

Михеев А.А., Михеева А.В.
Буковинский государственный медицинский университет,
г. Черновцы, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ И ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ, ЧАСТЬ II)

Аннотация. Вторая часть обзора литературы посвящена вопросам использования различных микроорганизмов при производстве и для производства альтернативных видов топлива. Проведен анализ литературных источников, в которых рассматриваются вопросы получения возобновляемых видов топлива (биодизель, биометан, биоэтанол) с использованием микроорганизмов или непосредственно из самих микроорганизмов.

Ключевые слова: биотопливо, микроорганизмы, альтернативные виды топлива.

Одними из порождений интенсивной жизни современного мира являются экологический и энергетический кризисы, происходящие за счет интенсивного использования всех имеющихся энергоресурсов – нефти, газа, угля и даже ядерного топлива. Они сопровождаются попаданием в окружающую среду продуктов переработки и использования этих ресурсов, которые, по большому счету, являются невозполнимыми. Альтернативой данной ситуации является замена невозполнимых энергетических запасов возобновляемыми [1]. Этого можно достичь благодаря использованию биотоплива, получаемого от использования энергии биомассы (органики разного происхождения) – так называемого «зеленого топлива» [2, 3]. Преобразование биомассы в энергоносители при этом можно осуществлять разными способами [4, 5, 6, 7, 8]. Наиболее эффективным из них является биологический, базирующийся на переработке биомассы различными микроорганизмами из естественных источников, а также рекомбинантами [9, 10, 11].

В литературе описаны результаты исследований о так называемом «биосоюзе» рекомбинантной кишечной палочки и грибков, способных перерабатывать целлюлозу и другие части растительной биомассы в «биотопливо» на основе спирта изобутанола [12]. Для этого ученым успешно удалось объединить кишечную палочку *E.coli* [13, 14] и грибки *Trichoderma reesei* в топливную «биофабрику», научив их не мешать друг другу [15]. Ведь геном кишечной палочки хорошо изучен и благодаря генетическим манипуляциям может быть «скорректирован» для продукции тех или иных биологически активных веществ.

Многочисленные сельскохозяйственные отходы, в том числе и растительная масса, остающаяся от производства биодизеля (например из масляных культур), может быть эффективно переработана в экологически чистое топливо с помощью бактерий. Для этого можно использовать термофильные виды бактерий – *Clostridium thermocellum* и *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*, например из горячих источников, что сделает невозможным загрязнение посторонней микрофлорой [16, 17, 18].

Различные виды водорослей, которые в большом количестве живут в морских и пресных водоемах, также рассматриваются как возможный источник биотоплива в условиях современной экономической ситуации [19, 20]. Как известно, они способны производить и аккумулировать значительное количество липидов в клеточной массе и эти липиды аналогичны большинству растительных масел, используемых при производстве биотоплива [21]. При этом использование водорослей в качестве сырья для получения биотоплива имеет целый ряд преимуществ – водоросли и продукты их переработки нетоксичные, имеют большие темпы прироста массы, отсутствует полив и удобрения, их ферментация целиком безопасной для окружающей среды [22, 23].

Отдельно нужно выделить также возможность производства 2-о и 3-о поколений биотоплива из водорослей [24, 25]. Углеводы, жирные кислоты и липиды многих видов водорослей (*Chlorella vulgaris*, *Botryococcus braunii*, *Scenedesmus dimorphus* и др.) могут служить субстратом для промышленного производства биотоплива (биодизеля), этанола и других соединений [26, 27, 28, 29, 30, 31, 32]. Такое использование водорослей кроме получения энергоносителей может существенно поспособствовать устранению такого явления как «цветение воды» летом и очищение водоемов [33, 34], а также для очищения сточных вод [35].

Таким образом, в современных условиях энергетического и экологического кризиса, сложной экономической ситуации в целом, перспективными направлениями являются поиски новых видов воспроизводимых энергоносителей, замена ими традиционных видов энергоресурсов (нефть, газ, ядерное топливо, уголь) и возможность использования микробной биодеградации биомассы естественного происхождения (водоросли, дерево), органических отходов промышленности (масла, жиры, органика) для получения биотоплива. Последнее может быть компромиссным решением также для утилизации отходов, в первую очередь органических, очищения водоемов и сточных вод, которые существенно улучшит экологическую ситуацию в целом.

Литература:

1. Мельник В.М. Об источниках получения альтернативного топлива для двигателей внутреннего сгорания // Межвузовский сборник «Научные записки». – 2014, Выпуск №45. – С. 346-354.

2. Роиц М.В., Курило В.Л., Гументик М.Я., Ганженко О.М. Перспективы развития биоэнергетики в Украине // Сахарная свекла. – 2012, №2-3. – С. 6-8.
3. Fidalgo A.R.F.R.M. Microbial contribution to biofuels production. – Janeiro de, 2014. – 147 p.
4. Elshahed M.S. Microbiological aspects of biofuel production: Current status and future directions // Journal of Advanced Research. – 2010, Vol.1, Is. 2. – P.103-111.
5. Ngoh S.K., Njomo D. An overview of hydrogen gas production from solar energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012, Vol. 16, Is. 9. – P. 6782-6792.
6. Koutinas A.A., Chatzifragkou A., Kopsahelis N., Papanikolaou S., Kookos I.K. Design and techno-economic evaluation of microbial oil production as a renewable resource for biodiesel and oleochemical production // Fuel . – 2014, Vol. 116. – P. 566-577.
7. da Silva T.L., Gouveia L., Reis A. Integrated microbial processes for biofuels and high value-added products: the way to improve the cost effectiveness of biofuel production // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2014, Vol. 98, Is. 3. – P. 1043-1053.
8. Jin H., Chen L., Wang J., Zhan W. Engineering biofuel tolerance in non-native producing microorganisms // Biotechnology Advances. – 2014, Vol. 32, Is. 2. – P. 541-548.
9. Семенюк Н.В., Гуменюк О.Б. Обеспечение экологической и энергетической безопасности государства путем стимулирования развития альтернативной энергетики // Вестник Хмельницкого национального университета. – 2012, №5. – С. 48-51.
10. Shi S., Valle-Rodríguez J.O., Siewers V., Nielsen J. Prospects for microbial biodiesel production // Biotechnology Journal. – 2011, Vol. 6, Is.3. – P. 277-285.
11. Jang Y.-S., Park J.M., Choi S., Choi Y.J., Seung D.J., Cho H.J., Lee S.Y. Engineering of microorganisms for the production of biofuels and perspectives based on systems metabolic engineering approaches // Biotechnology Advances. – 2012, Vol. 30, Is, 5. – P. 989-1000.
12. Shin H.-D., Yoon S.-H., Wu J., Rutter C., Kim S.-W., Chen R.R. High-yield production of meso-2,3-butanediol from cellodextrin by engineered E. coli biocatalysts // Bioresource Technology. – 2012, Vol. 118. – P. 367-373.
13. Howard T.P., Middelhaufe S., Moore K., Edner C., Kolak D.M., Taylor G.N., Parker D.A., Lee R., Smirnoff N., Aves S.J., Love J. Synthesis of customized petroleum-replica fuel molecules by targeted modification of free fatty acid pools in Escherichia coli // PNAS. – vol. 110, №19. – P. 7636-7641.
14. Clomburg J.M., Gonzalez R. Biofuel production in Escherichia coli: the role of metabolic engineering and synthetic biology // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010, Vol. 86, Is. 2. – P. 419-434.

15. Abdeljabbar D.M., Song H.J., Link A.J. Trichoderma reesei cellobiohydrolase II is associated with the outer membrane when overexpressed in Escherichia coli // *Biotechnology Letters*. – 2012, Vol. 34, Is. 1. – P. 91-96.
16. Lin L., Xu J. Dissecting and engineering metabolic and regulatory networks of thermophilic bacteria for biofuel production // *Biotechnology Advances*. – 2013, Vol. 31, Is. 6. – P. 827-837.
17. Cao G.-L., Zhao L., Wang A.-J., Wang Z.-Y., Ren N.-Q. Single-step bioconversion of lignocellulose to hydrogen using novel moderately thermophilic bacteria // *Biotechnology for Biofuels*. – 2014, Vol.7. – P. 82-94.
18. Panagiotopoulos I.A., Pasiadis S., Bakker R.R., de Vrije T., Papayannakos N., Claassen P.A.M., Koukios E.G. Biodiesel and biohydrogen production from cotton-seed cake in a biorefinery concept // *Bioresource Technology*. – 2013, Vol.136. – P.78-86.
19. Singh A., Nigam P.S., Murphy J.D. Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels // *Bioresource Technology*. – 2011, Vol. 102, Is. 1. – P. 26-34.
20. Wahlen B.D., Willis R.M., Seefeldt L.C. Biodiesel production by simultaneous extraction and conversion of total lipids from microalgae, cyanobacteria, and wild mixed-cultures // *Bioresource Technology*. – 2011, Vol. 102, Is. 3. – P. 2724-2730.
21. Achara N. Biofuel From Algae // *Journal of American Science*. – 2012, Vol.8, Is.1. – P. 240-244.
22. Singh D.P., Trivedi R.K. Production of Biofuel from Algae: An Economic and Eco-Friendly Resource // *International Journal of Science and Research*. – 2013, Vol. 2, Is.11. – P. 352-357.
23. Noraini M.Y., Ong H.C., Badrul M.J., Chong W.T. A review on potential enzymatic reaction for biofuel production from algae // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2014, Vol.39. – P. 24-34.
24. Чернова Н.И., Коробочная Т.П., Кисельная С.В. Биомасса как источник энергии // *Вестник Российской Академии естественных наук*. – 2010, №1. – С.54-60.
25. Скорук О.П., Токарчук Д.М., Всемирнова В.М. Перспективы производства биотоплива третьего поколения // *Сборник научных работ ВНАУ*. – 2011, №1 (48). – С. 171-175.
26. Lam M.K., Lee K.T. Potential of using organic fertilizer to cultivate *Chlorella vulgaris* for biodiesel production // *Applied Energy*. – 2012, Vol.94. – P. 303-308.
27. He P.J., Mao B., Shen C.M., Shao L.M., Lee D.J., Chang J.S. Cultivation of *Chlorella vulgaris* on wastewater containing high levels of ammonia for biodiesel production // *Bioresource Technology*. – 2013, Vol.129. – P.177-181.

28. Mallick N., Mandal S., Singh A.K., Bishai M., Dash A. Green microalga *Chlorella vulgaris* as a potential feedstock for biodiesel // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2012, Vol. 87, Is. 1. – P.137-145.
29. Ashokkumar V., Rengasamy R. Mass culture of *Botryococcus braunii* Kutz. under open raceway pond for biofuel production // *Bioresource Technology*. – 2012, Vol. 104. – P. 394-399.
30. Bayona K.C.D., Garcés L.A. Effect of different media on exopolysaccharide and biomass production by the green microalga *Botryococcus braunii* // *Journal of Applied Phycology*. – 2014, Vol.26, Is. 5. – P.2087-2095.;
31. Mandotra S.K., Kumar P., Suseela M.R., Ramteke P.W. Fresh water green microalga *Scenedesmus abundans*: A potential feedstock for high quality biodiesel production // *Bioresource Technology*. – 2014, Vol.156. – P. 42-47.
32. Feng P., Yang K., Xu Z., Wang Z., Fan L., Qin L., Zhu S., Shang C., Chai P., Yuan Z., Hu L. Growth and lipid accumulation characteristics of *Scenedesmus obliquus* in semi-continuous cultivation outdoors for biodiesel feedstock production // *Bioresource Technology*. – 2014, Vol.173. – P. 406-414.
33. Allen E., Browne J., Hynes S., Murphy J.D. The potential of algae blooms to produce renewable gaseous fuel // *Waste Management*. – 2013, Vol. 33, Is. 11. – P. 2425-2433.
34. Cheng J., Liu Y., Lin R., Xia A., Zhou J., Cen K. Cogeneration of hydrogen and methane from the pretreated biomass of algae bloom in Taihu Lake // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2014, Vol. 39, Is.33. – P.18793-18802.
35. Zhao P., Shen Y., Ge S., Yoshikawa K. Energy recycling from sewage sludge by producing solid biofuel with hydrothermal carbonization // *Energy Conversion and Management*. – 2014, Vol. 78. – P. 815-821.