

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI

BIOTECHNOLÓGIA



X. évfolyam 3-4. szám

2019. november

TARTALOM

oldal

Bakonyi P., Koók L., Rózsenberszki T., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.: Mikroalga alapú környezetbarát rendszerek fejlesztése gázszeperációval integrált membrán bioreaktorokban	34
Bedő Zs., Bélafiné Bakó K., Nemestóthy N., Gubicza L.: Biokenőanyag előállítása enzinkatalitikus észterezéssel: szinergia az ionos folyadék és az enzim között?.....	37
PERMEA konferencia – Beszámoló.....	45
Víz- és szennyvízkezelés az iparban – konferencia	47
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	50

MIKROALGA ALAPÚ KÖRNYEZETBARÁT RENDSZEREK FEJLESZTÉSE GÁZSZEPARÁCIÓVAL INTEGRÁLT MEMBRÁN BIOREAKTOROKBAN

Bakonyi P., Koók L., Rózsenberszki T., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai

Kutatóintézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

A Dél-Korea és a Visegrádi országok közötti kutatási program keretében folyik intézetünkben egy nemzetközi projekt (azonosítója NN 126995), amelynek vezetője:

Sang-Hyoun Kim,
Sustainable Environmental Process Research Institute
(Daegu University), Dél-Korea;

együttműködő partnerei:

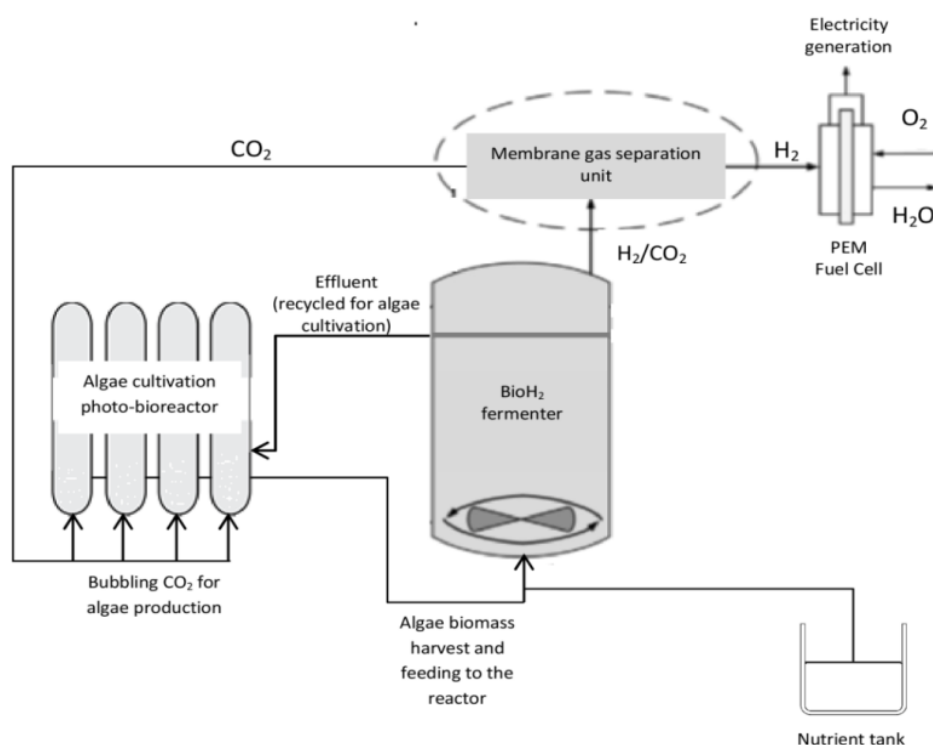
- Nicolaus Copernicus University, Department of Physical Chemistry and Physical Chemistry of Polymers, Torun, Lengyelország (Wojciech Kujawski és kollégái)
- Institute of Macromolecular Chemistry CAS, Prága (Zbynek Pientka és kollégái)
- Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet, Veszprém

A projekt keretében egy innovatív gázszeperációs membrán bioreaktor rendszer kifejlesztése a cél, amely szimultán módon lehetővé teszi a hatékonyabb mikroalga termesztést, valamint az értékes termékek – különösen a gázalmazállapotú energiahordozók, mint pl. biohidrogén – egyidejű előállítását. A tervezett koncepció megvalósításának fontos sarokköve az üvegházhatású CO₂ (mely az anaerob hidrogéntermelő fermentor gázterében keletkezik) gázszeperációs membránokkal való minél szelektívebb elkülönítésének megvalósítása, s ezt követő hasznosítása az alga biotechnológiában. Az ezen szén-dioxiddal termesztett alga biomassza betakarítás után (jellemzően egy, a sejtfalat megbontó és a későbbi fermentációs lépést ezáltal segítő lépés beiktatásával) felhasználható a sötét fermentációs

hidrogéntermelés alapanyagként, amely így egyfajta ciklikus körfolyamat kialakítását támogatja.

A gázszeparációs membrán bioreaktor nemrégiben jelent meg új alkalmazásként, amely alkalmas a fermentorban keletkező gázok in-situ kezelésére, szétválasztására [Bakonyi, 2017]. A rendszer megfelelőnek tűnik, hogy a CO_2 -ot az anaerob hidrogéntermelő folyamat során közvetlenül a fermentor gázteréből különítsük el, s tápláljuk vele az algatermesztés helyszínéül szolgáló fotobioreaktorokat. Az így megtermelt alga, az abban található szénhidráttartalom fermentációs alapanyagot képez.

A rendszer vázlatát az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: A gázszeparációs membrán bioreaktor rendszer vázlata

Ez a várhatóan csökkentett környezeti lábnyomú, fenntarthatóbb, zöld technológia tanulmányozása magában foglalja a szén-dioxid fixálás és az ezzel párhuzamos környezetbarát energetikai megoldások fejlesztését.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a „Mikroalga alapú környezetbarát rendszerek fejlesztése gázszeperációval integrált membrán bioreaktorokban” című, NN 126995 azonosító számú projekt támogatja.

Irodalom

P. Bakonyi, G. Buitrón, I. Valdez-Vazquez, N. Nemestóthy, K. Bélafi-Bakó.: A novel gas separation integrated membrane bioreactor to evaluate the impact of self-generated biogas recycling on continuous hydrogen fermentation, *Applied Energy* 190 (2017) 813-823

RG Saratale, C Kuppam, A Mudhoo, GD Saratale, S Periyasamy, G Zhen, et al.: Bioelectrochemical systems using microalgae—A concise research update, *Chemosphere* 177 (2017) 35-43

P Bakonyi, N Nemestóthy, J Lankó, I Rivera, G Buitrón, K Bélafi-Bakó: Simultaneous biohydrogen production and purification in a double-membrane bioreactor system, *International Journal of Hydrogen Energy* 40 (4) (2015) 1690-1697

P Bakonyi, N Nemestóthy, V Simon, K Bélafi-Bakó: Fermentative hydrogen production in anaerobic membrane bioreactors: a review, *Bioresource Technology* 156 (2014) 357-363

JE Ramírez-Morales, E Tapia-Venegas, N Nemestóthy, P Bakonyi, et al.: Evaluation of two gas membrane modules for fermentative hydrogen separation, *International Journal of Hydrogen Energy* 38 (32) (2013) 14042-14052

Bakonyi, P., Kumar, G., Bélafi-Bakó, K., Sang-Hyoun Kim, S.H., Koter, S., Kujawski, W., Nemestóthy, N., Peter, J., Pientka, Z.: A review of the innovative gas separation membrane bioreactor with mechanisms for integrated production and purification of biohydrogen, *Bioresource Technology*, 270 (2018), 643-655

Biokenőanyag előállítása enzimkatalitikus észterezéssel: szinergia az ionos folyadék és az enzim között?

Bedő Zsófia, Bélafiné Bakó Katalin, Nemestóthy Nándor, Gubicza László
Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai
Kutatóintézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10. E-mail: gubiczal@almos.uni-pannon.hu

Bevezetés

Az ásványolajból előállított kenőanyagok általában jelentős környezetkárosító hatással rendelkeznek a bennük megtalálható aromás gyűrűs vegyületek miatt. A vízbe vagy talajba kerülő ásványi olajok toxikusak az élővilágra nézve, illetve vizek esetében az oldott oxigéntartalmat is jelentősen csökkenthetik. Biológiaiag nehezen vagy egyáltalán nem bomlanak le. Előállításuk során számos melléktermék keletkezik és a kenőanyagokhoz további adalékanyagok hozzáadása is szükséges. Ennek következtében a növényi olajokból előállított biokenőanyagok iránt az utóbbi években egyre inkább megnőtt a kereslet, hiszen természetesek, megújulóak, nem toxikusak, környezetbarátok és számos esetben olcsóbbak, mint a szintetikus olajok. Így az ásványi olajoknál említett hátrányok kiküszöbölésére tökéletesen alkalmasak, és elősegítik az ezektől és más, nem megújuló forrásoktól való függésünk csökkentését [1,2].

A szintetikus és félszintetikus kenőolajok használata azért is vált szükségessé, mert ma már nem minden kenési feladatot lehet kőolaj alapú kenőolajokkal megoldani. Számos esetben szükség van különösen magas viszkozitású, alacsony hőmérsékleten (-50 °C alatt) üzemképes, nem kokszolódó kenőolajokra. A biokenőanyagoknak számos felhasználási területe van, de mindegyik esetében fontos szempont, hogy egyáltalán ne, vagy elhanyagolható mértékben kerüljenek az előállított termékbe és a környezetbe. Alternatívát jelentenek az ásványi olaj alapú kenőanyagokkal szemben az ipari alkalmazások során, felhasználják az autóiparban, hidraulikus folyadékokként, fémmegmunkálások során és hajtóműolajokként [3]. Elvárás, hogy vízi járműveken való alkalmazásuk esetén az esetleges vízbekeringés ne károsítsa a vizek élővilágát.

A biotechnológiai eljárások során az átészterezési folyamatokban általában magas olajsav-tartalmú anyagokat alkalmaznak. Legtöbbször növényi alapanyagokból, olajokból állítanak elő biokenőanyagokat pl. napraforgóolaj, szójaolaj, ricinusolaj [4,5]. Az ilyen észter típusú kenőanyagok élettartama általában hosszabb, mint az ásványolaj alapúaké. Az iparban való elterjedésüket ugyanakkor akadályozza, hogy bizonyos berendezéseket át kellene alakítani ahhoz, hogy biokenőanyaggal lehessen működtetni [6].

A különböző szénlánc-hosszúságú savak és alkoholok enzimkatalitikus, nem konvencionális közegben (szerves oldószer, ionos folyadék, szuperkritikus fluidum, oldószermentes rendszer). Így rövid szénláncú savak és alkoholok lipáz enzim jelenlétében végzett észterezésével aroma észterek állíthatók elő [7,8]. A 12-18 szénatomszámú zsírsavak észterezési reakciójával mind biokenőanyagok, mind bioüzemanyagok előállíthatók, attól függően, hogy rövid szénláncú vagy hosszú szénláncú alkoholokkal reagáltatjuk őket [9, 10]. Rövid szénláncú alkohol esetén biodízelt, míg hosszú szénláncú esetén biokenőanyagot kapunk.

Korábban vizsgáltuk a biokenőanyag előállítását olajsavból és izoamil-alkoholból kiindulva szerves oldószert alkalmazva [11, 13]. A „biokenőanyag” kifejezést azért használhatjuk, mert mind az izoamil-alkohol, mind pedig az olajsav természetes anyag, és a reakciót természetes katalizátor, enzim jelenlétében játszátjuk le. Koszor és társai ugyanezt a reakciót tanulmányozva megállapították, hogy az észterezési reakció melléktermékként képződő víz negatív hatással van a reakció sebességére és az enzim aktivitására. Ahhoz, hogy a folyamat hatékonyságát növelni tudják, a vizet el kellett távolítaniuk. Ennek megoldása érdekében pervaporációs egységgel integrált rendszert hoztak létre [14].

A szerves oldószerek mellett az utóbbi időben jó eredményeket értek el oldószerként ionos folyadékok alkalmazásával, míg a hőközlés területén a mikrohullámú besugárzás mutatott kiváló eredményeket mind a szerves szintézis, mind pedig az enzimátikus átalakítások során [15-17]. Átészterezési reakciókban szinergetikus hatást is megfigyeltek az enzim és az ionos folyadék között [18-20]. Vizsgálataink célja a biokenőanyag előállításakor így kettős volt: vizsgálni kívántuk szerves oldószer helyett az ionos oldószer alkalmazhatóságát, illetve tanulmányozni kívántuk a mikrohullámú hőközlés szerepét, hogy a lehető legnagyobb hozamot érjük el a legkisebb reakcióidő mellett.

Kísérleti rész

A reakciókat konvencionális hőközléssel termosztálható rázóinkubátorban, mikrohullámú hőközlés esetében pedig egy mikrohullámú berendezésben végeztük. A jobb összehasonlíthatóság kedvéért azonos összetételű és térfogatú reakcióelegyekkel dolgoztunk.

Felhasznált anyagok és mérési módszerek

A Novozym 435 enzim (rögzített *Candida antarctica* lipase B, CALB), egy triacil-glicerol hidroláz (E.C. 3.1.1.3.) a Novozymes cég (Bagsvaerd, Dánia) ajándéka volt. Névleges aktivitása 7000 propil-laurát egység (PLU)/g, víztartalma pedig 1-2% volt. Az izoamil-alkohol (98%) és az olajsav (99%), valamint a felhasznált ionos folyadék, az 1-butil-3-

metilimidazólium-hexafluorofoszfát ([bmim]PF₆) (≥98.5%) a Sigma-Aldrich termékei voltak. A n-hexán és izooktán a Reanal termékei.

A képződött észter mennyiségének követésére egy HP 5890 A típusú gázkromatográfot használtunk, ami split/splitless injektorral, FID detektorral volt felszerelve. DB-FFAP oszlopot (hosszúság: 10 m, belső átmérő: 0.53 mm, filmvastagság: 1.0 μm) használtunk. Az alkalmazott fűtési program a következő volt: kezdő hőmérséklet: 130 °C, 3 percig; felfűtés: 10 °C min⁻¹ sebességgel 240 °C-ig, majd 5 percig ezen a hőmérsékleten tartottuk. Belső standardként izooktánt alkalmaztunk, Az elemzésekhez 10 μL mintákat vettünk a reakcióelegyből.

Az ionos folyadékot tartalmazó reakcióelegyek nem injektálhatók a GC-re, mivel viszkózus folyadékként a kolonna belsejébe jutva lerakódást képeznek, mely eltömődést okoz. A nagy hőmérséklet miatt pedig bomlásnak indulnak, így a mérési eredmény pontosságát befolyásolják, nem kívánt csúcsok jelennek meg a kromatogramon. A mérések során általában extrakcióval elválasztják a mérendő komponenseket az ionos folyadéktól, és így injektálják a kolonnára. A mérések pontossága érdekében az injektor betétbe üveggyapotot és nagy felületű adszorbens anyagot helyeztünk, mely visszatartotta az ionos folyadékot az injektálás után, az analizálandó komponensek pedig a magas hőmérséklet miatt gázfázisba kerülve jutottak tovább a kolonnára. Ezzel a módszerrel elkerültük azt, hogy a terméket extrahálni kelljen a reakcióelegyből, így az extrakciós hatásfok méréseiből adódó hibákat is kiküszöböltük.

Kísérleti berendezések

A biokenőanyag előállítására két különböző eljárást alkalmaztunk. Az elsónél, ahol konvencionális hőközlést alkalmaztunk, 1.5 cm³-es Eppendorf csövekben 40 °C-on, 200 rpm rázatási intenzitás mellett (IKA KS 4000i rázó inkubátor) hajtottuk végre a reakciót. Egy tipikus kísérletben 5 cm³ reakcióelegyet készítettünk mérőlombikban (22.5 mmol izoamil-alkoholt and 3.75 mmol olajsavat oldottunk n-hexánban vagy [bmim]PF₆) ionos folyadékban, majd 1.0 -1.0 cm³ oldatot töltöttünk az Eppendorf csövekbe. A reakció kezdetét az enzim hozzáadásától (10 mg) számítottuk.

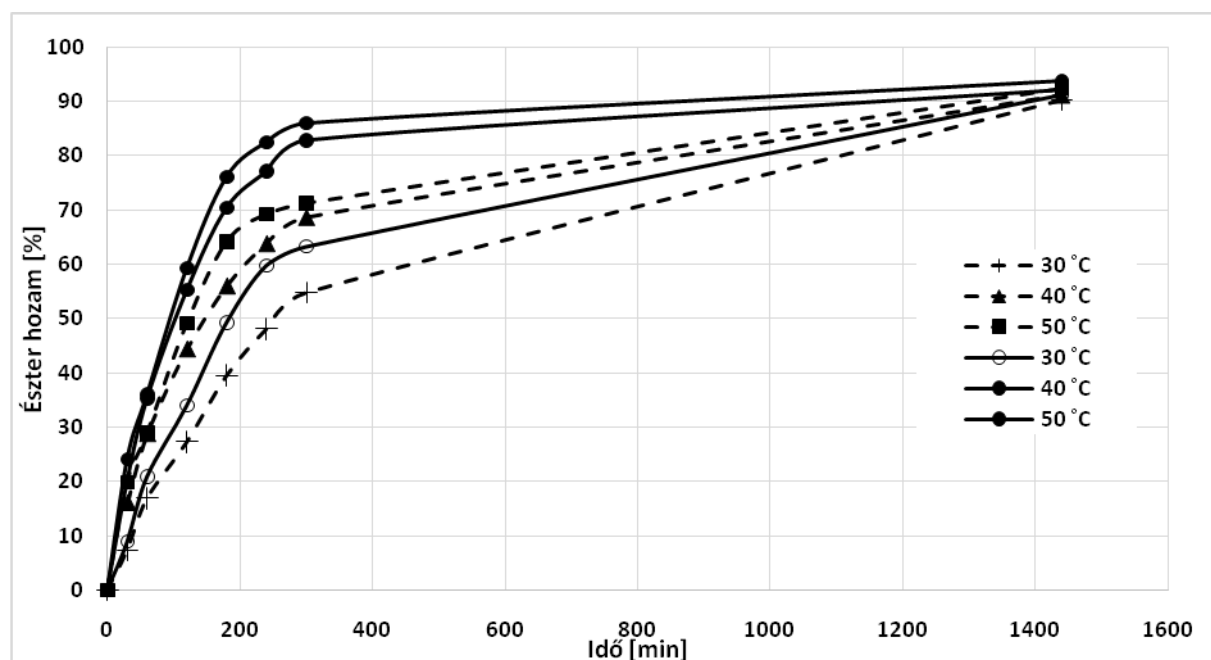
A mikrohullámú hőközléses kísérleteket kereskedelembe kapható berendezésben végeztük (Discover series, BenchMate model, CEM Corporation, USA). Ennek a mágneses keverővel, száloptikás hőmérővel ellátott egységnek a hőmérsékletét a mikrohullám energiájának változtatásával szabályoztuk. A biokenőanyagot eredményező észterezési reakció esetében 10 W teljesítményre volt szükség ahhoz, hogy a hőmérsékletet 30-60 °C között tartsuk. A reakcióelegy összetétele és térfogata azonos volt a konvencionális hőközlésnél alkalmazottal.

Eredmények és értékelésük

Bizonyos ionos folyadékok önmagukban is katalizálhatják az észterezési reakciót. Bár a korábbi publikációk alapján a [bmim]PF₆ esetén ez a jelenség nem áll fent, kísérletet végeztünk enzimet nem tartalmazó reakcióeleggyel is, hogy ezen hatást ki tudjuk zárni. Kísérleteink megerősítették a korábban publikált eredményeket: a [bmim]PF₆ nem katalizálja a reakciót.

A kísérleti paramétereket korábbi munkáink és az irodalmi adatok alapján választottuk meg, és előkísérletekkel ellenőriztük őket. Ennek megfelelően az izoamil-alkohol : olajsav mólarányt 1 : 6-nak választottuk, a rázatási intenzitást pedig 200 rpm-nek. Méréseket a 30 – 50 °C hőmérséklettartományban végeztünk, hogy az esetleges változásokat több hőmérsékleten is meg tudjuk erősíteni. A Novozym 435 enzimmel illetve a ([bmim]PF₆) ionos folyadékkal magasabb hőmérsékleten is elvégezhető lett volna a reakció, de a változások követésére és értékelésére a hosszabb reakcióidő alatt bekövetkező változások jobban felhasználhatónak tűntek.

A korábban leírt módon végzett kísérletek első lépéseként konvencionális hőközlés mellett végeztük a reakciókat (1.ábra). Látható, ahogy az várható volt, az észterezési reakció ionos folyadékban is lejátszódott, az azonos hőmérsékleten végzett kísérleteknél az ionos folyadékban elért észter hozam mindig magasabb volt.

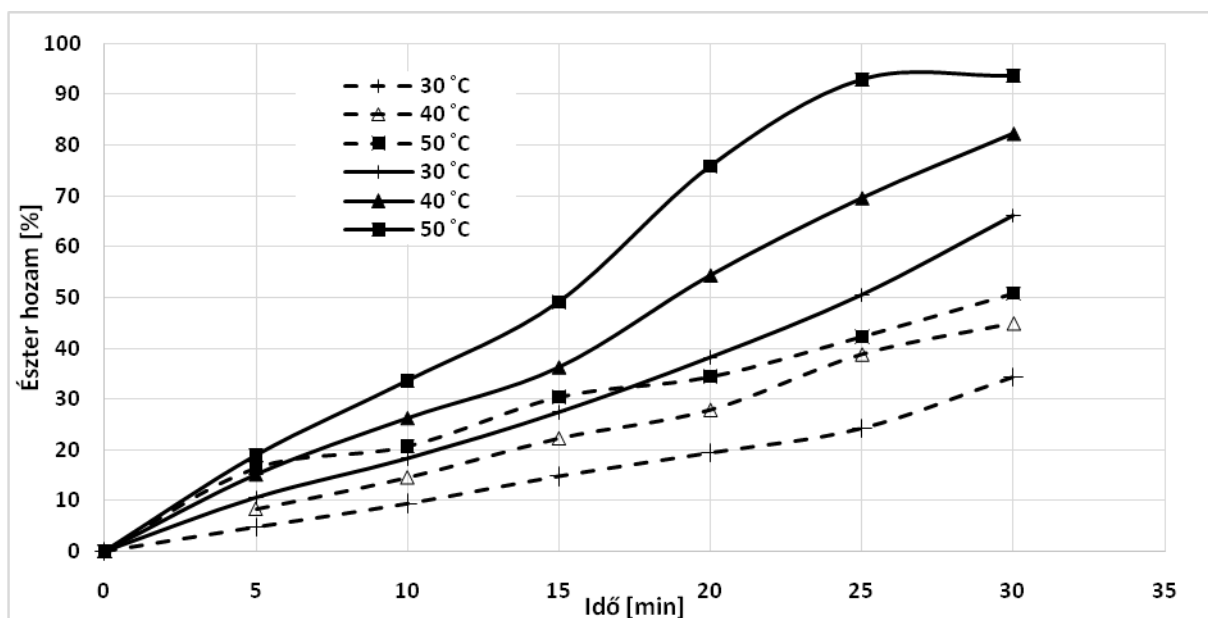


1. ábra: A biokenőanyag előállítás szerves oldószerben (- -) és ionos folyadékban (-) konvencionális hőközlés esetén

A mikrohullámú hőközlés mellett végzett kísérletek eredményeit a 2. ábra tartalmazza. Megfigyelhető, hogy a telítési érték eléréséhez lényegesen rövidebb reakcióidőkre volt szükség, és ebben az esetben is az ionos folyadékban játszódott le gyorsabban a reakció.

A szerves oldószerben, n-hexánban és ionos folyadékban, [bmim]PF₆-ban azonos körülmények között végzett kísérletek jó alapot szolgáltatnak a konvencionális és a mikrohullámú hőközlés hatásainak összehasonlítására a biokenőanyag enzimes előállítása során. Különösen vonatkozik ez arra, hogy mind a rázó inkubátorban, mind pedig a mikrohullámú berendezésben azonos térfogatú reakcióeleggyel végeztük a reakciót.

Amint az 1. ábrán látható, ionos folyadékban a reakció gyorsabban játszódik le, mint a reakció egyébként szokásos szerves oldószerében, a n-hexánban. Az 1. táblázat adatai további összehasonlításra is lehetőséget adnak. Amint a C, IL/C, n-H adatok összevetéséből (az enzimaktivitások hányadosa konvencionális hőközlés esetén ionos folyadékban és n-hexánban) jól látszik, az ionos folyadék alkalmazásának hatására valamennyi hőmérsékleten megnő az enzim aktivitása, átlagosan 1.2-szeresére. Az összehasonlítást tovább folytatva, a szerves oldószerben a mikrohullámú hőközlés hatására mintegy 2.8-szorosára nő az enzim aktivitás valamennyi hőmérsékleten (MW, n-H/C, n-H). Ionos folyadékokkal elvégezve a hasonló kísérleteket azonban azt látjuk, hogy a mikrohullámú hőközlés a 2.8-nál jóval nagyobb, 5.8-szeres enzim aktivitás növekedést eredményez (MW, IL/C, IL).



2. ábra: A biokenőanyag előállítás szerves oldószerben (- -) és ionos folyadékban (-) mikrohullámú hőközlés esetén

1. táblázat: A különböző paraméterek mellett mért enzimaktivitások összehasonlítása

T,	Konvencionális hőközlés		Mikrohullámú hőközlés		C, IL/C, n-H	MW, n-H/C, n-H	MW, IL/C, IL
°C	μmol min ⁻¹ g ⁻¹				-	-	-
	n-H	IL	n-H	IL			
30	162	194	475	1120	1.19	2.93	5.77
40	342	444	990	2510	1.29	2.89	5.65
50	575	660	1650	3840	1.15	2.86	5.82

Ennek a jelentős aktivitás növekedésnek az lehet a magyarázata, hogy az ionos folyadék és a mikrohullámú kezelés együttes hatása szinergens hatást fejt ki, aminek eredménye a megnövekedett enzim aktivitás. Az ionos folyadékról korábban megállapították, hogy az enzim hordozóhoz hasonlóan védi az enzimet, mintegy immobilizálja azt. Jelen esetben rögzített enzimet alkalmaztunk, így az együttes hatásnak ezt kell erősíteni vagy az enzim aktív centrumára kell kifejteni a stabilizáló hatását. Átészterezési reakcióknál már leírtak ilyen hatást, de észterezési reakcióról még nem számolt be az irodalom.

Az ionos folyadék enzimstabilizáló hatását erősítik az enzim újrafelhasználására végzett kísérleteink eredményei is. Eszerint az enzim ötszöri újrafelhasználása során a szerves oldószerekben végzett reakciónál az enzim aktivitása lényegesen gyorsabban csökkent, mint az ionos folyadék oldószernél. Míg ionos folyadékban az 5. felhasználás után az enzim eredeti aktivitása mintegy 70%-át megőrzi, n-hexán oldószer esetén ez az érték csak mintegy 50%.

Következtetések

Az eredetileg megválaszolni kívánt kérdésre, hogy a biokenőanyag előállítás hatékonysága izoamil-alkoholból és olajsavból enzimatisz uton növelhető-e mikrohullámú hőközlés alkalmazásával, a kísérletek egyértelmű választ adtak: Egyértelműen kiderült, hogy a mikrohullámú hőközlés megnöveli a reakció sebességét. A kísérletek kiértékelése során arra a nem várt hatásra is fény derült, hogy szinergens hatás van a mikrohullámú kezelés és az ionos folyadék között. Az ionos folyadékban végzett mikrohullámú kezelés hatására ugyanis lényegesen magasabb enzim aktivitás növekedés érhető el annál, mint ami a szerves oldószer helyett az ionos folyadék illetve a konvencionális hőközlés helyett a mikrohullámú kezelésből következne.

Irodalom

- [1] Carrea, G.; Riva, S. Organic synthesis with enzymes in non-aqueous media (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany) 2008 pp. 169-190
- [2] Salimon, J.; Salih, N.; Yousif, E.: Improvement of pour point and oxidative stability of synthetic ester basestocks for biolubricant applications, *Arab J Chem*, 2012 **5**, 193–200
- [3] Akerman, C.O.; Hagström, A.E.V.; Mollaahmad, M.A.; Karlsson, S.; Hatti-Kaul, R.: Biolubricant synthesis using immobilised lipase: Process optimisation of trimethylolpropane oleate production, *Proc Biochem*, 2011 **46**, 2225–2231
- [4] Dossat, V.; Combes, D.; Marty, A.: Lipase-catalysed transesterification of high oleic sunflower oil, *Enzyme Microb Tech*, 2002 **30**, 90–94
- [5] Hajar, M.; Vahabzadeh, F.: Modeling the kinetics of biolubricant production from castor oil using Novozym 435 in a fluidized-bed reactor, *Ind Crop Prod*, 2014 **59**, 252–259
- [6] Mobarak, H.M.; Mohamed, E.N.; Masjuki, H.H.; Kalam, M.A.; Al Mahmud, K.A.H.; Habibullah, M.; Ashraful, A.M.: The prospects of biolubricants as alternatives in automotive applications, *Renew Sust Ener Rev*, 2014 **33**, 34–43
- [7] Su, L.; Hong, R.; Guo, X.; Wu, J.; Xia, Y.: Short-chain aliphatic ester synthesis using *Thermobifida fusca* cutinase, *Food Chem*, 2016 **206**, 131–136
- [8] Cvjetko, M.; Vorkapic-Furac, J.; Znidarsic-Plazl, P.: Isoamyl acetate synthesis in imidazolium-based ionic liquids using packed bed enzyme microreactor, *Proc Biochem*, 2012 **47**, 1344–1350
- [9] Atadashi, I.M.; Aroua, M.K.; Aziz, A.R.A.; Sulaiman, N.M.N.: Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks, *Renew Sust Ener Rev*, 2012 **16**, 3275–3285
- [10] Verma, P.; Sharma, M.P.: Review of process parameters for biodiesel production from different feedstocks, *Renew Sust Ener Rev*, 2016 **62**, 1063–1071
- [11] Dörmő, N.; Bélafi-Bakó, K.; Bartha, L.; Ehrenstein, U.; Gubicza, L.: Manufacture of an environmental-safe biolubricant from fusel oil by enzymatic esterification in solvent-free system, *Biochem Eng J*, 2004 **21**, 229–234
- [12] Madarász, J.; Németh, D.; Bakos, J. Gubicza, L.; Bakonyi, P.: Solvent-free enzymatic process for biolubricant production in continuous microfluidic reactor, *J Clean Prod*, 2015 **93**, 140–144
- [13] Bányai, T.; Bélafi-Bakó, K.; Nemestóthy, N.; Gubicza, L.: Biolubricant production in ionic liquids by enzymatic esterification, *Hung J Ind Chem*, 2011 **39**(3), 395–399

- [14] Koszor, Z.; Nemestóthy, N.; Ziobrowski, Z.; Bélafi-Bakó, K.; Krupiczka, R.: Influence of pervaporation process parameters on enzymatic catalyst deactivation, *Desalination*, 2004 **162**, 307–313
- [15] Güvenc, A.; Kapucu, N.; Kapucu, H.; Aydogan, Ö.; Mehmetoglu, Ü.: Enzymatic esterification of isoamyl alcohol obtained from fusel oil: Optimization by response surface methodology, *Enzyme Microb Tech*, 2007 **40**, 778–785
- [16] Vekariya, R.L.: A review of ionic liquids: Applications towards catalytic organic transformations, *J Mol Liq*, 2017 **227**, 44–60
- [17] Major, B.; Nemestóthy, N.; Bélafi-Bakó, K.; Gubicza, L.: Enzymatic esterification of lactic acid under microwave conditions in ionic liquids, *Hung J Ind Chem*, 2008 **36**, 77–81
- [18] Yadav, G.D.; Pawar, S.P.: Synergism between microwave irradiation and enzyme catalysis in transesterification of ethyl-3-phenylpropanoate with n-butanol, *Bioresource Technol*, 2012 **109**, 1–6
- [19] Yu, D.; Wang, C.; Yin, Y.; Zhang, A.; Gao, G.; Fang, X.: A synergistic effect of microwave irradiation and ionic liquids on enzyme-catalyzed biodiesel production, *Green Chem*, 2011 **13**, 1869–1875
- [20] Kamble, M.P.; Chaudhari, S.A.; Singhal, R.S.; Yadav, G.D.: Synergism of microwave irradiation and enzyme catalysis in kinetic resolution of (R,S)-1-phenylethanol by cutinase from novel isolate *Fusarium ICT SAC1*, *Biochem Eng J*, 2017 **117**, 121–128

PERMEA 2019

2019. augusztus 26. és 29. között rendezték meg immáron 8. alkalommal a Visegrádi országok membrános konferenciáját, amely a Magyar Kémikusok Egyesülete és három egyetem (ELTE, BME, PE) közös szervezésével valósult meg. A helyszín ezúttal Budapest, az ELTE TTK látványosi kampusza volt.

A PERMEA konferenciasorozatot 2003-ban indította Csehország, Lengyelország, Magyarország és Szlovákia kifejezetten azért, hogy a membrános szakemberek számára tudományos platformot biztosítson a kutatási eredmények bemutatására, megvitatására, valamint az egyetemek és ipari együttműködésének megteremtésére elsősorban regionális, de tágabb európai szinten is. A konferencia időközben beilleszkedett a membrános nagy rendezvények közé: háromévente az ICOM (International Congress on Membranes & Membrane Processes) és az EUROMEMBRANE után kerül megrendezésre.

A konferenciát Dr. Cséfalvay Edit, a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékének docense nyitotta meg, majd Simonné Dr. Sarkadi Livia, az MKE elnöke köszöntötte a résztvevőket. A szervező egyetemek nevében köszöntőt mondott Prof. Dr. Józsa János, a BME rektora, Dr. Nemestóthy Nándor (PE), az MKE Membrántechnikai szakosztályának elnöke, majd ez ELTE képviselőjében Prof. Dr. Szalay Péter rektorhelyettes úr köszöntötte a megjelenteket.

Az idei konferencián közel 110 résztvevő volt, 16 szekcióban közel 60 előadás és 40 poszter került bemutatásra.

A témák felölelték a membrános alapkutatások minden területét, az új membránok előállítását és vizsgálatát, valamint azok lehetséges ipari, környezetvédelmi alkalmazásait is. Plenáris előadás tartott Prof. Dr. Pavel Izák (CAS, Prága) és Prof. Dr. Bart van der Bruggen (KU, Leuven) a WA MS (World Association of Membrane Societies) elnöke.



A konferencia elnökei: Cséfalvay Edit és Nemestóthy Nándor

A konferencián a külföldi résztvevők mellett számos magyar fiatal kutató is bemutatkozhatott, színvonalas előadások és poszterek érkeztek a membrános műhelyekből (BME, SZIE, SZTE, PE). Öröndetes módon a hazai membrános ipar is képviseltette magát, a rendezvény szponzora a három magyarországi telephellyel is rendelkező Suez Water Technologies and Solutions Kft volt.

A PERMEA konferenciasorozat következő szervezője Szlovákia lesz, ezért a Szlovák Vegyészmérnöki Társaság elnöke, Prof. Dr. Jozef Markos invitálta a mostani konferencia résztvevőit, hogy a következő membrános konferencián is vegyenek részt.

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2019
NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA
2019. október 10., Zalakaros, Hotel Karos Spa

Bolygónk népességével együtt rohamosan nő az egészséges ivóvíz iránti igény, globális kihívás elé állítva az emberiséget. A víz hamarosan a jövő legfontosabb ásványkincsévé válik, ezért egyre inkább felértékelődnek a versenyképes vízkezelő és víztisztító technológiák. Az iparág hazai fejlesztéseiben élenjáró Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ (Pannon Egyetem) 2019. október 10-én, idén hatodik alkalommal rendezett nemzetközi tudományos konferenciát a témában.

A Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ a régió messze túlmutató tudásbázis, amelynek „Víz- és Szennyvízkezelés az iparban” című éves konferenciája mára már határokon átnyúló szakmai eseménnyé vált. A szervezők legfőbb célja, hogy összekapcsolják a tudomány és az ipar szereplőit, lehetőséget biztosítva a legújabb kutatási eredmények és az ipari tapasztalatok bemutatására, teret adva a szakemberek, kutatók, ipari partnerek tapasztalatcseréjéhez és a kapcsolatépítéshez a közös gondolkodás előmozdítása és annak elősegítése érdekében. A rendezvényen közel 130 ipari és tudományos résztvevő jelent meg.



Plenáris előadás hallgatósága

A rendezvényt Gerencsérné dr. Berta Renáta, a kutatóközpont tudományos munkatársa, a Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampuszának igazgatóhelyettese nyitotta meg, majd Nagykanizsa város alpolgármestere, Karádi Ferenc köszöntötte a résztvevőket. Prof. Dr. Gelencsér András, a Pannon Egyetem rektora köszöntő beszédében felhívta a figyelmet arra a már sok helyen részletezett témára, miszerint a víz a huszonegyedik század legfontosabb erőforrása, mely számos országban már hiánycikk. Magyarország szerencsés helyzetben van ebből a szempontból. Ahhoz, hogy ez így maradjon, szükség van arra, hogy megfelelően felkészült szakemberek bánjanak a vízzel. Ezek a tudományos eredmények akkor jutnak el az alkalmazókhoz, ha rendszerek az ehhez hasonló párbeszédnek.

Az eseményen az intézmény alapítójaként részt vett Dr. Birkner Zoltán, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal elnöke is, aki szerint a kutatási eredmények sokszor nem elegendők, ezeket később alkalmazni is kell. Ennek megvalósításához szükséges a politikai döntéshozók, a tudás-technológiai és a finanszírozási háttér összekapcsolása.

A plenáris szekciót Taxner György, az UTB Envirotech vezérigazgató helyettese nyitotta meg, ZLD (Zero liquid discharge) technológia bemutatása egy ipari példán keresztül című előadásával. A korábbi évekhez hasonlóan idén is sor került **tehetséges diákok és ifjú kutatók díjazására**. A Soós Ernő Ifjú Kutatói Díj pályázatot MSc kategóriában Maja Preskar, a Maribori Egyetem hallgatója, PhD kategóriában pedig Dr. Torma Csilla Zsófia pályázata nyert. Idén először kapott elismerést külföldről beérkezett pályamunka. A középiskolások tehetséggondozására idén a Szebenyi Mária Kémia Emlékversenyt is meghirdették, amely nem csak helyi, de országos, sőt határon túli érdeklődést váltott ki. Itt négy korcsoportban osztottak díjakat: a 7. osztályosok között Dancsák Dénes, a 9. osztályosok között Somogyi Máté, a 10. osztályosok között Cziráki Kamilla, a 11-12. osztályosok között Tóth Máté lett a legeredményesebb.

A plenáris előadások után lehetőség nyílt a kiállítói standok felkeresésére, valamint a tudományos poszterek megtekintésére. Az ebédidőben került megtartásra a Magyar Kémikusok Egyesülete Membrántechnikai Szakosztályi Ülése. Az ülésen a szakosztály vezetője összegezte a Budapesten megrendezett Permea 2019 konferencia tapasztalatait és visszajelzéseit, ill. kitért a következő időszak feladataira, eseményeire.



Ifjú kutatói Díj átadása Maja Preskar részére, melyet Dr. Galambos Ildikó, a kutatóközpont vezetője, valamint Prof. Dr. Gelencsér András, a Pannon Egyetem rektora adnak át

A délutáni előadások egy nemzetközi és három hazai szekcióban folytatódtak. A konferencia fókuszában olyan globális trendek álltak, mint az élő vizekben található mikroműanyag szennyeződésekre és gyógyszermaradványokra irányuló kutatások, a hazai és nemzetközi nagyvállalatokkal való együttműködés, a termálvizek hasznosítása, valamint a víztisztításhoz kapcsolódó smart technológiák megjelenése a hazai és nemzetközi piacokon. A tematikus szekciók hatékonyan segítették a szakmai kapcsolatok építését és a gyakorlati problémákat érintő véleménycserét, a konferencia nemzetközi szekciójában pedig már nemcsak a tudományos élet szereplői, hanem a nemzetközi nagyvállalatok képviselői is részt vettek, többek között Dániából és Indiából.

A délutáni szekció előadások után lehetőség nyílt egy szabadon választható program keretében részt venni a Zalakarosi Fürdő Zrt. által biztosított fürdőbejárásán, ahol az érdeklődők betekintést nyerhettek a fürdőn alkalmazott gépészeti és víztisztítási technológiai megoldásokba, hasznos információkkal és élményekkel lettek gazdagabbak.

A konferencia zárásaként gálavacsora keretében nyílt lehetőség további szakmai egyeztetésre és kapcsolatépítésre kötetlen formában.

Bejelentésre került a következő évi Víz- és szennyvízkezelés az iparban konferencia időpontja: 2020. okt. 15., melyre a szervezők várják az érdeklődőket (részletek www.sooswrc.hu honlapon).

Kovács Barbara
kutatási asszisztens
Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ
Nagykanizsa

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

4th International Conference on Ionic Liquids in Separation and Purification Technology, ILSEPT2019

2019. szeptember 8-11., Sitges (Spanyolország)

<https://www.elsevier.com/ilsept-conference>

12th European Congress of Chemical Engineering & 5th European Congress of Applied Biotechnology, ECCE12 & ECAB5

2019. szeptember 15-19., Firenze (Olaszország)

<http://www.ecce12-ecab5.org/>

Filtech 2019

2019. október 22-24., Köln (Németország)

www.filtech.de

4th International Conference on Desalination using Membrane Technology, MEMDES 2019

2019. december 1-4., Perth (Ausztrália)

<https://www.elsevier.com/desalination-using-membrane-conference>

International Membrane Science and Technology Conference, IMSTEC2020

2020. február 2-6., Sydney (Ausztrália)

<http://www.imstec2020.com>

International Congress for Membrane and Electromembrane Processes, MELPRO2020

2020. április 19-22., Prága (Csehország)

<https://www.melpro.cz/>

13th World Filtration Congress, WFC13

2020. április 20 – 24., San Diego (U.S.A.)

<https://wfc13.societyconference.com/v2/>

XIII Scientific Conference “Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection (MEMPEP 2020)

2020. június 17 – 20., Zakopane, (Lengyelország)

<http://mempep2020.systemcoffee.pl/index2.html>

Nanofiltration 2020

2020. július 7 – 10., Reutlingen (Németország)

<http://nanofiltration2020-mt.ifg.kit.edu/index.php>

12th International Congress on Membranes and Membrane Processes, ICOM

2020. július 12 - 17, London (Egyesült Királyság)

<http://www.icom2020.co.uk/>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: bako@almos.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Dr. Nemestóthy Nándor, Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula, Dr. Cséfalvay Edit, valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.