

TARTALOM

oldal

Simon V., Orlovits K., Borza B., Bakonyi P., Nemestóthy N.: Biohidrogén fermentációs kísérletek mérési módszereinek összehasonlítása.....	18
Tanulmányút Norvégiában.....	31
Eredményhirdetés.....	32
Beszámoló a Műszaki Kémiai Napokról.....	33
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	35

Biohidrogén fermentációs kísérletek mérési módszereinek összehasonlítása

Simon Veronika, Orlovits Katalin, Borza Beáta, Bakonyi Péter, Nemestóthy Nándor

*Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet
H-8200, Veszprém, Egyetem u. 10., Hungary*

BEVEZETÉS

Mindennapi életünk egyik meghatározó eleme az energia, éppen ezért korunk egyik legnagyobb kihívása az emberiség energiával való ellátása. A fosszilis, nem megújuló energiaforrások felhasználása több szempontból is problémás, hiszen kitermelésük jelentős környezetterheléssel jár, valamint feldolgozásuk jelentősen növeli az üvegházhatású gázok arányát a légkörben, ráadásul a rendelkezésre álló mennyiségük is véges. Az 1970-es évektől, főként az 1973-as energiaválság után, egyre nagyobb hangsúly helyeződött a fosszilis energiahordozók kiváltására szolgáló megújuló energiaforrások kutatására.

A megújuló energiaforrások nagy előnye, hogy a természeti folyamatok során kvázi folyamatosan rendelkezésre állnak, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődnek, s kevésbé terhelik a környezetet, mint fosszilis társaik. A megújuló energiaforrások közül az egyik legjelentősebb a biomassza, melynek felhasználása igen sokrétű. Hasznosíthatjuk közvetlenül tüzelőanyagként, kémiai átalakítás (cseppfolyósítás, elgázosítás) után folyékony üzemanyagként (pl. alkohollá erjesztés, növényi olajok észterezésével biodízelként) vagy anaerob fermentálás után (éghető) biogázként.

A biogáz üzemek nagy előnye, hogy alkalmasak a legtöbb szerves hulladék, köztük a mezőgazdasági, valamint állati eredetű hulladékok feldolgozására, átalakítására és semlegesítésére, miközben energiát termelnek. A biogáz felhasználható hő-, illetve villamos energia termelésére, illetve megfelelő tisztítás és előkezelés után gépjárművek üzemanyagaként, vagy betáplálható a földgáz hálózatba.

A biológiai eredetű gázok közül kiemelten jelentős a biohidrogén, amelyre ma már szerte a világon úgy tekintünk, mint azon energiahordozók egyikére, ami képes lesz – legalábbis részben – kiváltani a jelenleg domináns fosszilis tüzelőanyagokat. Ennek oka az, hogy az ismert gáz halmazállapotú energiahordozók közül a hidrogén rendelkezik a legnagyobb – gravimetrikus alapon vett – energiatartalommal. Ezen felül, ha megvizsgáljuk oxigénnel való reakcióját (égését), akkor a létező legtisztább energiahordozónak tekinthető,

hiszen ennek során kizárólag víz keletkezik, tehát sem szén-dioxid, sem más szennyezőanyag kibocsátás nem történik. Nem véletlen tehát, hogy napjainkban a hosszabb távra tervező országok tekintélyes összegeket ölnek a tiszta, megújuló energiaként felhasználható biohidrogén előállítására szolgáló kutatásokba.

Kísérleteink célja biohidrogén előállítására szolgáló mérési módszerek összehasonlítása volt. A kísérleti rendszerek összeállításánál további célunk volt annak meghatározása, hogy a reakciótérben lévő gáz- és folyadék térfogat aránya hogyan befolyásolja a biohidrogén képződését. A munka során inokulumként biogáz fermentorból származó anaerob iszapot használtunk. Ezen mikrobakonzorciumok használatának nagy előnye a tiszta kultúrákkal szemben, hogy előbbieknél nem kell steril körülményeket biztosítani, így gazdaságosabb a biohidrogén előállítása.

AZ ISZAP ELŐKEZELÉSE

A vizsgálatokhoz inokulumként a Pálhalmi Agrospeciál Kft. biogáz üzemének anaerob rothasztójából származó iszap szolgált. A 2007-ben megnyílt üzemben állattartási hulladékot, valamint jelentős mennyiségű, regionálisan begyűjtött mezőgazdasági-, konyhai- és élelmiszer-ipari hulladékot dolgoznak fel. A biogáz termelése mezofil környezetben zajlik.

A biogáz fermentorból származó iszapban a hidrogéntermelő baktériumokon kívül természetesen a metanogén baktériumok is jelen vannak, melyek az elvégzett kísérletek során nem kívánatosak, hiszen hidrogénfogyasztók. Ebből kifolyólag, ha biohidrogén előállítás a cél, a metanogén baktériumokat valamiképpen eliminálni kell a rendszerből. Ezen mikroorganizmusok különösen érzékenyek a környezeti változásokra, köztük a hőmérsékletre is, emiatt szaporodásuk gátlásához az iszap termikus előkezelését választottuk. A metanogénnel szemben számos hidrogéntermelő baktérium (pl. *Clostridium* törzsek) hő hatására spórákat képeznek, s sikeresen túlélnek a hő-sokkot.

A Pálhalmáról gyűjtött iszap esetében korábbi kísérleti adatokból kiindulva megállapítható, hogy minimum 15-20 perces 65°C fölötti hőkezelésre van szükség, hogy a metanogén baktériumok elhaljanak (Lankó, 2012). Ezen megállapításokat alapul véve, kísérleteink során a beoltó iszapot 30 percen keresztül, 75°C-on hőkezeltük vízfürdős termosztátban. A félóra eltelte után az előkezelést befagyasztottuk, az iszapot folyó csapvíz alatt laborhőmérsékletűre hűtöttük vissza.

Ezután következett az egyes minták összeállítása. Mindkét mérési módszernél mindegyik reaktoredénybe azonos koncentrációban adagoltunk szubsztrátot. Szénforrásként

keményítőt használtunk 5 g/l koncentrációban, nyomelem és nitrogén forrásként pedig élesztő kivonatot 2 g/l koncentrációban.

A biogáz iszapok pH-ja általában enyhén lúgos, 8-8,5 között van. Szakirodalmi adatok alapján azonban az esetek többségében a hidrogéntermelő baktériumok szaporodásának a savas környezet kedvez (Wang, 2009). Emiatt mindegyik minta pH-ját 6,5-es kezdeti értékre állítottuk be.

A fermentáció anaerob körülmények között zajlik le, így szükség volt a gázfázisban, illetve a folyadékfázisban jelen lévő oxigén eltávolítására. Emiatt a fermentáció megkezdése előtt, utolsó lépésként minden előkészített mintát nitrogénnel buborékolattunk át.

MÉRÉSI MÓDSZEREK

1. mérési módszer

9 db, 100 ml-es – krimpelhető – headspace üvegbe mértük be a mintákat az 1. táblázatban látható adatok szerint. 3 különböző gáz/folyadék térfogatarányt vizsgáltunk, és mindegyikből 3 párhuzamos mérést végeztünk. Az előkezelés után a mintatartó üvegeket gumiszeptum segítségével légmentesen lezártuk, és a mintákat 24 órára 37°C-on, 150 rpm rázatási intenzitással rázó gépbe helyeztük.

1. táblázat. A minták összeállítása – 1. mérési módszer

minta sorszáma	gáz térfogat (ml)	iszap (folyadék) térfogat (ml)	keményítő (g)	élesztő kivonat (g)	gáz/folyadék arány
1., 2., 3.	80	20	0,1	0,04	4
4., 5., 6.	65	35	0,175	0,07	1,86
7., 8., 9.	50	50	0,25	0,1	1

20 és 24 óra elteltével (gyakorlatilag a fermentáció befejezésekor) csiszolatos fecskendő segítségével megmértük a mintatartókban képződött gáz térfogatát. A gázelegy hidrogén tartalmát gázkromatográfiás módszerrel határoztuk meg egy HP 5890 típusú gázkromatográf segítségével. Az analízishez nitrogén vivőgázt, CarboPLOT kolonnát, illetve hővezetőképességi detektort (TCD) alkalmaztunk.

2. mérési módszer

8 db, 500 ml-es WTW OXITOP 100 típusú manometrikus mérőfejjel ellátott reakcióedénybe mértük be a mintákat a 2. táblázatban látható adatok szerint. 3 különböző gáz/folyadék térfogat arányt használtunk, és 3-3, illetve egy esetben 2 párhuzamos mérést végeztünk. Az eltérés – eggyel kevesebb ismételtség – oka kísérleti hibára vezethető vissza.

2. táblázat. A minták összeállítása – 2. mérési módszer

minta sorszáma	iszap (folyadék) térfogat (ml)	keményítő (g)	élesztő kivonat (g)	gáz térfogat (ml)	gáz/folyadék arány
1., 2., 3.	50	0,25	0,1	450	9
4., 5., 6.	75	0,375	0,15	425	5,67
7., 8.	100	0,5	0,2	400	4

A mintákat az előkezelések (hőkezelés, pH beállítása, nitrogén buborékoltatás) után a manometrikus mérőfejjel lezártuk, 37°C-on inkubáltuk, a homogenitást mágneses keverő segítségével biztosítottuk. A manometrikus mérőfej 24 órán keresztül mérte a fermentáció során képződő gáz okozta nyomásváltozást. A fermentáció végén gázfecskendő segítségével mintát vettünk az egyes edényekből, s a gáztérben lévő hidrogén koncentrációját szintén a már említett gázkromatográfiás módszer segítségével határoztuk meg.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Mindkét mérési módszernél mértük a fermentáció során képződött gáz mennyiségét, s meghatároztuk a keletkezett gáz hidrogén tartalmát is. A két mérési módszer összehasonlíthatósága érdekében mindegyik mintára meghatároztuk a fajlagos hidrogéntermelést, azaz a keletkezett hidrogéngáz mennyiségét 1 ml fermentlére vonatkoztatva. Ezt követően a fajlagos hidrogéntermelést ábrázoltuk a gáz-folyadék arány függvényében. A számítás menetét az alábbiakban részletezzük.

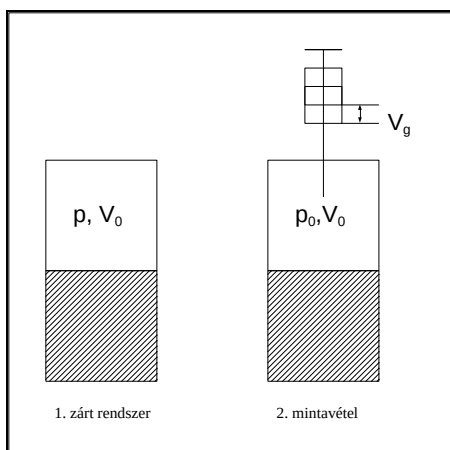
1. mérési módszer

A 9 mintatartó edényben a fermentáció során keletkezett gázelegy térfogatát 20 és 24 óra elteltével megmértük, majd a gázelegy hidrogén tartalmát gázkromatográfiás módszerrel határoztuk meg. A mérési eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A fermentáció során keletkezett gázelegy mennyisége és a gázelegyben lévő hidrogén aránya

minta sorszáma	gáz térfogat (V_0 , ml)	iszap (folyadék) térfogat (V_f , ml)	gáz/folyadék arány	Keletkezett gázelegy mennyisége 24h elteltével összesen (V_g , ml)	H ₂ aránya a keletkezett gázelegyben
1.	80	20	4	48	0,309
2.	80	20	4	40	0,255
3.	80	20	4	34	0,342
4.	65	35	1,86	66	0,251
5.	65	35	1,86	60	0,261
6.	65	35	1,86	48	0,248
7.	50	50	1	76	0,23
8.	50	50	1	78	0,186
9.	50	50	1	82	0,212

A számítások során feltételeztük, hogy a fermentációt követően a gáztérben a főként H₂ és CO₂ tartalmú biogázon kívül csak a kezdeti anaerobizáláshoz alkalmazott nitrogén van jelen számottevő mennyiségben. Első lépésként kiszámítottuk a mintavétel előtti zárt rendszerben uralkodó összes nyomást (p), valamint a zárt rendszerben jelen lévő nitrogén parciális nyomását (p_{N_2}), melyekből aztán meghatároztuk a keletkezett biogáz parciális nyomását (p_g), és anyagmennyiségét (n_g).



1. ábra. A headspace mintatartó edények a mintavétel előtt és után

p – a gáztérben uralkodó nyomás a mintavétel előtt

p_0 – a légköri nyomás (101 325 Pa, mintavétel után)

V_0 – a gáztér térfogata a mintatartó edényben

V_g – a fermentációt során képződő gáz térfogata (csiszolatos gázfecskendővel mérve)

A számításokhoz az ideális gázok állapotegyenletére, illetve az abból levezethető Boyle-Mariotte, valamint Gay-Lussac törvényre volt szükség. A Boyle-Mariotte törvény kimondja, hogy egy adott mennyiségű ideális gáz térfogatának és nyomásának szorzata egy adott hőmérsékleten állandó, így meghatározhatjuk a mintavétel előtt a gáztérben uralkodó összes nyomást (p).

$$pV_0 = p_0(V_0 + V_g)$$

$$p = p_0 \frac{(V_0 + V_g)}{V_0}$$

Az 1. számú minta esetén ($V_0=8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$, $V_g=4,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$) a fenti egyenletet alkalmazva: $p=162\,120 \text{ Pa}$.

A Gay-Lussac törvény segítségével számítottuk ki a zárt gáztérben jelen lévő nitrogén parciális nyomását. A Gay-Lussac törvény kimondja, hogy egy adott térfogatú gáz nyomása egyenesen arányos a hőmérsékletével, vagyis állandó térfogaton a gáz nyomásának és hőmérsékletének hányadosa állandó. A mintatartó edények légmentes lezárása után közvetlenül a gáztérben csak nitrogén volt jelen, annak nyomása megegyezett a légnyomással, hőmérséklete 20°C volt ($T_0=293\text{K}$). Ezt követően a mintát 37°C -ra ($T=310\text{K}$) felmelegítettük, s ekkor a nitrogén nyomása p_{N_2} -re változott.

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_{\text{N}_2}}{T}$$

$$p_{N_2} = \frac{p_0}{T_0} T$$

A fenti egyenletekből $p_{N_2} = 107\,204\text{ Pa}$.

A gázelegy összes nyomásából (p) és a nitrogén parciális nyomásából (p_{N_2}) megkapjuk a biogáz parciális nyomását (p_g), melyből az ideális gázok állapotegyenlete segítségével ki tudjuk számolni a biogáz összes anyagmennyiségét (n_g).

$$p_g = p - p_{N_2} \quad p_g V_0 = n_g RT \quad n_g = \frac{p_g V_0}{RT}$$

A biogáz összes anyagmennyisége az 1. számú minta esetén: $n_g = 1,705\text{ mmol}$.

A gázkromatográfiás módszerrel meghatározott hidrogén arány (3. táblázat) segítségével a biogáz összes anyagmennyiségéből (n_g) kiszámítható a hidrogén anyagmennyisége (n_{H_2}), melyből végül megkapjuk a fajlagos hidrogéntermelést (n_{H_2}/V_f). Az 1. számú mintára: $n_{H_2} = 0,5267\text{ mol}$, $n_{H_2}/V_f = 0,263$.

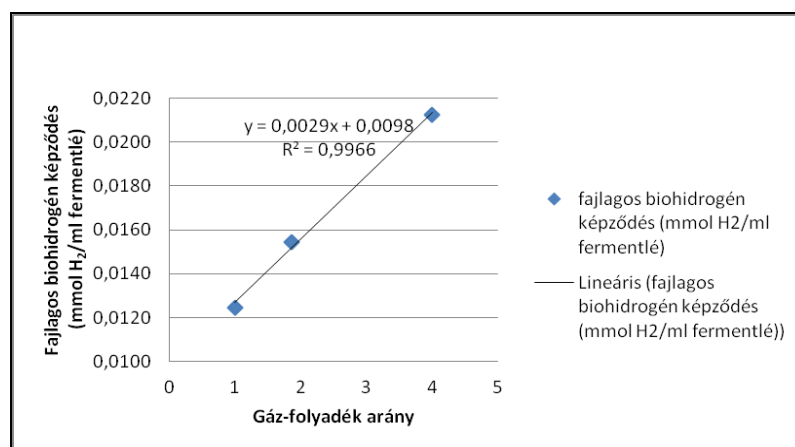
A számítást a kilenc minta mindegyikére elvégeztük, majd a 3-3 párhuzamos mérés eredményét átlagoltuk. Az eredményeket a 4. táblázatban összesítettük.

4. táblázat. Az 1. mérési módszer számítási eredményeinek összesítése

minta sorszám	összes nyomás (p , Pa)	biogáz parciális nyomása (p_g , Pa)	biogáz anyagmennyisége (n_g , mmol)	biohidrogén anyagmennyisége (n_{H_2} , mmol)	fajlagos biohidrogén képződés (n_{H_2}/V_f , mmol H_2 /ml fermentlé)	fajlagos biohidrogén képződés - átlag (n_{H_2}/V_f , mmol H_2 /ml fermentlé)
1.	162 120	54 916	1,705	0,5267	0,0263	0,0213
2.	151 988	44 784	1,390	0,3545	0,0177	
3.	144 388	37 184	1,154	0,3947	0,0197	
4.	204 209	97 005	2,446	0,6141	0,0175	0,0154
5.	194 856	87 652	2,211	0,5770	0,0165	
6.	176 150	68 946	1,739	0,4312	0,0123	
7.	255 339	148 135	2,874	0,6610	0,0132	0,0125
8.	259 392	152 188	2,952	0,5492	0,0110	
9.	267 498	160 294	3,110	0,6593	0,0132	

Ezt követően a fajlagos biohidrogén képződést (mmol H_2 /ml fermentlé) ábrázoltuk a gáz/folyadék arány függvényében (2. ábra). Ahogy az ábrán is látható a fajlagos biohidrogén

képződés, azaz az 1 ml fermentlére jutó keletkezett biohidrogén mennyisége, és a gáz/folyadék arány között lineáris összefüggés van.



2. ábra. Fajlagos biohidrogén képződés (mmol H₂/ml fermentlé) a gáz/folyadék arány függvényében – 1. mérési módszer

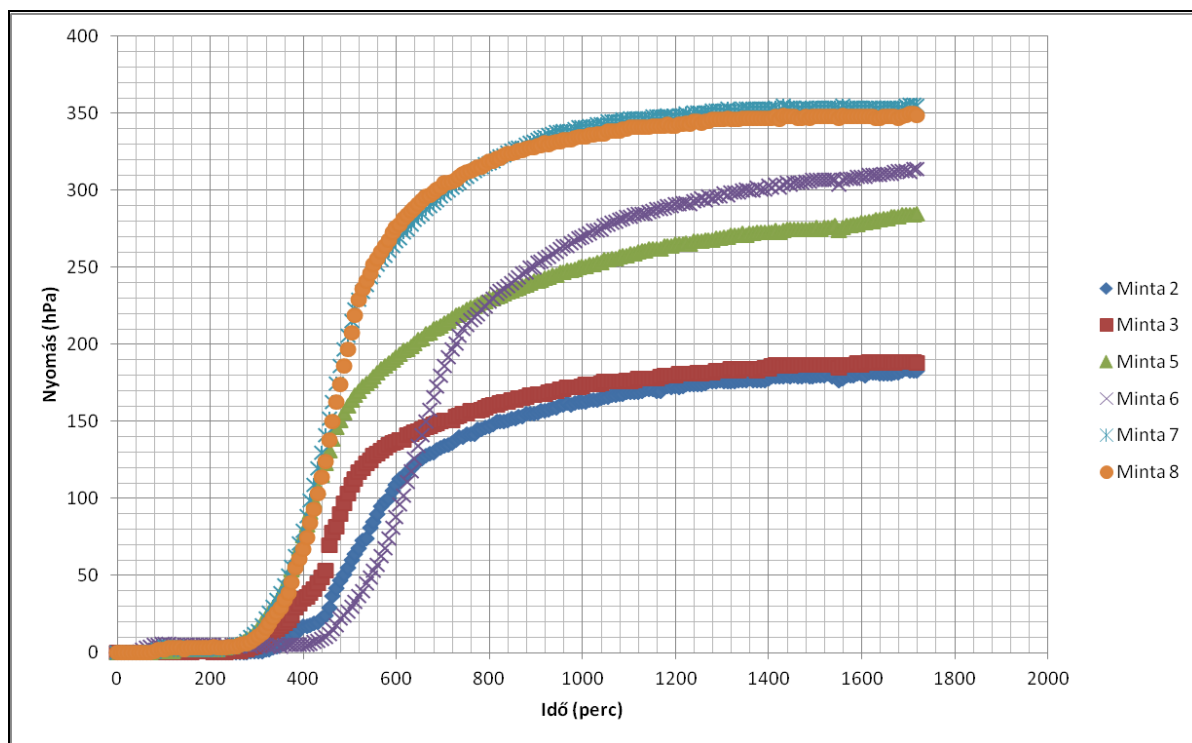
A fermentáció során keletkező biohidrogén mennyiségét tehát befolyásolja a gáz-folyadék arány: minél nagyobb a fermentlé fölötti gáztér, annál több hidrogén keletkezik. Ez az eredmény jól korrelál a Henry-törvényből levonható következtetéssel, mely szerint egy gáz koncentrációja egy folyadékban adott hőmérsékleten egyenesen arányos a gáznak a folyadék feletti parciális nyomásával. Nagyobb térfogatban ugyanazon a hőmérsékleten kisebb a kialakuló nyomás, jelen esetben a hidrogén parciális nyomása is, így a hidrogén fermentlében történő oldódása is csökken, mely kedvez a hidrogénképződésnek. Szakirodalmi adatok is rámutatnak arra, hogy amikor a fermentáció során a gáztérben jelen lévő hidrogén parciális nyomása elér egy bizonyos szintet, akkor a mikrobakonzorcium egyén metabolitok termelésre vált, és jelentősen kevesebb hidrogént állít elő (Valdez-Vazquez, 2009).

2. mérési módszer

A 8 mintatartó edényben a manometrikus mérőfej segítségével mértük a fermentáció során keletkezett gáz miatt bekövetkező nyomásváltozást. A mérési idő elteltével gázfecskendő segítségével mintát vettünk, és a gáztérben a keletkezett hidrogén mennyiségét ennél a kísérletnél is gázkromatográfiás módszerrel határoztuk meg.

A 8 mintából kettőnél (1. és 4. minta) olyan eredmények születtek, amelyeket nem lehetett kiértékelni, valószínűleg nem volt teljesen zárt a rendszer (szivárgott a gáz a

mintatartóból). A 3. ábrán látható a fermentáció során keletkezett gázok össznyomása az idő függvényében. Az egyes mintákhoz tartozó nyomásértékek leolvashatóak a 3. ábra görbéiről.



3. ábra. A fermentáció során keletkező gázok össznyomása az idő függvényében.

A mérési eredmények összesítését az 5. táblázat tartalmazza, beleértve a gázkromatográfiás módszerrel meghatározott hidrogén arányt is.

5. táblázat. A fermentáció során keletkezett gázelegy össznyomása, és a gázelegyben lévő hidrogén aránya

minta sorszáma	gáz térfogat (V_0 , ml)	iszap (folyadék) térfogat (V_f , ml)	gáz/folyadék arány	Keletkezett gázelegy össznyomása (p, hPa)	H ₂ aránya a keletkezett gázelegyben
2.	50	450	9	180	0,145
3.	50	450	9	188	0,15
5.	75	425	5,67	280	0,11
6.	75	425	5,67	313	0,135
7.	100	400	4	355	0,108
8.	100	400	4	348	0,17

A hidrogénhozam kiszámításához ennél a módszernél is az ideális gázok állapotegyenletét használtuk. A gázelegy összes nyomásából (p) és a gázelegyben jelen lévő hidrogén arányból kiszámítottuk a hidrogén parciális nyomását (p_{H_2}), melyből a hidrogén anyagmennyisége, majd a fajlagos hidrogénhozam meghatározható. ($T=310$ K)

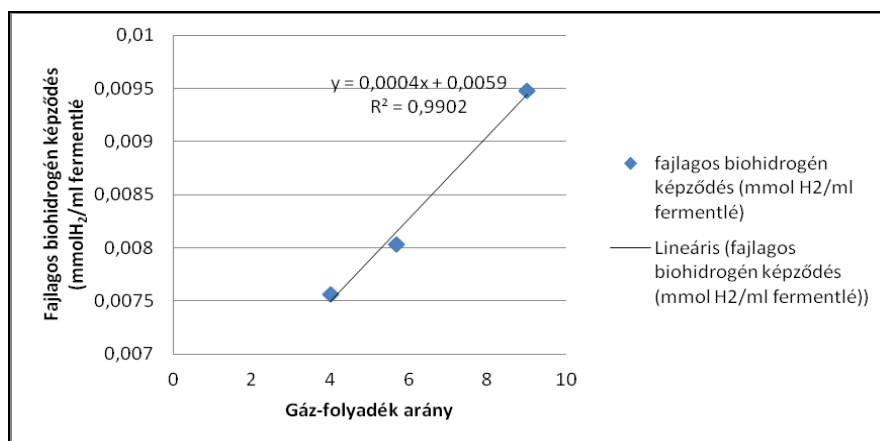
$$n_{H_2} = \frac{p_{H_2} V_0}{RT}$$

A számítást a hat minta mindegyikére elvégeztük, majd a 2-2 párhuzamos mérés eredményét átlagoltuk. Az eredményeket a 6. táblázatban összesítettük.

6. táblázat. A 2. mérési módszer számítási eredményeinek összesítése

minta sorszáma	Keletkezett gázelegy össznyomása (p, Pa)	biohidrogén parciális nyomása (p _{H₂} , hPa)	biohidrogén anyag-mennyisége (n _{H₂} , mmol)	fajlagos biohidrogén képződés (n _{H₂} /V _f , mmol H ₂ /ml fermentlé)	fajlagos biohidrogén képződés - átlag (n _{H₂} /V _f , mmol H ₂ /ml fermentlé)
2.	180	26,1	0,4557	0,0091	0,0095
3.	188	28,2	0,4924	0,0098	
5.	280	30,8	0,5079	0,0068	0,0080
6.	313	42,255	0,6968	0,0093	
7.	355	38,34	0,5950	0,0060	0,0076
8.	348	59,16	0,9182	0,0092	

Ennél a mérési módszernél is bebizonyosodott, hogy a fermentáció során keletkező biohidrogén mennyiségét befolyásolja a gáz-folyadék arány: minél nagyobb a fermentlé fölötti gáztér, annál több hidrogén keletkezik (4. ábra).



4. ábra. Fajlagos biohidrogén képződés (mmol H₂/ml fermentlé) a gáz/folyadék arány függvényében – 2. mérési módszer

A két mérési módszer között a tekintetben nem volt különbség, hogy mindkét módszernél a fermentáció végén vettük el a gázt, és akkor határoztuk meg a keletkezett biohidrogén arányát. Mindkét mérési módszerrel megerősítettük azt a feltételezést, mely szerint a fermentorban jelen lévő gáz és folyadék térfogat aránya befolyásolja a keletkező

biohidrogén mennyiségét. Ha ugyanazt a gáz-folyadék arányt vizsgáljuk, akkor látható, hogy a headspace-es módszer bizonyult a hatékonyabbnak, hiszen ezzel a módszerrel sikerült több fajlagos biohidrogén hozamot elérni. A manometrikus mérőfejjel végzett kísérletek korlátja egyrészt a mérőfej maximális méréshatára (kb. 370 hPa). A rendszerek közötti legfontosabb különbség a keverés megvalósításában mutatkozott, hiszen míg a headspace üvegeket ismert (150 rpm) intenzitással rázattuk, addig a manometrikus mérési módszer mágneses keverővel rendelkezett. Ennek fordulatszáma azonban nem volt pontosan meghatározható, becsléseink szerint a 300-350 rpm közötti tartományban lehetett. Valószínűsítjük, hogy a két mérési módszer esetében tapasztalt fajlagos biohidrogén hozambeli különbségek is erre vezethetők vissza, mivel feltehetőleg a mágneses keverő fordulatszáma már túl magas lehetett, így a keverés során fellépett nyíróerők negatívan befolyásolhatták a mikrobacejteket és azok hidrogéntermelő képességét.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett kísérletek során biogáz üzemből származó iszap fermentációja során keletkező biohidrogén mennyiségének meghatározására alkalmazható két mérési módszert hasonlítottunk össze. Szeptummal lezárt headspace mintatartó edényekben, illetve manometrikus mérőfejjel ellátott mintatartó edényekben vizsgáltuk a fermentáció fajlagos biohidrogén hozamát. Célunk volt továbbá annak meghatározása, hogy a mintatérben szereplő gáz- és folyadék térfogat aránya hogyan befolyásolja a biohidrogén képződését.

Mindkét mérési módszernél kiderült, hogy a fermentorban jelen lévő gáz és folyadék térfogat aránya és a fajlagos biohidrogén képződés között lineáris összefüggés van. Ugyanannál a gáz-folyadék aránynál a fajlagos biohidrogén hozamot vizsgálva a headspace-es módszer bizonyult a hatékonyabbnak. Így a gáz-folyadék arány, valamint a biogáz iszapon végzett különböző előkezelések hatásának vizsgálatát a fajlagos biohidrogén hozamra, a továbbiakban ezzel a módszerrel tervezzük tovább vizsgálni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka egy részét a MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

A Pálhalmai Agrospeciál Kft. tevékenysége:

<http://www.agrospec.hu/hu/tevekenysegek/biogaz-termeles> (2013.05.27.)

Bélafi-Bakó, K., Búcsú, D., Pientka, Z., Bálint, B., Herbel Z., Kovács, K.L., Wessling, M. (2006): Integration of biohydrogen fermentation and gas separation processes to recover and enrich hydrogen, *Int. J. Hydr. Energy* **31** 1490-1495

Búcsú, D., Pientka, Z., Kovács, S., Bélafi-Bakó, K. (2006): Biohydrogen recovery and purification by gas separation method, *Desalination* **200** 227-229

Lankó, J. (2012): Termikusan előkezelt anaerob mikrobakonzorcium alkalmazása biohidrogén előállítására. Szakdolgozat. Pannon Egyetem, Veszprém

Kotay, M., Das, D. (2008): Biohydrogen as a renewable energy resource – Prospects and potentials. *International Journal of Hydrogen Energy* 33, pp. 258-263

Valdez-Vazquez, I., Poggi-Varaldo, H. M. (2009): Hydrogen production by fermentative consortia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, pp. 1000-1013

Wang, J., Wan, W. (2009): Factors influencing fermentative hydrogen production: A review. *International Journal of Hydrogen Energy* 34, pp. 799-811

Tanulmányút Norvégiában

Három hónapos tanulmányúton vehettem részt 2012 augusztusától novemberéig Norvégiában, Ås- ban, a Norwegian University of Life Sciences, Kémiai Biotechnológiai és Élelmiszertudományi Tanszékén (Department of Chemistry, Biotechnology and Food Science). Ez a tanulmányút a COST finansziális segítségével jött létre a „Short Term Scientific Mission” program keretében.

A kutatóintézetben, ahol a munkámat végeztem biomassza hasznosítással, fehérje kutatással foglalkoznak elsősorban. A kutatócsoport vezetője Prof. Dr. Vinecent Eijsink, tématerülete az enzim- és fehérje mérnöki tudományok. A Professzor Úr publikációi nagy segítségemre voltak és vannak tudásom bővítésére és a kutatómunkámban való előrelépésben. Lehetőségem adódott egy PhD védésen is részt venni, ahol a témavezető Prof. Dr. Vincent Eijsink volt. A PhD védés nem egészen az én témámhoz kapcsolódott, de hasznos és érdekes előadást hallgathattam meg, aminek a címe a "Studies of the glycoproteome and delivery of therapeutic proteins in *Lactobacillus*."

Az én kutatási témám a gőz robbantással előkezelt nyírfá enzimes hidrolízis vizsgálata volt. A 90 éves nyírfá kéreg nélküli faforgácsa csomagolva érkezik az egyetemre, ahol szobahőmérsékleten szárítják, darálják, majd szintén szobahőmérsékleten tárolják, és ezután kerül vizsgálat alá. Ez a téma jól kapcsolódik az itthoni PhD témámhoz, ugyanis a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán hasonló kutatásokat végzek cukorrépa pellettel és dohánnyal, így ez a tanulmányút különösen nagy segítségemre volt, hiszen bővíthettem a tudásomat és még több tapasztalatra tehettem szert.

A kutatólaboratórium jó felszereltsége biztosította a folyamatos és gyors kutatás lehetőségét, így megismerhettem és dolgozhattam például a laboratóriumi vágódarálóval (SM2000, Retsch, Haan, Germany), gőz robbantós berendezéssel (Cambi AS, Asker, Norway), fűthető laboratóriumi inkubátorral (Gallenkamp, Orbital Incubator), rotációs kémcsőállvánnyal (Stuart Rotator SB3), spektrofotométerrel (HITACHI U-1900, Tokyo, Japan), illetve HPLC kromatográfiával (Dionex, Sunnyvale, CA, USA).

Ebben a nemzetközi kutatócsoportban együtt dolgozhattam norvég, svéd, holland, német, lengyel, etióp, indiai, kínai és ausztrál PhD hallgatókkal, kutatókkal, így ez különösen nagy öröm és élmény volt számomra, hogy nemzetközi kapcsolatra, barátságra is szert tehettem. Jó érzéssel töltött el az, hogy egy olyan „csapatban” dolgozhattam, ahol mindenki számíthatott mindenkire.

Az egyetem 30 km-re Oslótól, annak külvárosában, Ås- ban található. Ezt a várost szinte csak egyetemisták lakják. Egy hatalmas területű és nagyon szép arborétumban található az egyetem összes kara, illetve vendégházak külföldi hallgatóknak, kutatóknak, professzoroknak. Én is az egyik vendégházban voltam elszállásolva az erdő szélén. Nem csak a kutató csoportban ismerkedhettem meg más nemzetiségű emberekkel, hanem itt a szállásomon is, ugyanis hetente, havonta jöttek új lakótársak a világ minden részéről. Először nehéz volt megszoknom, hogy minden ember más akcentussal beszélte az angol nyelvet, de szerencsére hamar megszoktam és így egyben az angol tudásomat is fejleszthettem.

A lakótársaimmal és a kollegáimmal is a munka mellett lehetőségünk adódott kirándulni is. Voltunk Osloban, ahol megnéztük a királyi palotát, a parlamentet, a híres osloi opera házat, amit a tengerre építettek, és természetesen nem utolsó sorban a Nobel-díjasok palotáját is meglátogattuk. Kirándultunk Oslo Mikulás városába, Drøbak- ba, voltunk hegyet mászni Holtefjell- en, ahol a hegytető elérése után grill sütögetés volt az augusztusi 5 °C- ban, amikor is Szegeden 40 °C- ot mutatott a hőmérő....

Számomra felejthetetlen élményt és szakmai előrelépést nyújtott ez a három hónapos tanulmányút, hiszen egy olyan nemzetközi kutatócsoportban dolgozhattam egy olyan helyen, ahol csak a kutatásnak lehetett élni.

Ábel Marietta

SZTE-MK

Folyamatmérnöki Intézet



Norwegian University



Nobel- díjasok palotája,



Királyi palota, Oslo



Drøbak

**Az idei membrános Nyári Egyetemen
való részvételre meghirdetett pályázat**

EREDMÉNYHIRDETÉSE

A *Membrántechnika és Ipari Biotechnológia* idei 1. számában (2013. február), a MKE Membrántechnikai Szakosztálya által meghirdetett felhívásra a megadott határidőn belül (2013. április 15.) egy pályázat érkezett, amelyet támogatásra méltónak talált a Szakosztály vezetése. A nyertes:

Kaviczki Ákos, Pannon Egyetem

A sikeres pályázó megkapja a pályázatra elkülönített összeget, így a Membrános Nyári Egyetemen (Essen, Németország, 2013. július 22-27.) való részvételére 50 ezer Ft áll rendelkezésére. A pályázat nyertese a Nyári Egyetemről beszámolót készít, amelyet lapunk megjelentet. A támogatás felhasználásáról a rendezvényt követően költségelszámolást kell készíteni a szakosztály felé.

Műszaki Kémiai Napok

Veszprém, 2013. április 23-25.

Immár 41. alkalommal került megrendezésre a Veszprémben már hagyományosnak mondható Műszaki Kémiai Napok, amelyet idén második ízben a Pannon Egyetem Konferenciaközpontjában rendeztek meg. A rendezvény első napján Dr. Mizsey Péter, a konferenciát szervező Műszaki Kémiai Kutató Intézet igazgatójának megnyitóját követően plenáris előadásokat hallgathattunk meg, amelyek során Varga Géza (MOL Nyrt.), Dóra Péter (Sanofi-Aventis/Chinoin) és Dr. Abonyi János (Pannon Egyetem) tartottak előadást.

A plenáris előadások után a szekcióüléseken folytatódott a program. A konferencia keretein belül a három nap alatt a résztvevők összesen 7 szekcióban és egy poszter szekcióban hallgathattak/láthattak előadásokat, emellett az MKE Membrántechnikai Szakosztály éves közgyűlése és a VEAB Vegyipari Műveleti Munkabizottság ülése is külön szekcióként szerepelt.



A Biotechnológia szekció résztvevői

A szerdai, egész napos Biotechnológia szekciót az MTA Biomérnöki Munkabizottságával és a VEAB Ipari Biotechnológia Munkabizottságával közösen tartották meg. A szekcióban a nap folyamán összesen 17 előadást hallhattunk, a biotechnológia számos területét érintő témákban, a különböző fermentációs és enzimes, biokatalitikus folyamatok bemutatásán keresztül a környezetvédelmi, élelmiszeripari vonatkozású és például biológiai növényvédelemben hasznosítható alkalmazásokig terjedően.



A szekció egyik elnöke: Dr. Gubicza László

A tudományos előadásokon kívül a kedd este megtartott hagyományos fogadás ismételten remek lehetőséget nyújtott a résztvevő ipari szakemberek és az egyetemi kollégák számára a legújabb tudományos eredmények megvitatására és a kellemes, oldott hangulatú (nem kizárólag) szakmai eszmecserére.

Dr. Csanádi Zsófia
PE BMEKI

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

World Biotechnology Congress 2013

2013. június 3-6, Boston, USA

További információ: web: <http://www.worldbiotechcongress.com>

2nd International Conference on Environment, Energy and Biotechnology (ICEEB)

2013. június 8-9, Kuala Lumpur, Malájzia

További információ: web: <http://www.iceeb.org/>

Membrane Course for Water Technologies, MCW

2013. június 5-6., Aachen, Németország

További információ: web: <http://www.avt.rwth-aachen.de/mcw/>

23rd NAMS Meeting, NAMS

2013. június 8-12, Noise (ID), USA

További információ: email: jerry.lin@asu.edu

11th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors, ICCMR11

2013. július 7-11, Porto, Portugália

További információ: web: <http://www.iccmr11.spq.pt>

2nd International Society Bio Technology Conference ISBT 2013

2013. július 8-10, Antwerpen, Belgium

További információ: web: <http://www.biotekjournal.net/Invitation.php>

XXX EMS Summerschool, Membrane processes

2013. július 22-27, Essen, Németország

További információ: web: <http://www.ems-esse2013.de>

World Congress of Chemical Engineering, WCCE-9

2013. augusztus 18-23, Szöul, Dél-Korea

További információ: web: <http://www.wcce9.org/>

Engineering with Membranes, EWM2013

2013. szeptember 3-7, Ile d'Oléron, Franciaország

További információ: web: <http://convention.bio.org>

PERMEA 2013

2013. szeptember 15-19, Varsó, Lengyelország

További információ: web: <http://www.permea2013.eu>

4th World Congress on Biotechnology

2013. szeptember 23-25, Raleigh, USA

További információ: web:

<http://www.omicsgroup.com/conferences/biotechnology-congress-2013>

Food Eng '13: Food Engineering Eonference

2013. október 9-12, Isztanbul, Törökország

További információ: web: <http://www.foodengconference.org/>

FILTECH 2013

2013. október 22-24, Wiesbaden, Németország

További információ: web: www.filtech.de

International Conference on Fermentation Technology, Bioprocess and Cell Culture

2013. október 28-30, Kansas City, USA

További információ: web:

<http://www.omicsgroup.com/conferences/fermentation-technology-bioprocessing-cell-culture-2013/>

8th International Membrane Science and Technology Conference, IMSTEC 2013

2013. november 25-29, Melbourne, Ausztrália

További információ: web: <http://www.imstec2013.com>