

TARTALOM

	oldal
Kiss K., Nemestóthy, N., Bélafiné Bakó K.:	
Pektin enzimes hidrolízise membrán bioreaktorban	2
Hírek, tallózó	11
Műszaki Kémiai Napok	
Felhívás és jelentkezési lap	12
Pályázati felhívás	14
A membrántudomány úttörői	16
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok	18

PEKTIN ENZIMES HIDROLÍZISE MEMBRÁN BIOREAKTORBAN

Kiss, K., Cserjési P., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.

Pannon Egyetem, Műszaki Kémiai Kutató Intézet
8200 Veszprém, Egyetem u. 2.

Bevezetés

A pektin-bontó enzimeket igen széles körben alkalmazzák a gyümölcsfeldolgozó iparban, mivel így jelentősen nő a lényérés határfoka és a kapott gyümölcsle könnyebben tükrösre szűrhető (Alkorta, Garbisu, Llama, és Serra, 1997; Kashyap, Vohra, Chopra, & Tewari, 2001; Pilnik és Voragen, 1993). Ezen kívül a folyamat során D-galakturonsav (a pektin monomerje) képződik, ami nagyon fontos nyersanyag az élelmiszer, gyógyszer és kozmetikai ipar számára, ahol származékait C-vitamin alapanyagként és savanyítószerként egyaránt használják (Jörning, Baciú, Berensmeyer, és Buchholz, 2002)

A pektin hidrolízisét végző pektináz enzimek három fő csoportba sorolhatóak:

- pektin-észterázok: a pektin metilészter-csoportját hasítják le,
- hidrolázok (polimetilgalakturonáz, poli-galakturonázok): a poligalakturonsav α -1,4-glikozidos kötéseit hasítják ,
- liázok: az α -1,4-glikozid kötés hasítását katalizálják transz-eliminációval

Az előbb említett enzimek közül talán a legfontosabb biokatalizátor az (endo)poli-galakturonáz (PG, E.C. 3.2.1.15), ami képes a pektin és/vagy pektin sav hidrolízisére. Habár ismeretes, hogy a PG enzimeknek kulcsfontosságú szerep jut a pektin hidrolízisének, azt eddig még kinetikai szempontból nem vizsgálták. Ezzel ellentétben már számos kutató (Gillespie és Coughlan, 1989; Sariodlu, Demir, Acar, és Mutlu, 2001; Todisco, Calabro, és Iorio, 1994) tanulmányozta az oldott és rögzített pektináz enzim és enzimkeverékek kinetikai viselkedését. Kulbe, Heinzler és Knopki (1987) arra a feltételezésre jutottak, hogy az *Aspergillus niger*-ből származó PG enzim inhibitora a keletkezett monomer, de ezt kísérleti eredményekkel nem támasztották alá.

A munkánk célja tehát az volt, hogy kísérleti eredmények alapján bebizonyítsuk, történik-e termék inhibíció pektin *Aspergillus niger* poligalakturonáz enzimmel való

hidrolízisénel, és ha igen, akkor annak milyen a mechanizmusa. Másik célunk egy olyan reaktor megtervezése és működtetése volt, ahol az esetleges termék inhibíciót meg lehet akadályozni és így növelni lehet a folyamat termelékenységét.

Makromolekulák – mint pl. keményítő vagy cellulóz – hidrolízisekor fellépő termék inhibíció elkerülhető membrán bioreaktor alkalmazásával. Amíg a keletkező kis molekulatömegű termék (pl. glükóz) könnyedén átjut a membránon, és így folyamatosan eltávolításra kerül a rendszerből, addig a nagy molekulákat (szubsztrát és enzim) a membrán visszatartja. Laboratóriumunkban (Bélafi-Bakó, Nemestóthy, Milisic és Gubicza, 2002) már sikeresen alkalmaztunk lap-membrán és kapilláris membrán modulokat poliszacharidok enzimikus hidrolízisére. Pektin hidrolízisét Kulbe és munkatársai, valamint Olano-Martin és munkatársai (Kulbe et al. 1987 és Olano-Martin et al., 2001) tanulmányozták korábban. Az első esetben mindhárom típusú pektináz enzimet egyszerre használták, így a poligalakturonáz enzim külön tanulmányozására nem volt lehetőség. A második esetben pedig a cél pektin oligoszacharidok és nem galakturonsav előállítása volt.

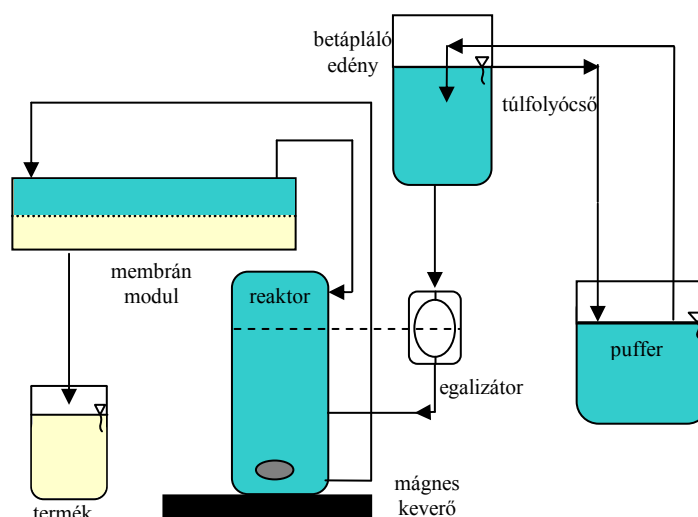
Anyagok és módszerek

A kísérleteknél használt pektint (alacsonyán észterezett, LM-5CS) a Polding Rt-től kaptuk (Budapest, Magyarország) ajándékként. Az *Aspergillus niger*ből származó poligalakturonáz enzim (PG, Sigma USA) aktivitása 1,7 U/mg volt. Az aktivitás meghatározása: egy egységnek azaz enzimmennyiség felel meg, ami képes 1 μ mol galakturonsavat előállítani 1 perc alatt 50 °C hőmérsékleten, 4,1 pH mellett. Az enzim képes hidrolizálni a pektin molekulákat is. Minden további vegyszert (analitikai minőségű) a Flukától (Németország) szereztünk be.

A reakciókinetikai vizsgálatokat rázatott lombikban, New Brunswick Scientific (USA) típusú rázógépből végeztük el. A különböző koncentrációjú pektin oldatokat citrát pufferben (pH 4,1) készítettük el. A mérési körülmények 50 °C és 150 rpm voltak. A termék inhibíció meghatározásához galakturonsavat (terméket) adtunk a kiindulási elegyek egy részéhez.

A reakciót membrán bioreaktorban is lejátszottuk. A berendezés rajza az 1. ábrán látható. Enzimet tartalmazó híg szubsztrát oldatot (citrát puffer, 4,1 pH) keringettünk egy mágnes kevertetésű termosztált reaktorból a membrán modulon át, ami szintén termosztálva

volt. Az ultraszűrő membrán anyaga 30 kDa cut-off értékű regenerált cellulóz volt. A membrán képes volt az enzimet visszatartani, viszont az alacsony molekulatömegű anyagok, mint a galakturonsav könnyen átjuthattak rajta. A kevert reaktorban levő szubsztrát oldat szintjét mechanikus egalizátorral (szintkiegyenlítővel) szabályoztuk.



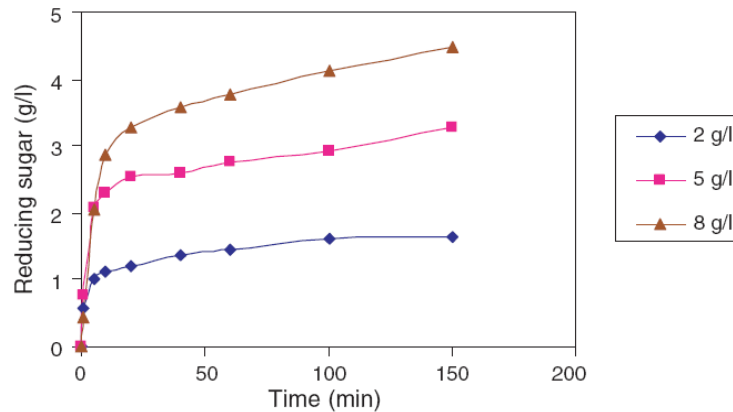
1.ábra: Membrán bioreaktor berendezés az egalizátorral

A reakciót redukáló cukor tartalom méréssel követtük nyomon (DNS módszer, Miller, 1959). A módszer azon alapszik, hogy lúgos környezetben a 3,5-dinitros szalicilsav redukáló cukor, jelen esetben (oligo)galakturonsav, hatására 3-amino-5-nitro szalicilsavvá alakul, amely 540-590 nm-en fotometrárlható.

Eredmények

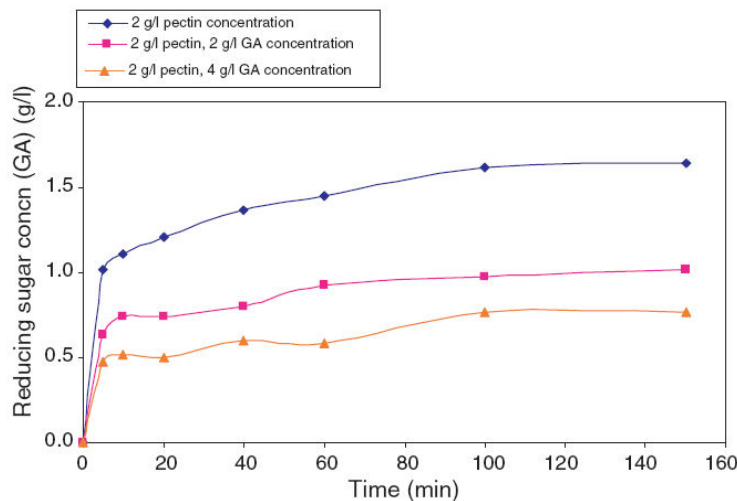
Kinetika

A rázatott lombikos kísérletek lefutási görbéit úgy kaptuk meg, hogy különböző kiindulási szubsztrát koncentrációjú reakcióelegyben meghatároztuk a redukáló cukor tartalmat (galakturonsav) az idő függvényében. A 2,5 és 8 g/l-es kezdeti szubsztrát koncentrációnál (0,01 g enzim) kapott eredményeket a 2. ábrán tüntettük fel.



2. ábra: Pektin hidrolízis lefutási görbe (4,1 pH, 150 rpm, 50 °C, 0,01 g enzim)

Nagyobb kezdeti szubsztrát koncentrációnál nagyobb reakció sebességet és nagyobb végső konverziót lehet megfigyelni, ugyanakkor a kapcsolat a reakció sebesség és a szubsztrát koncentráció között nem volt arányos. Ezen adatokból arra lehet következtetni, hogy termék inhibíció lép fel a reakció során. Ezért további kísérleteket végeztünk a termék reakcióra gyakorolt hatásának megismeréséhez. Különböző mennyiségű galakturonsavat adtunk különböző kiindulási pektin koncentrációjú elegyhez. A 3. ábrán a 2 g/l-es szubsztrát koncentrációjú reakcióelegyhez tartozó idő görbéket tüntettük fel, a reakcióelegyhez adott galakturonsav koncentrációk 0, 2 és 4 g/l voltak.

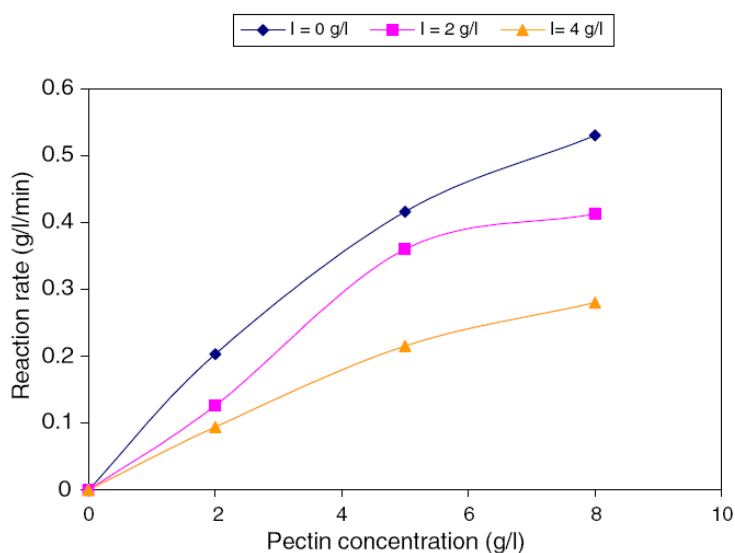


3. ábra: Termék inhibíció tanulmányozása (4,1 pH, 150 rpm, 50 °C, 0,01 g enzim)

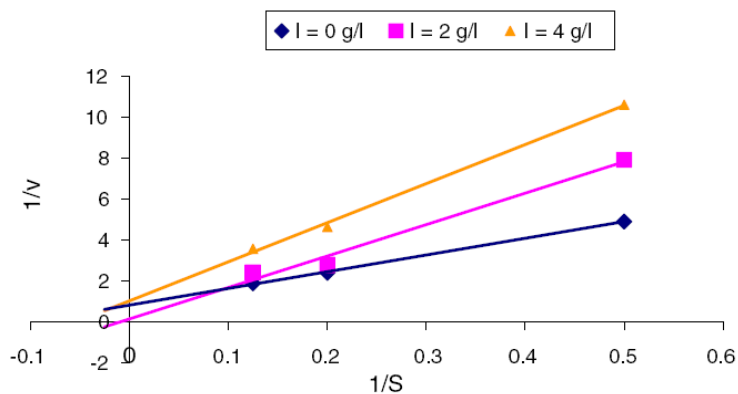
Az ábrán is jól látható, hogy a galakturonsavnak jelentős inhibíciós hatása van a reakcióra. Minél több terméket adunk a reakcióelegyhez, annál lassabban játszódik le a

reakció. A kísérletekkel sikerült igazolni, hogy a PG enzim által végzett pektin hidrolízis során termék inhibíció lép fel.

A kísérleti adatokból (lefutási görbék) kiszámoltuk a kezdeti reakció sebességeket (4. ábra), és a Lineweaver-Burk transzformációt alkalmazva a kapott adatokat ábráztuk (5. ábra). Az ábrán látható, hogy az $1/v$ egyenesek közel azonos pontban metszik az ordináta tengelyt, tehát kompetitív inhibícióról van szó.



4. ábra: Kezdeti reakció sebesség különböző galakturonsav koncentráció mellett (4,1 pH, 150 rpm, 50 °C, 0,01 g enzim)



5. ábra: Lineweaver-Burk linearizálás

A Michaelis-Menten modellt kompetitív termék inhibícióval kiegészítve a következő egyenletet kapjuk:

$$v_i = \frac{v_{\max}(S)}{K_m \frac{K_I + (I)}{K_I} + (S)}$$

v_i	reakciósebesség
S	szubsztrát koncentráció
I	inhibitor (termék) koncentráció
$V_{\max}$	maximális reakciósebesség
K_m	Michaelis-Menten konstans
K_I	inhibíciós konstans

A Lineweaver-Burk linearizálást használva meghatároztuk a paramétereket (matematikai modellel ellenőriztük), amelyeket az 1. táblázatban foglaltunk össze. A kapott adatokat szerettük volna irodalmi adatokkal is összehasonlítani, de erre vonatkozó irodalmat nem találtunk. Az egyetlen adat (Gillespie és Coughlan, 1989), amit a Brenda adatbázisban találtunk, a *Penicillium capsulatum* törzsből nyert PG enzim szubsztrát inhibíciójáról szólt.

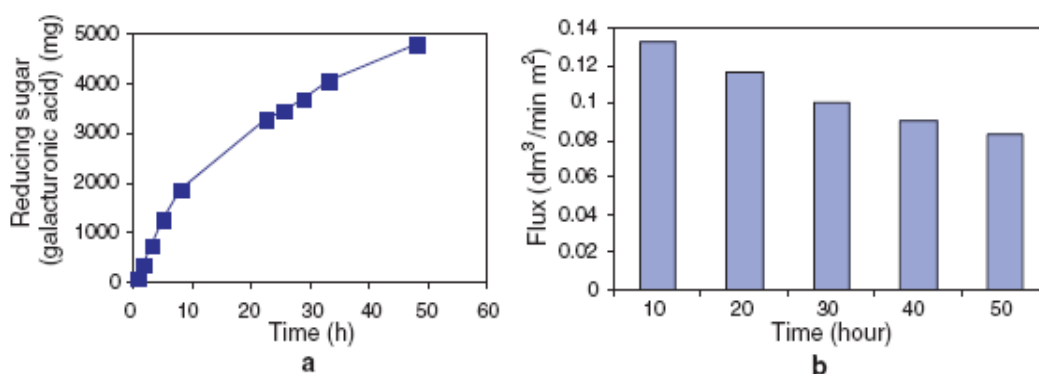
1. táblázat: A pektin hidrolízis (*Aspergillus niger* törzsből nyert PG enzim) során kapott kinetikai paraméterek

Michealis-Menten konstans	K_m (g/l)	8,3
Maximális reakció sebesség	$v_{\max}$ (g/l/min)	1,06
Inhibíciós konstans	K_I (g/l)	3,13

Membrán bioreaktorban végzett kísérletek

Termosztált lapmembrán bioreaktort alkalmaztunk egalizátorral (1. ábra) pektin poligalakturonáz enzimmel történő folyamatos hidrolíziséhez. A rázatott lombikos kísérletekhez hasonlóan, 2 g/l kezdeti szubsztrát koncentrációnál végeztük a méréseket a lapmembrán bioreaktorban (0,01 m² membránfelület). A mérési körülmények is teljesen megegyeztek: 100 ml termosztált reaktor, 4,1 pH értékű citrát puffer, 50°C hőmérséklet, 0,01 g enzim (így a szubsztrát-enzim S/E arány 20 maradt). A terméket tartalmazó reakció elegyet keringettük a termosztált lapmembrán modul primer oldalán és a galakturonsav oldatot a membrán szekunder oldalán gyűjtöttük össze. A transzmembrán nyomást (a membrán két

oldala közt lévő nyomáskülönbség) 0,1 baron tartottuk. Az adott idő alatt képződött galakturonsav mennyiségét és a fluxust, amit a permeátum mennyiségéből számoltuk ki a 6(a) és 6(b) ábrán ábrázoltuk. Látható, hogy 50 óra reakció idő alatt is megbízhatóan működtethető a berendezés, az enzim jó stabilitást mutatott. A galakturonsav termék (mint vizes oldat) fokozatosan gyűlt össze a permeátum oldalon, és az egész folyamat alatt több mint 2,5 l permeátumot gyűjtöttünk össze. A folyamatos hidrolízis közben a fluxus láthatóan csökkent, de komoly eltömődést nem tapasztaltunk a hosszú működés alatt.



6. ábra: Membrán bioreaktorban végzett folyamatos pektin hidrolízis során kapott kísérleti adatok; galakturonsav képződés és fluxus (4,1 pH, 150 rpm, 50 °C, 0,01 g enzim, 2 g/l szubsztrát koncentráció)

A produktivitási adatokat a szakaszos és folyamatos működés során képződött galakturonsav mennyiségéből számoltuk ki. A rázatott lombikban végzett kísérleteknél 6,9 g_{termék}/h g_{enzim}, a membrán bioreaktoros kísérleteknél 9,7 g_{termék}/h g_{enzim} értékeket kaptunk, ami 40,6 százalékkal nagyobb, mint az első esetben. A térfogati produktivitást hasonlóan számoltuk ki, hiszen a reaktortérfogat (100 ml) és az enzim mennyiség is ugyanannyi volt a rázatott lombikos és a membrán bioreaktoros kísérleteknél.

Az eredmények azt mutatják, hogy érdemes membrán bioreaktorban pektin hidrolizálni, mivel így sokkal nagyobb produktivitás érhető el és kivédhető a termék inhibíció. Egy folyamatos reakcióról van szó, a folyamatos eljárások minden előnyével.

Összefoglalás

Pektin *Aspergillus niger* poligalakturonáz enzimmel való hidrolízisét vizsgáltuk meg részletesen. Azt találtuk, hogy termék inhibíció lép fel, a galakturonsav termék kompetitív inhibitora az enzimnek. Kísérletileg meghatároztuk az inhibíciós konstanst ($K_i=3,13$ g/l), ami új megállapításnak számít. Azért, hogy az inhibíciót elkerüljük, membrán bioreaktort használtunk a folyamatos pektin hidrolízishez, és így 40 %-kal nagyobb produktivitást értünk el, mint a rázatott lombikos kísérletekben.

Munkánkhoz alacsony észterezettségi fokú pektint használtunk, ami megfelelő szubsztrátnak bizonyult a kinetika tanulmányozásához. További célunk az, hogy a kutatómunkát más szubsztrátra is kiterjesszük. A cukorrépa pektint a cukorgyártás hulladék anyagból lehet feltárni, így ezt az ipari eljárást egy hulladék felhasználási lépéssel lehet kombinálni, aminek értékes terméke a D-galakturonsav lehet.

Kutatómunkánk következő lépése tehát, hogy a cukorrépa hidrolízist tanulmányozzuk membrán bioreaktorban, és végezetül méretnövelést hajtsunk végre.

Felhasznált irodalom

- Alkorta, I., Garbisu, C., Llama, M. J., & Serra, J. L. (1997). Industrial applications of pectic enzymes: a review. *Process Biochemistry*, 33, 21–28.
- Bélafi-Bakó, K., Nemestóthy, N., Milisic, V., & Gubicza, L. (2002). Membrane bioreactor for utilisation of carbohydrates in waste streams. *Desalination*, 149, 329–330.
- Gergely, S., Bekassy-Molnar, E., & Vatai, Gy. (2003). The use of multiobjective optimisation to improve wine filtration. *Journal of Food Engineering*, 58, 311–316.
- Gillespie, A. M., & Coughlan, M. P. (1989). The pectin-degrading system of *Penicillium capsulatum*: characterization of an extracellular polygalacturonase from solid-state cultures. *Biochemical Society Transactions*, 17, 384–385.
- Jörneding, H. J., Baciú, I. E., Berensmeyer, S., & Buchholz, K. (2002). Gewinnung von Galacturonsäure aus Zellwandbestandteilen der Rübenschnitzel. *Zuckerindustrie*, 127, 845–853.

- Kashyap, D. R., Vohra, P. K., Chopra, S., & Tewari, R. (2001). Applications of pectinase in commercial sector: a review. *Bioresource Technology*, 77, 215–227.
- Kiss, I., Vatai, Gy., Bekassy-Molnar, E. (2004). Must concentrate using membrane technology, *Desalination* 162, 295-300
- Kulbe, K. D., Heinzler, A., & Knopki, G. (1987). Enzymatic synthesis of L-ascorbic acid via D-uronic acids; Membrane reactor integrated recovery of D-galacturonic acid from pectin hydrolysates. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 506, 543–551.
- Miller, GL. (1959). Use of dinitro-salicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426–428.
- Olano-Martin, E., Mountzouris, K. C., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2001). Continuous production of pectic oligosaccharides in an enzyme membrane reactor. *Journal of Food Science*, 66, 966–971.
- Pilnik, W., & Voragen, A. G. J. (1993). Pectic enzymes in fruit juice and vegetable juice manufacture. In G. Reeds (Ed.), *Food and science technology, Enzymes in food processing* (pp. 363–399). New York: Academic Press.
- Rektor, A., Vatai, Gy. (2004). Application of membrane filtration methods for must processing and preservation, *Desalination* 162, 271-277
- Sariodlu, K., Demir, N., Acar, J., & Mutlu, M. (2001). The use of commercial pectinase in fruit juice industry, Part 2: Determination of the kinetic behaviour of immobilized commercial pectinase. *Journal of Food Engineering*, 47, 271–274.
- Todisco, S., Calabro, V., & Iorio, G. (1994). A kinetic model for the pectin hydrolysis using an endo-acting pectinase from *Rhizopus*. *Journal of Molecular Catalysis*, 92, 333–346.

Hírek, tallózó

A *GE Water & Process Technologies* üzletága megvásárolta a *Zenon Environmental* vállalatot. A kiadott sajtóközlemény szerint a GE célkitűzése az, hogy a víz- és folyamatkezelési ipar számára a legjobb személyeket, technológiát és megoldásokat kínáljon és a Zenon cég ehhez a stratégiához tökéletes személyzetet jelent. A Zenon jogi személyisége és a normál napi üzletvitel kapcsolattartó személyeinek neve változott.

♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

A vegyészmérnöki területen megjelenő szaklapok impakt faktor alapján történő rangsorolásakor a *Journal of Membrane Science* immár a 4. helyen áll. A 2005. évi impakt faktor – folytatva a korábbi trendet – tovább nőtt, s elérte a 2,654 értéket. A korábbi évek megfelelő adatai:

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1,581	1,587	1,706	1,965	2,081	2,108	2,654

♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

A világ legkorszerűbb membrángyárát avatták fel 2006. december 13-án Oroszlányban. A létesítmény az utolsó fázisát jelentette annak a 4 évig tartó, több mint 9 milliárd forintos beruházási programnak, amelyet a *Zenon* indított el. A programot a magyar kormány félmilliárd forinttal támogatta. Az ultraszűrőket gyártó üzemben 450 fő állít elő a víz- és szennyvíztisztítás területén használt membráncsőveket.

A Pannon Egyetem
MŰSZAKI KÉMIAI KUTATÓ INTÉZETE
2007. április 25-27 között
rendezi meg hagyományos évi konferenciáját Veszprémben
MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK'07
címmel

A konferenciára a

- *biotechnológia, fehérje mérnökség, reaktortechnika, enzim- és membrán-technológia, ionos folyadékok alkalmazása*
- *gyógyszeripari anyagok- és technológiák*
- *a gyártás és feldolgozóipari technológiák (kémiai, vegyipari, agrár-, élelmiszeripari és egyéb anyagátalakítási) műveletek, eljárások és berendezések*
- *környezettudományi technikák és technológiák*
- *mikrohullámú energiaközlés alkalmazása fizikai, kémiai, biológiai folyamatokban*
- *nanotechnológia, nano-biotechnológia, funkcionális szemcsés szilárd anyagok (nano- és mikroszerkezetű anyagok) kutatása és technológiái*
- *minőségbiztosítás*
- *alkalmazott-matematika-számítástechnika, folyamatrendszerek tervezése és irányítása, számolása*

területén, valamint külön szekcióban a

- *biomassza hasznosítás, motorhajtóanyagok, kemikáliák, egyéb témakörben*

elért elméleti és gyakorlati eredményeket bemutató előadások és posztterek bejelentését várjuk.

A fenti témakörök előadásaival párhuzamosan a következő nyitott rendezvényeket tartjuk:

- *Kristályosítási és gyógyszerformálási szimpózium (MKE Kristályosítási Szakcsoport, szervezők: Farkas Béla, valamint a konferencia Szervező Bizottsága; 2007. április 25., 14-18 óra.)*
- *MTA Művelettani Munkabizottság nyílt ülése (4 plenáris előadással, Mizsey Péter, Munkabizottsági Elnök; 2007. április 27. du)*

Előadástartási, illetve részvételi szándékát legkésőbb 2007. február 28-ig kérjük jelezni a mellékelt „Előzetes jelentkezési lap”-on a Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Veingartner Józsefné, 8200 Veszprém, Egyetem u.2. címen, illetve az alább feltüntetett e-mail címeken.

További információk beszerezhetők:

Veingartner Józsefné
Telefon: (88)-624-040
Fax: (88)-624-038
E-mail: veingart@mukki.richem.hu
nagye@mik.vein.hu

Az MKN'07 Szervező Bizottsága

Beküldési határidő: 2007. február 28.

MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK '07
2007. április 25-27
Veszprém
VEAB Székház (Vár)
ELŐZETES JELENTKEZÉSI LAP

Név:
 Munkahely:
 Levelezési cím:
 Telefon: Fax: E-mail:

Bejelentem, hogy a konferencián előadást (poszttert) kívánok tartani (bemutatni) az alábbi címmel:

Szállást igénylek: nem igénylek:
 egyedüli elhelyezéssel:
 (ár: kb. 9.800 Ft/fő/éjszaka)

kétszemélyes elhelyezéssel:
 (ár: kb. 6.800 Ft/fő/éjszaka)

Részvételi díj: 35.000,- Ft+20% ÁFA

PhD hallgatók részére: 15.000,- Ft+20% ÁFA

Határidők:

- 2007. február 28. előzetes jelentkezés visszaküldése
- 2007. március 20. előadás összefoglalók vagy teljes szöveg elküldése
- 2007. március 20. végleges jelentkezési lap visszaküldése

Visszaküldendő

MŰSZAKI KÉMIAI KUTATÓ INTÉZET

VEINGARTNER JÓZSEFNÉ

8200. Veszprém, Egyetem u.2.

E-mail: veingart@mukki.richem.hu

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

A Magyar Kémikusok Egyesülete Membrántechnikai Szakosztálya pályázatot hirdet a Genovában 2007. szeptember 11-14-ig megrendezésre kerülő XXIV. Membrános Nyári Egyetemen való részvétel támogatására.

Pályázati feltételek:

Pályázatot nyújthat be minden 30 év alatti, az angol nyelvet legalább középfokon beszélő fiatal szakember, (egyetemi, vagy Ph.D. hallgató, fiatal kutató...), akinek további tanulmányaihoz elengedhetetlenül fontos a membrántechnológia mélyebb ismerete. A pályázat tartalmazza:

- a pályázó adatait (név, lakcím, szül. hely, idő, végzettség, nyelvismeret, munkahelyi cím, telefon, fax, e-mail cím...)
- rövid (max. 10 sor) indoklást, hogy miért szeretne résztvenni a rendezvényen
- reális költségvetést a várható kiadásokról, s egyéb forrásokról
- szakmai önéletrajzot, különös tekintettel a "membrános" kapcsolatokra
- publikációs listát

A pályázatokat postai vagy elektronikus úton kérjük benyújtani a következő címre:

Bélafiné dr. Bakó Katalin
PE MÜKKI
8200 Veszprém
Egyetem u. 2.
bako@mukki.richem.hu

Benyújtási határidő: 2007. április 15. (a postabélyegző legkésőbbi dátuma).

A benyújtott pályázatokat a Membrántechnikai Szakosztály vezetősége fogja elbírálni. A pályázatokra elkülönített összesen 100.000,- Ft-ot a két legsikeresebb pályázó kapja meg. A támogatást a nyertesek munkahelyére fogjuk átutalni. A szakosztály fenntartja magának a jogot, hogy nem megfelelő szintű pályázatok esetén a támogatást visszatartsa.

A pályázat eredményét a *Membrántechnika* XI/2 számában tesszük közzé.

A nyerteseket május 15-ig értesítjük. A pályázat két nyertese vállalja, hogy nevüket nyilvánosságra hozzuk, s a Nyári Egyetemről beszámolót készít, melyet lapunk megjelentet. A támogatás felhasználásáról a rendezvényt követően költségelszámolást (számlákat) kérünk.

A membrántudomány úttörői

Visszatekintve a membrántudomány fejlődésére, majdnem mindig Grahamet és von Wroblewskit említik az úgynevezett oldódásos-diffúziós modell felfedezőiként. Ezt a modellt ezután széles körben alkalmazták a pórusmentes membránokon keresztül végbemenő gáz, folyadék és gőztranszportok bemutatására és máig mérföldkönek tekintik ezen a területen. Valójában Graham már 1829-ben kimutatta sertéshólyagon keresztül a gázátadást; Mitchell 1831-ben pedig természetes gumifilmen a CO_2 transzportot, bár ezek a munkák meglepő jelenségekről számoltak be, nem tartalmazták a folyamat pontos leírását. 1866-ban Graham tett jelentős felfedezést. Különböző gázok természetes gumin keresztül végzett permeációja során kimutatta, hogy:

- (i) a membránon áthaladó áram fordítottan arányos a membrán vastagságával
- (ii) a membrán vastagsága nem befolyásolja a szelektivitást.

Graham feltételezte a természetes gumi pórusmentes szerkezetét, amivel ezeket a megfigyeléseket magyarázta. Ehhez hasonlóan von Wroblewski vezette le később az oldódásos-diffúziós modell matematikai alapjait, amihez felhasználta a szappanfilmen keresztüli gáztranszport méréseit.

Néhány kísérletet folyadékokra már lejegyeztek – függetlenül a francia Nollet abbé ismert magyarázó munkájától –, amikor 1860-ban Traube, van't Hoff és mások az első tanulmányokat kezdték az ozmotikus nyomásról. Mostanában került elő véletlenül egy tanulmány, ami a folyadékok membránon keresztüli transzportjával foglalkozik. Ez a tanulmány Lhermite-től származik és már 1855-ben papírra vetette (Lhermite, M.: *Recherches sur l'endosmose*, *Anna. Chim. Phys.* XLV (1855) 5-43). (Ugyanebben az évben állt elő Fick is híres törvényével). Tudomásunk szerint erről a munkáról még nem számoltak be és egy másik határkönek számít a membránátadás megértésében. Graham valószínűleg nem ismerte Lhermite cikkét, habár Graham ozmózis jelenségekről írt tanulmánya ugyanabban az évben és újságban jelent meg, mint Lhermite cikke, Graham nem tesz erről említést (Lhermite bizonyíthatóan nem adott ki más publikációt ezen a területen).

Lhermite szemléltető kísérleteire alapozva – amelyeket disznóhólyagon vagy pórusos üvegkeveréken keresztül végzett vízzel, alkohollal, oxálsavval és növényi olajjal – tanulmánya utolsó oldalán a következő megállapításokat tette:

(i) a membrán úgy viselkedik, mint egy folyadék, „oldó erőt” fejt ki a folyadékra és így kapcsolatba lép vele.

(ii) az „oldhatósági képesség” magyarázza meg, hogy folyadékok membránon keresztüli permeabilitása egymáshoz viszonyítva mekkora. Ebből következik, hogy a disznóhólyagon keresztül a víznél nagyobb áteresztőképességű oxálsav, sem az elektromos erőkkel, ahogy akkoriban Graham érvelt, sem a kapilláris erőkkel, ahogy Poisson vélte, nincs kizárólagos kapcsolatban.

(iii) az A folyadékkal átitatott membrán permeabilis lesz B folyadékra, míg száraz állapotban B-t visszatartja. E jelenség erőteljesebben érvényesül, ha B jobban oldódik A-ban.

A két első megfigyelés teljesen egyezett Graham egyik fő következtetésével, amit 11 évvel később a gázokra írt le (a membrán – hasonlóan a folyadékokhoz – pórusmentes anyag), az utolsó pedig egyértelműen bizonyította az oldódási lépésnek egy adott komponens fluxusára gyakorolt jelentőségét (felvetve ezzel a szorpciós szinergizmus lehetőségét, vagy közvetve a fluxusok összekapcsolódásának jelenséget, amit a membránnal foglalkozó szakemberek évtizedekkel később bizonyítottak).

Mindent együttvéve, míg Graham és von Wroblewski kiváló munkái tagadhatatlanul máig a gázátadás mérföldkövei, Lhermitet is úttörőnek tekinthetjük, aki a membránon keresztül lejátszódó folyadéktranszport megértéséhez nagymértékben hozzájárult.

A Favre, E.: *Pioneers in membrane transport: Graham, von Wroblewsky... and Lhermite*,
J. Membrane Sci. 229 (2004) 241-242
 cikke alapján összeállította
 Molnár Eszter, PhD hallgató
 Pannon Egyetem, MÜKKI

KÖZELGŐ MEMBRÁNOS KONFERENCIÁK, KURZUSOK

FILTECH 2007

2007. február 27-március 1, Wiesbaden, Németország

További információ: Filtech Exhibitions, Germany
Postfach 1225
40637 Meerbusch
Németország
Tel: +49-2132 935760
Fax: +49-2132 935762
E-mail: info@filtech.de
www.Filtech.de

Intensive Course in Electromembrane Processes

2007. március 26-27., L'Aquila, Olaszország

További információ: Prof. Miriam Balaban
European Desalination Society
Science and Technology Park of Abruzzo
Via Antica Arischia 1
67100 L'Aquila
Olaszország
E-mail: miriam.balaban@pstabruzzo.it

A 2007. évi Amerikai Szűrési és Szétválasztási Egyesület gyűlése

2007. március 27-31., Orlando, USA (FL)

További információ: Suzanne Sower
www.afssociety.org

11th Aachener Membran Colloquium

2007. március 28-29., Aachen, Németország

További információ: Marc Ajhar
Institut für Verfahrenstechnik der RWTH Aachen
Tel.: +49-241 809 5472
E-mail: amk@ivt.rwth-aachen.de
www.amk.rwth-aachen.de

NAMS 2007

2007. május 12-16., Toledo, USA (Texas)

További információ: Isabel Escobar
<http://www.che.utexas.edu/nams/NAMSHP.htm>

Membrane Technologies for Wastewater Treatment

2007. június 4-5., Berlin, Németország

További információ: B. Lesjean
www.kompetenz-wasser.de/iwa

Polymer Batteries for Fuel Cells

2007. június 11-15., Róma, Olaszország

További információ: Sonia Cirinna

CITEM 2007

2007. július 8-11., Campina Grande, Brazília

További információ: Prof. Kepler Borges Franca
www.citem2007.com.br

IWA 9th International Conference on Particle Separation

2007. július 9-12., Toulouse, Franciaország

További információ: Martine Meireles
particle-separation.inp-toulouse.fr

Thermal desalination processes and economics

4-napos intenzív kurzus

2007. július 23-26., L'Aquila, Olaszország

További információ: Prof. Miriam Balaban
 European Desalination Society
 Science and Technology Park of Abruzzo
 Via Antica Arischia 1
 67100 L'Aquila
 Olaszország
miriam.balaban@pstabruzzo.it

PERMEA07

2007. szeptember 2-6., Siófok

További információ: Körispataky Panna
Magyar Kémikusok Egyesülete
1027 Budapest
Fő u. 68.
Tel.: 1/201 6883
Fax: 1/201 8056
E-mail: permea07@mke.org.hu
www.permea07.mke.org.hu

XXIV. EMS Nyári Egyetem

2007. szeptember 11-14., Genova, Olaszország

További információ: Antonio Comite
www.chimica.unige.it/membrane/school/index.htm

6th European Congress on Chemical Engineering (ECCE-6)

2007. szeptember 16-21., Koppenhága, Dánia

További információ: Eva Mikkelsen
www.ecce6.kt.dtu.dk

7th Aachen Conference: Water and Membranes

2007. október 30-31., Aachen, Németország

További információ: C. Niewersch
www.awm.rwth-aachen.de

IMSTEC'07

2007. november 5-9., Sydney, Ausztrália

További információ: Vicky Chen
www.membrane.unsw.edu.au

International Conference on Catalysis in Membrane Reactors (ICCMR8)

2007. december 18-21., Kalkutta, India

További információ: Dr. S. Bandyopadhyay
www.iccmr8.in