

BIOMASSZA SZUSZPENZIÓ SŰRÍTÉSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA FLOTÁLÁSI MŰVELETTEL

EXAMINATION OF BIOMASS SUSPENSION'S CONCENTRATION FACILITIES WITH FLOTATING OPERATION

Hodai Zoltán¹, Rippelné Pethő Dóra², Horváth Géza³, Hanák László⁴, Bocsi Róbert⁵

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Művelési Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. H-8201 Veszprém, Pf. 158.

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 use of biomass is widely researched, because it is an environmentally friendly solution to producing a variety of industries's raw materials, intent to use food supplements, cosmetics or oil industry. The biomass belong to the group of algae suspensions, which are produced in racewayponds, horizontal tubular or flat panel photobioreactor. One of the pivotal point is that appropriate proportion to concentrate the biomass, since the basic separation methods such as filtration, sedimentation, clarification, etc, are very costly, because large volume of suspension which is have relatively dilute concentration (1-2 g/dm³) have to concentrating up to 30 g/dm³.

The main point is examining the opportunity of froth flotation as a cost efficient concentrating and harvesting method on algae suspensions, which are produced in a special photobioreactor (PBR).

Keywords: *algae technology, carbon dioxide absorption, photobioreactor, separation, flotation*

Összefoglalás

A biomasszák felhasználását széles körben kutatják, hisz környezetkímélő megoldást jelenthet a különböző iparágak alapanyagainak előállítás szempontjából, legyen szó táplálék kiegészítőkről, kozmetikumokról vagy olajiparról. A biomasszák csoportjába tartoznak az algaszuszpenziók is, melyeket nyílt vízi vagy zárt rendszerben, reaktorokban állítanak elő. Az egyik sarkalatos pont a biomasszák megfelelő arányú sűrítése, mivel az alap elválasztási műveletek, mint szűrés, ülepítés, derítés, bepárlás, stb., igen költségesnek mutatkoznak, mivel nagy mennyiségű viszonylag híg 1-2 g/dm³ koncentrációjú szuszpenziót kell akár 30 g/dm³-re sűríteni.

Speciális fotobioreaktorokban termesztett algaszuszpenziókon vizsgáljuk a habflotálást, mint gazdaságos sűrítési lehetőséget, ezen belül több különböző tápoldatösszetételt és ennek hatását a szuszpenzió minőségén keresztül a műveletre, valamint a vegyszerigényt és optimumot.

Kulcsszavak: *algatechnológia, széndioxid elnyelés, foto-bioreaktor, szeparáció, flotálás*

1. Bevezetés

Egyre nagyobb figyelmet kapnak az olyan technológiák, melyek a kibocsátott szennyezőanyagokat számunkra hasznos anyagokká alakítják át, így csökkentve a kibocsátás mennyiségét [1-4].

Energiatermelés szempontjából is a fotoszintetizáló mikroszkopikus élőlények (mikroalgák) jönnek elsősorban számításba, mert viszonylag gyorsan, nagy tömegben termesztethetők, termőtalaj igénye nélkül. A folyamat végterméke jelentős mennyiségű, kémiai kötésekben raktározott napenergiát tartalmaz [1, 5-6]. A technológia kritikus pontját a mikroalgaszuszpenzió besűrítése jelenti a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt [7, 8]. A betakarítási, szeparációs költségek meghaladhatják a teljes költség több mint 18%-át is [9].

2. Flotálás

A flotálás az anyagok felületi adhéziós sajátságainak eltérésén alapuló dúsítási eljárás, amely különböző anyagok felületének a levegőhöz és vízhez való eltérő tapadásán alapul. A víz vagy levegő megtapadását a sejtek felületén, a megfelelő reagensek hozzáadásával, módosítani, azaz fokozni lehet. Ha légbuborékokat diszpergálunk a szuszpenzióba, ezekhez hozzátapadnak az anyagszemcsék, és a buborékokkal együtt felszállnak a szuszpenzió felszínére [10].

Alkalmas reagensek hozzáadásával a buborékok nem pattannak azonnal szét, hanem hosszabb-rövidebb ideig megmaradnak a szuszpenzió felszínén, ott többé-kevésbé tartós habot képezve.

Hatékony algasűrítés eléréséhez általában flokkulálószerrek, felületaktív anyagok adagolása is szükséges. Az elválasztott, mikroalgában dús szuszpenzióban (hab) az alga koncentrációja elérheti az 5-7 m/m% értéket is [10, 11].

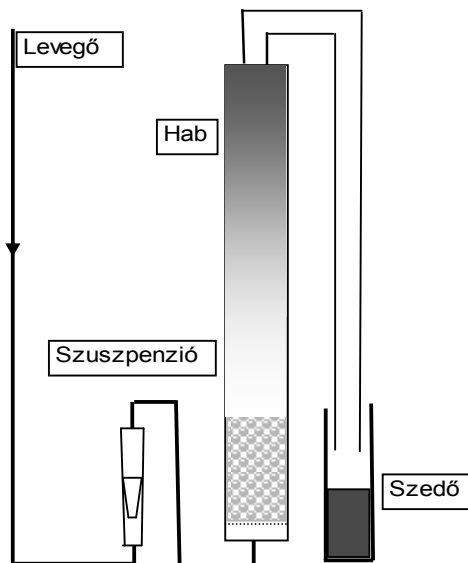
A mikroalgák flotálással történő besűrítésére alkalmazott berendezéseknek, ill. konstrukciós változatoknak, a műveleti paraméterek sokaságán túlmenően, a fajlagos energiaigénye is nagyon különböző [12].

A flotálás hatásfokát megvizsgálva, különböző felületaktív anyagok szerepét is tanulmányozzák a szakirodalmak [13, 14].

3. Kísérleti rész

3.1. Habflotáláshoz összeállított kísérleti berendezés

Habflotálási kísérleteinkhez az alábbi készüléket állítottuk össze (1. ábrán). A flotáló oszlop egy alul üvegfrittel ellátott üvegoszlop, $M=105$ mm magassággal, és $D_{\text{belső}}=20$ mm átmérővel. A fritt alá rotaméteren keresztül történik meg a gáz bevezetése változtatható térfogattal.



1. ábra. Habflotáló berendezés kapcsolási vázlata

Az üvegoszlopba 100-200 cm³ szuszpenzió térfogat tölthető be „kezelésre”, az oszlop tetejéhez csatlakoztatott cső a szedőedénybe vezeti a mikroalga sejtekben dús habot.

3.2. Flokkuláló szer, felületaktív anyag hatása

Habflotálási kísérleteimhez a szabadtéri termesztésből frissen szüretelt mintákat használtam fel. Vegyszerként salétromsav 1 mol HNO_3/dm^3 koncentrációjú oldatát alkalmaztam.

A kezelt szuszpenziók térfogata 150 cm^3 , koncentrációjuk 4 g/dm^3 , pH értékük pedig 9,8.

A nagyobb hatásfokú flotálás érdekében 3,8-as pH-t állítottam be a HFx/1 kódú kísérleteimnél. A HFx/2 kóddal ellátott méréseim esetén a szuszpenziók koncentrációja 3,4 g/dm^3 , pH értéke pedig 8,8 volt, a (salétromsavval) beállított pH értéke 4. A kísérletek során alkalmazott levegőáramot 10 dm^3/h értékre állítottam be, 25-30 perces műveleti idő mellett.

1. táblázat. Habflotálási kísérletek eredményei

Mé-	Hab	tér-	Hab	konc.	Maradék	konc.	CF	V
HF1/	6,0		64		0,5		16	2
HF1/	7,3		50		0,6		20	
HF2/	22		27,5		0,8		7	7
HF2/	15		25		0,4		7,5	1
HF3/	16		27,7		0,6		7	1
HF3/	14		30		0,2		9	1
HF4/	8		20		0,42		10	1
..	16		23		0,3		13	9
..	32		22,5		0,1		6	5
...	28		20		0,2		6	5
...	39		16		0,15		4	4
....	31		18		0,3		5	5

*a hab összeesése után, ** a kiindulási szuszpenzió kétszeres hígítással, *** eredeti szuszpenziók pH állítás nélkül, **** eredeti szuszpenziók pH állítás nélkül + benzil-trimetil-ammónium-klorid adagolással

4. Következtetések

A habflotálás kis energiaigényű (0,1 MJ/m^3 szuszpenzió) és kis műveleti idővel (~30 min) jellemezhető. De nem lehet elfelejteni a –bizonyos esetekben– szükséges vegyszerek, valamint felületaktív anyagok alkalmazását, ami csakúgy, mint a vegyszeres flokkulációs műveletek, költ-

A 1. táblázatban látható, kiülepedett sűrű zagy térfogata 5-6 cm^3 a művelet paramétereitől (pH, VF, t) függetlenül. A kétszeresére hígított szuszpenziók esetén kb. 3 cm^3 a zagy térfogata. Ezzel a zagytérfogattal számolva a művelet végső térfogatsűrítése (VF) eredeti szuszpenziók (3,5-4,0 g/dm^3) esetén: $150 \text{ cm}^3 / (5-6 \text{ cm}^3) = 25-30$, kétszeres hígítás (1,7-2,0 g/dm^3) esetén pedig $150 \text{ cm}^3 / (3 \text{ cm}^3) = 50$.

Ezekkel a VF értékekkel számolva a sűrű zagy alga-koncentrációja közelítőleg: az eredeti szuszpenziók esetén: $(3,5-4,0 \text{ g}/\text{dm}^3) \times 25-30 \sim 90-120 \text{ g}/\text{dm}^3$, a hígított szuszpenziók esetén: $(1,7-2,0 \text{ g}/\text{dm}^3) \times 50 \sim 85-100 \text{ g}/\text{dm}^3$. Így habflotálás és ülepítés alkalmazásával a sűrű zagy koncentrációja: $C_{\text{zagy}} = 80-100 \text{ g}/\text{dm}^3$ -nek adódik.

ségvonzattal járnak és környezetterhelést is jelent.

Felületaktív anyagok adagolása: 10-30 mg/dm^3 dózissal történt a kísérletek során. Az így nyert sűrű zagy alga-koncentrációja közelítőleg: $\sim 90-120 \text{ g}/\text{dm}^3$, a hígított szuszpenziók esetén: $\sim 85-100 \text{ g}/\text{dm}^3$.

Az előkísérletek a habflotálásra, felületaktív anyagok adagolása nélkül is, rendki-

vül kedvező eredményeket adtak: a kihozatal > 90 %, térfogatsűrítés: ($pH = 4$ értéken) ~ 10-25, térfogatsűrítés: (pH változtatás nélkül) ~ 5. A habban átvitt zagy koncentrációja: ~ 20-50 g alga/dm³.

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.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] D. Dah-Wei Tsai, R. Ramaraj, P. Honglay Chen: *Growth condition study of algae function in ecosystem for CO₂ bio-fixation*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2012, 27-34
- [2] G. Venkata Subhash, Rashmi Chandra, S. Venkata Mohan: *Microalgae mediated bioelectrocatalytic fuel cell facilitates bioelectricity generation through oxygenic photo-mixotrophic mechanism*, Bioresource Technology, 2013, 644-653
- [3] R. Slade, A. Bauen: *Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects*, Biomass and Bioenergy, 2013, 29-38
- [4] M. Rickman, J. Pellegrino, J. Hock, S. Shaw, B. Freeman: *Life-cycle and techno-economic analysis of utility-connected algae systems*, Algal Research, 2013, 59-65
- [5] A. Ruiz-Martinez, N. Martin Garcia, I. Romero, A. Seco, J. Ferrer: *Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent*, Bioresource Technology, 2012, 247-253
- [6] Sunja C., Nakyeong L., Seonghwan P., Jaechul Y., Thanh Thao L., You-Kwan Oh, Taeho L.: *Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources*, Bioresource Technology, 2013, 515-520
- [7] 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, 2013, 246-250
- [8] Ryan D., Andy A., Philip T. Pienkos: *Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production*, Applied Energy, 2011, 3524-3531
- [9] Benjamin T. S., Robert H. D.: *Sedimentation of algae flocculated using naturally-available, magnesium-based flocculants*, Algal Research 1 2012, 32-39
- [10] Edzwald JK: *Algae, bubbles, coagulants, and dissolved air flotation*. Water Sci Technol 27(10), 1993, 67-81
- [11] Singh A, Nigam PS, Murphy JD: *Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels*, Bioresour. Technol. 102 (1), 2011, 26-34
- [12] Wiley P E, Brennenman K J, Jacobson A E.: *Improved Algal Harvesting Using Suspended Air Flotation*, Water Environ Res, 81, (7), 2009, 702-708
- [13] Chen Y M, Liu JC, Ju YH : *Flotation removal of algae from water*, Colloids and Surfaces B, 12, 1998 49-55
- [14] Levin G V, Gibor A., Clendenning J R, Bogar F D: *Harvesting of algae by froth flotation* Applied Microbiology, 10, 1962, 169-175