

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА СОСТАВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В КЛЕТКАХ *CHLORELLA VULGARIS* (BEJER)

М.А. Мартинчик, Д.С. Петухов, 4 курс
Научный руководитель – Н.П. Дмитриевич, к.с.-х.н.
Полесский государственный университет

Введение. Микроводоросль *Chlorella vulgaris* является природным источником множества ценных соединений. Особый практический интерес представляют каротиноидные пигменты. Потенциальное использование водорослевых пигментов в качестве натуральных красителей представляется перспективным благодаря их широкой практической применимости и относительно высокой рыночной стоимости [5, 10].

C. vulgaris поглощает световую энергию для фотосинтеза с помощью хлорофиллов *a* и *b* в диапазоне 450–475 нм и 630–675 нм, и каротиноидов, поглощающих световую энергию в диапазоне 400–550 нм [4]. Также отмечено стимулирование роста хлореллы при использовании красного (600–700 нм) и синего света (400–500 нм) [4, 8, 9]. В целом увеличение интенсивности освещения является активатором фотозащитных механизмов автотрофных одноклеточных водорослей, которые предполагают интенсивный синтез каротиноидов. Кроме того, спектр используемого освещения также влияет на данный процесс: спектры синего (475 нм) света являются наиболее подходящими для его стимулирования [3, 4, 6, 7, 11].

Цель исследований – изучение влияния освещенности на качественный и количественный состав фотосинтетических пигментов в клетках зеленой водоросли *C. vulgaris*.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлась зеленая микроводоросль *C. vulgaris* (Bejer.), штамм ИВСЕ С-19 из коллекции водорослей Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси. Культивирование *C. vulgaris* проводилось с использованием

среды Тамия с ежедневным перемешиванием без барботажа [1]. Световой режим: 12 часов – темновая фаза и 12 ч – световая фаза.

Для активизации процесса накопления каротиноидов использовался холодный свет. Первые 4 дня использовалось 6 ламп Feron LB-95 E14 7W 4000K, излучающих свет спектральных диапазонов видимого света с различным соотношением между ними, при этом освещенность составляла 15000 Лк. По истечении 4-х дней освещенность была увеличена до 40000 Лк путем увеличения количества ламп до 12 шт.

Замер спектральных характеристик источников освещения и плотности потока фотонов (ППФ) проводили с помощью портативного спектрометра PAR PG200N (таблица 1).

Таблица 1. – Спектральные характеристики источников освещения

Вариант освещения	Плотность потока фотонов в диапазоне 400–799 нм, %				Соотношение диапазонов спектра			
	400–499 нм	500–599 нм	600–699 нм	700–799 нм	К/С	К/ДК	К/З	С/З
6 ламп	29,54	97,20	81,12	6,90	2,75	11,75	0,83	0,30
12 ламп	64,04	248,70	250,70	21,81	3,91	11,49	1,01	0,26

Примечание: К – красный свет (600–699 нм), С – синий свет (400–499 нм), ДК – дальний красный свет (700–750 нм), З – зеленый свет (500–599 нм).

Анализ спектральных характеристик источников освещения показал, что при увеличении количества ламп с 6 шт. до 12 шт. ППФ увеличивалась в 2,17–3,16 раз в зависимости от диапазона. Тем не менее, при увеличении количества ламп соотношение диапазонов спектра практически не изменилось, за исключением соотношения красного и синего диапазонов спектра. При увеличении количества ламп наблюдалось увеличение данного показателя на 42%.

Пигментный состав суспензии хлореллы определяли спектрофотометрическим методом каждые четвертые сутки на протяжении всего процесса культивирования [2].

Все полученные результаты представлены как среднее арифметическое трех независимых измерений с указанием стандартной ошибки среднего. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Преобладающим пигментом в начале культивирования хлореллы являлся хлорофилл *a* ($0,424 \pm 0,002$ мг/л) (таблица 2).

Таблица 2. – Качественный и количественный состав основных фотосинтетических пигментов хлореллы

День культивирования	Освещенность, Лк	Хлорофилл <i>a</i> , мг/л	Каротиноиды, мг/л
0	15000	$0,424 \pm 0,002$	$0,159 \pm 0,001$
4	15000	$0,468 \pm 0,001$	$0,206 \pm 0,001$
7	40000	$1,088 \pm 0,000$	$0,414 \pm 0,001$
11	40000	$1,040 \pm 0,004$	$0,513 \pm 0,006$

Спустя четыре дня культивирования с освещением в 15000 Лк количество каротиноидов достигло значения $0,206 \pm 0,001$ мг/л, но так и не превысило количество хлорофилла *a* ($0,468 \pm 0,001$ мг/л). Исходя из этого, было принято решение увеличить освещенность до 40000 Лк. Через 3 дня после изменения освещенности количество каротиноидов возросло, а к концу культивирования стало равным $0,513 \pm 0,006$ мг/л, однако так и не превысило количество хлорофилла *a* ($1,040 \pm 0,004$ мг/л).

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что освещенность оказывает влияние на соотношение пигментов *S. vulgaris*. Преобладание каротиноидов над хлорофиллом *a* не было зафиксировано как при освещенности в 15000 Лк, так и при 40000 Лк, что может быть связано с преобладанием красного диапазона спектра над синим, в том числе и при увели-

чении количества ламп с 6 шт. до 12 шт. Тем не менее, с увеличением освещенности до 40000 Лк был отмечен незначительный прирост количества каротиноидов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что увеличение освещенности приводило к индукции каротиногенеза в клетках микроводоросли *C. vulgaris*, однако из-за преобладания красного диапазона спектра данный процесс протекал достаточно медленно.

Благодарность. Авторы выражают свою искреннюю благодарность Федоренко Марте Петровне, ассистенту кафедры биотехнологии УО «Полесский государственный университет», за оказанную помощь в определении спектральных характеристик источников освещения.

Список использованных источников

1. Гайсина, Л. А. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. – Уфа: БГПУ, 2008. – 138 с.
2. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*: ГОСТ 17.1.4.02-90. – Введ. 1991.01.01. – Сб. ГОСТов. – Минск: ФГУП. «СТАНДАРТИНФОРМ», 2010. – с. 791–804.
3. Arpan, B. Effect of different wavelengths of LED light on the growth, chlorophyll, β -carotene content and proximate composition of *Chlorella ellipsoidea* / B. Arpan [et al.] // Heliyon. – 2021. – V. 7, i. 12. – P. 1–8.
4. Blair, M. F. Light and growth medium effect on *Chlorella vulgaris* biomass production / M. F. Blair, B. Kokabian, V. G. Gude // J. of Envir. Chem. Engin. – 2014. – № 2. – P. 665–674.
5. Brennan, L. Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products/ L. Brennan, P. Owende // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2010. – V. 14, i. 2. – P. 557–577.
6. Carotenoids production of the microalgae *Chlorella sorokiniana* response to stress induced by UV-a radiation. IV Congreso de la Sociedad Latinoamericana de biotecnologia ambiental y algal, 2015. / Latin-American academic; L. Gracia [et al.] – Florianópolis. – 2015. – P. 1–5.
7. Effect of different wavelengths of LED light on the growth, chlorophyll, β -carotene content and proximate composition of *Chlorella ellipsoidea* / B. Arpan [et al.] // Heliyon. – 2021. – V. 7, № 12. – P. 1–8.
8. Effects of various LED light wavelengths and intensities on the performance of purifying synthetic domestic sewage by microalgae at different influent C/N ratios / Yan C. [et al.] // Ecol. Eng. – 2013. – № 51. – P. 24–32.
9. Influence of Nutrients and LED Light Intensities on Biomass Production of Microalgae *Chlorella vulgaris* / F. Samkhaniani // Biotech. and Biopro. Eng. – 2015. – № 20. – P. 284–290.
10. Sbio.info. – Общая характеристика водорослей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sbio.info/materials/orgbiol/orgrastnizsh/orgvodorosl/76>. – Дата обращения 05.04.2022.
11. Pigment and Structural Changes in *Chlorella zofingiensis* upon Light and Nitrogen / E. Bar [et al.] // Plant. – 1995. – V. 146, № 4. – P. 527–534.