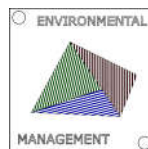


KULTIVÁCIA MIKRORIAS VHDNÝCH PRE VÝROBU BIONAFETY

Lenka BLINOVÁ – Alica BARTOŠOVÁ – Maroš SIROTIK

CULTIVATION OF MICROALGAE FOR BIODIESEL PRODUCTION



ABSTRAKT

Za jednu z najudržateľnejších alternatív k palivám vyrábaným z ropy možno považovať biopalivá, ktoré sú vyrábané z obnoviteľných zdrojov energie. Biopalivá možno zaradiť aj k prostriedkom pre environmentálnu a ekonomickú udržateľnosť krajiny. V závislosti od druhu biomasy použitej pre výrobu môžeme hovoriť o štyroch generáciách biopalív. V súčasnosti možno za ideálny zdroj energie pre výrobu biopalív považovať riasy (tretia generácia biopalív), pretože sú charakteristické rýchlym tempom rastu, pri ich pestovaní sa nezaberá poľnohospodárska pôda vhodná na pestovanie potravín a riasy taktiež nekonkurujú potravinárskym plodinám alebo krmivám. Hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú účinnosť fotosyntézy a rýchlosť rastu rias sú podmienky kultivácie (napr. teplota, pH, svetlo, kvalita a kvantita živín, salinita, prevzdušňovanie), ktorým sa venujeme aj v tomto článku.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: mikroriasy, kultivácia, biopalivá, bionafta

ABSTRACT

Production of biofuel from renewable sources is considered to be one of the most sustainable alternatives to petroleum sourced fuels. Biofuels are also viable means for environmental and economic sustainability. Biofuels are divided into four generations, it depends on types of biomass used for biofuels production. Nowadays microalgae are presented as an ideal third generation biofuel feedstock because of their rapid growth rate and they also do not compete with food or feed crops, and can be produced on non-arable land. Cultivation conditions (temperature, pH, light, nutrient quantity and quality, salinity, aerating) are the major factors that influence the photosynthesis activity and the behaviour of microalgae growth rate. In this paper we present an overview about effect of cultivation conditions on microalgae growth.

KEY WORDS: microalgae, cultivation, biofuels, biodiesel

ÚVOD

Vzhľadom k tomu, že ľudstvo nutne potrebuje energiu pre svoju existenciu, neustále hľadá nové zdroje energie. V posledných rokoch sa čoraz väčšia pozornosť venuje biopalivám vyrábaným z biomasy. Pátranie po bezpečnom a trvalo udržateľnom zdroji energie predstavuje jednu z najväčších výziev našej doby. Problematika energetickej bezpečnosti zaujíma významné miesto v bezpečnosti ktoréhokoľvek štátu, je obzvlášť dôležitá, pretože len spoľahlivé dodávky energie vytvárajú podmienky pre harmonický rozvoj modernej ekonomiky. Vývoj vo svete spojený s prerušením zásobovania energiou na svetových trhoch, rovnako ako aj globálna finančná a hospodárska kríza, poukazujú na problémy vznikajúce na trhoch s energiami a vyzdvihujú do popredia práve otázky energetickej bezpečnosti.

RIASY

Riasy sú veľmi rozmanitou skupinou fotosyntetických vodných organizmov, ktoré sa podieľajú približne na 50-tich % fotosyntézy prebiehajúcej na Zemi. Základným nástrojom fotosyntézy sú asimilačné pigmenty, bez ktorých by energia žiarenia nemohla byť absorbovaná a uložená vo forme energie chemickej. Hoci najznámejším pigmentom je chlorofyl a, v skutočnosti existuje obrovská paleta asimilačných farbív. Významnou úlohou rias v globálnom kolobehu uhlíka je odstraňovanie nadbytočného CO₂ z prostredia. Riasy tiež považujeme za

významný zdroj energie pre výrobu biopalív, práve z dôvodu vysokej efektívnosti pri absorpcii a konverzii slnečnej energie na chemickú[1].

V závislosti na veľkosti delíme riasy na mikroriasy a makroriasy (morské riasy). Mikroriasy sú jednobunkové mikroorganizmy, klasifikované ako prokaryotické a eukaryotické[2]. Podľa spôsobu získavania energie ich delíme na autotrofné a heterotrofné. Autotrofné mikroriasy tvoria z jednoduchých na energiu chudobných anorganických látok energeticky bohaté organické látky. Zdrojom uhlíka je CO₂. Autotrofné mikroriasy na túto premenu využívajú ako zdroj energie svetlo, zatiaľ čo heterotrofné využívajú organický uhlík (napr. cukry). Existujú však aj také druhy mikrorias, ktoré využívajú oba spôsoby získavania organických látok a tie nazývame mixotrofné[2][3]. Mikroriasy sú ďalej rozdelené do rôznych skupín na základe ich taxonómie. Poznáme viac ako 50000 druhov mikrorias[2].

VÝROBA BIONAFTY

Bionafta je palivo, ktoré nie je na rozdiel od nafty pôvodom z ropy. Bionafta môže byť vyrobená z jedlých rastlinných olejov – z lisovaných semien a plodov olejnatých rastlín ako je slnečnica, palma, sója, kokosový orech atď. Tieto suroviny sú považované za prvú generáciu surovín pre výrobu bionafty. Ich používanie pre výrobu bionafty čelí problémom súvisiacim s narušením celkovej globálnej rovnováhy potravinárskych rezerv a potravinovej bezpečnosti[4]. Dvojité využívanie palmového oleja zvyšuje súťaženie medzi trhom s jedlým olejom a trhom s biopalivami s následným zvyšovaním cien jedlého oleja v rozvojových krajinách[5]. Z týchto dôvodov sa v posledných rokoch kladie dôraz na využívanie druhej generácie surovín pre výrobu bionafty, kam patria (1) nejedlé rastlinné oleje vyrábané lisovaním semien a plodov napr. jatropha, karanja, jojóba, (2) kuchynské odpadové oleje a tuky a tiež (3) živočíšne tuky. Avšak, ani kapacity týchto surovín nie sú dostačujúce, aby úplne nahradili súčasné potreby pre produkciu palív. Preto prichádza do úvahy až tretia generácia surovín – riasy[4].

Využívanie rias má niekoľko výhod, napr. riasy sú schopné zachytávať a fixovať atmosférický CO₂; obsahujú lipidy, ktoré sú biochemickými procesmi spracované na palivo[2]; nekonkurujú rastlinám pestovaným na suši a môžu rásť kdekoľvek – v slanej vode, sladkej vode, brakickej vode a tiež v odpadových vodách[4][6]; pre svoj rast potrebujú menej vody a živín v porovnaní s pozemskými rastlinami majú vysokú rýchlosť rastu a obsahujú viac ako 70 % lipidov[2] – predpokladá sa, že potenciálna výťažnosť oleja z niektorých kmeňov rias je aspoň 60-krát vyššia ako zo sójových bôbov, približne 15-krát vyššia ako jatropha a asi 5-krát vyššia ako z palmového oleja na aker pôdy za rok[7]. Aj napriek všetkým výhodám, ich využívanie pre produkciu biopalív má aj svoje technické obmedzenia[2].

Proces výroby bionafty z rias zahŕňa kultiváciu, zber/odvodnenie, extrakciu a spracovanie na bionaftu.

- *Kultivácia:* Riasy môžu byť kultivované fotoautotrofnými metódami v otvorených alebo uzavretých nádržiach (riasu pre svoj rast a produkciu novej biomasy vyžadujú svetlo) alebo heterotrofnými metódami (riasu pre svoj rast nevyžadujú svetlo, uhlík pre produkciu novej biomasy získavajú z polysacharidov). Pri návrhu optimálneho kultivačného systému rias je potrebné nájsť vhodnú kombináciu podmienok kultivácie a druhu rias. Toto je kľúčom k cenovej dostupnosti produkcie bionafty z rias a udržateľnosti celého systému.
- *Zber/odvodnenie:* Niektoré procesy spracovania rias na kvapalné palivá si vyžadujú aj predbežné spracovanie ako zber a odvodňovanie. Riasy sa pestujú najmä vo vode a preto sa veľká pozornosť pred samotnou extrakciou a premenou na bionaftu sústreďuje na samotný zber biomasy z vodného prostredia. Tento krok je energeticky náročný a môže mať za následok aj mnoho problémov v celom procese výroby.
- *Extrakcia:* Z biomasy rias môžu byť extrahované 3 najvýznamnejšie zložky: lipidy (zahŕňajú triglyceridy a mastné kyseliny), sacharidy a proteíny. Zatiaľ čo lipidy a sacharidy sú prekurzorom paliva (napr. benzín, bionafta, letecké palivo), proteíny môžu byť použité ako sekundárne produkty (napr. krmivo pre zvieratá).
- *Spracovanie na bionaftu:* Technológia spracovania na bionaftu zahŕňa chemické, biochemické a termochémické procesy alebo ich kombináciu. Výsledné produkty sa líšia v závislosti od technológií spracovania[7].

KULTIVÁCIA – FYZIKÁLNE A CHEMICKÉ PODMIENKY KULTIVÁCIE MIKRORIAS

Teplota, pH, svetlo, množstvo a kvalita živín, salinita a prevzdušňovanie/miešanie (prietok CO₂) sú hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú aktivitu fotosyntézy a rýchlosť rastu mikrorias[8][9].

Svetlo

Svetlo je pravdepodobne jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich rast mikrorias, je dôležitá jeho kvalita (farba), intenzita a čas pôsobenia. Svetlo je primárnym zdrojom energie pre fotosyntézu, pri ktorej dochádza k premene CO_2 na organické látky (polysacharidy, bielkoviny) za súčasného uvoľňovania kyslíka ako sekundárneho produktu. Mikroriasy kultivované pri nedostatočných svetelných podmienkach využívajú uhlík na syntézu aminokyselín a iných esenciálnych látok, zatiaľ čo pri dostatočnom množstve svetla sú sacharidy a škrob vytvorené pentózo-fosfátovou cestou, čo dokazuje závislosť zloženia biomasy od množstva svetla pri pestovaní. V skutočnosti sa vo výskume a priemysle často kultivuje pri stálych svetelných podmienkach, pretože sa všeobecne dosahuje maximálna rýchlosť rastu [9].

Avšak, niektoré výskumy naznačujú, že kultivácia využívajúca režim svetlo/tma namiesto nepretržitého svetla spôsobí buď zvýšenie konečnej koncentrácie mikrorias alebo zníženie výrobných nákladov. Dôvodom je, že pri mnohých jednobunkových fotosyntetických kultúrach dochádza k deleniu buniek pri tmavých podmienkach, zatiaľ čo pre ostatné kultúry sú ideálne podmienky ako pri svetle tak aj tme. Taktiež platí, že bunkové delenie prebieha častejšie po prerušení fázy svetla. V rastlinách prebiehajú procesy fotosyntézy v dvoch fázach, kedy pri svetelnej fáze prebiehajú procesy spojené s príjmom a premenou svetelnej energie na energiu chemickú a pri tmavej fáze prebiehajú procesy spojené s fixáciou uhlíka a premenou anorganického uhlíka (CO_2) na sacharidy [9][10].

Intenzita svetla zohráva dôležitú úlohu, ale požiadavky na ňu sa veľmi líšia v závislosti od hĺbky kultivačného systému a hustoty pestovaných mikrorias. Pri vyšších hĺbkach a väčších koncentráciách mikrorias musí byť intenzita svetla zvýšená tak, aby prenikla k celej kultúre mikrorias (1000 lux je postačujúci pre pestovanie v kužeľovej banke, ale pre väčšie objemy je potrebných 5000–10000 lux). Svetlo môže byť prírodné alebo dodávané žiarivkami, pričom žiarivky vyžarujúce modré alebo červené svetelné spektrumsú považované za vhodné, pretože sa jedná o najaktívnejšiu časť svetelného spektra pre fotosyntézu. Aj napriek tomu, že svetlo je nevyhnutné pre rast mikrorias, príliš veľa svetla alebo svetla určitej vlnovej dĺžky môže spôsobiť ich poškodenie alebo zastavenie ich rastu [8].

Všeobecne platí, že mikroriasy využívajú pre fotosyntézu svetlo v rozsahu 400 až 700 nm. Vlnové dĺžky absorbované mikroriasami sa líšia v závislosti na ich druhu, napr. zelené mikroriasy absorbujú svetelnú energiu pre fotosyntézu prostredníctvom chlorofylu ako hlavného pigmentu, ktorý najlepšie absorbuje svetlo v rozsahu 450–475 nm a 630–675 nm a karotenoidmi ako pigmentom absorbujúci najlepšie v rozsahu 400–50 nm [11].

Kultivačné médium (živiny)

Pri pestovaní mikrorias je dôležité vybrať vhodné kultivačné médium a nastaviť podmienky kultivácie tak, aby bola produkcia biomasy maximálna. Možno použiť dva prístupy pre výber zloženia kultivačného média:

- V teoretickej rovine je najlepšie brať do úvahy informácie, že ak mikroriasy nepotrebnú prídavok konkrétnej chemickej látky do kultivačného média (t.j. že to nemá žiadny pozorovateľný pozitívny vplyv na rýchlosť rastu), nepridá sa.
- V praxi je často jednoduchšie pozorovať vplyv dobre známych kultivačných médií na rast mikrorias a prídanie ďalších látok je vhodné len v prípade, že tieto nemajú žiadny pozorovateľný negatívny vplyv na rast mikrorias.

Pri výbere kultivačného média je dôležité brať do úvahy aj prirodzené prostredie konkrétnych druhov mikrorias s cieľom zistiť ich environmentálne požiadavky. Je dôležité vedieť, napr. či je prostredie eutrofné (bohaté na živiny) alebo oligotrofné (chudobné na živiny), či mikroriasy patria k druhom, ktoré sú charakteristické vysokou alebo pomalou rýchlosťou rastu, či sú autotrofné, mixotrofné alebo heterotrofné a tiež podľa ich ekologickej valencie.

V súčasnosti nie sú vždy k dispozícii všetky informácie o kultivačných médiách pre konkrétne druhy mikrorias a preto sú často experimenty súvisiace s kultiváciou založené na metóde pokus-omyl. Je potrebné pripomenúť, že v kultivácii vo všeobecnosti nepoznáme nesprávne a zlé metódy, kultivačné médium obsahuje rôzne prídavky látok zvyčajne na základe teoretických úvah. Vylepšovanie zloženia médií pre laboratórne pestované kultúry mikrorias bolo predmetom výskumu niekoľko desaťročí, čo má za následok mnoho postupov pre prípravu kultivačných médií popísaných v odborných literatúrach, ktoré sa používajú v rôznych laboratóriách [12]. Kultivačné médium sa zvyčajne pripravuje zo zásobných roztokov makroživín, stopových prvkov a vitamínov, ktoré sa pridávajú ku konečnému objemu vody, aby sa zabránilo vyzrážaniu.

Salinita

Morský fytoplanktón je extrémne tolerantný k zmenám salinity. Väčšina druhov rastie najlepšie pri salinite o niečo nižšej než je ich prirodzené prostredie, ktorá sa získava zriedením morskej vody. Optimálna hodnota salinity sa pohybuje v rozmedzí 20–24 g l⁻¹[8].

pH

Rozsah pH je pre väčšinu pestovaných druhov mikrorias v rozmedzí medzi 7 až 9, s optimálnym rozmedzím 8,2 až 8,7, aj keď niektoré druhy rastú hlavne v kyslejšom/zásaditejšom prostredí. Spomalenie až úplné zastavenie rastu mikrorias môže byť spôsobené narušením mnohých bunkových procesov práve z dôvodu neudržania prijateľného pH v kultivačnom médiu. V prípade vysokej hustoty kultúry mikrorias je prídavkom CO₂ možné korigovať zvýšenie pH, ktoré sa môže v priebehu rastu mikrorias pohybovať v medzných hodnotách až okolo 9[8][12].

Prevzdušňovanie/miešanie

Miešanie má mimoriadny význam pre pestovanie mikrorias. Existujú rôzne spôsoby zabezpečujúce miešanie, avšak zvolený spôsob miešania závisí od faktorov ako typ mikrorias, typ kultivačného systému (otvorené systémy –otvorené rybníky, uzavreté systémy –fotobioreaktory), veľkosť kultivačného systému (malé alebo veľké systémy) ako aj od prostredia, v ktorom kultivácia prebieha (vnútri, vonku)[13].

Miešanie je potrebné zabezpečiť z viacerých dôvodov, napr. aby sa zabránilo usadzovaniu biomasy, aby sa zabezpečil prístup svetla a živín každej zložke v kultivačnom systéme, aby sa zabránilo tepelnému rozvrstveniu (napr. vo vonkajších systémoch) a zabezpečila sa lepšia výmena plynov medzi kultivačným médiom a vzduchom. Posledné zo spomínaných je mimoriadne dôležité, pretože vzduch obsahuje zdroj uhlíka pre fotosyntézu vo forme CO₂. V závislosti na veľkosti kultivačného systému je možné zabezpečiť miešanie rôznymi spôsobmi, napr. ručne (skúmavky, menšie laboratórne sklo), prevzdušňovaním (plastové vaky, nádrže) alebo použitím lopatkových kolies a čerpadiel (rybníky). Je však potrebné poznamenať, že nie všetky druhy mikrorias tolerujú intenzívne miešanie[8].

Teplota

Optimálna teplota pre pestovanie fytoplanktónu sa všeobecne pohybuje medzi 20 a 24 °C. Tento rozsah sa však môže líšiť v závislosti od zloženia kultivačného média, od druhu a kmeňa kultivovaných mikrorias. Najčastejšie kultivované druhy znášajú teploty medzi 16 a 27 °C. Teploty nižšie ako 16 °C môžu spôsobiť spomalenie ich rastu, zatiaľ čo vyššie ako 35 °C majú pre vybrané druhy letálne účinky. Ak je to nevyhnutné, pri kultivácii môžu byť chladené prúdom studenej vody po povrchu kultivačnej nádoby alebo riadením teploty vzduchu jeho chladením použitím klimatizačnej jednotky[8].

ZÁVER

Podmienky kultivácie mikrorias (napr. teplota, pH, svetlo, kvalita a kvantita živín, salinita, prevzdušňovanie) sú hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú účinnosť fotosyntézy a rýchlosť rastu. Cieľom kultivácie je dosiahnuť čo najvyšší nárast a čo najvyšší obsah lipidov. Pre konkrétne druhy mikrorias je preto veľmi významné nájsť tú najlepšiu kombináciu týchto parametrov kultivácie, aby sa pri čo najkratšom čase kultivácie, najmenších nákladoch získalo čo najväčšie množstvo biomasy.

Pod'akovanie [zaradenie príspevku]

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: „Hybridný elektrický zdroj pre technicko-poradenské laboratórium využitia a propagácie obnoviteľných zdrojov energie“ (ITMS 26220220056), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] MORONEY, J. V., YNALVEZ, R. A. I. 09/2009. Algal Photosynthesis. In: *eLS. John Wiley&Sons Ltd, Chichester*. [online] [cit. 2015-12-02]. Dostupné na: <<http://www.els.net/WileyCDA/ElsArticle/refId-a0000322.html>>

- [2] RASHID, N. ET AL. 2014. Current status, issues and developments in microalgaederivedbiodieselproduction. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Číslo 40, s. 760–778.
- [3] DAHIYA, A.2014. Bioenergy: Biomass to Biofuels, Elsevier, 1. vydanie, s. 219-238. ISBN 978-0-12-407909-0
- [4] NAUTIYAL, P. ET AL. 04/2014. Production and characterization of biodieselfromalgae. In *FuelProcessingTechnology*, Číslo 120, s. 79–88.
- [5] RIVA, G. A KOL. Manuál o obnoviteľných zdrojoch energie. [online] [cit. 2016-01-19]. Dostupné na: <http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER_handbook_slov1.pdf>
- [6] CHRISTENSON, L.<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073497501100070X>, SIMS, R. 2011. Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts. In: *BiotechnologyAdvances*, Číslo 29 (6), s. 686–702.
- [7] FISHMAN, D. ET AL. (eds.) 2010. National AlgalBiofuelsTechnologyRoadmap. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Biomass Program. [online] [cit. 2015-03-02]. Dostupné na: <http://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/algal_biofuels_roadmap.pdf>
- [8] LAVENS, P., SORGELOOS, P. (eds.) 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. Číslo 361. Rome, FAO. [online] 295 s., ISBN 92-5-103934-8. [cit. 2015-02-01]. Dostupné na: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/w3732e/w3732e00.pdf>>
- [9] HARUN, I. ET AL. 2014. Effects of Natural Light Dilution on Microalgae Growth. In *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, Číslo 5 (2), s. 112–116.
- [10] AL-QASMI, M. ET AL. 07/2012. A Review of Effect of Light on Microalgae Growth. In *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Číslo I, s. 8–10.
- [11] BLAIR, M.F. ET AL. 2014. Light and growth medium effect on Chlorella vulgaris biomass production. In *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Číslo 2 (1), s. 665–674.
- [12] BARSANTI, L. ET AL. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology, [online]. 2. vydanie. ISBN 978-1-4398-6733-4. [cit. 2015-12-02]. Dostupné na: <<https://books.google.sk/books?id=uazMBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=sk#v=onepage&q&f=false>>
- [13] UGWU, C. U., AOYAGI, H. 2012. Microalgal Culture Systems: An Insight into their Designs, Operation and Applications. In *Biotechnology*, Číslo 11 (3), s. 127–132.

ADRESY AUTOROV:

Lenka BLINOVÁ, Ing., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

Alica BARTOŠOVÁ, Ing., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

Maroš SIROTIK, RNDr., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.