости операций при получении биомассы микроводоросли.

²⁰ Технический результат от использования изобретения заключается в получении биомассы *P. purpureum* с сохранением скорости роста и требуемого качества, а также в простоте и доступности способа культивирования микроводоросли.

²⁵ Поставленная задача и заявленный технический результат достигаются тем, что в способе культивирования морской микроводоросли *Porphyridium purpureum*, включающем накопительное культивирование микроводоросли, предусмотрены следующие отличия.

³⁰ Для культивирования используют красную микроводорось *Porphyridium purpureum*. Водоросль выращивают течение 10 суток при температуре 26°C, освещенности 5 клк, при непрерывном барботаже культуры атмосферным воздухом через аквариумный распылитель. Кроме того, питательная среда по Тренкеншу [2], приготовленная на стерильной морской воде и имеющая состав: NaNO₃ - 1,2 г·л⁻¹, NaH₂PO₄×2H₂O - 0,45 г·л⁻¹, EDTA-Na₂ - 0,037 г·л⁻¹, FeC₆H₅O₇×3H₂O - 0,0265 г·л⁻¹, MnCl₂×4H₂O - 0,004 г·л⁻¹, Co(NO₃)₂×6H₂O - 0,0031 г·л⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄×4H₂O - 0,0009 г·л⁻¹, K₂Cr₂(SO₄)₂×4H₂O - 0,0017 г·л⁻¹ модифицируется, для чего стерильная морская вода заменяется на пресную, в которую добавлена морская соль до концентрации 28 г/л.

³⁵ ⁴⁰ Заявляемое изобретение поясняется иллюстрациями: Фиг. 1 - Динамика плотности накопительной культуры *P. purpureum*, Фиг. 2 - Содержание В-ФЭ в накопительной культуре *P. purpureum*, Фиг. 3 - Содержание В-ФЭ в клетках микроводоросли *P. purpureum*.

⁴⁵ Биомасса красных водорослей является источником широкого спектра биологически активных веществ, таких как: фотосинтетические пигменты (фикоэритрин, фикоцианин, аллофикацианин), внеклеточные сульфополисахариды и ненасыщенные жирные кислоты [8]. В-фикоэритрин (В-ФЭ), входящий в состав светособирающего комплекса красной микроводоросли *P. purpureum*, с практической точки зрения является ценным природным

пигментом, имеющим редкий розовый цвет, а биотехнологический потенциал которого используется в нутрицевтике, фармацевтике, пищевой и косметической промышленности, а также в биомедицинских исследованиях и клинической диагностике.

Сравнение производственных характеристик и содержания В-фикаэритрина в культуре

P. purpureum, выращиваемой на пресной и морской воде, в качестве основы питательной среды, были выполнены авторами в экспериментах в лаборатории ФИЦ ИнБЮМ.

Микроводоросль выращивали в культуваторах плоскопараллельного типа накопительным способом при поверхностной освещенности культуваторов 5 клк, температуре 26°C и барботировании культуры воздухом с помощью аквариумного

распылителя со скоростью 0,5 л·мин⁻¹·л⁻¹. Для засева культуваторов использовали активно делящуюся культуру порфиридиума, когда ее продуктивность максимальна. Суспензию клеток вносили в культуваторы, предварительно рассчитав, чтобы начальная

плотность культур составляла не менее 0,1-0,2 г·л⁻¹ СВ. Питательной средой для предлагаемого способа культувирования являлась питательная среда по [2], приготовленная на кипяченой пресной воде, к которой перед добавлением минеральных солей добавляли морскую соль в количестве 28 г·л⁻¹. В качестве сравнения готовили среду для выращивания *P. purpureum* на стерильной морской воде соленостью 18‰, к которой перед внесением минеральных солей добавляли морскую соль в количестве

10 г·л⁻¹.

При накопительном режиме выращивания первоначальный запас элементов минерального питания обеспечивает поддержание клеток в культуре в вегетативном состоянии. Плотность культуры микроводоросли, содержание в ней и в биомассе В-ФЭ постепенно увеличиваются и достигают максимального значения (Фиг. 1, 2, 3).

Общий выход биомассы *P. purpureum* при накопительном культувировании определяется конечным сбором биомассы по окончании технологического цикла, который проводится в точке максимального содержания В-фикаэритрина в культуре (на 10 сутки). Данные, характеризующие продуктивность накопительной культуры *P. purpureum* по биомассе и В-ФЭ на пресной и морской водной основе питательной среды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Продуктивность накопительной культуры *Porphyridium purpureum*

при её выращивании на питательной среде на основе пресной и морской воды

Водная основа питательной среды	Максимальная продуктивность, г·л ⁻¹ ·сут ⁻¹	Продуктивность (за 10 суток), г·л ⁻¹ ·сут ⁻¹	Скорость синтеза В-ФЭ, мг·л ⁻¹ ·сут ⁻¹	Прирост биомассы (за 13-14 сут), г·л ⁻¹	Максимальное содержание В-ФЭ, мг/л
Пресная	0,34±0,03	0,24±0,02	11,95±1,75	2,78±0,23	87,5±4,7
Морская	0,34±0,02	0,26±0,01	12,2 ±2,3	3,02±0,02	81±5,4-

В предлагаемом способе культувирования по результатам проведенных

экспериментов, продуктивность (по биомассе и В-ФЭ) накопительной культуры *P. purpureum*, выращиваемой на питательной среде на основе пресной воды существенно не отличается от продуктивности культуры на морской воде.

Пример

Для получения инокулята *P. purpureum* 5-7 дней выращивали методом накопительной культуры на среде по [2] имеющей состав: NaNO_3 - 1,2 г·л⁻¹, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,45 г·л⁻¹, EDTA- Na_2 - 0,037 г·л⁻¹, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O}$ - 0,0265 г·л⁻¹, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,004 г·л⁻¹, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,0031 г·л⁻¹, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,0009 г·л⁻¹, $\text{K}_2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,0017 г·л⁻¹, которую готовили на пресной воде, к которой перед добавлением минеральных солей добавляли морскую соль в количестве 28 г·л⁻¹. Водоросли выращивали в конических колбах объемом 0,5 л при поверхностной освещенности 5 клк, температуре среды 26°C, продувке воздухом с помощью аквариумного распылителя со скоростью 0,5 л·мин⁻¹·л⁻¹ культуры.

Полученный инокулят переносили в культиваторы плоскопараллельного типа объемом 3 л, толщиной рабочего слоя 5 см, содержащие свежую питательную среду по [2] состава: NaNO_3 - 1,2 г·л⁻¹, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,45 г·л⁻¹, EDTA- Na_2 - 0,037 г·л⁻¹, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O}$ - 0,0265 г·л⁻¹, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,004 г·л⁻¹, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,0031 г·л⁻¹, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,0009 г·л⁻¹, $\text{K}_2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,0017 г·л⁻¹, приготовленную на пресной воде, к которой перед внесением минеральных солей добавляли морскую соль в количестве 28 г·л⁻¹. *P. purpureum* продолжали выращивать в накопительном режиме при поверхностной освещенности культиваторов 5 клк, скорости продувки воздухом 0,5 л·мин⁻¹·л⁻¹ культуры с помощью аквариумного распылителя и температуре питательной среды 26°C.

Сбор полученной биомассы *P. purpureum* осуществляли через 10 суток. Выход биомассы составил 2 г СВ с 1 л культуры, при содержании В-ФЭ не менее 80 мг·л⁻¹ в культуре и 5% в сухой биомассе (Фиг. 2, 3).

Разработан эффективный способ выращивания красной морской микроводоросли *P. purpureum*, не требующий наличия природной или приготовления искусственной морской воды, а биомасса которой является сырьем для получения БАВ и пигментов. Предложенный способ культивирования морской микроводоросли *Porphyridium purpureum* позволяет получить выход биомассы, а также содержание В-ФЭ в ней, не меньше, чем с использованием морской воды и на 25% выше, чем в прототипе, без дополнительного увеличения количества реагентов. Так, при предложенных условиях выращивания, выход биомассы составляет не менее 2 г, а В-ФЭ - не менее 80 мг с 1 л за 10 дней.

Полученные результаты демонстрируют возможность существенно снизить себестоимость получаемой биомассы морской микроводоросли *P. purpureum* за счет применения пресной воды вместо природной морской, либо дополнительного использования минеральных солей и трудозатрат для приготовления искусственной морской воды, за счет чего расширить перспективы его массового выращивания.

Источники информации, принятые во внимание:

- Гудвилович И.П., Лелеков А.С., Мальцев Е.И., Куликовский М.С., Боровков А.Б. Рост культуры *Porphyridium purpureum* (*Porphyridiales, Rhodophyta*) и продукция В-фикоэритрина при различной освещенности // Физиология растений. 2021. Т. 68, №1. С. 103-112.
- Тренкеншу Р.П., Терсков И.А., Фуряев Е.А., Ярунцов С.А. Ростовые и продукционные показатели водоросли *Porphyridium cruentum* в плотных культурах //

Интенсивная светокультура растений. Красноярск, 1977. С. 191-200.

3. Durmaz Y., Tamtiirk F., Konar N., Toker Ö.S., Palabiyik I. Effect of pigment composition of Porphyridium cruentum as continuously culture method in industrial scale tubular photobioreactor // Intern. J. Life Sciences Biotechnol. and Pharma Research. 2017. V. 6, No. 1. P. 18-21.

5 4. Fabregas J., Garcia D., Morales E., Dominguez A., Otero A. Renewal rate of semicontinuous cultures of the microalga Porphyridium cruentum modifies phycoerythrin, exopolysaccharide and fatty acid productivity // J. Ferment. Bioeng. 1998. V. 86, No 5. P. 477-481.

10 5. Fuentes-Grunewald C., Bayliss C., Zanain M., Pooley C., Scolamacchia M., Silkina A. Evaluation of batch and semi-continuous culture of Porphyridium purpureum in a photobioreactor in high latitudes using Fourier Transform Infrared spectroscopy for monitoring biomass composition and metabolites production // Biores. Technol. 2015. V. 189. P. 357-363.

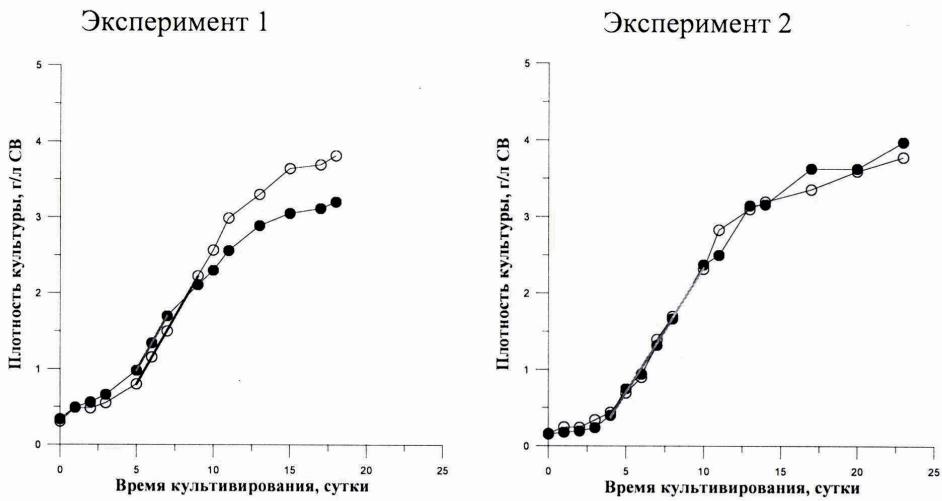
15 6. Gargouch N., Karkouch I., Elleuch J., Elkahoui S., Michaud P., Abdelkafi S., Laroche C., Fendri I. Enhanced B-phycoerythrin production by the red microalga Porphyridium marinum: A powerful agent in industrial applications // Intern. J. Biolog. Macromolec. 2018. V. 120. P. 2106-2114.

7. Kathiresan S., Sarada R., Bhattacharya S., Ravishankar A. Culture media optimization for growth and phycoerythrin production from Porphyridium purpureum // Biotech, and Bioeng. 2006. V. 96. P. 456-463.

20 8. Gaignard C., Gargouch N., Dubessay P., Delattre C., Pierre G., Laroche C., Fendri I., Abdelkafi S., Michaud P. New horizons in culture and valorization of red microalgae // Biotechnol. Adv. 2019. V. 37, No. 1. P. 193-222.

(57) Формула изобретения

Способ культивирования морской микроводоросли *Porphyridium purpureum*,
 25 предусматривающий культивирование методом накопительной культуры на питательной среде, приготовленной на пресной воде, в которую добавляют морскую соль до концентрации $28 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, причем в состав питательной среды входят такие компоненты, как $\text{NaNO}_3 - 1,2 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} - 0,45 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{EDTA-Na}_2 - 0,037 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \times 3\text{H}_2$
 30 $\text{O} - 0,0265 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O} - 0,004 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O} - 0,0031 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O} - 0,0009 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_2 \times 4\text{H}_2\text{O} - 0,0017 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, при этом культивирование проводят в течение 10 суток при температуре 26°C в условиях круглосуточного освещения с поверхностью освещенностью 5 клюк и непрерывно осуществляется барботажем
 35 воздухом через аквариумный распылитель со скоростью $0,5 \text{ л}\cdot\text{l}^{-1}$.

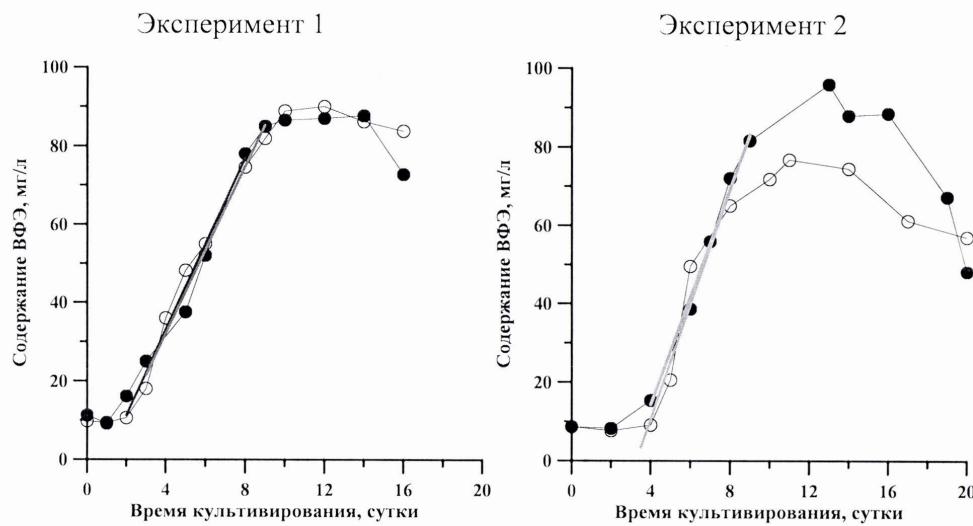


Фиг. 1 Динамика плотности накопительной культуры *P. rurpureum* при выращивании на питательной среде: ● – на основе пресной воды; ○ – на основе морской воды

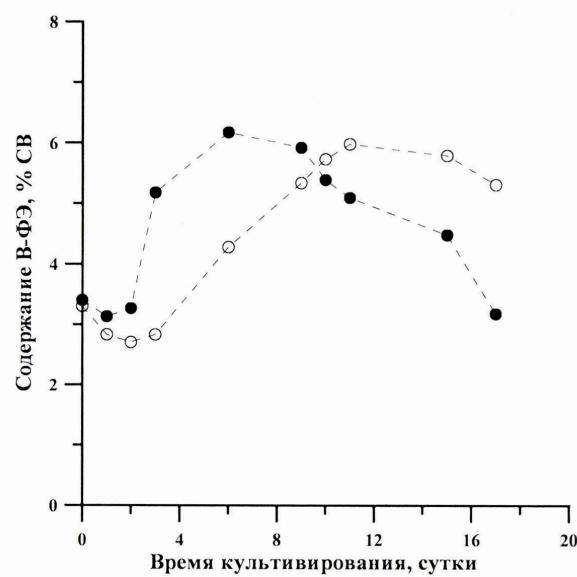
Линия – аппроксимация линейной фазы роста уравнением:

$$B = B_l + P_m \cdot t,$$

значения коэффициентов в тексте.



Фиг. 2 Содержание В-ФЭ в накопительной культуре *P. purpureum* при выращивании на питательной среде: ● – на основе пресной воды; ○ – на основе морской воды



Фиг. 3 Содержание В-ФЭ в клетках микроводоросли *P. rurpureum* при выращивании на питательной среде: ● – на основе пресной воды; ○ – на основе морской воды