

# PRZEGLĄD INSTALACJI DO PRZEMYSŁOWEJ PRODUKCJI ALG NA BIOMASĘ

Streszczenie

Szybki przyrost ludzkiej populacji wymaga wzrostu wydajności produkcji energii oraz żywności. W tym celu niezbędne jest prawidłowe zarządzanie arealem upraw oraz ekonomicznie opłacalne wykorzystanie nieużytków rolnych. Substratem mogącym zaspokoić przyszłe potrzeby ludzkości mogą się okazać algi. Niniejsza praca poświęcona jest technologiom hodowli tej najszybciej namnażającej się rośliny na Ziemi.

**Słowa kluczowe:** algi, fotoreaktory, produkcja biomasy, odnawialne źródła energii

## Wstęp

Ludzka populacja wzrasta nieustannie i bardzo dynamicznie. Prognozy głoszą, że w roku 2050 Ziemię będzie zamieszkiwać ponad dziewięć miliardów ludzi. Tak intensywnemu przyrostowi towarzyszyć będzie nieodłącznie duży wzrost globalnego zapotrzebowania na pożywienie oraz energię. Naukowcy z całego świata stają więc przed dylematem, jak sprostać tym zadaniom. Intensywny rozwój technologii OZE (Odnawialne Źródła Energii) dąży do produkcji energii przy jak najmniejszym obciążeniu dla środowiska. Jednak w wielu przypadkach wymaga on sporych arealów, czy to do produkcji biomasy, budowy farm wiatrowych czy fotowoltaicznych. Co więcej, grunty przeznaczone pod hodowlę roślin energetycznych muszą być odpowiednio wysokiej klasy, aby sprostały wymaganiom zasiewanych na nich roślin. Pojawia się zatem zjawisko konkurencji o grunty rolne przeznaczone na produkcję żywności oraz energii. Z tego względu coraz więcej nadziei pokłada się w paliwach trzeciej generacji - zwłaszcza w algach.

Tematem produkcji alg zaczęło zajmować się coraz więcej jednostek naukowych na całym świecie. Badają je zarówno mikrobiolodzy, biotechnolodzy jak i technolodzy. Każda z tych grup dokonuje analiz pod nieco innym kątem, stawiając sobie inne wymagania. Wynika to ze złożoności problemu. Aktualny stan wiedzy mówi o ponad milionie gatunków alg [1], które cechuje bardzo duże zróżnicowanie. Podstawowy podział klasyfikuje je na glony wielokomórkowe oraz jednokomórkowe i to w tych ostatnich pokłada się największe nadzieje. Charakteryzują się one nieporównywalnym z żadną inną rośliną na ziemi przyrostem biomasy. Niektóre gatunki są w stanie czterokrotnie powiększyć swoją masę zaledwie w ciągu 24 h. W publikacji z roku 2009 Krzemieniewski donosi, że zdiagnozował gatunki, które do podwojenia potrzebują zaledwie 3,5 godziny [2]. Najnowsze doniesienia naukowe głoszą, że dzięki tak szybkiemu przyrostowi biomasy, możliwy jest uzysk ponad 220 ton suchej materii w ciągu roku z hektara hodowli alg [5]. Kolejną cechą wyróżniającą algi spośród roślin jest wyjątkowo mała zawartość lignin [3], które podczas wykorzystania roślin jako biomasy do fermentacji metanowej, stanowią substancję balastową nieużyteczną w tym procesie. Algi różnią się między sobą także w sposób znaczny zawartością tłuszczów, białek i cukrów [4]. I to ta cecha w sposób decydujący wpływa na dobór gatunku, którego hodowlą byłoby się zainteresowanym. W zależności od przeznaczenia można je wykorzystywać do produkcji biodiesla, biomasy, pożywienia, leków itp.

Jedną cechą jest wspólna dla wszystkich gatunków alg - jako rośliny fotosyntezujące do wzrostu wymagają one odpowiednich warunków świetlnych. Stąd też niniejsza praca poświęcona jest przybliżeniu stosowanych współcześnie technologii hodowli alg w różnych systemach.

Następstwem szybkiego wzrostu alg jest stopniowe mętnienie roztworu, a co za tym idzie zmniejszenie dostępności światła dla głębszych partii medium hodowlanego. Jest to zagadnienie kluczowe, w rozwiązaniu którego inżynierowie zaproponowali szereg rozwiązań konstrukcyjnych mających na celu zapewnienie optymalnych warunków do produkcji alg.

## Systemy hodowlane alg Otwarte baseny

Jest to najbardziej popularny system hodowli alg. Charakteryzuje go duża powierzchnia (umożliwiająca dobry kontakt z promieniami słonecznymi) oraz nieduża głębokość - do kilkudziesięciu centymetrów - umożliwiająca penetrację promieni słonecznych przez całą objętość hodowli. Całe medium jest zazwyczaj ustawicznie mieszane za pomocą mieszadła zbudowanego na kształt młyna wodnego.

Ważną cechą tego rodzaju hodowli są niskie koszty eksploatacji. Z drugiej jednak strony system ten, w porównaniu do systemów zamkniętych, jest trudny do kontroli, co implikuje konieczność stosowania gatunków alg o dużej odporności i szybkim tempie wzrostu. Baseny algowe nie są najefektywniejszymi systemami kultywacyjnymi.



Źródło / Source: <http://www.wageningenur.nl>

Rys. 1. Basen do hodowli alg w Ingrepo  
Fig. 1. Open pond for alga cultivation in Ingrepo



Źródło / Source: <http://www.wageningenur.nl>

Rys. 2. Hodowla alg w horyzontalnych reaktorach rurowych w Hogesschool Zeeland we współpracy z Uniwersytetem Wageningen

Fig. 2. Alga cultivation in horizontal tubular photobioreactors in Hogesschool Zeeland in association with Wageningen University

Teoretycznie do 10% energii słonecznej może zostać związane w postaci wiązań chemicznych na drodze procesu fotosyntezy. W praktyce jednak, efektywność fotosyntetyczna jest znacznie niższa i w basenach wynosi zaledwie 1,5%. Jest to spowodowane ograniczonym dostępem światła dla głębszych warstw akwenu. Hodowla alg w regionach o wyższym nasłonecznieniu może być dużo bardziej efektywna. Jednym ze sposobów zwiększenia wydajności fotosyntetycznej roztworów hodowlanych alg jest genetyczna modyfikacja mająca na celu redukcję anten algowych przyczyniająca się do zmniejszenia absorpcji światła przez algi. Skutkowałoby to lepszą penetracją promieni słonecznych przez zbiornik wodny, a w konsekwencji większą ich dostępnością w całej objętości płynu hodowlanego.

#### Jednowarstwowe, horyzontalne reaktory rurowe

Ten zamknięty system kultury alg opiera się na reaktorach zbudowanych z rur szklanych lub pleksi ułożonych jednowarstwowo. Daje on możliwość łatwiejszej kontroli parametrów procesu oraz utrzymanie większej czystości hodowli w porównaniu do systemów otwartych - akwenów. System ten charakteryzuje także łatwy sposób rozbudowy poprzez zwiększenie długości rur lub zwiększenie ilości modułów. Wadą tego systemu jest duża intensywność światła na powierzchni reaktorów, co jest szkodliwe dla alg - zmniejsza to ich przyrost. Kolejną wadą tego systemu jest duży nakład energetyczny na przepompowywanie hodowli. Co więcej, wymiana gazowa nie jest tutaj optymalna - akumulacja tlenu może wpływać toksycznie na algi. Koszt budowy tego rodzaju systemu hodowlanego jest także nieporównywalnie wyższy.

#### Trójwymiarowe reaktory rurowe

Ten system hodowlany skonstruowany jest z wielowarstwowych modułów rurowych umieszczonych wertykalnie jeden nad drugim. Posiada on wady i zalety bardzo zbliżone do systemu jednowarstwowego z jedną tylko różnicą. Nie występuje tutaj zjawisko dużej intensywności światła na powierzchni reaktorów z tej racji, że każda kolejna warstwa modułu znajduje się w cieniu kolejnej. Redukuje to intensywność padającego światła, a jednocześnie przyczynia się do zwiększenia

kszenia wydajności produkcji biomasy z metra kwadratowego powierzchni.



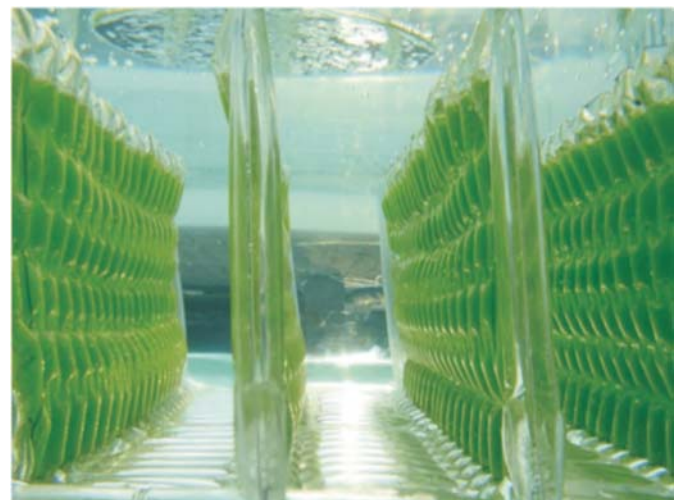
Źródło / Source: <http://www.wageningenur.nl>

Rys. 3. Trójwymiarowy reaktor rurowy w AlgaePARC

Fig. 3. Three-dimensional tubular photobioreactor in Algae PARC

#### Reaktory płaskie

Kolejny przykład hodowli zamkniętej to reaktory płaskie. Zbudowane z szeregu płaskich pojemników ustawionych pionowo. System ten jest teoretycznie najbardziej wydajny. Nie



Źródło / Source: <http://www.wageningenur.nl>

Rys. 4. Płaski reaktor firmy Proviron

Fig. 4. Proviron flat-plate photobioreactor

występuje tutaj akumulacja toksycznego tlenu oraz intensywność światła na powierzchni jest optymalna. Jediną wadą tego systemu jest stosunkowo duży nakład potrzebny na mieszanie, dostarczanie pożywki oraz utrzymywanie roztworu hodowlanego w formie zawiesiny.

### Reaktory eksperymentalne

W tym rodzaju fotoreaktorów nie uwzględnia się kalkulacji ekonomicznych związanych z opłacalnością budowy aparatury. Zamierzeniem jest uzyskanie optymalnych warunków do hodowli konkretnego gatunku alg. Umożliwia to optymalizację procesu kultywacji alg, którą następnie można przenieść na skalę techniczną.



Źródło / Source: <http://www.wageningenur.nl>

Rys. 5. Reaktor eksperymentalny - Uniwersytet w Wageningen  
Fig. 5. Experimental photobioreactor - Wageningen University

### Wnioski

Technologie wykorzystujące algi stają się coraz bardziej popularne. Ich podstawową zaletą jest brak konkurencji o grunty rolne z sektorem żywnościowym. Reaktory do produkcji alg mogą być rozmieszczane na terenach nienadających się do uprawy, a będących dobrze nasłonecznionymi - jak na przykład pustynie. Oczywiście należy się spodziewać, że koszty inwestycyjne związane z rozbudową infrastruktury hodowlanej będą duże, jednakże odpowiednie wykorzystanie potencjału alg ma szansę nie dość, że wykazać dodatni bilans ekonomiczny, to może się okazać jedną z dróg zapewnienia wystarczająco efektywnej produkcji biomasy z hektara. Wydaje się, że jednym ze sposobów podniesienia opłacalności wielkoskalowej produkcji alg jest ich interdyscyplinarne wykorzystanie. Optymalnym zdawałoby się rozwiązaniem, w którym odpowiednio zmodyfikowane algi produkowałyby konkretne bioprodukty - wysokiej jakości oleje spożywcze (omega-3, omega-6), biodiesel, czy suplementy diety, następnie pozostały odpad mógłby zostać wykorzystany jako biomasa do biogazowni w celu wytworzenia energii elektrycznej i ciepłej, zaś powstała pulpa znakomicie nadawałaby się jako wysokiej jakości nawóz.

### Bibliografia

- [1] Barsanti L., Gualtieri P.: *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press, 2006.
- [2] Krzemieniewski M., Dębowski, Zieliński M.: Alga as an alternative for land-growing energy crops. *Czysta Energia*, 2009, 9(95), 25-27.
- [3] Schenk P.M., Thomas-Hall S.R., Stephens E., Marx U.C., Mussgnug J.H., Posten C., Kruse O., Hankamer, B.: Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production. *Bioenergy Res.*, 2008, 1, 20-43.
- [4] Sialve B., Bernet N., Bernard O.: Anaerobic digestion of microalgae as a necessary step to make microalgal biodiesel sustainable. *Biotechnol. Adv.*, 2009, 27, 409-416.
- [5] Zamalloa C., Vulsteke E., Albrecht J., Verstraete W.: The techno-economic potential of renewable energy through the anaerobic digestion of microalgae. *Bioresource Technology*, 2011, 102, 1149-1158.

## REVIEW OF THE PLANTS FOR INDUSTRIAL PRODUCTION OF ALGA AS A BIOMASS SOURCE

### Summary

Fast growth of human population requires higher energy and food production efficiency. For this purpose it is necessary to have a proper area management of cropland and economically effective wasteland usage. Algae can be the substrate to satisfy the future needs of humanity. This paper is about technologies of cultivation of this, the fastest growing plant on Earth.

**Key words:** alga, photobioreactors, biomass production, renewable sources of energy

### AGRONOMA ZATRUDNIĘ

z woj. lubuskiego

726-258-505

CV pod adres e-mail

biuro@gallardo.pl

