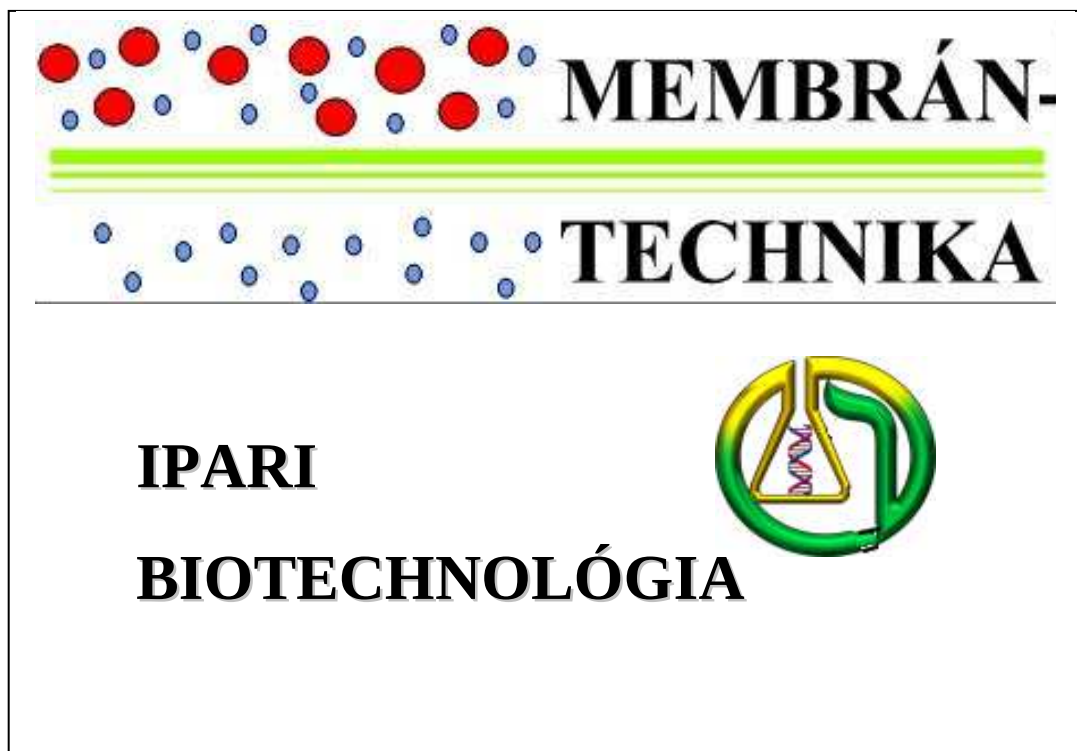




IV. évfolyam 3. szám

2013. október

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

**A Magyar Kémikusok Egyesülete
Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa
ISSN 2061-6392**

Felelős szerkesztő: Bélafiné Dr. Bakó Katalin
Pannon Egyetem
Biomérnöki, Membrántechnológiai és
Energetikai Kutató Intézet
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.
Tel.: 88-624 726
Fax: 88-624 292
E-mail: bako@almos.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:
a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége:
Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter,
Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula; valamint
Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály
1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 1- 201 6883
Fax: 1- 201 8056

TARTALOM

oldal

Molnár E., Nemestóthy N., Bélafeiné Bakó K.: Bipoláris elektrodialízis alkalmazása galakturonsav kinyerésére.....	38
Konferencia beszámoló (Sitges).....	50
Szlovák Kémikusok Konferenciája.....	52
EMS Nyári Egyetem.....	55
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	56

BIPOLÁRIS ELEKTRODIALÍZIS ALKALMAZÁSA GALAKTURONSAV KINYERÉSÉRE

Molnár Eszter, Nemestóthy Nándor, Bélafiné Bakó Katalin

Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Bevezetés

Egyes zöldség- és gyümölcsfélék feldolgozása során olyan melléktermékek keletkeznek, amelyek értékes komponenseket tartalmazhatnak, így azok további feldolgozása javítja a folyamat gazdaságosságát és csökkenti a hulladék mennyiségét. Az egyik ilyen értékes összetevő a sejtfalban található komplex poliszacharid, a pektin. A pektin vázát az α -(1-4) kötéssel összekapcsolt galakturonsav (GS) alkotja. A galakturonsav, mint alapanyag sokoldalúan felhasználható alkotóelem a vegyiparban és élelmiszeriparban. A pektin hidrolízise tehát galakturonsavat eredményez. Szennyezésként a pektinhez kapcsolódó oldalláncokból leszakadt makromolekulák: arabán, galaktán, illetve semleges cukrok, például L-arabinóz, D-galaktóz és glükóz lehetnek jelen a galakturonsav oldatban, melynek elválasztására az elektrodialízis kínálkozik, mert a galakturonsav az egyedüli disszociáló komponens.

Az elektrodialízis olyan membránszeparációs eljárás [1-4], amely során elektromos erőterben ionszelektív membránok segítségével egy sóoldatból a töltéssel rendelkező komponensek elválaszthatók, valamint sav és lúg is előállítható bipoláris membránok beépítésével.

Az elektrodialízis elve

Az elektrodialízis folyamán az elektromos feszültség hatására az elektródok (anód és katód) között ionvándorlás indul meg. A katód (negatív elektród) felé a kationok, míg az anód (pozitív elektród) felé az anionok áramlanak [5].

A membránok az elektródok közé vannak beszerelve, távtartók választják el az egyes őket. A membránok között áramlik az elektróda, a híguló és a sűrűsödő oldat. Az oldatok biztosítják az ionok áramlásához a folytonos fázist az elektródok és membránok között. Az

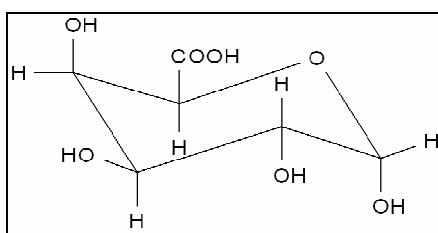
elektrodák mellett áramlik az elektróda oldat. Az elektróda oldat vezeti az áramot, ezért közreműködik az elektrosztatikus erőter fenntartásában, valamint biztosítja az elektrodákon elektrokémiai folyamatokban keletkező komponensek elszállítását. A híguló oldat tartalmazza azt az értékes komponenst, aminek elválasztása, koncentrálása a cél. A híguló oldat elektrolit oldat, tehát vezeti az áramot. A sűrűsödő oldatban koncentrálódik az általunk kinyerni vagy eltávolítani kívánt komponens.

Az anyagátadás a membránon keresztül történik. A töltéssel rendelkező membránok az ionok áramlását szabályozzák. A gyakorlatban anionszelektív, kationszelektív és bipoláris membránokat alkalmaznak. Az anionszelektív membránon a negatív ionok, a kationszelektíven a pozitív ionok képesek átdiffundálni. A bipoláris membrán anion- és kationszelektív réteget tartalmaz, elektromos áram hatására a membránréteg közötti víz disszociál, a bipoláris membrán H^+ és OH^- ionokat ad le.

Az elektrodialízis során az elektróda-oldatot, a sűrűsödő-oldatot és a híguló-oldatot keringtetjük a membránok között. Bipoláris elektrodialízisnél a feszültségkülönbség hatására a bipoláris membránokban megindul a víz disszociációja és sóoldat esetén savat és lúgot tudunk előállítani.

Galakturonsav kinyerése

Munkánk során a galakturonsav pektintartalmú melléktermékekből történő kinyerését vizsgáltuk (1. ábra).

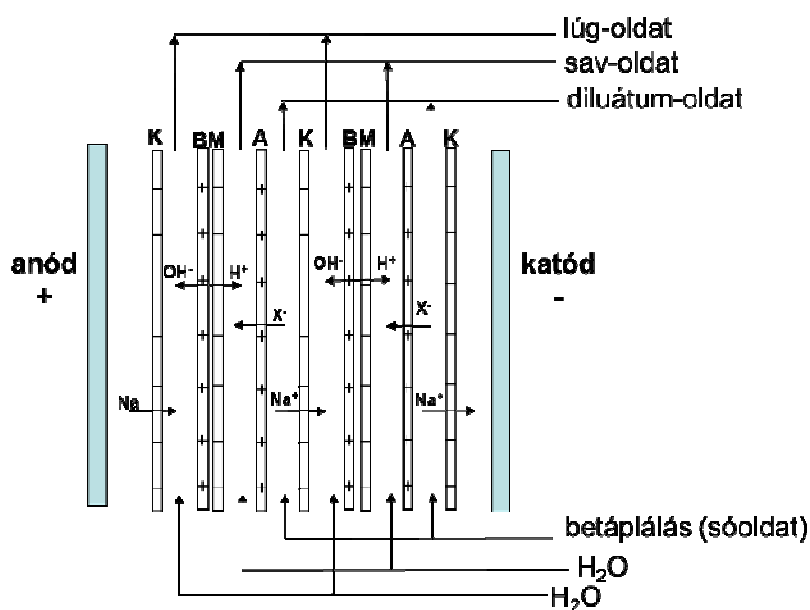


1. ábra: A galakturonsav szerkezeti képlete

A gyümölcsle gyártás során nagy mennyiségben keletkezik törköly, amelynek lignocellulóz tartalma – más agro-hulladékokhoz (mint pl. szalma, kukoricaszár...stb.) hasonlóan – átalakítható értékes komponensekké (pl. monoszacharidok). A lignocellulóz mellett egyes gyümölcs-törkölyök pektint is tartalmazhatnak. A pektintartalmú gyümölcsök feldolgozásánál keletkezett törköly alkalmas galakturonsav előállítására. A galakturonsav kinyeréséhez először a törkölyből ki kell extrahálni a pektint, majd a polimerláncok

hidrolízisével kapjuk a galakturonsav tartalmú oldatot. A gyümölcsök mellett a cukorgyári extrahált és préselt szelet is magas pektintartalmú nyersanyag és nagy mennyiségben áll rendelkezésre. Gyengébb gélesedési képessége miatt a lebontással járó hasznosítás különösen jó alternatívának tűnik. A cukorrépaszeletből a pektint az enzim hidrolízis előtt forró vízzel kioldjuk, majd olyan ioncserés eljárásnak vetjük alá, amellyel a szennyező anionokat (szulfát, acetát, laktát, citrát..) eltávolítjuk, és egy alacsonyabb észterezettségi fokú pektin oldat áll rendelkezésre. Az enzim hidrolízis után szennyezésként elsősorban a cukorrépa pektinhez kapcsolódó oldalláncokból leszakadt makromolekulák: arabán, galaktán, illetve semleges cukrok (L-arabinóz, D-galaktóz, némi glükóz, fruktóz) szennyezik a galakturonsav oldatot. Ezek eltávolítására az elektrodialízis (ED) kínálkozik, mert a GS az egyedüli disszociálódó komponens [8-9]. Hagyományos ED rendszert alkalmazva két lépcsős eljárással lehet galakturonsavat előállítani [10, 11].

Bipoláris membránokat felhasználva egy lépcsőben is lehetőség nyílik az elválasztásra, amelynek elvét az 2. ábra mutatja.



2. ábra: Egylépcsős elektrodialízis rendszer galakturonsav elválasztására

Anyagok és módszerek

Az ED rendszerhez a Fumatech FT-ED-4-100-10 berendezést használtuk, amibe 10 anion-, (Fumasep FAB) 11 kationszelektív (Fumasep FKB) és 10 bipoláris membránt (Fumasep FBM) szereltünk be. A membránok aktív felülete 0,31 m² volt. Az elektrodialízis

során a betáplált oldatból a negatív töltésű galakturonát ion az anód felé mozog az anionszelektív membránon keresztül a sav oldatba, ahol galakturonsav képződik. A Na ionok a katód felé mozognak a kationszelektív membránon át a lúg oldatba, ahol NaOH képződik. A modul a korábban bemutatott laborméretű hagyományos és kombinált ED rendszer két lépcsőben elvégezhető folyamatát egy lépcsőben tudja megvalósítani.

A feszültség és áramerősség értékeinek mérése a National Instruments USB-6008/6009 adatgyűjtő segítségével történt, amely a VI Logger elnevezésű számítógépes programmal volt összekötve. A programmal követhetők és rögzíthetők voltak az eredmények. Az elektromos vezetés mérésére a Radelkis OK 102/1 műszert használtunk.

A galakturonsav koncentrációjának meghatározásához DNS módszert használtunk [12]: a galakturonsavat, mint redukáló cukrot 3,5 dinitro-szalicilsavval reagáltatjuk, melynek során 3-amino-5-nitro-szalicilsav keletkezik, amely 550 nm-en fotometrálnak.

HPLC-s meghatározás: L-6200A típusú (Merck Hitachi) készülékkel történt egy AS-2000A Autosampler automatikus mintaadagolóval. Az oszlop (Bio-Rad) 300 mm hosszú, 7,8 mm belső átmérőjű Aminex HPX-87H típusú volt, az álló fázis ezüst-szulfonát-divinil-benzol-sztirol kopolimer ioncserélő töltetű. 30 °C hőmérsékleten, $0,3 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ áramlási sebesség mellett végeztük a meghatározást. A detektálás Merck gyártmányú RI-71 típusú törésmutató detektorral, a kromatogramok kiértékelése D2520 GPC típusú integrátorral történt.

A hidrolizátumok előkészítése: A gyümölcsökből először kinyertük a pektint, amit úgy végeztünk, hogy 1:4 arányban zúzott gyümölcsöt és desztillált vizet elegyítettünk, amit 100 °C-on 30 percig autoklávoztuk. Az így kapott oldatot vákuumdesztillációval besűrítettük, majd etanolos kicsapással nyertük ki a poliszacharidot, amelyet 70 °C-on 12 órán keresztül vákuumszáritóba helyeztük az alkohol eltávolítása céljából.

Ezt követően 20 g piros ribizli, 20 g fekete ribizli és 20 g alma pektint oldottunk fel 1 l vízben, míg citrus pektin esetén 25 g pektin/ l kiindulási oldattal dolgoztunk. 45 °C-on 800 rpm-en történt a hidrolízis, melyhez 1 ml / l oldat koncentrációban adagoltuk a Pektopol enzimet. A hidrolízis alatt 0,1 mol/l koncentrációjú NaOH-val automatikus titrálást alkalmazva 4,2 pH-n tartottuk az oldatot. A folyamatot akkor fejeztük be, amikor megállt a NaOH fogyása. A hidrolizátum ily módon puffert, egyéb ionokat nem tartalmazott, csak a titráláshoz felhasznált Na ionokat.

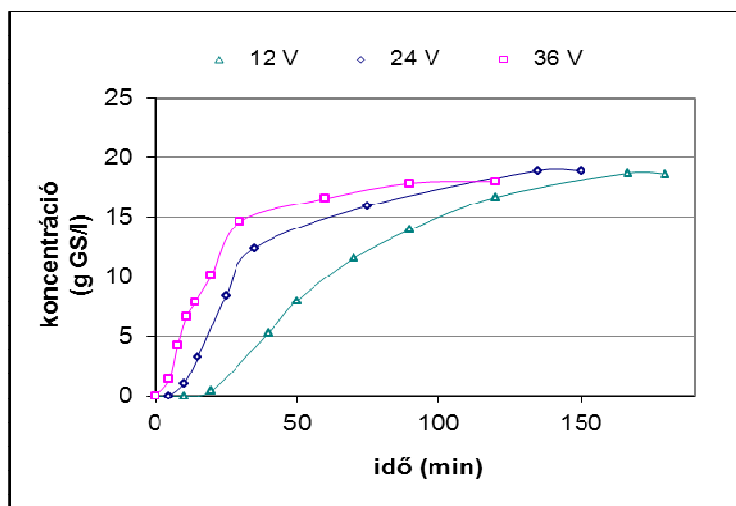
Eredmények

Az elektrodialízis során alkalmazható maximális áramerősségről a polarizációs görbék szolgáltak információval, s ezek alapján megállapítottuk, hogy 0,1 mol/l koncentrációjú Na_2SO_4 elektróda-oldatok mellett az elektrodialízist maximálisan 36 V feszültségen ajánlatos végezni.

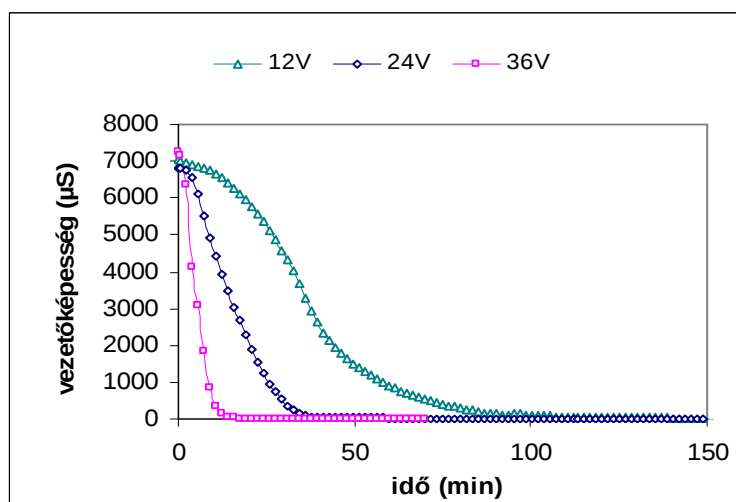
A bipoláris ED rendszert 20 g/l kiindulási koncentrációjú Na-Gat diluátum oldatokkal teszteltem. A kísérleteket állandó feszültségen: 12 V-on, 24 V-on és 36 V-on végeztem, 0,1 mol/l Na_2SO_4 elektróda oldattal szakaszos üzemmódban.

A galakturonát ionok és protonok a sav oldatban galakturonsavat képeztek, melynek koncentrációja az idő függvényében a 4.3.2. ábrán látható. A 12 V-os és 24 V-os méréseknél kinyerési hányadnak 93,3%-ot és 94,6 %-ot mértem, míg 36 V esetén 89,9 %-ot.

A diluátum oldatban mért vezetőképesség (3. ábra) alapján a 36 V-os mérésnél a 13. percben, a 24 V-os mérésnél a 36. percben, míg a 12 V-os mérésnél a 102. percben csökkent a vezetőképesség 100 μS alá. Összehasonlítva a sav oldatban mért koncentráció értékekkel látható, hogy a vezetőképesség gyorsabban elérte a minimum értékét, mint a koncentráció a maximumát, mert az anionszelektív membránban lassabb az ionok vándorlása, mint az azt körülvevő oldatban (koncentráció polarizáció jelensége).



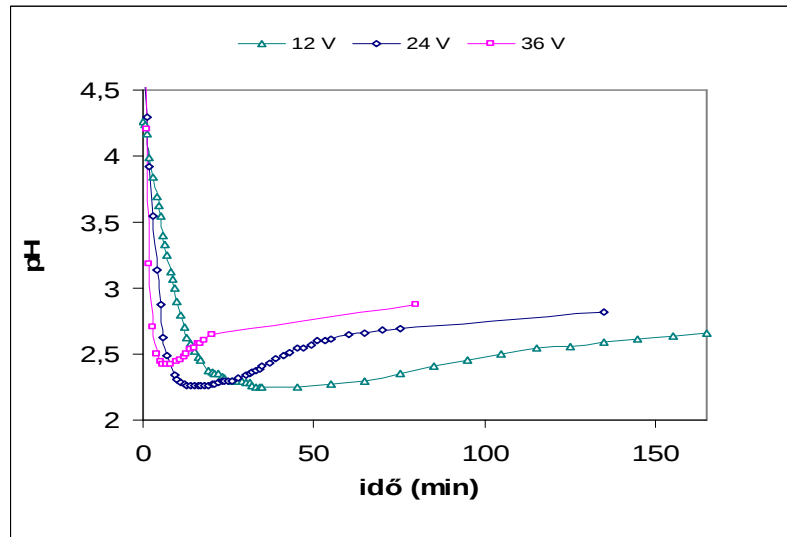
3. ábra: A galakturonsav koncentrációja a sav oldatban



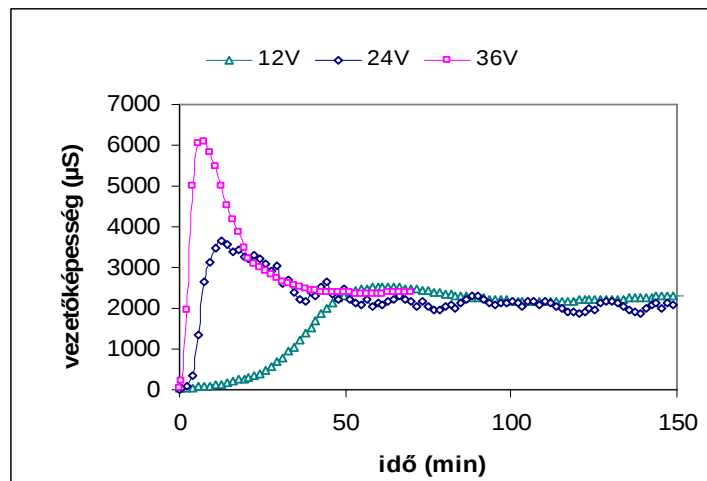
4. ábra: A vezetőképesség alakulása a diluátum oldatban

A sav oldatban mért pH érték (5. ábra) kezdetben gyorsan csökkent, a 36 V-os mérésnél a 6. percben elérte a 2,42-es értéket. A pH esés a generált protonoktól és képződött galakturonsavtól függ. A protonok ionmobilitásuk miatt gyorsabban eljutnak az átalakulási rétegből a sav oldatba, mint a diluátumból a galakturonát ionok. Az elektrodialízis kezdeti szakaszában a protonok okozzák a gyors pH csökkenést, majd a növekvő pH mutatja, hogy több galakturonsav képződik, mint amennyi proton jut a sav oldatba. Alacsonyabb feszültség alkalmazása esetén a pH alacsonyabb lesz, mert a galakturonát ionok transzportja lassabb. A 12 V-on végzett mérésnél a pH minimum sav oldatban a 33. percben 2,25 volt.

A sav oldat vezetőképessége (6. ábra) ezzel szemben az elektrodialízis kezdetén nő: a 36 V-on és 24 V-on végzett mérésnél a vezetőképesség maximumát akkor mértem, amikor a sav oldat elérte a pH minimumot, tehát a 6. (6035 μS) és 13. percben (3482 μS). A növekedést a nagyobb feszültség hatására keletkező több szabad proton és hidroxil ion okozza, amelyek a sav és lúg oldatban az elektromos áram szállítást segítik. Amint a sav oldatban egy bizonyos határt átlép a galakturonsav koncentrációja (a végkonc. kb 10 %-a), növeli az oldat ellenállását, a vezetőképesség csökkenni kezd és egy állandó érték, 2200 μS közelébe beáll. 12 V-on végzett mérésnél a sav oldatbeli vezetőképesség lassabban érte el a 2200 μS -t és nem látható a grafikonon olyan éles maximum pont, mint a másik két mérésnél. Alacsonyabb feszültség esetén a vízdisszociáció is lassabb, ez okozza a kevésbé intenzív növekedést.

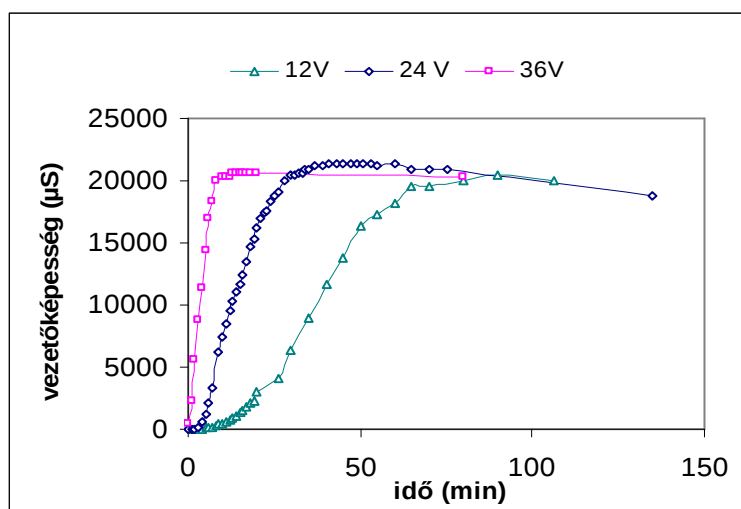


5. ábra: A pH változása a sav oldatban



6. ábra: A vezetőképesség alakulása a sav oldatban

A lúg oldatban mért vezetőképesség (7. ábra) lefutása a sav oldatban mért vezetőképesség lefutásával ellentétes: a membránon átvándorolt hidroxil ionok hatására kezdetben nő, majd elérve egy maximum értéket, enyhén csökkenni kezd. A maximum értékeket később értem el, mint a sav oldatban, aminek az a magyarázata, hogy az oxónium ionok ionmobilitása 1,76-szer magasabb, mint a hidroxil ionoké.



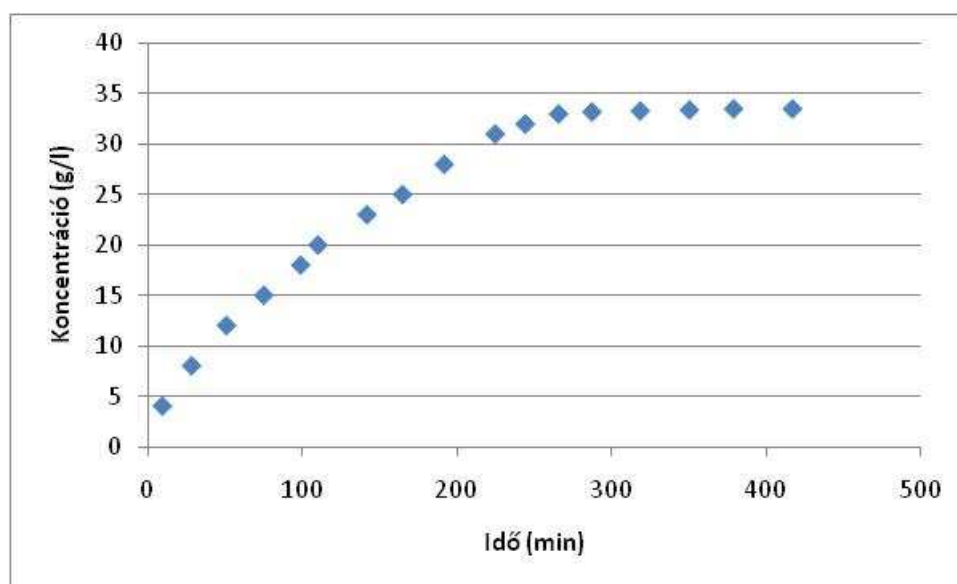
7. ábra: A vezetőképesség változása a lúg oldatban

Hidrolizátumokkal végzett mérések a komplex ED rendszerben

A modell oldattal végzett kísérleteket követően először töményebb pektin oldatokból előállított hidrolizátumokkal teszteltük az ED berendezést. A cukorrépa-szeletből kinyert és a citrusból származó pektinből kiindulva így nagyobb koncentrációjú galakturonát oldatokat kaptunk, amelyekkel – úgy gondoltam – egyszerűbb feladat lesz az ED szeparáció. Itt ugyanis a nagyobb kiinduló koncentrációk miatt a folyamatok is erőteljesebbek, jobban nyomon követhetők.

Citrus pektinből 39 g/l, míg cukorrépa pektinből 15 g/l galakturonát koncentrációjú hidrolizátumot állítottunk elő. A hidrolizátumok elektrodialízisét 36 V feszültség mellett, 0,1 mol/l Na_2SO_4 elektróda oldat alkalmazásával szakaszos üzemmódban végeztük. Az elektrodialízis során nyert, a sav oldatban mért galakturonsav koncentráció időbeli lefutása citrus pektin hidrolizátum esetén – példaként – a 8. ábrán látható.

Az 1. táblázatban a két hidrolizátumra vonatkozó paramétereket összegeztük. Az adatokból jól látszik, hogy a 20 g/l-es galakturonát modell oldathoz képest itt gyengébb kinyerési hatásfokokat és áramkihasználási értékeket kaptunk, de összességében elmondható, hogy az ED berendezés megfelelően működött, s ki tudtuk nyerni a hidrolizátumból a galakturonsavat.



8. ábra: A galakturonsav koncentrációjának alakulása a sav oldatban citrus pektin esetén

1. táblázat: A hidrolizátumok elektrodialízisének kapott paraméterek

	cukorrépa pektin hidrolizátum	citrus pektin hidrolizátum
Kiinduló galakturonát tartalom	15 g/l	39 g/l
Átlagos áramkihasználtság	41 %	54 %
Felhasznált energia	31 Wh	39 Wh
Kinyerési hányad	65 %	86 %

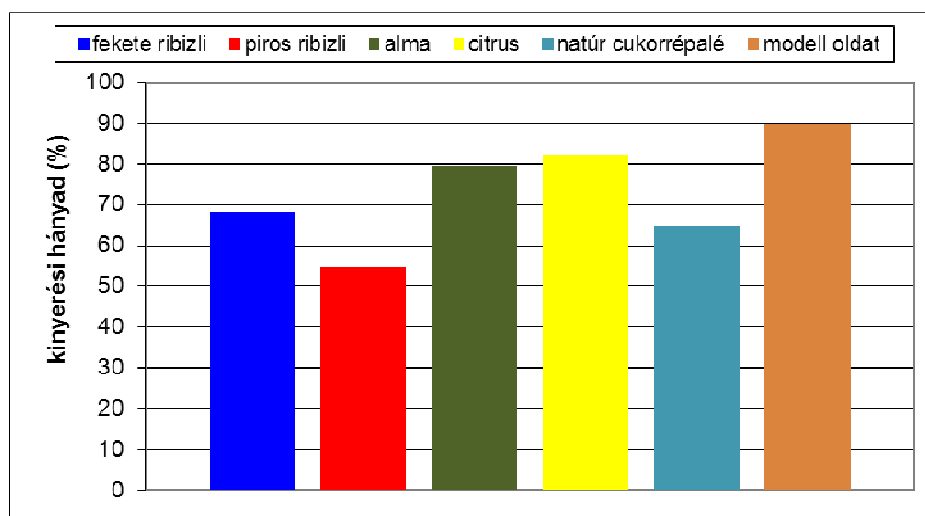
A töményebb pektin oldatok hidrolizátumai után további, most már hígabb hidrolizátumok elektrodialízisét vizsgáltuk. Ezek az oldatok jobban közelítenek a várható ipari felhasználási gyakorlathoz, ahol – elképzeléseink szerint – a mezőgazdasági hulladékokból (cukorrépa préselt szelet, gyümölcsök préslepénye...stb.) a pektin extrakciós kinyerését követően rögtön hidrolizáljuk az oldatot, amelynek galakturonsav tartalma így meglehetősen csekély lesz (maximum 1 % körül).

A hígabb hidrolizátumokat piros ribizli, fekete ribizli, alma, citrus és cukorrépa (szeletből) pektinből nyertük, s ezekkel hajtottam végre a méréseket a méretnövelt, komplex ED rendszerben állandó, 36 V-os feszültségen. Az alkalmazott elektróda oldat 0,1 mol/l Na_2SO_4 volt.

A hidrolizátumok (diluátum oldatok) kezdeti galakturonsav koncentrációja HPLC-vel végzett mérések alapján fekete ribizli esetén 5,5 g/l, piros ribizli esetén 5,6 g/l, alma esetén 3,7 g/l, citrus esetén 11,9 g/l és natúr cukorrépalénél 4,3 g/l volt.

A kinyerési hányadokat (9. ábra) összehasonlítva a 20 g Na-Gat/l modell oldattal ($U=36$ V) megállapítható, hogy a gyümölcspektin hidrolizátumok közül a legmagasabb kinyerési hányadot a citrus pektin esetén érték el, 82,3 %-ot, ami 7,6 %-kal alacsonyabb a modell oldathoz képest. A citrus pektin hidrolizátumhoz hasonló értéket kaptunk alma pektin hidrolizátum esetén, amikor is ez az arány 79,6 % lett, míg piros ribizli esetén csak 54,8 %-os kinyerési hányadot értem el, ami a legalacsonyabb hányad lett a többi eredménnyel összevetve.

Az elektrodialízis végén nemcsak a sav oldatban, hanem kis mennyiségben a lúg oldatban is ki tudtunk mutatni redukáló cukortartalmat fekete ribizlinél 0,15 g GS/l, piros ribizlinél 0,15 g GS/l, almánál 0,11 g GS/l, citrusnál 0,43 g GS/l és cukorrépa esetén 0,14 g GS/l koncentrációban.

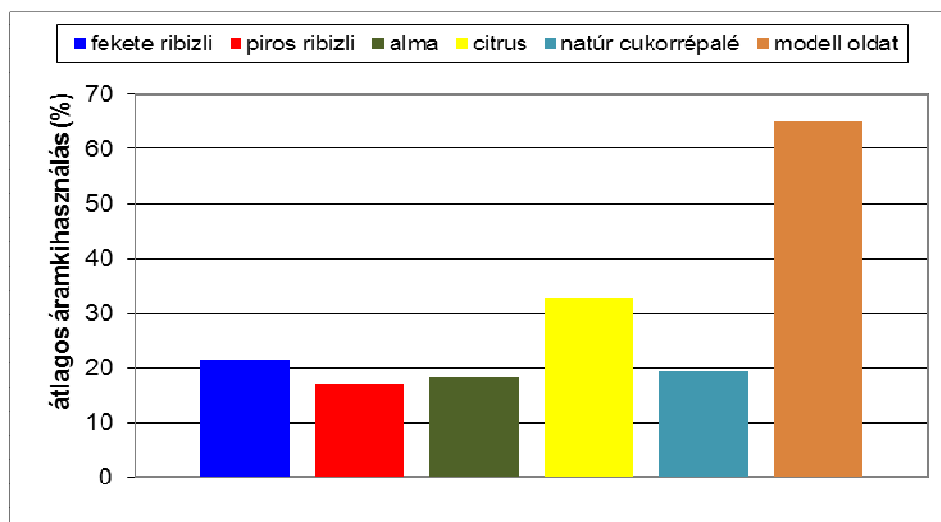


9. ábra: Kinyerési hányadok

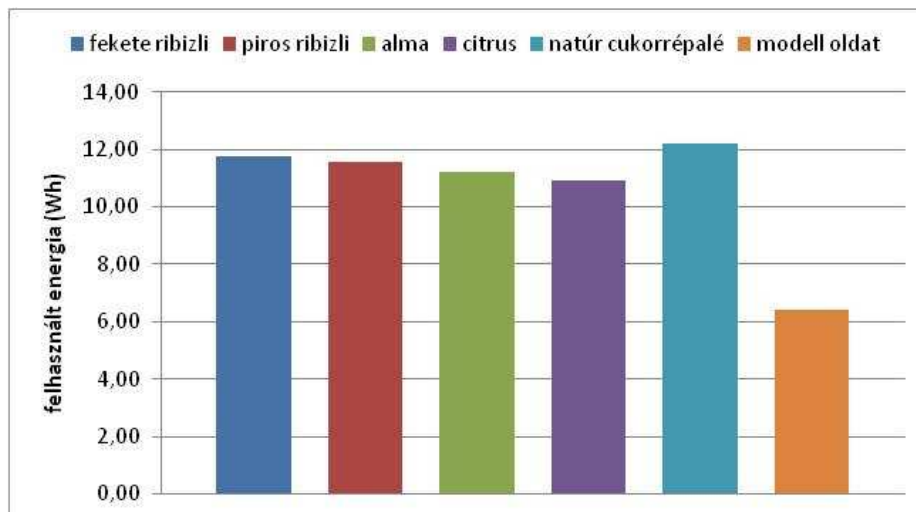
Az elektrodialízis folyamán rögzített adatok alapján, az áramkihasználások átlagos értéke (10. ábra) modell oldat esetében kétszer nagyobb volt, mint az azt követő legmagasabb, citrus pektin hidrolizátumnál (32,6 %) mért áramkihasználás. A többi művelet folyamán az áramkihasználások 17,2 % és 21,5 %-ok között mozogtak.

A 11. ábrán az elektrodialízis során felhasznált energiát ábrázoltuk. Hidrolizátumok esetén kb. hatszor nagyobb energiabefektetés szükséges az ionok szállításához és a

vízbontáshoz, mint modell oldat esetén. A hidrolizátumok közül citrussal a legalacsonyabb értéket, 10,9 Wh-t, míg a legmagasabbat a natúr cukorrépalénél mértük, 12,2 Wh-t. Fekete és piros ribizli, valamint alma pektin hidrolizátumoknál 11,8 Wh, 11,6 Wh és 11,2 Wh értékeket számoltunk.



10. ábra: Átlagos áramkihasználás



11. ábra: Az elektrodialízis során felhasznált energia

Az elektrodialízis során nyert sav oldat GS-ra vonatkozó tisztaságának ellenőrzését HPLC méréssel vizsgáltuk. Meghatároztuk a citrussal nyert, előkészített hidrolizátum és az elektrodialízis végén kapott sav oldat összetételét. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: A hidrolizátum és sav oldat szacharid összetétele

	galakturonsav	részlegesen hidrolizált pektin	pektin	glükóz/galaktóz	egyéb monoszacharid
citrus pektin hidrolizátum	76 %	2,4 %	3 %	8,2 %	10,4 %
sav oldat	98 %	2,0 %	-	-	-

A hidrolizátum a galakturonsav mellett pektint, részlegesen hidrolizált pektint, glükózt/galaktózt, ramnózt, arabinózt és mannózt tartalmazott. A sav oldatban kb. 98 % tisztaságú galakturonsavat tudtam kinyerni vizes oldatban. Tehát az egylépéses ED művelet – a kinyerésen túl – egy tisztítási lépésnek is tekinthető, hiszen a Na galakturonát mellől sikerült eltávolítanunk a szennyező anyagokat (főként monoszacharidokat).

Köszönetnyilvánítás A kutatómunkát a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0071 pályázat keretében végeztük.

Irodalomjegyzék

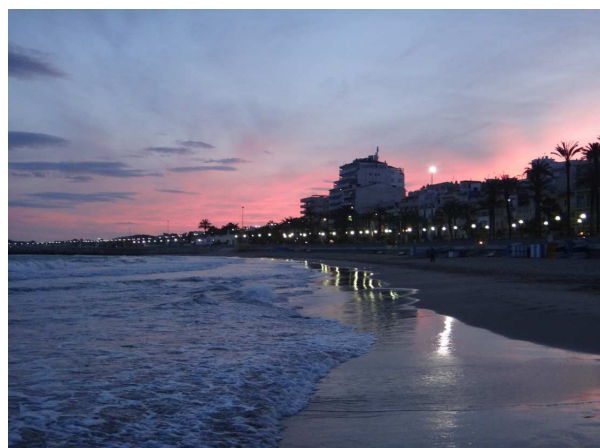
- [1] Mulder M.: *Basic principles of membrane technology*, Kluwer, Dordrecht, 1996
- [2] Hodúr C.: Membránszűrési műveletek felosztása, *Élelmezési Ipar*, 44, 270-272 (1990)
- [3] Vatai, Gy., Békássyné Molnár E., Karlovits Gy.: Membránműveletek alapjai és növényolajipari alkalmazási lehetőségei, *Olaj, Szappan, Kozmetika*, 47, 64 (1998)
- [4] Gyura J., Seres Z., Vatai Gy., Bekassy-Molnar E.: Separation of non-sucrose compounds from the syrup of sugar-beet processing by ultra- and nanofiltration using polymer membranes, *Desalination* 148, 49-56 (2002)
- [5] Bélafeiné Bakó K.: Membrános műveletek, egyetemi jegyzet, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 109-114 (2002)
- [6] J.M.S. Cabral, D. Best, L. Boross and J. Tramper, (Eds.), *Applied Biocatalysis*, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland, 1994
- [7] Bélafe-Bakó K., Nemestóthy N., Gubicza L., A study on applications of membrane techniques in bioconversion of fumaric acid to L-malic acid, *Desal*, 162, 301-306 (2004)
- [8] Molnár E., Nemestóthy N., Bélafe-Bakó K., Galakturonsav kinyerése elektrodialízissel agráripari hulladékokból, *Műszaki Kémiai Napok, Konferencia Kiadvány*, 186-189 (2007)
- [9] Molnár E., Nemestóthy N., Bélafe-Bakó K., Recovery of galacturonic acid from agro-wastes using electrodialytic process, *PERMEA2007, Konferencia Kiadvány*, 210 (2007)
- [10] Novalic, S., Kongbangkerd, T., Kulbe, K. D.: Recovery of organic acids with high molecular weight using a combined electrodialytic process, *Journal of Membrane Science*, 166, 99-104 (2000)
- [11] Molnár E., Nemestóthy N., Bélafeiné Bakó K.: Elektrodialízis alkalmazása biokonverziókból származó szerves savak kinyerésére és koncentrálására, *Membrántechnika*, XI. évfolyam, 3-4. szám (2007), 42-51
- [12] Miller GL. Use of dinitro-salicylic acid reagent for determination of reducing sugar, *Analytical Chemistry*, 31, 426-428 (1959)

Konferencia beszámoló

'1st International Conference on Desalination using Membrane Technology' 7-10 April 2013 | Mèlia Sitges Hotel Congress Centre

A konferencia helyszínéül az egykori kis halászfalu, a spanyolországi Sitges szolgált, ami a mediterrán térség egyik legbájosabb üdülőhelyeként ismert. A mediterrán ékszerként is emlegetett kisváros Barcelonától délre 35 km-re helyezkedik el egy nyitott öbölben a maga 4 km-es, nagyrészt finom homokos partszakaszával. Nemzetközi hírnevét gazdag kulturális életének, zsúfolt eseményeinek és a kiváló turisztikai infrastruktúrájának köszönheti. Sitges strandjai kellemesen teltek, de nem zsúfoltak, és igazán talán ez vonzza ide a legtöbb turistát, de a kikapcsolódni vágyó spanyolokat is. Hosszú tengerparti sétánya, a 'Passeig Marítim' fut végig a tengerparton, ahol bárók és éttermek széles választékát találhatjuk. Sőt strandjai olyan tiszta vizűek, hogy egy részük már megkapta a Kék zászló öko-címkét. Sitges kulturális naptárában olyan fontos eseményeket találhatunk, mint például a Nemzetközi 'Vintage Car Rally' vagy a Katalónia Nemzetközi Filmfesztivál, ami minden évben 10 napig tart és októberben vagy novemberben kerül megrendezésre. Sokak szerint az egyik legszebb épülete a 'Santes Creus' cisztercita kolostora, ami az UNESCO világörökség része.

A nemzetközi konferencia helyszínéül a négycsillagos Melia Hotel adott otthont. Hatalmas előadó és több kisebb terme három párhuzamos szekció megrendezésére adott lehetőséget, amire szükség is volt az igen nagy számú, regisztrált, 320, résztvevő miatt.



Tiszta vizű sitgesi strandok látképe naplemente után



Santes Creus cisztercita kolostora
(UNESCO)

A konferencia témakörei igen széles membrános területeket fedtek le: fordított ozmózis; nanoszűrés, ultraszűrés, mikroszűrés; elő- és utókezeléses eljárások; újszerű sótalánítási technológiák; membrán desztilláció; új membrán típusok; hibrid rendszerek; modultervezés; komplex membrános eljárások és kialakítások; koncentrátum kezelés és elhelyezés; energia és fenntarthatóság; ipari esettanulmányok.

A konferencia nyitóbeszédét Hilal Nidal a Desalination Journal főszerkesztője, a konferencia védnöke tartotta. Ezt követően 45 perces plenáris előadásokat hallgathattunk olyan neves professzoroktól, mint Fane Anthony vagy Belfort Georges. Fane professzor a szingapúri Nanyang Technológiai Egyetem professzora és a Szingapúri Membrán Technológiai Központ (SMTC) igazgatója a membrános tengervíz sótalánítási eljárásokról tartott előadást, amiben hangsúlyozta a fordított ozmózis jelentőségét a többi eljáráshoz képest. Kutatócsoportja napjainkban ezért újszerű, csökkentett nyomásigényű és kisebb energiaigényű membránok előállításával, valamint a magas sótartalmú koncentrátumok hasznosításával foglalkozik. Belfort professzor az Amerikai Pennsylvaniai Egyetemről alacsony energiaigényű, magas fluxusokat adó grafén és szén nanocsöveket tartalmazó fordított ozmózis membránok előállításával foglalkozik, ami hatékony sótalánítási membrános eljárások alapja lehet.

A mintegy 150 db szóbeli előadásra három napon át reggel 9-től 18-ig került sor. A poszterek magas száma miatt (124 db) a poszter szekciót a konferencia teljes időtartama alatt meg lehetett tekinteni és a szerzőkkel értékes tapasztalatot cserélni, kapcsolatokat kiépíteni. A szekcióülések előtt minden reggel további plenáris előadásokat hallgathattunk igen neves, a membrános eljárásokban ismert előadóktól. Drioli Enrico (Calabiai Egyetem, Olaszország), a membrános desztilláció alapjairól és alkalmazási lehetőségeiről, Elimelech Menachem (Yalei Egyetem, USA) a fordított ozmózis és nanoszűrés jelenlegi alkalmazásai területeiről, valamint Pearce Graeme (MCA, UK) a mikroszűrés és ultraszűrés hasonló eltömődési mechanizmusairól és a különböző (fenntartható, kritikus és határérték) fluxusok elkülönítéséről, helyes elnevezéseiről tartott igen értékes előadást. A további előadóknak 20 perc állt rendelkezésre kérdésekkel együtt, ami bizony sokszor nagyon rövidnek bizonyult, így a tudományos diszkusszió gyakran a kávészünetekben is folytatódott. További ismert kutatócsoport vezetői és kutatási témájuk a teljesség igénye nélkül:

- Cohen Yoram (UCLA, USA): Energiahatékony tengervíz sótalánítás membrános eljárásokkal;
- Wahab Mohammad Abdul (Selangori Kebangsaan Egyetem, Malajzia): Nanoszűrő membránok szerepe a víztisztításban: Útban a 'tökéletes' membránok felé;
- Fauzi Ismail Ahmad (Malajziai Tudományos és Technológiai Egyetem): Ultraszűrés, mint hatékony előkezelési eljárás;
- Hasson David (Technion Technológiai Intézet, Israel): Hibrid membrános eljárások;
- Karabelas Anastasios (Kutatási és Technológiai Központ, Görögország): Membránmodulok tervezése és üreges-szálas membránok jelentősége;
- Kurihara Masaru (Toray, Japán): Membrános eljárások alkalmazása a víztisztításban;
- Hong Seungkwan (Seoul-i Nemzeti Egyetem, Korea): Eltömődés csökkentése és elkezeléses eljárások hatékonysága.

Egyedüli magyarként a Pardubicei Egyetemen (Cseh Köztársaság) posztdoktori ösztöndíjasaként kutató tudományos munkámat mutattam be szóbeli előadással („Submerged hollow fiber microfiltration as a part of hybrid photocatalytic process for dye wastewater treatment” címmel). Munkám során festékipari szennyvizek tisztítását végeztem, UV fénnel gerjesztett fotokatalizátor (TiO₂) alkalmazásával. A hatékony szennyező anyag lebontásán túl, membrános eljárásokkal kombinálva, a katalizátor visszanyerésére és annak további alkalmazására is lehetőség nyílik. Az eljárás energiafelhasználását csökkenteni lehet

nagyobb pórusméretű bemerülő üreges-szálal mikroszűrő membránok, valamint a nemrégiben fejlesztett alacsonyabb energiaigényű UV LED lámpák, diódák használatával.



A szerző a konferencia bejáratánál kihelyezett hirdető táblánál

Összességében elmondható, hogy a konferencia kiváló lehetőséget nyújtott a fiatal kutatóknak, illetve PhD hallgatóknak a hasonló tudományterülettel foglalkozó neves kutatócsoportok megismerésére és kapcsolatok kiépítésére. Sok, a szakma által ismert kutatóval, professzorral illetve ipari résztvevőkkel is találkozhattunk. Sokszor éppen az okozott gondot, hogy a 3 párhuzamos szekcióban több előadás is érdekesnek bizonyult, így nehéz volt választani, hogy melyiket hallgassuk meg. A konferencia során igen sokat tanulhattunk, és mindemellett érdekes dolgokat is hallhattunk, mint például az amerikai szabadalommal védett, újabban kifejlesztett polimer membránoktól (melyek anyagába a gyártás során zeolitot építenek az eltömődés csökkentése érdekében) egészen a toulouse-i ipari méretű ultraszűrő 'Gigamembránok'-ig, melyek kapacitása eléri a 300 000 m³/nap-ot.

Köszönetnyilvánítás:

„A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg”.

Köszönet továbbá a következő csehországi posztdoktori projektnek az anyagi támogatásért: The Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, Project CZ.1.07/2.3.00/30.0021 “Strengthening of Research and Development Teams at the University of Pardubice”.

Dr. Kertész Szabolcs PhD
tudományos munkatárs
Szegedi Tudományegyetem

A Szlovák Kémikusok 40. Nemzetközi Konferenciája
(40th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering)

2013. május 27-31. Tatranské Matliare, Szlovákia

Beszámoló

Több évtizedes hagyományaihoz híven a Szlovák Kémikusok az idei esztendőben is május végén rendezték meg éves nemzetközi konferenciájukat a Magas-Tátrában. A konferencia helyszíne a már jól bevált és a korábbi rendezvényeknek is helyszínt adó Tatranské Matliare (Matlárháza) volt, ahol a Hotel Hutník szállodában biztosították az eseményre érkező résztvevőknek az elszállásolását és magát a rendezvényt is. A település érdekes történettel is rendelkezik amellet, hogy a festői szépségű hegycsúcsok lábánál terül el. A terület első említése egy 1326-ban keltezett oklevélben található meg. Későbbiekben kizárólag erdészeti tevékenységgel kapcsolatban létesültek itt állandó lakóingatlanok, amelyet egy 19. század végi fellendülés és bővítési hullám követett. Ekkor Loisch Mátyás vadászlakot építtetett a településen, amelyet a nagyközönség számára is elérhetővé tett. A siker meghozta a vállalkozó kedvét, ezért néhány évvel később a Steinbach turistaszállót is felépítette, amely már kimondottan a korabeli turizmus fellendülését hozta el magával. A ma is látható turistaszálló közelében létesültek további szállodák is a huszadik század második felében, amelyek már kimondottan az újonnan megjelenő téli és extrém téli sportok kedvelőinek a kiszolgálását tették lehetővé. Maga a település nem önálló, hanem a Magastátra nevet viselő, 14 tátrai kistelepülést tömörítő üdülőváros közigazgatási egységnek a része.

A konferenciára 13 országból érkeztek kutatók és PhD hallgatók, elsősorban Szlovákiából és Csehországból, illetve Lengyelországból, de voltak előadók Venezuelából, Portugáliából és Oroszországból is. A rendezvénynek így összesen 273 résztvevőjéből 62-en előadással voltak jelen, míg 211-en pedig poszterrel szerepeltek. A magyar résztvevők igen sok, összesen hét előadást mutattak be, és további hat poszter került kihelyezésre a hét folyamán. Cséfalvay Edit a membrántechnológia szekció társelnöki feladatait is ellátta.

Tukács M. József, Dibó Gábor, Mika T. László: *The green synthesis of γ -valerolactone using a continuous-flow reactor*

Rétfalvi Nóra, Novodárszki Gyula, Dibó Gábor, Mizsey Péter, Cséfalvay Edit, Mika T. László: *Catalytic conversion of Sweet Sorghum Juice to Platform Molecules*

Mika T. László, Tukács M. József, Dibó Gábor: *Asymmetric hydrogenation of levulinic acid*

Cséfalvay Edit, Király András, Novotnik Zsófia, Fehér Zoltán, Mizsey Péter: *Membrane assisted hardness reduction of thermal waters*

Szilárd Szélpál, Kitti Fejes, József Csanádi, D Soronja-Simovic, Zsuzsanna László, Gábor Keszthelyi-Szabó, Cecilia Hodúr: *Enrichment of bioactive materials by enzymatic degradation and membrane separation*

Marietta Ábel, Orsolya Sütöri, Gábor Keszthelyi-Szabó, Cecilia Hodúr, K. Raabová: *Tobacco as a raw material for fuel-ethanol*

Zsolt László Kiss, Sándor Beszédes, Cecilia Hodúr, Gábor Keszthelyi-Szabó, Zsuzsanna László: *Ultrasonically assisted ultrafiltration of whey solution*

Kontos János, Járvas Gábor, Dallos András: *Novel method for the estimation of evaporation rate of exposed solvent mixtures*

Gubik Zsuzsa, Kondor Anett, Dallos András: *Adsorption of BTEX aromatics on zeolite at elevated temperatures and at low partial pressures by inverse gas chromatography*

Dallos András, Kondor Anett, Csányi Éva: *Surface characterizations of hydrophilic and hydrophobic adsorbents by SMS Surface Energy Analyzer*

Capári Dániel, Szigeti Márton, Dallos András: *Thermal and ultrasonic pretreatments of biomass for biogas production*

Az előadások angol nyelven zajlottak és a tematikájukat tekintve a vegyészmérnöki tudományok széles körét fogták át, mind a kutatások, mind az ipari megvalósítások területéről. A membráneljárásokról 7, a környezettudományok szekciójában 8, elválasztás technikában 6 előadás hangzott el. Ezek együttesen 30 %-át adták a teljes konferenciaanyagának. A poszter szekciójában ezek jóval kisebb hányadot képeztek. A membránműveletek területén az érdeklődés főként a különböző kerámia csőmembránokkal végzett szűrési műveletek matematikai modellezése felé fordult, de megtalálhatóak voltak poszterek különböző környezetvédelmi szempontból káros szennyezőanyagok szűrhetőségére, a szűrési paraméterekre és a membránokra gyakorolt hatásaikról, a gázszeperációról. A gázszeperáció témakörében egy igen érdekes előadás is elhangzott a cseh Marek Bobák és társai részéről, akik a biogáz előállítás és tisztítás korszerűsítését membránszeperációs eljárás kombinálásával képzelték el. Céljuk eléréséhez egy egyedi gyártású kísérleti eszközt is készítettek. Érdekes volt látni, hogy a lengyel kollégák figyelme a glicerintartalmú szuszpenziók membránszeperációja felé fordult. Elsősorban *Lactobacillus casei* baktériumtörzsszel fermentált glicerintartalmú szuszpenziók ultraszűrését és nanoszűrését vizsgálták, illetve a fermentáció hatását a szűrési paraméterekre. A kutatások azért irányultak erre a területre, mert a felfutóban lévő biodízel gyártás melléktermékeként keletkező nagymennyiségű glicerintartalmú anyag mind az élelmiszer, mind pedig a kozmetikai ipar számára felhasználható alapanyag, ezért fontos, hogy megfelelő tisztaságban juthassanak hozzá ezek az iparágak.

A 15 perces előadásokat egy 5 perces diszkusszió követte, ahol helyenként élénk vita alakult ki a megfelelő eljárások vagy a bemutatott mért paraméterek értelmezése kapcsán. A szünetekben további ismerkedésre és eszmecserekre nyílt lehetőség, ahol több neves közép-európai vegyész és kémikus kutatóval volt szerencsénk találkozni és megbeszélést folytatni, mint Stefan Schlosserrel vagy a cseh Pavel Izak.

Szélpál Szilárd, tanszékvezető mérnök
Ábel Marietta, PhD hallgató
Kiss Zsolt László, PhD hallgató
Szegedi Tudományegyetem

XXIX. EMS MEMBRÁNOS NYÁRI EGYETEM

A XXIX. EMS Membrános Nyári Egyetem 2013. július 22-27 között került megrendezésre a Duisburg Essen Egyetemen (Universität Duisburg Essen).

A konferencia első előadását Susana Luque tartotta, aki igyekezett mind az alapismereteket átismételni, mind a konferencia relevánsabb témáit röviden bemutatni. Utóbbi témák – a teljesség igénye nélkül – a következők: eltömődés, víztisztítás, labor - félüzemi - üzemi szintek jellemzése, tervezés (hibrid technológiák), optimalizálás (optimális megoldás kiválasztása szuperstruktúra felállításával). Előadása végén rámutatott arra a lényeges pontra is, hogy a membránműveletek alkalmazását csakis akkor koronázhatja siker, ha az egyetemek, membrángyártó cégek és végfelhasználók együttműködnek.

Az első nap legérdekesebb felszólalója számomra Hans-Kurt Femming volt, aki egyben be is bizonyította, mennyire fontos a megfelelő járulékos stimulációval köríteni egy tudományos előadást is. A sokszor nevetésbe kitörő közönség a nem-steril membránműveletek achilles-ínként felróható területeként megnevezett biofilmekről hallgatott előadást. Részletes előadásában Femming többek között kitért a biofilmek permeabilitására, üzemi paraméterek megválasztásának tanulmányozására, mikrobiális támadásokra, biofouling veszélyére és az integrált, holisztikus anti-fouling stratégia szükséges elemeire.



A nyári egyetem résztvevőinek csoportja

Az előadások összességében jól felépítettek voltak, integráltan szemlélve átgondolt koncepción alapultak. Ezt jól tükrözi az ipari partnerek (BASF, Evonik Industries, Membrana, Merck Millipore, Sartorius Stedim Biotech) előadássorozata is, akik az ipari folyamatok különböző szegmenseit mutatták be. Az Evonik Industries-től jött Peter Kreis előadásában a hibrid technológiák tervezéséről és optimalizálásáról volt szó választékos esettanulmányokon keresztül. Folyamatmérnöki hallgatóként ez az előadás különösen izgalmas volt. Emellett szerencsém volt meglátogatni a Marl Vegyipari Parkban található Evonik Industries üzemét is, ahol készséges kollégák vezettek körbe a csoportot javarészt kutató laboratóriumokban.

Az előadások közti kávészünetekben, a vacsorák alkalmával lehetőségem volt a világ minden tájáról jött résztvevőkkel megismerkedni, kutatási témákról és kulturális szokásokról diskurálni.

Kaviczki Ákos
Pannon Egyetem
Veszprém

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

Food Eng '13: Food Engineering Eonference

2013. október 9-12, Isztambul, 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>

Membrane and Electromembrane processes, MELPRO

2014. május 18-21., Prága Cseh Köztársaság

További információ: web: www.melpro.cz

2nd International Conference on Ionic Liquids in Separation and Purification Technology, ILSEPT

2014. június 29 – július 4, Toronto, Kanada

További információ: web: www.ilsept.com

13th International Conference on Inorganic Membranes, ICIM

2014. július 6-9, Brisbane, Ausztrália

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