Медицинские аспекты АЛЬГОЛОГИИ

Современная номенклатура водорослей насчитывает около 40 тыс. видов, более половины имеют микроскопические размеры и характеризуются лабильным метаболизмом.



Николай Шалыго,
завлабораторией Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, член-корреспондент

Альгология – один из разделов ботаники, который изучает морфологию, анатомию, биохимию, физиологию, генетику, экологию, географическое распространение водорослей.

В зависимости от среды культивирования их биомасса может накапливать белок высокого качества, липиды, углеводы, уникальные биологически активные вещества, среди которых витамины, гормоны, антиоксиданты и антибиотики. Такие водоросли называют хозяйственно полезными (их около 170 видов), используют в качестве кормовых и пищевых добавок, а также в медицине для профилактики и лечения ряда заболеваний [1–4].

Ведущие страны имеют обширные альгологические коллекции. Белорусская находится в Институте биофизики и клеточной инженерии Академии наук. Представлена 50 штаммами хозяйственно полезных видов, полный список которых, а также их паспортные характеристики представлены в каталогах и на сайте института [5, 6]. Ряд водорослей коллекции важны и ценны для медицины. Кратко остановимся на их описании.

Дуналиелла (*Dunaliella salina*) – зеленая одноклеточная водоросль. Объект массового промышленного культивирования для синтеза витаминов, липидов, глицерина, спиртов (в частности, этанола) и антибиотиков. Особенно интенсивно используется для получения в промышленных масштабах β-каротина (провитамина А) и полиненасыщенных жирных кислот, являющихся предшественниками простагландина и препятствующих развитию атеросклероза. По содержанию жиров (до 28%) превосходит другие водоросли.

Хлорелла (*Chlorella vulgaris, Chlorella vulgaris BIN, Chlorella fusca*) – одноклеточные зеленые водоросли. Используются в биотехнологии для получения белка и витаминов. При употреблении в виде таблеток или суспензии увеличивается синтез интерферона, происходит очистка крови, печени, почек, желудочно-кишечного тракта от токсинов и тяжелых металлов, возрастает снабжение кислородом клеток тела и мозга, улучшается пищеварение, нормализуется рост организма, стимулируется восстановление тканей, pH сдвигается в щелочное состояние, нормализуется сердечно-сосудистая деятельность, а в кишечнике более интенсивно

развивается полезная микрофлора. Применение хлореллы рекомендуется при усталости, нарушениях сердечно-сосудистой деятельности и давления, потере памяти, высоком содержании холестерина, проблемах с пищеварением, тучности, головной боли, инфекциях, дерматитах, токсикозах, нарушениях зрения, аллергиях и как общеукрепляющее средство, повышающее иммунный статус организма. *Chlorella kessleri* широко используется в качестве БАДов, *Chlorella pyrenoidosa* – в китайской медицине, а также в роли пищевых добавок в США, Японии, Китае, Тайване и других странах, где ее называют «зеленой пищей».

Порфиридиум (*Porphyridium purpureum*) – красная одноклеточная водоросль, содержащая β-каротин, ксантофиллы, а также красный пигмент фикоэритрин и синий пигмент фикоцианин (сильный антиоксидант). Фикоэритрин применяют в иммунодиагностике и фотодинамической терапии, косметике, фармакологии и пищевой промышленности.

Осциллатория (*Oscillatoria sp.*) – синезеленая трихомная водоросль, содержащая β-каротин и фикоцианин.

Хлорококкум (*Chlorococcum humicolum*) – одноклеточная зеленая водоросль, используемая для получения кетокаротиноидов, применяющихся в медицине, в производстве нутрицевтиков и продуктов питания для коррекции окислительного стресса, замедления процессов старения и профилактики системных заболеваний.

Монохризис (*Monochrysis lutheri*) – одноклеточная морская жгутиковая водоросль, из биомассы которой получают липиды, 27% которых представлены полиненасыщенными жирными кислотами с 20 углеродными атомами, включая арахидоновую, гадолеиновую и докозеновую, являющихся предшественниками простагландинов, лейкотриенов и тромбоксанов и представляющих интерес как медиаторов гормональной активности и профилактики онкозаболеваний.

Ооцистис (*Oocystis sp.*) – зеленая одноклеточная водоросль. Применяется в фармакологии, медицине и грязелечении.

Батрахоспермум (*Batrachospermum moniliforme*) – многоклеточная водоросль. Из нее получают фикоцианин, фикоэритрин и фикоколлоиды (агар, агароид, агароза, каррагенан, агаропектин, а также альгиновую кислоту и ее соли – альгинаты, маннит, сорбит). Фикоколлоиды – уникальные продукты биосинтеза красных водорослей, широко применяются в фармацевтической промышленности.

Неохлорис (*Neochloris gelatinosa*) – одноклеточная зеленая водоросль, экстракт которой получен с помощью полярных и/или неполярных растворителей, используется для похудения, особенно в косметических композициях.

Более подробно остановимся на спирулине и гематококке как водорослях, наиболее активно используемых в медицине за рубежом. Их биомассы содержат большое количество наиболее сильных антиоксидантов фикоцианина и астаксантина соответственно.

Спирулина (*Spirulina platensis*) принадлежит к синезеленым трихомным водорослям (цианобактериям). В естественных условиях растет в водоемах с большим содержанием солей (оптимальная концентрация 20–70 г/л) и достаточно высоким значением pH (9,0–10,0), то есть в водах, имеющих щелочную реакцию. В биомассе спирулины 65% белка, 10% липидов, 13% углеводов, 4% нуклеиновых кислот, 8% зольных элементов. Первый по своему качеству близок к казеину молока и включает все незаменимые аминокислоты, необходимые для роста, развития и поддержания нормального физиологического состояния человека. Спирулина содержит практически все водо- и жирорастворимые витамины: B_1 (тиамин), B_2 (рибофлавин), B_3 (пантотеновая кислота), B_6 (пиридоксин), B_c (фолиевая кислота), C (аскорбиновая кислота), E (токоферол), H (биотин), PP (никотиновая кислота), инозит. Также имеет большое количество каротиноидов (до 0,4% сухой биомассы), превращающихся в витамин A, а также витамин F (незаменимые жирные кислоты). К ним относятся арахидоновая, линолевая и линоленовая кислоты, не синтезирующиеся в организме человека.

Большинство (74%) всех жирных кислот спирулины (пальмитоолеиновая, олеиновая, линолевая, α-

и γ-линоленовая) – ненасыщенные. Среди насыщенных жирных преобладают лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, маргариновая и стеариновая. Следует отметить, что в спирулине отсутствуют жирные кислоты с нечетным числом углеродных атомов, не усваивающихся организмом человека. В биомассе данной водоросли – 20 минеральных элементов, необходимых человеку, в том числе кальций, железо, магний, медь, йод и селен, в основном в форме органических соединений.

Углеводы спирулины представлены, главным образом, сложными полимерами. Полисахариды входят в состав клеток, клеточных стенок и слизистых чехлов. При этом преобладают гемицеллюлозы и пектиновые вещества. Полисахариды, выделенные из клеток спирулины, содержат рамнозу, фруктозу, галактозу, ксилозу, маннозу, глюкуроновую и галактуроновую кислоты.

Пигментный состав водоросли представлен хлорофиллом *a* (хлорофилл *b* отсутствует) и каротиноидами. Кроме β-каротина, в биомассе идентифицированы уникальные кето-каротиноиды эхиненон и гидроксиэхиненон, характерные для животных организмов. Клетки спирулины содержат большое количество пигментов фикобилинов, в основном это фикоцианин, присутствуют также аллофикоцианин и фикоэритрин. Особо следует отметить наличие большого количества фикоцианина (50–70 мг на 1 г сухого вещества). Именно с ним связывают фармакологические эффекты спирулины. По антиоксидантной активности фикоцианин в 20 раз превосходит аскорбиновую кислоту [7, 8].

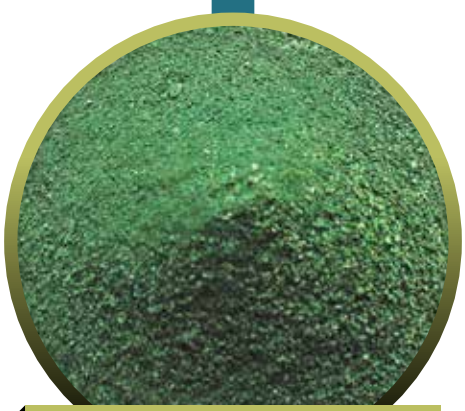


Рис. 1. Лабораторный образец сухой биомассы спирулины, полученный в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

Изучение питательной ценности биомассы спирулины, проводившееся во многих странах, показало ее полезность и целесообразность использования в рационах детского и диетического питания [9–12]. Считают, что это профилактическое и лечебное средство при атеросклерозе, миокардиосклерозе, болезни желудочно-кишечного тракта (гепатите, циррозе печени, панкреатите, язве желудка и 12-перстной кишки), диабете, глазных болезнях (катаракте у пожилых людей, глаукоме), анемии, облысении, вызванном нарушением кровообращения, в качестве энтеросорбента токсикантов, в гериатрии. Особенно важно ее положительное действие при иммунных заболеваниях.

Важный аспект исследований – доказательство того, что при приеме спирулины с пищей фикоцианин способен преодолевать гематоэнцефалический барьер, являясь селективным ингибитором циклооксигеназы-2. Полагают, что гепатопротекторное, противовоспалительное и антиартритное действия фикоцианина хотя бы частично обусловлены его способностью ингибировать циклооксигеназу, перекисное окисление липидов и нейтрализовать свободнорадикальные состояния.

Из спирулины выделен сульфополисахарид – кальций-спирулан, обладающий антивирусной активностью против герпеса, цитомегаловируса, кори, свинки, гриппа А, ВИЧ-1.

Гематококк

(*Haematococcus pluvialis*), или гематококкус, – повсеместно распространенная зеленая одноклеточная водоросль, обитающая в мелких, пересыхающих в летнее время мезосапробных водоемах. Ее биомасса содержит белок, имеющий все незаменимые кислоты (23,62%), углеводы (38,0%), жиры (13,8%). Среди жирных кислот имеются полиненасыщенные класса омега-3, в частности эйкозапентаеновая. В клетках водоросли обнаружены витамины B_1, B_2, B_3, B_6, B_c, B_7, B_{12}, PP, C, E и витаминоподобное вещество L-карнитин.

В последнее время интерес к гематококку существенно возрос, так как он – продуцент природного, весьма ценного и полезного по своей биохимической активности антиоксиданта – каротиноида астаксантина, придающего розовую и красную окраску лососевым рыбам, креветкам и лобстерам. Астаксантин – антиоксидант, который в 1 тыс. раз сильнее витамина Е, и в 40 раз – чем β-каротин. Кроме того, астаксантин обладает редкой для многих биологически активных веществ способностью проникать через гематоэнцефалический барьер, что определяет его эффективность при профилактике и лечении заболеваний центральной нервной системы.

Следует отметить, что в активной стадии роста микроводоросль имеет зеленую окраску и находится в постоянном движении. Ее пигментный состав представлен хлорофиллом *a*, *b* и каротиноидами – лютеином и β-каротином, составляющими 75–80% и 10–20% от суммы каротиноидов соответственно. Попадая в неблагоприятные условия или при недостатке питательных веществ водоросль переходит в стадию покоя, образуя апланоспоры и начиная в огромных количествах производить каротиноид астаксантин для защиты от ультрафиолета и окислительного повреждения. В этой стадии микроводоросль накапливает до 15–40 г астаксантина на 1 кг сухой биомассы и приобретает ярко-красную окраску.

По сравнению с β-каротином астаксантин имеет два дополнительных атома кислорода, что увеличивает антиоксидантные свойства астаксантина и придает ему уникальные качества, не присущие никаким другим каротиноидам.

Астаксантин весьма ценен для медицины и успешно используется для лечения и профилактики различных заболеваний. Известны многочисленные положительные результаты медико-биологических, фармакологических исследований, демонстрирующих высокую эффективность применения этой микроводоросли при лечении и профилактике заболеваний, связанных с нарушениями деятельности иммунной, эндокринной, пищеварительной, сердечно-сосудистой и нервной систем животных и человека. В отличие от β-каротина астаксантин не является провитамином А, поэтому норму его суточного потребления по медицинским показаниям можно увеличивать до 20 мг в сутки без угрозы побочных эффектов.



Рис. 2. Лабораторные образцы зеленой суспензии гематококка и суспензии гематококка, обогащенной астаксантином, полученные в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

Промышленного производства водорослей в Республике Беларусь нет, за исключением изготовления суспензии хлореллы в качестве кормовой добавки [13]. Спирулина закупается за рубежом, в основном для фармацевтической промышленности – получения хлорина e_6 – активного вещества отечественного препарата «Фотолон», современного фотосенсибилизатора, используемого в онкологии и офтальмологии для фотодинамической терапии [14]. Выбор спирулины в качестве сырья обусловлен высоким содержанием в ее биомассе хлорофилла *a* при полном отсутствии хлорофилла *b*, это позволяет получать хлорин e_6 с минимальным количеством примесей.

В рамках функционирования Республиканского центра альгологии, созданного на базе лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Института биофизики и клеточной инженерии, планируется организовать производственный участок для получения биомассы *Spirulina platensis*. Планируется также проведение цикла работ для получения биомассы гематококка, обогащенного астаксантином, и биомассы спирулины, обогащенной йодом и селеном.

Разработаны методы культивирования в лабораторных условиях (*рис. 1*), получены образцы сухой биомассы «белорусской спирулины», а также лабораторные образцы суспензии *Haematococcus pluvialis*, обогащенной астаксантином (*рис. 2*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вассер С.П. Водоросли: Справочник. – Киев, 1989.
2. Макарова Е.И., Отурина И.П.,. Сидякин А.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. №20. С. 120–133.
3. Шалыго Н.В. Хозяйственно полезные виды водорослей и их использование в народном хозяйстве: Научно-аналитический доклад. – Мн., 2007.
4. Мельников С.С., Мананкина Е.Е. Медицинские аспекты использования спирулины // Весці НАНБ. Серыя мед. навук. 2008. №2. С. 121–126.
5. Мельников С.С., Мананкина Е.Е., Будакова Е.А., Шалыго Н.В. Каталог генетического фонда хозяйственно полезных видов водорослей. – Мн., 2011.
6. Шалыго Н.В., Мельников С.С., Мананкина Е.Е., Будакова Е.А. Каталог национального генетического фонда хозяйственно полезных растений. – Мн., 2012.
7. Romay C., Gonzalez R.J. Phycocyanin is an antioxidant protector of human erythrocytes against lysis by peroxyl radicals // J. Pharm. Pharmacol. 2000. Vol. 52. P. 367–368.
8. Hirata T., Tanaki M., Ooike M., Tsunomura T., Sagakuchi M. Antioxidant activities of phycocyanobillin prepared from *Spirulina platensis* // J. Appl. Phycol. 2000. Vol. 3. P. 435–439.
9. Евец Л.В., Ляликов С.А., Макарчик А.В. Spirulina как средство, нормализующее адаптационные возможности организма детей, подвергающихся длительному действию малых доз радиации // Здравоохранение Беларуси. 1992. №7. С. 11–12.

Полный список литературы размещен на сайте.

SEE http://innosfera.by/2018/02/algology