

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДЛИН ВОЛН СВЕТА НА ПРИРОСТ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA VULGARIS

О.А. ТРОФИМЧУК, С.А. РОМАНЕНКО

Томский политехнический университет

E-mail: oat1@tpu.ru

В последнее время микроводоросли стали многообещающим альтернативным сырьем, которое представляет собой огромное биоразнообразие с множеством преимуществ, превышающих потенциал обычного сельскохозяйственного сырья. Как и любой другой фитопланктон, микроводоросли имеют питательную ценность [1]. В настоящее время эти микроскопические организмы, такие как *Chlorella vulgaris* и *Spirulina platensis*, потребляются людьми в качестве пищевой добавки [2], а также используются в других целях, таких как фармацевтические препараты, корм для животных, аквакультура и косметика.

Микроводоросли фотосинтезируют, то есть они ассимилируют неорганический углерод для превращения в органическое вещество. Свет является источником энергии, которая стимулирует эту реакцию, поэтому при культивации микроводорослей необходимо учитывать интенсивность и спектральное качество освещения. Как правило, микроводоросли используют свет с длиной волны от 400 до 700 нм для фотосинтеза. Длины волн, поглощаемые микроводорослями, различаются в зависимости от вида. Например, зеленые микроводоросли поглощают световую энергию для фотосинтеза с помощью хлорофиллов в качестве основного поглощающего пигмента энергии света в диапазоне 450-475 нм и 630-675 нм и каротиноидов в качестве вспомогательного пигмента, поглощающего световую энергию 400-550 нм [3]. В нескольких исследованиях сообщалось о росте микроводорослей при различных длинах волн света. Красный (600-700 нм) и синий свет (400-500 нм) стимулируют рост клеток микроводорослей, а на темпах роста и содержании липидов в микроводорослях влияет интенсивность света [3, 4, 5].

В некоторых исследованиях [3] доказано, что длины волн света оказывают заметное влияние на темпы роста водорослей. Красный и зеленый свет не проявили положительной тенденции в темпах роста, в то время как белый и синий свет дали максимальный прирост биомассы микроводоросли.

Длины волн падающего света должны соответствовать полосам поглощения пигментов, которая соответствует низшему возбужденному состоянию. В случае хлорофилла полосы поглощения присутствуют как в синих, так и в красных спектральных областях [6]. Поэтому рост *C. vulgaris* при теплом белом свете всегда будет выше по сравнению с красным и синим светом по отдельности. *C. vulgaris* - это штамм зеленых водорослей, которые состоят из хлорофиллового пигмента. Теплый белый свет (сочетание всех длин волн видимого света), обеспечивающий как красную, так и синюю длины волн, более уместен для роста *C. vulgaris*. Спектр красных эмиссий идеально согласуется с фотоном, необходимым для достижения первых возбужденных состояний «а» и «б» хлорофиллов, пигментов, присутствующих в комплексах световых сборных антенн (КССА) зеленых водорослей. Синий свет (фотоны которого содержат на 40% больше энергии, чем те, что составляют красный свет) также может поглощаться хлорофиллом. Синий свет на первый взгляд не очень хорошо подходит для фотосинтеза и по этой причине его можно считать излишним. Таким образом, хлорофилл в *C. vulgaris* может эффективно поглощать красный, но не синий диапазон длин волн. Но низкие интенсивности синего света могут играть существенную роль в регуляции роста клеток и метаболизма [6]. Однако как естественный белый свет, так и теплый белый свет состоят из видимых световых длин волн (в составе которых есть красные и синие диапазоны длин волн), они имеют разные относительные кривые потока фотонов.

Светящаяся интенсивность теплого белого света ниже, по сравнению с естественным белым светом на длине волны 435-480 нм. Поэтому теплый белый свет показал лучшие результаты, в отличие от естественного белого.

Число клеток сильно зависело от длины волны света, так как *C. vulgaris* произвела наивысшее и низкое число клеток под красным и синим светом, соответственно. Плотность клеток *C. vulgaris*, выращенных при красном свете, была в 1,5 раза выше, чем у синего света в определенный промежуток времени после инокуляции. Эти результаты согласуются с результатами, полученными по другим видам микроводорослей, в том, что красная длина волны оказалась оптимальной как для *Spirulina platensis*, так и для *Chlorella pyrenoidosa* [7]. На основе многочисленных исследований было доказано, что красный свет приводит к усилению пигментации хлорофилла в клетках микроводорослей.

Свет необходим для фотосинтеза микроводоросли. Однако чрезмерный или недостаточный падающий свет ограничивает оптимальную производительность с точки зрения выхода биомассы или метаболита. Фотосинтез и соответствующее производство биомассы действительно зависят от фотонного потока. Когда интенсивность света недостаточна, микроводоросли потребляют углеводы во время фотодыхания; хотя они вряд ли причинят смертельный ущерб. Чрезмерная интенсивность света влияет на перегрузку фотосистем, отбеливает пигменты и, наконец, приводит к фотоингибированию клеток. Ответы на вопросы об оптимальном спектре для эффективного прироста микроводорослей могли бы быть эволюционными, действующими для различных видов.

Список литературы

1. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P. Y., Garcia C. V. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review // *Ren. and Sust. Energy Rev.* – 2014. – №35. – С. 265–278.
2. Fradique M., Batista A. P., Nunes M. C., Gouveia L., Bandarra N. M., Raymundo A. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: preparation and evaluation // *J. Sci. Food Agric.* – 2010. – №90. – С. 1656–1664.
3. Blair M. F., Kokabian B., Gude V. G. Light and growth medium effect on *Chlorella vulgaris* biomass production // *J. of Envir. Chem. Engin.* – 2014. – №2. – С. 665-674.
4. Yan C., Zhang L., Luo X., Zheng Z., Effects of various LED light wavelengths and intensities on the performance of purifying synthetic domestic sewage by microalgae at different influent C/N ratios // *Ecol. Eng.* – 2013. – №51. – С. 24-32.
5. Khalili A., Najafpour G. D., Amini G., Samkhaniyani F. Influence of Nutrients and LED Light Intensities on Biomass Production of Microalgae *Chlorella vulgaris* // *Biotech. and Biopro. Eng.* – 2015. – №20. – С. 284-290.
6. Matthijs H. C., Balke H., Van Hes U. M., Kroon B., Mur L. R., Binot R. A. Application of light emitting diodes in bioreactors: Flashing light effects and energy economy in algal culture (*Chlorella pyrenoidosa*). *Biotechnol. Bioeng.* – 1996. – №50. – С. 98-107.
7. Wang C. Y., Fu C. C., Liu Y. C. Effects of using light emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis*. *Biochem. Eng. J.* – 2007. – №37. – С. 21-25.