

МИКРОВОДОРОСЛИ КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ОБЛАДАЮЩИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

А.В. Митишев

ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

E-mail: smitishev@mail.ru**Е.Е. Курдюков**

к.фарм.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

О.П. Родина

к.м.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

И.Я. Моисеева

д.м.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

Е.Ф. Семенова

к.б.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

Т.М. Фадеева

к.б.н., ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза, Россия)

Широкое использование антимикробных средств в медицине и ветеринарии привело к появлению и распространению резистентных микроорганизмов, в некоторых случаях устойчивых к нескольким классам антибактериальных препаратов. Одним из подходов к решению мировой проблемы антибиотикорезистентности, с одной стороны, и необходимости развития технологий здоровьесбережения населения, с другой стороны, является поиск продуцентов новых антимикробных природных соединений, весьма перспективным источником которых можно считать микроводоросли и цианобактерии. Первые исследования биологически активных соединений (БАС) микроводорослей и цианобактерий начались в 1940–1950 гг. Однако только в последнее десятилетие микроводоросли стали центром многочисленных исследований, направленных на поиск новых БАС, которые могли бы использоваться в различных отраслях медицины и ветеринарии.

Цель обзора - обобщение информации исследований отечественных и зарубежных ученых о биологически активных метаболитах микроводорослей, обладающих антибактериальным действием.

В результате изучения многочисленных исследований было обнаружено, что микроводоросли способны продуцировать соединения, обладающие антибактериальными, противовирусными, противогрибковыми антипротозойными эффектами. Поэтому биофармапрепараты на основе микроводорослей и цианобактерий могут оказаться не только эффективной, но и более безопасной альтернативой (в отличие от химически синтезированных субстанций) в терапии бактериальных и грибковых инфекций человека и животных, а также стать основой для создания органических консервантов, потребность в которых устойчиво растет под воздействием возрастающего спроса со стороны мультинациональных групп пищевых компаний.

Ключевые слова: микроводоросли, цианобактерии, антимикробные соединения, жирные кислоты, флавоноиды.

Для цитирования: Митишев А.В., Курдюков Е.Е., Родина О.П., Моисеева И.Я., Семенова Е.Ф., Фадеева Т.М. Микроводоросли как новый источник биологически активных соединений, обладающих антибактериальной активностью. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021;24(7):24–29. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-07-04>

В настоящее время активно проводятся исследования, направленные на поиск биологических объектов как перспективных источников новых, фармакологически активных соединений. Это необходимо для того, чтобы получить продуценты, которые будут выгодны в культивировании, поддержании их жизнедеятельности и получении на выходе достаточного количества и высокого качества целевых продуктов. Одним из таких источников могут быть микроводоросли.

Микроводоросли составляют одну из основных групп живых организмов, которые являются

важным источником разнообразных соединений, широко используемых в пищевой, фармацевтической промышленности, а также в биотехнологии (в том числе морской биотехнологии) [1].

Одним из главных преимуществ микроводорослей перед другими организмами является то, что они относятся к фотоавтотрофам. Поэтому для роста и развития микроводорослей не требуется добавления в питательные среды органических веществ, следовательно, их крупномасштабное культивирование проще и дешевле [2]. Исследования показали, что различные микроводоросли и

цианобактерии являются продуцентами более 1300 биологически активных соединений (БАС). Чаще всего БАС накапливаются в биомассе микроводорослей, однако в некоторых случаях эти метаболиты секретируются в среду; они известны как экзометаболиты. Биологически активные соединения микроводорослей, такие как белки, жирные кислоты, витамины и пигменты, относятся к первичным метаболитам, но в некоторых случаях относятся к вторичным. Вторичные метаболиты микроводорослей не только способствуют защите клеток от стрессовых условий, таких как температура, свет, соленость и засуха, но и способны ингибировать рост и развитие различных микроорганизмов [3]. Многие из этих соединений (циановирин, олеиновая кислота, линоленовая кислота, пальмитолеиновая кислота, витамин E, B₁₂, β-каротин, фикоцианин, лютеин и зеаксантин) обладают антимикробным, антиоксидантным и противовоспалительным действием [4–8].

По данным исследований С. Falaise et al. (2016), которые проводились на базе университета г. Ле-Ман (Франция), способность синтезировать антибактериальные соединения в значительной степени зависит от вида микроводорослей [9]. Результаты многочисленных исследований подтверждают, что антибактериальное действие преимущественно обнаруживается среди представителей классов зеленых, диатомовых и золотистых водорослей.

Присутствие таких соединений может сильно различаться у разных видов одного и того же класса в зависимости от условий выращивания. Например, экстракты зеленой микроводоросли *Dunaliella*, выделенной из сильно загрязненных вод, обладали большей антибактериальной активностью, чем экстракты ее экотипов, выделенных из менее загрязненных вод [9].

Ц е л ь р а б о т ы – обобщение информации исследований отечественных и зарубежных ученых о биологически активных метаболитах микроводорослей, обладающих антибактериальным действием.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ, ОБЛАДАЮЩИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ

В 1944 г. Pratt et al. впервые выделили из микроводоросли хлореллы соединение, обладающее антибактериальным действием. Субстанция была названа хлореллин и проявляла активность в отношении грамположительных (*B. subtilis*, *S. au-*

reus, *S. pyogenes*) и грамотрицательных (*E. coli*, *P. aeruginosa*) бактерий [10].

В результате проведения многочисленных исследований оценки потенциальной антибактериальной активности различных экстрактов микроводорослей в отношении патогенных бактерий были выявлены соединения, относящиеся к нескольким химическим классам, включая индолы, терпены, ацетогенины, фенолы, жирные кислоты и летучие галогенированные углеводороды [11, 12]. J.A.C. Costa et al. (2013) доказали наличие в экстрактах микроводорослей таких соединений, как α- и β-ионон, β-циклоцитрал, неофитадиен и фитол, обладающих антибактериальным действием [13]. Согласно данным M.G. Morais et al. (2014) также аналогичным эффектом обладают акриловые кислоты, стерины, серосодержащие гетероциклические соединения, сульфатированные полисахариды [14].

Противомикробная активность микроводорослей в отношении патогенов человека, таких как *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* и *S. epidermidis*, была приписана кислотам: γ-линоленовой, эйкозапентаеновой, гексадекатриеновой, докозагексаеновой, пальмитолеиновой, лауриновой, олеиновой, молочной и арахидоновой [13, 15]. Данные соединения оказывают как бактериостатическое, так и бактерицидное действие [16].

В табл. 1 представлены примеры наиболее распространенных микроводорослей, способных синтезировать БАС с антибактериальной активностью, таких как *Spirulina*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis*, *Chlorococcum*, *Nostoc* и *Scenedesmus* [8, 10, 17, 18].

МЕХАНИЗМЫ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ БАС МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Антибактериальные биологически активные соединения микроводорослей, такие как пигменты (каротиноиды, фикобилипротеины, производные хлорофилла), флавоноиды и свободные жирные кислоты влияют на мембраны бактерий. Бактериальная плазматическая мембрана отвечает за процессы осморегуляции, дыхания и транспорта, биосинтеза и сшивания пептидогликана, а также биосинтеза липидов. Для выполнения всех этих функций целостность мембраны является обязательным условием, а нарушение целостности может прямо или косвенно вызвать метаболическую дисфункцию и, в конечном итоге, привести к гибели бактериальной клетки.

Таблица 1. Основные биологически активные соединения, выделенные из микроводорослей

Микроводросли	Биологически активные соединения
<i>Spirulina sp.</i>	Полисахариды
<i>Spirulina platensis</i>	Фикоцианин, С-фикоцианин, фенольные кислоты, неофитадиен, фитол, ПНЖК (n-3) жирные кислоты, олеиновая кислота, линоленовая кислота, пальмитолеиновая кислота
<i>Spirulina fusiformis</i>	Диацилглицеролы
<i>Haematococcus pluvialis</i>	Астаксантин, лютеин, зеаксантин, кантаксантин, лютеин, β-каротин, олеиновая кислота
<i>Chlorella sp.</i>	Каротиноиды, сульфатированные полисахариды, стерины, ПНЖК (n-3) жирные кислоты
<i>Chlorella vulgaris</i>	Кантаксантин, астаксантин, пептид, олеиновая кислота
<i>Chlorella minutissima</i>	Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК)
<i>Chlorococcum sp.</i>	Каротиноиды, хлорофиллы
<i>Chlorococcum HS -101</i>	α-Киноленовая кислота
<i>Dunaliella salina</i>	Транс-бетакаротин, цис-бетакаротин, β-каротин, олеиновая кислота, линоленовая кислота, пальмитиновая кислота
<i>Dunaliella sp.</i>	Диацилглицерины
<i>Botryococcus braunii</i>	Линейные алкадиены (C25, C27, C29 и C31), триен (C29)
<i>Nostoc sp.</i>	Криптофицин
<i>Scenedesmus obliquus</i>	ПНЖК, фенольные соединения

Каротиноиды повышают количество и активность фермента лизоцима, который разрушает клеточную стенку бактерий [19]. Свободные жирные кислоты микроводорослей действуют как ингибиторы цепи транспорта электронов и нормального окислительного фосфорилирования в мембранах бактериальных клеток. Это мешает переносу энергии аденозинтрифосфата и ингибирует ферменты, такие как бактериальные еноил-ацил-редуктазы, необходимые для синтеза жирных кислот в бактериальной клетке. Затем происходит лизис клетки и образование продуктов перекисного окисления и автоокисления [20]. Способность жирных кислот

препятствовать росту бактерий зависит как от длины их цепи, так и от степени ненасыщенности [10].

Потенциальная активность свободных жирных кислот против различных бактерий подводит к активизации поиска лекарственных веществ из микроводорослей. Устойчивость бактерий к свободным жирным кислотам еще не встречалась, поэтому их применение в медицине заслуживает дальнейшего изучения.

Короткоцепочечные жирные кислоты из *Haematococcus pluvialis*, и длинноцепочечные жирные кислоты из *Scenedesmus obliquus* обладают антибактериальной активностью в отношении *E. coli* и

S. aureus [21]. O. Salem et al. (2014) [22] сообщили, что метанольная фракция *Scenedesmus sp.* обладает антибактериальной активностью в отношении *B. subtilis* и *S. aureus*, а метанольная и ацетоновая фракции обладают противогрибковой активностью в отношении *F. oxysporum*. Кроме того, O. Mudimu et al. [23] обнаружили, что метанольные фракции *Scenedesmus obliquus* обладают антимикробной активностью в отношении *E. coli*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* и *S. cerevisiae*. M. Abbassy et al. (2014) [24] показали, что экстракт *Scenedesmus sp.*, содержащий липиды и фенольные соединения, обладал противогрибковой активностью в отношении *F. oxysporum*, *A. niger* и *P. digitatum*. Bergsson et al. указывают на более выраженную восприимчивость грамотрицательных бактерий, к действию жирных кислот. Вероятно, это обусловлено различиями в строении внешней мембраны или клеточной стенки бактерий [25].

Активность клеточных лизатов *Phaeodactylum tricornerutum* в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий (включая *MRSA*), была связана с эйкозапентаеновой кислотой. Эта полиненасыщенная жирная кислота встречается главным образом в виде полярных липидных компонентов в структурных клеточных компонентах (например, в мембранах) и играет роль в защите микроводорослей. Аналогично предыдущей, гексадекатриеновая кислота, выделенная из *Phaeodactylum tricornerutum*, проявляет активность в отношении *S. aureus* [21].

Микроводоросли содержат различные классы флавоноидов таких, как изофлавоны, флавонолы, флаваноны и дигидрохалконы. Данные фенольные соединения обладают широким спектром биологической активности. По данным спектрофотометрических исследований, содержание фенольных соединений в экстрактах (водных, метанольных, ацетоновых, извлечений смешанными растворителями) *Spirulina platensis* оказалось выше, чем в экстрактах *Chlorella pyrenoidosa*. В экстрактах спирулины были обнаружены кверцетин, катехин, пирокатехол. Экстракты *Ch. pyrenoidosa* содержат: катехин, эпикатехин, галлат эпигаллокатехина, дигидрокверцетин-7,4'-диметиловый эфир [26].

Согласно данным Y. Xie et al. (2014), в проявлении антимикробного эффекта ведущая роль отводится спиртовому гидроксилу в составе молекулы флавоноидов. В дополнение к простым гидроксильным или метоксильным группам некоторые углеводородные и азотные или кислородсодержа-

щие заместители могут значительно влиять на антибактериальную активность данных веществ [27].

На сегодняшний день флавоноиды, особенно катехины, широко изучены на предмет их антимикробных свойств, как у грамположительных, так и у грамотрицательных бактерий. Взаимодействие флавоноидов с липидным бислоем включает два механизма. Первый связан с разделением более неполярных соединений в гидрофобной внутренней части мембраны, а второй включает образование водородных связей между полярными головными группами липидов и более гидрофильными флавоноидами на границе раздела мембран. Более того, неспецифические взаимодействия флавоноидов с фосфолипидами могут вызывать структурные изменения в свойствах мембраны и косвенно повлиять на распределение/функцию мембранных белков [28].

Флавоноиды, особенно катехины, за счет антиоксидантных свойств, применяются для нейтрализации бактериальных токсинов, вырабатываемых *V. cholerae*, *S. aureus*, *V. vulnificus*, *B. anthracis* и *C. botulinum*. Галлат эпигаллокатехина способен подавлять высвобождение веротоксина из энтерогеморрагических клеток *E. coli* [28].

По данным Sarah Saleh Abdu-Allah Al-Saif et al. (2014), водоросли *Gracilaria dendroides*, *Dictyota ciliolata* содержат высокие концентрации флавоноидов, а именно рутин, кверцетин и кемпферол. Этанольные и хлороформные экстракты водорослей *G. dendroides*, *D. ciliolata* показали высокую ингибирующую способность в отношении *E. coli*, *P. aeruginosa* [29].

Весомый вклад в формирование антимикробных и противовирусных свойств экстрактов микроводорослей вносят такие биологически активные соединения, как полисахариды. Они состоят из повторяющихся моносахаридных единиц, связанных гликозидными связями. Предполагается, что их механизм антибактериального действия обусловлен наличием гликопротеиновых рецепторов, присутствующих на клеточной поверхности полисахаридов, которые взаимосвязаны с соединениями в бактериальной клеточной стенке, цитоплазматической мембране и ДНК. Это приводит к увеличению проницаемости цитоплазматической мембраны, потере белка и нарушениям в бактериальной ДНК [30].

Среди оксилипинов, полученных из микроводорослей, антибактериальная активность полиненасыщенных альдегидов заслуживает особого внима-

ния. Такие соединения синтезируются диатомовыми водорослями, например, *Skeletonema costatum* и *Thalassiosira rotula*. Одним из них является декадиенал, вероятно, полученный из (полиненасыщенной) арахидоновой кислоты, которая проявляет сильную активность против таких клинически важных человеческих патогенов, как *MRSA* и *H. influenza*, а также против *E. coli* и *P. aeruginosa*, *S. aureus* и *S. epidermidis* [9, 30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроводоросли являются важным источником биологически активных соединений с широким спектром антибактериальной активности. Это обусловлено способностью накапливать такие соединения, как жирные кислоты, полисахариды, галогенированные алифатические соединения, терпеноиды, стерины, серосодержащие гетероциклические соединения, углеводы, ацетогенины, α - и β -ионон, β -циклоцитраль, неофитадиен и фитол. Содержание вышеперечисленных антибактериальных веществ в значительной степени зависит от вида микроводорослей. Кроме того, присутствие антибактериальных соединений в экстрактах микроводорослей также сильно зависит от экстрагента, используемого во время экстракции, о чем свидетельствует факт редкого обнаружения биологической активности в водных экстрактах.

Однако, несмотря на проведенные исследования, химическое разнообразие микроводорослей и цианобактерий, так же как и противомикробная активность их БАС, в том числе против антибиотикорезистентных возбудителей инфекций, включая пищевые, не изучены. Таким образом, дальнейшее изучение БАС микроводорослей и цианобактерий с целью создания эффективных и безопасных антибактериальных и противогрибковых биофармацевтических субстанций для медицинского и ветеринарного применения, органических консервантов для нужд пищевой промышленности является актуальным и перспективным.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Oren A. A hundred years of Dunaliella research: 1905–2005. *Saline Systems*. 2005; 1:2: 1-14. doi:10.1186/1746-1448-1-2
2. B. Hanaa H. Abd El, Gamal S. El-Baroty. Healthy Benefit of Microalgal Bioactive Substances. *Journal of Aquatic Science*. 2013; 1:1: 11-22. doi: 10.12691/jas-1-1-3
3. Yavuz Selim Cakmak, Murat Kaya, Meltem Asan-Ozusaglam. Biochemical composition and bioactivity screening of various extracts from *Dunaliellasalina*, a green microalga. *EXCLI Journal*. 2014; 679–690.
4. Smee D.F., Bailey K.W., Wong M.-H., et al. Treatment of influenza A (H1N1) virus infections in mice and ferrets with cyanovirin-N. *Antiviral Research*. 2008; 80(3):266–271.
5. Ibanez E. Cifuentes A. Benefits of using algae as natural sources of functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013; 93(4):703–709.
6. Markou G., Nerantzis E. Microalgae for high-value compounds and biofuels production: a review with focus on cultivation under stress conditions. *Biotechnology Advances*. 2013; 31(8):1532–1542.
7. Harun R., Singh M., Forde G.M., Danquah M.K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010; 14(3):1037–1047.
8. Michele Greque de Moraes, Bruna da Silva Vaz, Etiele Greque de Moraes, Jorge Alberto Vieira Costa. Biologically Active Metabolites Synthesized by Microalgae. *BioMed Research International*. 2015; 2015:1–15. doi: 10.1155/2015/835761
9. Falaise C., François C., Travers M.-A., Morga B., Haure J., Tremblay R., Mouget J.-L. Antimicrobial Compounds from Eukaryotic Microalgae against Human Pathogens and Diseases in Aquaculture. *Mar. Drugs*. 2016; 14(9): 159.
10. Helena M. Amaro, A. Catarina Guedes, F. Xavier Malcata. Antimicrobial activities of microalgae: An invited review. *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*. 2011; 2:1272–1284.
11. Lazarus S., Bhimba B. Antibacterial activity of marine microalgae against multidrug resistant human pathogens. *International Journal on Applied Bio-Engineering*. 2008; 2(1):32–34. doi: 10.18000/ijabeg.10020
12. Ramaraj Sathasivam, Ramalingam Radhakrishnan, Abeer Hashem, Elsayed F. Abd Allah. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019; 26:709–722.
13. Costa J.A.C., Moraes M.G. Microalgae for food production. *Fermentation Process Engineering in the Food Industry*. Eds. Taylor & Francis. 2013; 486.
14. Moraes M.G., Costa J.A.C. An open pond system for microalgal cultivation in. *Biofuels from Algae*. 2014; 1:1.
15. Coca M., Barrocal V.M., Lucas S., González-Benito G., García-Cubero M.T. Protein production in *Spirulina platensis* biomass using beet vinasse-supplemented culture media. *Food and Bioprocess Processing*. 2014; 94:306–312. doi: 10.1016/j.fbp.2014.03.012
16. Barkia I., Saari N., Manning S.R. Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition. *Mar Drugs*. 2019; 17(5): E304. doi: 10.3390/md17050304
17. Bhagavathy S., Sumathi P., Jancy Sherene Bell I. Green algae *Chlorococcum humicola*—a new source of bioactive compounds with antimicrobial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2011; 1(1): 1–7. doi: org/10.1016/S2221-1691(11)60111-1
18. Santhoshkumar K., Prasanthkumar S., Ray J.G. *Chlorococcum humicola* (Nageli) rabenhorst as a renewable source of bioproducts and biofuel. *Journal of Plant Studies*. 2016; 5(1): 48-57. doi: 10.5539/jps.v5n1p48
19. Cucco M.B., Guasco G., Malacarne Oltonelli R. Effects of betacarotene on adult immune condition and antibacterial activity in the eggs of Grey partridge, *Perdix perdix*. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2007; 147:1038–1046.

20. Marston A. Thin-layer chromatography with biological detection in phytochemistry. *Journal of Chromatography*. 2011; 1218(19): 2676–2683.
21. Surendhiran D., Vijay M., Razack A., Subramanian T., Shelomith A.S., Tamilselvam K. A green synthesis of antimicrobial compounds from marine microalgae *Nannochloropsis oculata*. *Journal of Coastal Life Medicine*. 2014; 2(11): 862–859.
22. Salem O., E. Hoballah S., Ghazi S. Hanna. Antimicrobial activity of microalgae extracts with special emphasize on *Nostoc* sp. *Life Sci. J.* 2014; 11:752–758.
23. Mudimu O., Rybalka N., Born J., Bauersachs T., Schulz R. Biotechnological screening of microalgal and cyanobacterial strains for biogas production and antibacterial and antifungal effects. *Metabolites*. 2014; 4:373–393.
24. Abbassy M., Marei G., Rabia S. Antimicrobial activity of some plant and algal extracts. *Inter. J. Plant Soil Sci.* 2014; 3: 1366–1373.
25. Bergsson G., Steingrímsson O., Thormar H. *In vitro* susceptibilities of *Neisseria gonorrhoeae* to fatty acids and mono-glycerides. *Antimicrob. Agents Chemother.* 1999; 43(11): 2790–2792.
26. Seghiri R., Kharbach M., Essamri A. Functional Composition, Nutritional Properties, and Biological Activities of Moroccan *Spirulina* Microalga. *Journal of Food Quality*. 2019; 2019:1–11. doi.org/10.1155/2019/3707219
27. Xie Y., Yang W., Chen X. Antibacterial Activities of Flavonoids: Structure-Activity Relationship and Mechanism. *Current Medicinal Chemistry*. 2014; 22(1):139.
28. Gorniak I., Bartoszewski R., Kroliczewski J. Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochem Rev.* 2019; 18:245–256.
29. Al-Saif S.S., Abdel-Raouf N., El-Wazanani H.A., Aref I.A. Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014; 21:57–64.
30. Jacob-Lopes E., Martinez-Francé E. Cyanobacteria and Microalgae in the Production of Valuable Bioactive Compounds. *Microalgal Biotechnology*. 2018; 3:1095.

Поступила после доработки 20 апреля 2021 г.

MICROALGAE AS A NEW SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS WITH ANTIBACTERIAL ACTIVITY

© Authors, 2021

A.V. Mitishev

Senior Lecturer, Penza State University (Penza, Russia)
E-mail: smitishev@mail.ru

E.E. Kurdyukov

Ph.D. (Pharm.), Penza State University (Penza, Russia)

O.P. Rodina

Ph.D. (Med.), Penza State University (Penza, Russia)

I.Ya. Moiseeva

Dr.Sc. (Med.), Penza State University (Penza, Russia)

E.F. Semenova

Ph.D. (Biol.), Penza State University (Penza, Russia)

T.M. Fadeeva

Ph.D. (Biol.), Penza State University (Penza, Russia)

The global use of antimicrobial agents in human and veterinary medicine has led to the emergence and spread of resistant microorganisms, which in some cases no longer respond to several classes of antibacterial drugs. One of the approaches to tackle the global issue of antibiotic resistance, on the one hand, and to advance the technologies of population health protection, on the other hand, is to find producers of new antimicrobial natural compounds. Therefore, a very promising source of these compounds is microalgae and cyanobacteria.

The first studies of biologically active compounds (BAC) of microalgae and cyanobacteria began in the 40–50 years of the 20th century. However, only in the last decade, microalgae have become the center of numerous studies aimed at finding new BAC that could be used in various branches of medicine and veterinary medicine.

As a result of numerous studies, it was found that microalgae are able to produce compounds that have antibacterial, antiviral, antifungal and antiprotozoal effects. Biopharmaceuticals based on microalgae and cyanobacteria can be not only an effective, but also a safer alternative (unlike chemically synthesized substances) in the treatment of bacterial and fungal infections in humans and animals. Moreover, they can form the basis for manufacturing organic preservative agents, the need for which is steadily growing under the impact of increasing demand from the multinational groups of food companies.

The purpose of this review is to summarize the information of studies of domestic and foreign scientists on biologically active metabolites of microalgae that have an antibacterial effect.

Key words: *microalgae, cyanobacteria, antimicrobial compounds, fatty acids, flavonoids.*

For citation: Mitishev A.V., Kurdyukov E.E., Rodina O.P., Semenova E.F., Moiseeva I.Ya., Fadeeva T.M. Microalgae as a new source of biologically active compounds with antibacterial activity. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2021;24(7):24–29. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-07-04>