

ВЛИЯНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS*

Кругликова Л. Л., Савинова Д. М.

Научный руководитель: Яковлев А. Н., к.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: DinaSavinova@gmail.com

Зеленые микроводоросли рода *Chlorella* недавно привлекли внимание мирового научного сообщества как многообещающие организмы.

Очень распространенной из хлорелл является *Chlorella vulgaris*. Она постоянно встречается массами в воде и в грязи луж, канав и прудов.

Огромный исследовательский интерес ученых всего мира к этой водоросли определяется, прежде всего, богатейшим составом всего спектра биологически активных веществ, высокой их концентрацией и сравнительно простой технологией получения больших количеств ее биомассы.

По своей питательности водоросль не уступает мясу и значительно превосходит пшеницу. Если в пшенице содержится 12 % белка, то в хлорелле его более 50 %. При аминокислотном анализе клеточного содержимого обнаружено 40 аминокислот, в том числе все незаменимые. В макро- и микроэлементный состав суспензии хлореллы входят кальций, фосфор, магний, калий, медь, железо, сера, цинк, кобальт, марганец, цирконий, рубидий, йод и др. микроэлементы [1].

Применение хлореллы в различных областях деятельности человека очень широкое:

- в сельском хозяйстве для подкормки растений, птиц и животных, в пчеловодстве и рыбном хозяйстве;
- в пищевой промышленности;
- в медицине, косметологии и парфюмерии;
- для очистки сточных вод и реабилитации водоемов;
- для производства кислорода;
- для производства биотоплива.

Клетки делятся каждые двенадцать часов. Это и позволяет собирать фантастические урожаи. За год с каждого гектара водной поверхности бассейнов можно снять до 600 центнеров сухой биомассы [2].

Для производства биомассы хлореллы требуется соблюдать несколько условий. Это в первую очередь определенная питательная среда, наличие углекислого газа, температура и свет.

Питательная среда представляет собой смесь минералов и органики, насыщенную углекислым газом. Рост биомассы микроводоросли происходит только при определенной температуре, а именно 30-36°C.

Световое воздействие заключается в облучении либо солнечным светом, либо искусственными источниками света в зависимости климата.

Выращивают микроводоросли *Chlorella* в открытых (бассейнах) и в закрытых культиваторах.

Технология бассейнового производства не требует высоких капиталовложений и адаптирована к расширению производственных мощностей. В оптимальных случаях может давать довольно большие выходы биомассы [3].

Закрытые фотореакторы - это системы прозрачных емкостей (труб, аквариумов), внутри которых циркулирует питательная среда с микроводорослями.

В качестве облучателя в закрытых фотореакторах используются в основном лампы накаливания в том числе кварцевые галогенные с отражателями, зеркальные лампы, и люминесцентные лампы. Используют также дуговые ртутные люминесцентные, ксеноновые, натриевые лампы. По сравнению с естественными источниками света искусственные источники могут создавать большую облученность, нежели солнечный свет [4].

Культивирование микроорганизмов в закрытых биореакторах связано с большими энергетическими затратами на освещение.

Одним из возможных решений снижения затрат на электроэнергию и получения спектра излучения с необходимыми характеристиками для культуры является применение светодиодной осветительной установки.

Выбрав наиболее оптимальные параметры для роста и развития микроводорослей, можно создать благоприятные условия для быстрого их роста и снизить время, затрачиваемое на их выращивание.

Цель экспериментальных исследований – выявить влияние фотометрических характеристик источника излучения на эффективность выращивания.

Облучение производилось разными типами источников света: лампой накаливания (ЛН), светодиодной (СД) и люминесцентной (КЛЛ) лампами.

В ходе проведения исследований были получены данные увеличения оптической плотности *D* суспензии хлореллы.

В первом случае использовались лампы одинаковой цветовой температуры 4200 К. Результаты прироста получились практически идентичными. Таким образом, было установлено, что при данной цветовой температуре степень влияния характера спектра излучения на рост культуры незначительна.

Наименование	D_0	D	$D - D_0$
ЛН	0,009	0,203	0,194
КЛЛ, T=4200K	0,010	0,122	0,112

СД, T=6500K	0,010	0,084	0,074
СД, T=4200K	0,003	0,115	0,112

Таб. 1. Результаты измерений при облучении разными лампами.

Во втором случае для облучения биомассы использовались светодиодные лампы с цветовой температурой 4200 и 6500 К. Характер спектров излучения ламп схож и условия, при которых происходило культивирование суспензии хлореллы, идентичны.

Результаты эксперимента значительно отличаются друг от друга, что позволяет предположить, что на процесс роста используемой в эксперименте микроводоросли влияет цвет свечения ламп.

Как и все растения, хлорелла поглощает не все длины волн света.

Для получения кривой светопоглощения хлореллы был измерен спектр оптической плотности. Оптическую плотность измеряли в диапазоне длин волн от 300 до 800 нм, при толщине слоя 1 см.

Пользуясь полученными значениями D, рассчитали коэффициенты поглощения хлореллы.

Спектр поглощения имеет непрерывный характер, но обнаруживается два максимума на той длине волны света, где имеется максимальное поглощение квантов света, в красной области (от 660 до 680 нм) и второй максимум расположен в синем спектральном диапазоне от 420 до 450 нм. Таким образом, именно в этих областях, эффективность фотосинтеза наибольшая. Значительный провал наблюдается в интервале длин волн от 500 до 580 нм. Таким образом, свет в зеленой области имеет наименьшее поглощение (см. рис. 1).

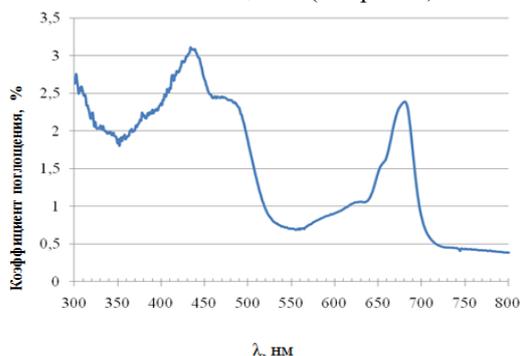


Рис. 1. Спектр поглощения суспензии хлореллы в диапазоне длин волн от 300 до 800 нм.

Следующие эксперименты были нацелены на выявление конкретных длин волн, при которых будет наблюдаться максимальный прирост биомассы. В ходе проведения эксперимента, культуру облучали светодиодными источниками света с красным (от 620 до 630 нм), синим (от 450 до 465 нм) и зеленым (от 520 до 535 нм) светом.

Результат получили следующий: наибольшее значение D наблюдается под действием облучения суспензии хлореллы красным и синим све-

том, т.е. при длине волны от 450 до 465 нм и от 620-630 нм. При облучении зеленым светом прироста биомассы не наблюдалось (см. таб.2).

На основании полученных результатов был проведен эксперимент, в котором, культуру облучали светом, полученным путем комбинирования красных и синих светодиодов. Диапазон излучения красного светодиодного облучателя от 620 до 630 нм, синего – от 450 до 465 нм.

Как видно из спектра поглощения хлореллы коэффициент поглощения культуры при этих длинах волн составляет 35 % и 15 % соответственно. Таким образом, было взято отношение энергии по спектру красного и синего света, в пропорции 1:2,3.

Интенсивность фотосинтеза при освещении комбинированным светом КС (красный и синий) оказалась выше интенсивностей фотосинтеза, наблюдаемой при облучении каждой длиной волны в отдельности (см. таб.3).

Наименование	D ₀	D	D- D ₀	T, °C	E, клк
СД, синий (450 - 465 нм)	0,025	0,656	0,621	34,8	5,3
СД, красный (620 - 630 нм)	0,026	0,482	0,456	33,4	5,9
СД, зеленый (520 - 535 нм)	0,026	0,054	0,028	34	6,5

Таб. 2. Результаты экспериментов по влиянию светодиодных излучателей.

Наименование	D ₀	D	D- D ₀	T, °C	E, клк
СД, КС	0,020	0,710	0,690	34	5,1

Таб. 3. Результаты экспериментов по влиянию комбинированного спектра.

Более того, результат прироста биомассы при облучении водоросли комбинацией красных и синих светодиодов на порядки выше, чем при облучении стандартно использующимися источниками света.

Список литературы:

1. Хлорелла - жизнь ради жизни. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proflink.ru/007-produkt/chlorella.html>
2. Хлорелла. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://armoniainterna.ru/?portfolio=project-3_4
3. Производство биомассы микроводорослей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://abalgae.com/ru/products/xlorella/production>
4. Щеголькова Н.М., Шашкина П.С. Фотобиореактор для доочистки сточной воды от биогенных элементов и обеззараживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru/index.php?newsid=5786>