

Mikroglony jako źródło biomasy

Wzrost zapotrzebowania na energię oraz wyczerpywanie nieodnawialnych zasobów surowców energetycznych, skupiają uwagę na zagadnieniu stopniowego zmniejszania ilości zużywanych paliw kopalnych na rzecz odnawialnych źródeł energii (OZE). Obecnie podkreślany jest znaczący potencjał biomasy jako źródła energii odnawialnej (Rogulska i in. 2011). Wykorzystanie biomasy jako źródła energii niesie ze sobą wiele zalet, m.in. zamknięcie cyklu biogeochemicznego węgla oraz możliwość przekonwertowania biomasy w dowolną wybraną formę energii na drodze różnorodnych reakcji biologicznych i fizyko-chemicznych – np. na bioetanol czy biometan (Saxena i in. 2009).

Jednym z potencjalnych źródeł biomasy jest biomasa mikroglonów. Glony, nazywane również algami, to proste autotroficzne, wodne organizmy. Zaliczane są tu zarówno gatunki eukariotyczne i prokariotyczne, jedno- i wielokomórkowe. Liczba gatunków szacowana jest na około 10 milionów, z czego większość to glony jednokomórkowe (Barsanti i Gualtieri 2006). Glony w odróżnieniu od roślin wyższych, namnażają się bez względu na porę roku, a ich biomasa jest jednorodna. W optymalnych warunkach hodowli, daje to możliwość zbioru biomasy glonów nawet co kilka dni. Szacowany plon biomasy mikroglonów możliwy do osiągnięcia w zamkniętych fotobioreaktorach wynosi około 40 – 80 ton z hektara rocznie (Wiffels i in. 2010). Mikroglony przewyższają rośliny pod względem plonowania, a ich hodowle nie konkurują z uprawami konsumpcyjnymi. Efektywność fotosyntezy dla roślin klimatu umiarkowanego, wynosi średnio poniżej 1%, natomiast w przypadku alg efektywność fotosyntetyczna jest kilkakrotnie wyższa, i osiąga średnie wartości w granicach 5% (Posten, Schaub 2009). Potencjalne energetyczne zastosowanie biomasy mikroglonów jest szerokie. W zależności od gatunku oraz warunków hodowli mogą one wykazywać wysoką zawartość lipidów czy węglowodanów, które mogą być przekonwertowane na różne formy energii. Konwersja biomasy może odbywać się na drodze procesów termochemicznych, biochemicznych, chemicznych i spalania bezpośredniego (Wang i in. 2008). Biomasa mikroglonów może być wykorzystywana do produkcji np: biometanu, biodiesel'a czy biowodoru. Biopaliwa uzyskiwane z biomasy mikroglonów zaliczane są do biopaliw trzeciej generacji.

Mikroglony są naturalnymi producentami triacylogliceroli (TAG), które są substratami wykorzystywanymi do produkcji biodiesel'a. Ze względu na zdolność do gromadzenia w swoich komórkach znacznych ilości lipidów największy potencjał do produkcji biodiesel'a wykazują zielenice. Dane literaturowe wskazują na przydatność do produkcji biodiesel'a, m.in. słodkowodnych mikroglonów.

nów: *Scenedesmus sp.*, *Chlorella sp.*, *Spirogyra sp.*, *Spirulina sp.* oraz gatunków morskich z rodzajów *Synechococcus sp.*, *Dunaliella sp.* (Scott i in. 2010, Singh i in. 2011). W optymalnych warunkach hodowli zawartość lipidów w komórkach glonów jest niewielka (ok. 5 – 20% suchej masy komórkowej, Tab 1.). W warunkach stresowych metabolizm kwasów tłuszczowych mikroglonów ulega zmianie w kierunku biosyntezy i gromadzenia lipidów, głównie w postaci triacylogliceroli. W rezultacie zmian metabolizmu triacyloglicerole mogą stanowić aż 80% całkowitej zawartości lipidów w komórce (Miao i Wu 2006). Ograniczenie składników odżywczych jest jednym z warunków stresowych, które prowadzą do akumulacji lipidów powiązanej z redukcją tempa wzrostu (Roessler 1990). Jednym z najważniejszych czynników wpływających na metabolizm lipidów jest zmniejszenie dostępności azotu.

Komórki mikroglonów do wzrostu wymagają ditlenku węgla, związków mineralnych bądź organicznych oraz światła. Ditlenek węgla pobierany jest przez te organizmy w ilości 1,65 – 1,83 kg na 1 kg wytworzonej biomasy. Zawartość CO₂ w atmosferze nie jest jednak wystarczająca dla wysokiej produktywności biomasy mikroglonów wymaganej do produkcji biomasy. Rozwiązaniem jest wykorzystywanie do hodowli gazów spalinowych, które mogą zawierać do 15 % ditlenku węgla (Kumar i in. 2010).

Niezbędnym elementem w produkcji biomasy jest dostarczanie komórkom związków azotu i fosforu. Formułę określającą minimalne wymagania pokarmowe alg opracował Grobbelaar (2004), którą przedstawia się wzorem CO 0, 48 H1, 83 N0.11 P0.01 (Christi, 2007). W celu zmniejszenia kosztów produkcji biomasy alternatywą może być wykorzystanie ścieków jako taniego źródła azotu i fosforu, jako pożywki dla glonów (Posten i Schaub 2009). Dla większości gatunków temperatura odpowiednia do efektywnej hodowli zawiera się w zakresie od 20 do 30 °C. W temperaturze niższej niż 16 °C następuje spowolnienie wzrostu, natomiast temperatura powyżej 35 °C jest letalna dla wielu szczepów alg. Optymalna wartość pH dla wzrostu biomasy mieści się w przedziale 8,0– 8,7 (Oilgae Report 2010). Komórki glonów w trakcie hodowli zwiększają odczyn środowiska, w którym żyją, dlatego podawanie do hodowli CO₂ może spełniać rolę stabilizacji pH kultury.

Hodowle mikroglonów prowadzone mogą być w otwartych stawach lub zamkniętych fotobioreaktorach. Otwarte stawy są technologicznie prostym i tanim systemem hodowli, który posiada jednak wiele wad, m.in. charakteryzuje się niską wydajnością, wysoką ewaporacją, brakiem możliwości kontroli procesu oraz ryzykiem zakażenia. Fotobioreaktory zamknięte pozwalają na osiągnięcie wyższej produktywności i zagęszczenia biomasy (do 20 g l⁻¹), oraz umożliwiają kontrolę warunków i doświetlanie hodowli (Posten i Schaub 2009). W warunkach klimatycznych w Polsce, optymalne i stabilne warunki hodowli możliwe są do uzyskania wyłącznie w fotobioreaktorach zamkniętych. Fotobioreaktory mogą być umieszczone na obszarze nieużytecznym pod względem rolniczym, co eliminuje konkurencję z uprawami na cele spożywcze.

Mikroglony ze względu na wysoką produktywność skupiają uwagę jako obiecujące źródło energii odnawialnej. Aktualnie największym wyzwaniem w zakresie produkcji biomasy mikroglonów jest opracowanie ekonomicznie opłacalnych technologii hodowli możliwych do wdrożenia na skalę przemysłową.

Gatunek	Zawartość lipidów (% s.m.)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75
<i>Chlorella sp.</i>	28-32
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis sp.</i>	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris sp.</i>	20-35
<i>Nannochloropsis sp.</i>	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia sp.</i>	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium sp.</i>	50-77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15-23

Tabela 1. Zawartość lipidów w wybranych gatunkach glonów (Christi 2007)

Literatura

1. Barsanti L., Gualtieri P. 2006. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. CRC Press.
2. Christi Y. 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnol. Adv. 25, 294-306.
3. Kumar A., Ergas S., Yuan X., Sahu A., Zhang Q., Dewulf J., Malcata F.X., van Langenhove H., 2010. Enhanced CO₂ fixation and biofuel production via microalgae: recent developments and future directions. Trends in Biotechnology 28, Issue 7, 371-380.
4. Miao X.L., Wu, Q.Y., 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. Bioresour. Technol., 97, 841-846.
5. Oilgae Report – Academic Edition. 2010.
6. Posten C., Schaub G., 2009. Microalgae and terrestrial biomass as source for fuels—A process view. Journal of Biotechnology, 142, 1, 1, 64-69.
7. Rogulska M., Grzybek A., Szlachta J., Tys J., Krasuska E., Biernat K., Bajdor K. 2011. Powiązanie rolnictwa i energetyki w kontekście realizacji celów gospodarki niskoemisyjnej w Polsce. Polish Journal of Agronomy 7, 92-101.
8. Roessler P.G., 1990. Environmental control of glycerolipid metabolism in microalgae: commercial implications and future research direction. J. Phycol., 26, 393-399.

9. Saxena R.C., Adhikari D.K., Goyal H.B. 2009. Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, Issue 1, 167–178.
10. Scott S.A., Davey M.P., Dennis J.S., Horst I., Howe C.I., Lea-Smith D.J., Smith A.G., 2010. Biodiesel from algae: challenges and prospects. *Curr Opin Biotechnol.*, 21:277-286.
11. Singh A., Nigam P.S., Murphy J.D., 2011. Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels. *Bioresour Technol.*, 102, 26-34.
12. Wang B., Li Y., Wu N., Lan Ch.Q., 2008. CO₂ bio-mitigation using microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79, 707–718.
13. Wijffels R. H., Barbosa M. J., Eppink M. H. M. 2010. Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 4:287 – 295.

Wykład został wygoszony w ramach Wszechnicy PAN O.L. i LTN 27.10.2011r.

Izabela Krzemińska, Jerzy Tys

Dr hab. Izabela Krzemińska, prof. Jerzy Tys są pracownikami Instytutu Agrofizyki PAN w Lublinie.

