

## A SZUSZPENZIÓ KEVERÉSÉNEK HATÁSA FOTO- BIOREAKTORBAN TERMESZTETT MIKROALGÁK BIOMASSZA TERMELÉKENYSÉGÉRE

### CHARACTERIZATION THE EFFECT OF MIXING ON MICROALGAE BIOMASS PRODUCTIVITY IN FLAT PANEL PHOTOBIOREACTOR

Bocsi Róbert<sup>1</sup>, Rippelné Pethő Dóra<sup>2</sup>, Horváth Géza<sup>3</sup>, Hanák László<sup>4</sup>, Hodai Zoltán<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-268, [bocsirobert@almos.uni-pannon.hu](mailto:bocsirobert@almos.uni-pannon.hu)

<sup>2</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-177, [pethod@almos.uni-pannon.hu](mailto:pethod@almos.uni-pannon.hu)

<sup>3</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-446, [horvathg@almos.uni-pannon.hu](mailto:horvathg@almos.uni-pannon.hu)

<sup>4</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-132, [hanakl@almos.uni-pannon.hu](mailto:hanakl@almos.uni-pannon.hu)

<sup>5</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-132, [hodaiz@almos.uni-pannon.hu](mailto:hodaiz@almos.uni-pannon.hu)

#### Abstract

Carbon dioxide is the primary greenhouse gas emitted through human activities. There are natural bioprocesses where this molecule is converted into biomass. With cultivation of microalgae we can feed back the carbon content of CO<sub>2</sub> into biological systems and we can get numbers of valuable organic compounds, among others biofuel, to reach ecological and economical benefits. We have carried out our measurements in our lab-scale screening photobioreactor system for the characterization of the effect of mixing on biomass productivity to find the most energy effective biomass production mode.

**Keywords:** *microalgae, cultivation, photobioreactor, mixing.*

#### Összefoglalás

A természetben működnek olyan spontán folyamatok, amelyeket alapul véve a kibocsátásra váró CO<sub>2</sub> széntartalmát biológiai rendszerbe visszavezethetjük, ezáltal számos értékes termék nyerhető, akár üzemanyag biokomponensek is. Ez egy algatechnológiai rendszer üzemeltetése során megvalósítható, melyben tekintettel kell lennünk arra, hogy az egyes lépésekben a lehető legkevesebb energiát használjunk fel. Kísérleteink során arra törekedtünk, hogy egy olyan gázellátási programot hozzunk létre, laboratóriumi környezetben, amelyben a biomassza növekményre a lehető legkisebb energia jut.

**Kulcsszavak:** *mikroalga, termesztés, foto-bioreaktor, keverés.*

## 1. A mikroalgák termesztése

A fotoszintetizáló élőlények a növekedésükhöz, szaporodásukhoz CO<sub>2</sub>-ot használnak fel, melynek átalakításához szükséges energiát napfényből nyerik. A lipidtermelésre használt mikroalgák a szervezetük felépítéséhez szükséges anyagokat vizes oldatból veszik fel.

A megfelelő algatermesztő rendszer kialakításához sorra kell venni, melyek a termesztésbe bevonható fajok és mely paraméterek befolyásolják az algák fejlődését. A termesztési paraméterek helyes megválasztása alapvetően befolyásolja a teljes folyamat sikerességét.

### 1.1. A mikroalgák hasznosítása

Algákból számos terméket állíthatunk elő, melyek közül üzemanyag előállításra elsősorban a lipidek a megfelelő vegyületek. A lipidek számos alkalmazásban előfordulnak. Tisztítás, ill. átalakítás után kozmetikai cikkek, élelmiszerek összetevői vagy akár motorhajtóanyagok biokomponensei is lehetnek.[1]

### 1.2. Szénforrás a fotoautotróf mikroalga termesztésben

Természetes környezetben az algák szénforrásként a levegő (0,03-0,04 v/v%) CO<sub>2</sub>-tartalmát használják. Mesterséges környezetben biztosítani kell számukra egyrészt a tápoldatban lévő szerves anyagokat és egyszerű szerves vegyületeket, másrészt a reaktortérbe juttatott CO<sub>2</sub>-ot, oldott- vagy hidrogénkarbonát formájában. Míg előbbiket bizonyos szennyvizekből pótolni lehet, addig a szén-dioxid forrása lehet füstgáz (8-15 v/v% CO<sub>2</sub>), olajkitermeléskor keletkező kísérőgáz, de az származhat nagynyomású technológiákból is.

Az algák szaporodása intenzifikálható, ha megnöveljük a számukra elérhető CO<sub>2</sub> mennyiségét.[2]

### 1.3. A keverés szerepe a mikroalga-termesztésben

A keveréssel az a célunk, hogy homogenen algaszuszpenziót állítsunk elő. Ezzel biztosíthatjuk a szuszpenzióban lévő egyes sejtek egyenletes megvilágítását, csökkenteni tudjuk a sejtek felületre tapadásának esélyét, valamint az aggregátumok kialakulásának is gátat szabhatunk. Az aggregátumok kialakulása azért előnytelen, mert a leármányolt sejtek nem jutnak hozzá sem elég fényhez, sem elég tápanyaghoz, és befertőződés forrásaivá válhatnak.[3]

Túlságosan erős kevertetés a fellépő nagy nyíróerők miatt az algasejtek károsodását, pneumatikus keverés esetében pedig a sejtek kiflotálódását okozhatja. Bár ez utóbbi hatásokat a szuszpenzió és a tápoldat jellemzői alapvetően befolyásolják.[4]

## 2. A kísérleti jellemzők leírása

A kísérleteket a Pannon Egyetem Vegyipari Művelési Intézeti Tanszékén felépített és a méréseinknek megfelelően módosított tápoldat vizsgáló foto-bioreaktor rendszerben végeztük. (1.ábra)

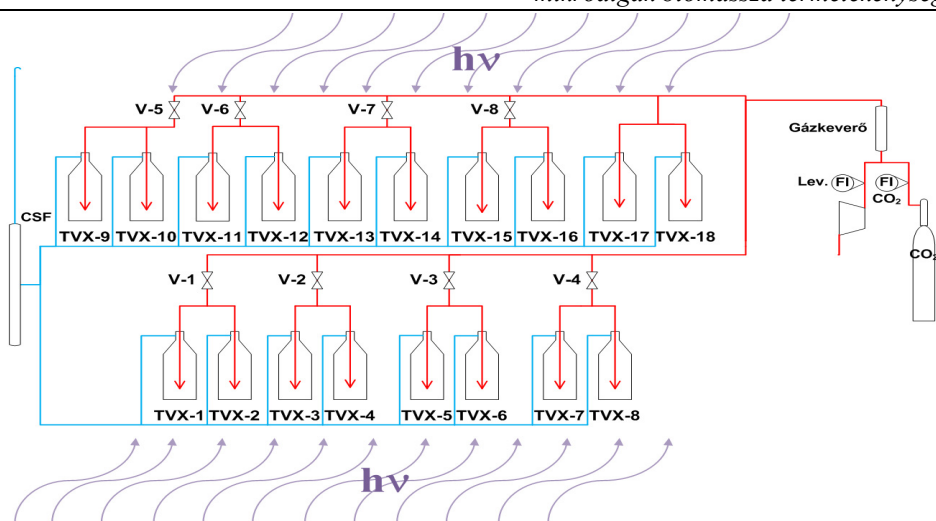
A vizsgálathoz *Chlorella vulgaris* sp. algafajt használtunk fel.

A reaktorokhoz újra hasznosított PET palackokat használtunk fel.

A gázadagolást a gázellátó rendszerbe épített mágnesszelepek segítségével végeztük el. A kapcsolások időzítését egy PC-vel vezérelt, az Advantech cég által gyártott ADAM 5000/TCP berendezés végezte, amelybe egy ADAM-5069 típusú relé modult szereltünk.

### 2.1. termesztési feltételek

A termesztést módosított *BG-11*, *B5M* tápoldatban végeztük. A tápoldat a makroelem komponenseken túl mikroelemeket is tartalmaz, amelyek a sikeres termesztéshez nélkülözhetetlenek.



1. ábra. A mérésekhez módosított tápoldat vizsgáló foto-bioreaktor rendszer

A megvilágítást speciális, 36W-os fénycsövekkel végeztük. A fényforrás spektrumának kék és vörös tartományában lévő intenzitás maximumok kedveznek az algák szaporodásának.

A fény mennyiség mérése egy LogboxSD adatgyűjtőhöz kapcsolt KippZonen PQS 1 PAR Quantum Sensor segítségével történt. Az eszköz által rögzített mérési adatok alapján megállapítottuk, hogy a reaktorok fényellátása a fényszakasz (megvilágítás) alatt egyenletes volt.

A biomassa koncentráció változását mintavétel után, fotometriás módszerrel követtük. A vizsgált minták 681,5 nm-en mért abszorbanciáját, GF/C szűrővel történt szárazanyag tartalom meghatározás alapján adtuk meg.

A termesztő rendszerbe bevezetett gázkeverék levegő, melybe 8 V/V % CO<sub>2</sub>-ot kevertünk be. Ez a szén-dioxid koncentráció alkalmas arra, hogy az algákat megfelelő mennyiségű szénforrással ellássuk és szaporodásukat intenzifikáljuk.

## 2.2. A gázellátási program

A betáplált gázáramot egy 8 W-os membránpumpa segítségével és palackos,

élelmiszeripari minőségű CO<sub>2</sub> felhasználásával állítottuk elő. A 1,5 dm<sup>3</sup> térfogatú szuszpenzióba 0,4 mm belső átmérőjű üvegszövön keresztül buborékolattuk be a gázkeveréket.

A gázáram ki-be kapcsolásával, amely egyébként a szuszpenzió keverését is biztosítja, az egy-egy reaktorra befektetett energiámmennyiség csökkentése érhető el. A programot az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. A reaktorok gázellátási programja

Reaktor jele	Gázellátás időtartama naponta
TVX- 1 / TVX-2	16 óra
TVX- 3 / TVX-4	8 óra
TVX- 5 - TVX-8	3 x 4 óra
TVX- 9 - TVX-12	6 x 2 óra
TVX- 13 - TVX-16	24 x 0,5 óra
TVX- 16 / TVX-18	24 óra (folyamatos)

A 16 órás program a megvilágított, azaz a fény-, míg a nyolc órás a sötét szakaszhoz igazodik. A többi esetben a ki-be kapcsolt

állapotok, a megadott felosztásban, rendre követik egymást.

### 3. A kísérletek eredményei

A kísérletek során a folyamatos gázellátást 100 %-nak véve a reaktoronként betáplált buborékolatásra fordított energia mennyisége az alábbiak szerint alakult:

- a 16 órás reaktoroknál 66,66%;
- a 8 órás reaktoroknál 33,34 %;
- a többi esetben pedig 50,00%.

Az egy hetes kísérletek időtartam alatt az algakultúrák az alábbi biomassza növekményeket érték el.

**2. táblázat.** *A 7 napos termesztési ciklus alatt elért átlagos biomassza növekmény*

Gázellátás időtartama naponta	Biomassza növekmény (mg)
8 óra	289
16 óra	395
3 x 4 óra	359
6 x 2 óra	364
24 x 0,5 óra	398
24 óra (folyamatos/referencia)	431

A mérés során az algaszuszpenziók pH-ja  $8,1 \pm 0,3$  értéken maradt.

### 4. Következtetések

A mérések alapján a referenciához képest három jellemző biomassza termelékenységi csoportot lehet kijelölni.

**3. táblázat.** *A 7 napos termesztési ciklus alatt elért átlagos biomassza növekmény*

Gázellátás időtartama naponta	Relatív biomassza növekmény (%)	Biomassza növekmény (energia ekvivalens) (mg)(eev)
Referencia	100	144
0,5 órás	92	265
Fény szakasz	92	198
2 órás	84	243
4 órás	83	239
Sötét szakasz	67	289

Amennyiben a termelékenységet minden beállításhoz a befektetett energia mennyiségére viszonyítva adjuk meg, akkor a fajlagosok értékei teljesen más sorrendet adnak meg. Bár ez utóbbi adatot körültekintően kell figyelembe venni, mert a megvilágításhoz felhasznált energia mennyisége a keveréshez képest legalább két nagyságrenddel nagyobb.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Pulz, O., Gross, W.: *Valuable products from biotechnology of microalgae*. Applied Microbiology and Biotechnology 2004; 65(6):635–48.
- [2] Kishimoto, M., Okakura, T., Nagashima, H., Minowa, T., Yokoyama, SY., Yamaberi, K.: *CO<sub>2</sub> fixation and oil production using microalgae*. 1994, J Ferment Bioeng 78:479–482
- [3] Marshall, J.S., Sala, K.: *A stochastic Lagrangian approach for simulating the effect of turbulent mixing on algae growth rate in a photobioreactor*, Chemical Engineering Science, Volume 66, Issue 3, 1 February 2011, 384-392, ISSN 0009-2509, 10.1016/j.ces.2010.10.043.
- [4] Chen, Y.M, Liu, J.C., Yih-Hsu Ju: *Flotation removal of algae from water*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 12, Issue 1, 15 October 1998, 49-55, ISSN 0927-7765, [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-7765\(98\)00059-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-7765(98)00059-9)

### Köszönetnyilvánítás

This research was supported by the European Union and the State of Hungary, co-financed by the European Social Fund in the framework of TAMOP-4.2.2/A-11 /1 /KONV-2012-0071 .