

ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОТЕОЛИЗА ХЛОРЕЛЛЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

И.А. ИЛЬЮЧИК, О.Н. ЖУК, В.Н. НИКАНДРОВ

Полесский государственный университет
г. Пинск, Республика Беларусь, nadulich@mail.ru

Глобальной проблемой современности является обеспечение различных отраслей народного хозяйства необходимым количеством белков, а также усвояемых источников витаминов и микроэлементов. Так, нехватку белков, витаминов и микроэлементов в кормовых рационах испытывает животноводство и птицеводство, что негативно сказывается на продуктивности скота и птицы, а также на резистентности их организмов к целому ряду заболеваний. Рационы сельскохозяйственных животных и птиц ряда регионов нашей страны характеризуются как раз нехваткой белка, витаминов и микроэлементов. В этой связи актуальной задачей биотехнологии является изучение удобного продуцента перечисленных компонентов, позволяющего получать целевые продукты с небольшими затратами.

В последние десятилетия в качестве такого продуцента используется хлорелла – одноклеточная водоросль, относящаяся к типу зеленых водорослей (*Chlorophyta*), порядку хлорококковых (*Chlorococcales*), семейству хлорелловых (*Chlorellaceae*). Род *Chlorella* включает несколько видов: *Chlorella vulgaris* Beyerink, *Chlorella infusionum* Beyerink, *Chlorella parasitica* Brandt, *Chlorella condustrix* Brandt, *Chlorella actinosphaerii* Averinzew. [1]. Наиболее распространенными видами являются *Chlorella vulgaris*, обитающая в воде луж, канав и прудов, и *Chlorella infusionum*, поселяющаяся в сосудах с водой, покрывая зеленоватым налетом их внутреннюю поверхность. Хлорелла легко культивируется, в культуре способна формировать большую биомассу [4].

Хлоропласты хлореллы содержат хлорофилл- α и хлорофилл- β . Она отличается высокой эффективностью фотосинтеза: тогда как большинство высших растений способно улавливать до 3% солнечного света, хлорелла может использовать более 70% его, при этом 1 кг биомассы водоросли выделяет в сутки до 270 л кислорода.

Химический состав хлореллы зависит от характера использованной питательной среды: при выращивании на обычных минеральных средах в сухой биомассе содержится 40–55% белка, 35% углеводов, 5–10% липидов (при этом около 80% всех жирных кислот хлореллы приходится на ненасыщенные, включая арахидоновую кислоту) и до 10% минеральных веществ. При этом, целенаправленно воздействуя на метаболизм продуцента и регуляцию метаболизма, возможно получать биологически активные субстанции с заданными свойствами.

Так, хлорелла, растущая на среде, богатой источниками азота, синтезирует преимущественно белки, а при дефиците азота – главным образом липиды и углеводы. Известно, что при изменении минерального питания, температурного и светового режимов также можно выращивать эти водоросли с различным содержанием в биомассе белка (8–58%), углеводов (5–38%) и липидов (4–85%). А добавление солей марганца в питательную среду до конечной концентрации 0,2 мг/л способно увеличивать урожай биомассы хлореллы на один–два порядка. *Chlorella* является богатейшим источником белка, который по качеству равноценен белку сухого молока или мяса. Более того, хлорелла не дает отходов: усваиваются все компоненты ее клетки.

Суммарный белок водоросли представлен более чем 40 аминокислотами. В том числе на 100 г общего азота хлореллы приходится 6,4 г аспарагиновой аминокислоты; 6,2 г глицина, 7,7 г аланина, 7,8 г глутаминовой аминокислоты, 3,3 г серина, 2,8 г тирозина, 5,8 г пролина, 0,2 г цистина, 5,5 г валина, 15,8 г аргинина, 3,3 г гистидина, 3,5 г изолейцина, 6,1 г лейцина, 10,2 г лизина, 1,4 г метионина, 2,8 г фенилаланина, 2,9 г треонина, 2,1 г триптофана [2].

Хлорелла синтезирует значительное количество витаминов, превосходя все растительные корма и сельскохозяйственные культуры. В 1 г сухого вещества биомассы водоросли содержится: каротина (провитамина А) – 1000–1600 мкг, тиамина – 2–18 мкг, рибофлавина – 21–28 мкг, пиридоксина – 9 мкг, цианкобаламина (его не синтезируют ни дрожжи, ни высшие растения) – 0,025–0,1 мкг, аскорбиновой кислоты – 1300–5000 мкг, провитамина D – 1000 мкг, филлохинона – 6 мкг, никотиновой кислоты – 110–180 мкг, токоферола – 10–350 мкг, пантотеновой кислоты – 12–17 мкг, фолиевой кислоты – 485 мкг, биотина – 0,1 мкг, а также лейковорина (производного тетрагидрофолиевой кислоты) – 22 мкг. Практически все перечисленные витамины обнаружены и в

культуральной жидкости, где их уровень значительно превосходит таковой в клетках водоросли. Микроэлементный состав суспензии хлореллы включает медь, железо, цинк, кобальт, марганец, молибден, йод и др. элементы [3].

Благодаря относительно простой организации, большой скорости размножения, возможности культивирования в полностью контролируемых условиях, высокая пластичность метаболизма делает хлореллу классическим объектом промышленной биотехнологии. Она нашла широкое применение в различных областях деятельности человека: в сельском хозяйстве, медицине, пищевой промышленности, парфюмерии, очистке сточных вод и т.д..

Для дальнейшей оптимизации биотехнологических процессов, связанных с использованием хлореллы, прежде всего, необходимо углубленное изучение механизмов регуляции метаболизма ее клеток. Одним из генеральных механизмов такого плана является система протеолиза. Об особенностях ее организации у хлореллы данные литературы немногочисленны, что и диктует необходимость развертывания исследований в данном направлении, а также раскрытия роли отдельных протеолитических реакций в жизнедеятельности клеток этой водоросли.

В настоящее время на кафедре биотехнологии нашего университета методом лизиса субстратов в тонком слое агарового геля развернуты исследования особенностей проявления протеолитической активности штаммов *Chlorella vulgaris* IBCE C-19, *Chlorella vulgaris* C-111 и *Chlorella kessleri* IBCE C-3 в том числе и регуляторной роли биогенных фосфатов в реакциях протеолиза. Получены предварительные результаты о расщеплении желатина, фибриногена и казеина, но не гемоглобина водными экстрактами гомогенатов *Chlorella vulgaris* и *Chlorella kessleri*. Дальнейшие работы в этом направлении позволят получить материалы, раскрывающие ряд особенностей регуляции жизнедеятельности клеток *Chlorella vulgaris* и *Chlorella kessleri*, что позволит оптимизировать процессы наработки биомассы этой водоросли, а также направленно воздействовать на ее метаболизм для получения целевых продуктов биосинтеза.

Авторы выражают благодарность заведующему лаборатории биофизики и биохимии растительной клетки Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, доктору биологических наук Н.В.Шалыго за предоставленные маточные культуры *Chlorella vulgaris* IBCE C-19, *Chlorella vulgaris* C-111 и *Chlorella kessleri* IBCE C-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева В.М. Род Clorella. Морфология, систематика, принципы классификации / В.М. Андреева – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1975. – 110 с.
2. Буймова С.А. Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области / С.А. Буймова, А.Г. Бубнов; под ред. А.Г. Бубнова; Иван. гос. хим.–технол. ун-т. – Иваново, 2012. – 463 с.
3. Мельников, С. С. Хлорелла: физиологически активные вещества и их использование /С. С. Мельников, Е. Е. Мананкина. Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 79 с.
4. Музафаров А.М. Культивирование и применение микроводорослей / Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. – Ташкент: Фан УзССР, 1984. – 136 с.