FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

ALGATECHNOLÓGIA ENERGETIKAI ELEMZÉSE

ALGAE TECHNOLOGY'S ENERGETICAL ASSAY

**HODAI Zoltán⁽¹⁾, RIPPELNÉ PETHŐ Dóra⁽²⁾, HORVÁTH Géza⁽³⁾,
HANÁK László⁽⁴⁾, BOCSI Róbert⁽⁵⁾**

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. Telefon: +36(88)624-132, Fax: +36(88)642-446, H-8201 Veszprém, Pf. 158. E-mail:

(1) hodaiz@almos.uni-pannon.hu

(2) pethod@almos.uni-pannon.hu

(3) horvathg@almos.uni-pannon.hu

(4) hanakl@almos.uni-pannon.hu

(5) bocsirobert@almos.uni-pannon.hu

Abstract

The cultivation of algae has a number of advantages in comparison with energy plant cultivation. Algae cultivation does not need arable lands. In addition, a higher growth rate can be achieved than with terrestrial planting. Algae based biofuel production can be a promising alternative of the production of first and second generation biofuels because of the high photosynthetic yield, more readily controllable soil emission, and the fact that algae production does not take up arable land. The critical points of the technology are the concentration of the algae suspension and the extraction because of the high investment and operating costs and high operational time. The algae technology in this direction is depend on this steps. Our aim is to separate the algae mass faster and more economical from the starter solution. The optimization of the separating operations and technologies take notice of the environmental and economic aspects.

Keywords: algae technology, microalgae, separation, filtration, energy balance

Összefoglalás

Alga termesztése energetikai célú biomassza-előállítás céljából számos előnnyel bír a növénytermesztéssel szemben. Az algatermesztés nem igényel művelhető földterületet, ezen kívül nagyobb növekedési ütem érhető el, mint a szárazföldi növények esetén. Az első és második generációs bioüzemanyagok ígéretes alternatívája lehet az alga-alapú bioüzemanyag-előállítás, köszönhetően a magas fotoszintetikus hozamnak, a jobban kontrolálható talajemisszióknak, és annak, hogy az algatermesztés nem veszi el az ételmezési célú növénytermesztésre szánt földterületeket. A technológia kritikus pontjai az algaszuszpenzió besűrítése és az extrakció, a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt.

Az algatechnológia ez irányú felhasználásának létjogosultsága, életképessége múlik ezen a lépéseken. Célunk az algatömeg minél gyorsabb, gazdaságosabb szeparálása a tápoldattól. A szeparációra irányuló műveletek, technológiák optimalizálása, környezetvédelmi és gazdasági szempontok figyelembe vételével zajlik.

Kulcsszavak: algatechnológia, mikroalga, szeparáció, szűrés, energiamérleg

1. Bevezetés

Az algatechnológia felhasználása a nemzetközi kutatási, fejlesztési tevékenység egyik jelentős területe, mivel olyan „zöld-technológia”, amely a szennyezőanyagok kibocsátása mellett megújuló energiaforrásként szolgál. Egyre nagyobb figyelmet kapnak az olyan technológiák, melyek a kibocsátott szennyezőanyagokat számunkra hasznos anyagokká alakítják át (közvetett, közvetlen energia [1, 2]), így csökkentve a kibocsátás mennyiségét [3, 4]. Energiatermelés szempontjából a fotoszintetizáló mikroszkopikus élőlények (mikroalgák) jönnek elsősorban számításba, mert viszonylag gyorsan, nagy tömegben tenyésztethetők (egy nap alatt megkétszereződnek), termőtalaj igénye nélkül. A folyamat végterméke, amit biomasszának hívunk, jelentős mennyiségű, kémiai kötésekben raktározott napenergiát tartalmaz [5-7].

A technológia kritikus pontját a feldolgozási műveletek jelentik, a mikroalgaszuspenzió besűrítése és az ezt követő kulcskomponens(ek) extrakciója (elsősorban lipidek) -egyéb kinyerési technikák értékes komponensekre- a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt. Szakirodalmak alapján a mikroalga alapú biodízel mindaddig nem versenyképes a kőolaj alapú üzemanyagokkal szemben, amíg a technológia kihozatala nincs az energiaminimalizálással párhuzamosan maximálva. A technológia csak úgy életképes, ha figyelembe vesszük a szennyvíztisztítást, a füstgáz tisztítása mellett és a megtermelt mikroalgából egyéb értékes termékek értékét is [8, 9].

Kutatásaim a mikroalgaszuspenzió feldolgozására összpontosítanak, hogy a megtermelt, felszaporított tenyészetek minél gazdaságosabban és minél kisebb műveleti idővel szeparálhatók legyenek. A különböző szeparációs lehetőségek vizsgálata mellett folyamatos energetikai elemzést kell végezni, megállapítani az adott művelet energiatartását és lehetőségek szerint csökkenteni energiaigényüket.

2. Szeparációs lehetőségek

Az algaszuspenziókat a későbbi feldolgozási lépések miatt szükséges besűríteni. A termékként elvett algaszuspenzió feldolgozása, az alga-biomassza sűrítése, kinyerése az egyik legproblematisabb területe az energetikai célú algabázisú technológiáknak [10-12]. Az alkalmazott műveletek költsége a teljes alga-biomassza termelési költségének a 20-50 %-át is kiteheti, sőt nyílt rendszerű termesztéstechnológia esetén a beruházási költségnek akár a 90 %-át is elérheti az alga kinyerésére szolgáló berendezések ára a hígabb szuszpenziók kezelése miatt [13].

A szeparációs módszer nagyban függ a termesztett alga jellemzőitől. A főbb módszerek a következők: tisztán mechanikai műveletek (szűrés, centrifugálás, ülepítés), adalékkal segített mechanikai műveletek (flokkuláció, derítés), membrán műveletek (mikroszűrés, ultraszűrés), egyéb műveletek (szonokémiai művelet, elektroflokkuláció, flotálás).

Kísérleti üzemek esetében a kombinált szeparációs technológiát (flokkuláció és mikroszűrés együttes alkalmazása) részesítik előnyben, üzemi méreteknel pedig a centrifugálást preferálják, aminek oka, hogy a szeparáció viszonylag könnyen hozzáférhető berendezések használatával kivitelezhető [14].

Az előző technológiák bár hozzáférhetőek, a magas energia és költségigény mellett környezetterhelést is jelentenek (flokkulálásnál az adalékvegyszer megjelenése az output áramban, centrifugálásnál biomasszavesztés, ami a permeátumban jelenik meg, esetlegesen egyéb kísérő organizmusokkal).

A szakirodalom szerint mikroalgák tömegtermesztése esetén még nincs, minden körülmények között bizonyítottan, általánosan használatos módszer, különösen energetikai célú biomassza hasznosítás esetén.

3. Energetikai értékelés

Különböző szeparációs lehetőségek energetikai becslését végeztem el, amit a teljesség igénye nélkül az 1. ábrán látható összefoglaló diagramon mutatok be.

1. ábra. Különböző szeparációs lehetőségek energia igényei 1 m³ szuszpenzió kezelésére vonatkoztatva

Az ábra szerint a speciális „spiral plate” centrifugák, a bemerülő membránszűrő és a hab-flotálás műveletei a legkisebb energia igényűek a szóba jöhető lehetőségek közül. Érdemes szem előtt tartanunk azt a tényt is az energetikai értékelésünk során, hogy milyen koncentrációjú algaszuszpenzió kezelését szeretnénk elvégezni a választott művelettel.

A méretnövelésük és a kezelendő szuszpenzió koncentrációjának –drasztikus- csökkenése szükségessé teheti, hogy újból és újból sorra vegyük az egyes szeparációs lehetőségeket, azok energetikai státuszának változását. Például a flotálás esetében kísérleteim azt mutatták, hogy amennyiben jóval hígabb szuszpenziót szeretnénk kezelni, nagymértékben (akár nagyságrendekkel) változhat az energetikai besorolása. A flotáló készülék mérete miatti gázáram mennyiséget nem csökkenthetjük, ugyanakkor a hígabb szuszpenzió nehezebben képez habot, és az nem is akkora térfogatú és stabilitású, ami megegyező lenne egy sűrűbb szuszpenzió habjával. Így csak kisebb mennyiségben tud feldúsulni az alga a habban, ha csak nem használunk több vegyszert, felületaktív anyagot, ami további kérdéseket vet fel. Míg például a membránszeparációra gyakorlatilag nincs hatással sem az állapota, sem pedig a koncentrációja a kezelendő szuszpenzióknak, azt a megadott paraméterekkel képes sűríteni.

4. Következtetések / Összefoglaló

Eddigi eredményeim alapján, energetikai célú algatermesztés esetén, a kinyerésre, besűrítésre használható eljárások fajlagos energiaigénye széles skálán mozog.

Különösen a nyílt rendszerű termesztés technológiával előállított viszonylag híg (~0,5 g/dm³) szuszpenziók feldolgozása kritikus ilyen szempontból. Híg szuszpenziók esetén a

flotálás, hab-flotálás tűnik a legelőnyösebbnek, a flokkulálás is alkalmazható művelet, ám itt figyelembe kell vennünk az alkalmazandó vegyszerek költségét és környezetterhelését egyaránt. Töményebb ($> 1 \text{ g/dm}^3$) szuszpenziók esetén a bemerülő membrános eljárások különösen előnyösek lehetnek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] David Dah-Wei Tsai, Rameshprabu Ramaraj, Paris Honglay Chen, *Growth condition study of algae function in ecosystem for CO₂ bio-fixation*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Volume 107, 6 February 2012, 27-34, ISSN 1011-1344
- [2] G. Venkata Subhash, Rashmi Chandra, S. Venkata Mohan, *Microalgae mediated bio-electrocatalytic fuel cell facilitates bioelectricity generation through oxygenic photomixotrophic mechanism*, Bioresource Technology, Volume 136, May 2013, 644-653, ISSN 0960-8524
- [3] Raphael Slade, Ausilio Bauen, *Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects*, Biomass and Bioenergy, Available online 24 January 2013, ISSN 0961-9534
- [4] Melissa Rickman, John Pellegrino, Jason Hock, Stephanie Shaw, Brice Freeman, *Life-cycle and techno-economic analysis of utility-connected algae systems*, Algal Research, Volume 2, Issue 1, January 2013, 59-65, ISSN 2211-9264
- [5] Antoine P. Trzcinski, Ernesto Hernandez, Colin Webb, *A novel process for enhancing oil production in algae biorefineries through bioconversion of solid by-products*, Bioresource Technology, Volume 116, July 2012, 295-301, ISSN 0960-852
- [6] Yongli Zhang, Mark A. White, Lisa M. Colosi, *Environmental and economic assessment of integrated systems for dairy manure treatment coupled with algae bioenergy production*, Bioresource Technology, Volume 130, February 2013, 486-494, ISSN 0960-8524
- [7] I. Rawat, R. Ranjith Kumar, T. Mutanda, F. Bux, *Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production*, Applied Energy, Volume 103, March 2013, 444-467, ISSN 0306-2619
- [8] Truc Linh Nguyen, D.J. Lee, J.S. Chang, J.C. Liu, *Effects of ozone and peroxone on algal separation via dispersed air flotation*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 105, 1 May 2013, 246-250, ISSN 0927-7765
- [9] Ryan Davis, Andy Aden, Philip T. Pienkos, *Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production*, Applied Energy, Volume 88, Issue 10, October 2011, 3524-3531, ISSN 0306-2619
- [10] John J. Milledge, Sonia Heaven, *A review of the harvesting of micro-algae for biofuel production*, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 2013., 165-178
- [11] Mata TM, Martins AA, Caetano NS *Microalgae for biodiesel production and other applications: a review*. Renew Sust Energ Rev 14(1), 2010, 217–232.
- [12] Molina Grima E, Belarbi E-H, Acien-Fernandez FG, Robles-Medina A, Yusuf C *Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics*. Biotechnol Adv 20(7–8), 2003, 491–515
- [13] Amer L, Adhikari B, Pellegrino J *Technoeconomic analysis of five microalgae-to-biofuels processes of varying complexity*. Bioresour Technol 102(20), 2011, 9350–9359.
- [14] Dries Vandamme, Imogen Foubert, Koenraad Muylaert, *Flocculation as a low-cost method for harvesting microalgae for bulk biomass production*, Trends in Biotechnology, Volume 31, Issue 4, April 2013, 233-239, ISSN 0167-7799