
 **MEMBRÁN-**  
 **TECHNIKA**

**IPARI**



**BIOTECHNOLÓGIA**

**XIV. évfolyam 2. szám**

**2023. május**



## TARTALOM

	oldal
Koók L., Kovács Sz., Nagy K., Bokor B., Hülberné Beyer É.: Bioetanol előállítása elektródpotenciál-vezérelt fermentációs rendszerben.....	14
Beszámoló az 51. Műszaki Kémiai Napokról .....	21
Jegyzőkönyv a MKE Membrántechnikai Szakosztály üléséről.....	23
Eredményhirdetés.....	25
Konferencia felhívás.....	26
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	27

## BIOETANOL ELŐÁLLÍTÁSA ELEKTRODPOTENCIÁL-VEZÉRELT FERMENTÁCIÓS RENDSZERBEN

Koók László\*, Kovács Szilveszter, Nagy Kristóf Bence, Bokor Barbara, Hülberné Beyer Éva

Pannon Egyetem, Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató Fejlesztő Központ,  
Biomérnöki, Membrántechnikai és Energetikai Kutató Csoport  
Veszprém, Egyetem u. 10.

[\\*kook.laszlo@mk.uni-pannon.hu](mailto:kook.laszlo@mk.uni-pannon.hu)

### BEVEZETÉS

Az elektrofermentáció (EF) olyan fermentációs eljárás, melyben a reaktorba egy elektródpárt helyezve, illetve adott elektród-potenciálokat biztosítva a fermentációs folyamat intenzifikálható [1,2]. Az EF alkalmazásával tulajdonképpen elektródok alkalmazásával biztosíthatunk redukáló erőt a mikrobiális felépítő folyamatokhoz. Noha az EF mechanizmusai teljességükben még nem ismertek, az elmondható, hogy EF során a sejtek NADH/NAD<sup>+</sup> aránya, a közeg redoxpotenciálja, és végső soron a fermentáció egyensúlya eltolható [3-5]. Ez a jelenség általában abban nyilvánul meg, hogy kisebb biomassza hozam mellett szelektívebb és magasabb titerű termékképződés érhető el [6].

A jelen munkában etanoltoleráns *Saccharomyces cerevisiae* törzssel végzett etanol fermentációt valósítottunk meg hagyományon és katódos elektrofermentációs technikával. Vizsgáltuk a főbb folyamatjellemzők alakulását, illetve a katód anyagának hatását is.

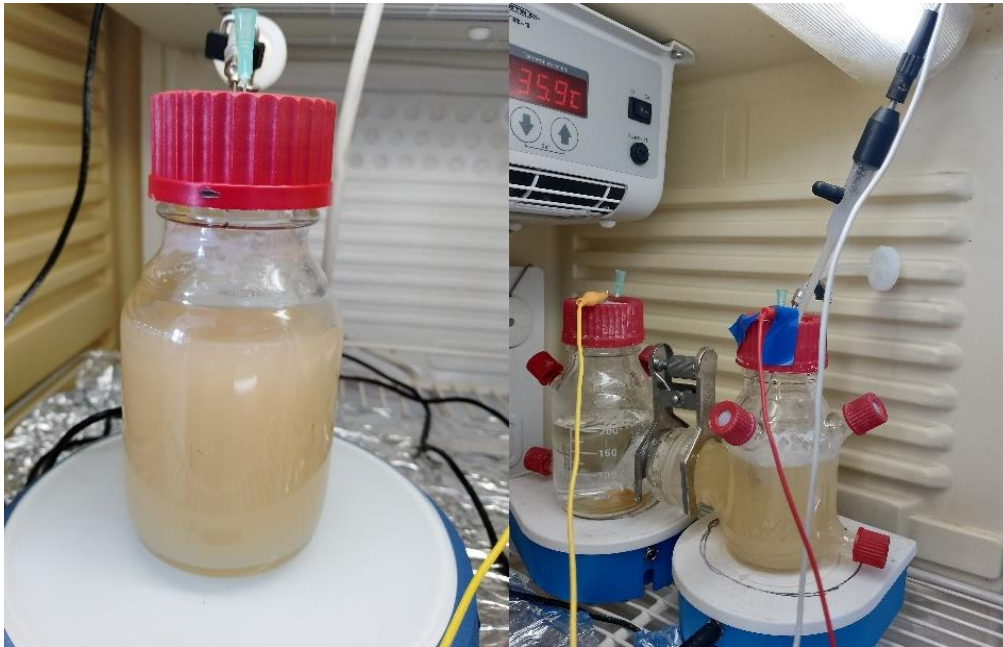
### ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

#### Inokulum és tápközeg

A kísérletekben etanoltoleráns *Saccharomyces cerevisiae* élesztőtörzset használtunk fel (NCAIM: Y.00162). Az élesztőt ferde agaron, majd folyadék tápoldatban (DSMZ 186) növesztettem (28 °C, 150 rpm). A fermentációkhoz használt tápoldat összetétele a következőképpen alakult: 1000 ml-ben 3,5 g szójapepton, 3 g élesztőkivonat, 2 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 g MgSO<sub>4</sub>. A tápoldatba a fermentáció indításakor 10-10 ml folyadék inokulumot mértünk be. A kezdeti glükóz koncentráció a fermentációk során 60 g/l volt.

## Fermentációs műveletek

A referencia fermentációkhoz 250 ml-es hasznos térfogatú laborüveg reaktort használtunk, melybe 230 ml tápoldat került. Az elektrofermentációhoz kétkamrás reaktort alkalmaztunk, mely két 250 ml-es laborüvegből került kialakításra. A két félcella között egy 3,6 cm átmérőjű kationszelektív membrán (Fumasep FKE-50) került elhelyezésre, melyet előzetesen sav-bázis kezeléssel aktiváltunk. A cella anódterébe egy 1 cm × 1 cm-es Pt háló elektród, valamint elektrolitként 230 ml 50 mM-os foszfát puffer oldat került. A katódterébe került a tápközeg (230 ml), illetve egy telített Ag/AgCl referencia elektród (SE11, Meinsberg Sensortechnik), valamint méréstől függően egy 2 cm × 2 cm-es szénpapír vagy 2 cm × 2 cm × 0,5 cm-es grafitlap katód. A fermentációk 100 rpm keverés mellett és 37 °C-on inkubálva mentek végbe (1. ábra).



1. ábra: Összeállított fermentor (bal) és elektrofermentor (jobb)

## Elektrokémiai módszerek

A katódos elektrofermentáció megvalósításához három-elektrodos rendszerben végeztünk kronoamperometriás katódpotenciál-szabályzást egy PalmSens3 (PalmSens, Hollandia) potenciosztát/galvanosztát segítségével. Katódpotenciálnak -1,2 V-ot (vs. telített Ag/AgCl) alkalmaztunk. A fermentációs közegbe helyezett katód, illetve a közelében elhelyezett Ag/AgCl referencia elektród a potenciosztát munka- és referencia bemenetére volt csatlakoztatva, míg az anolitban elhelyezett Pt háló elektród segédelektrodként szolgált. A

kronoamperometria során a mért áram 30 s-ként került rögzítésre a PsTrace 5.8 szoftver segítségével.

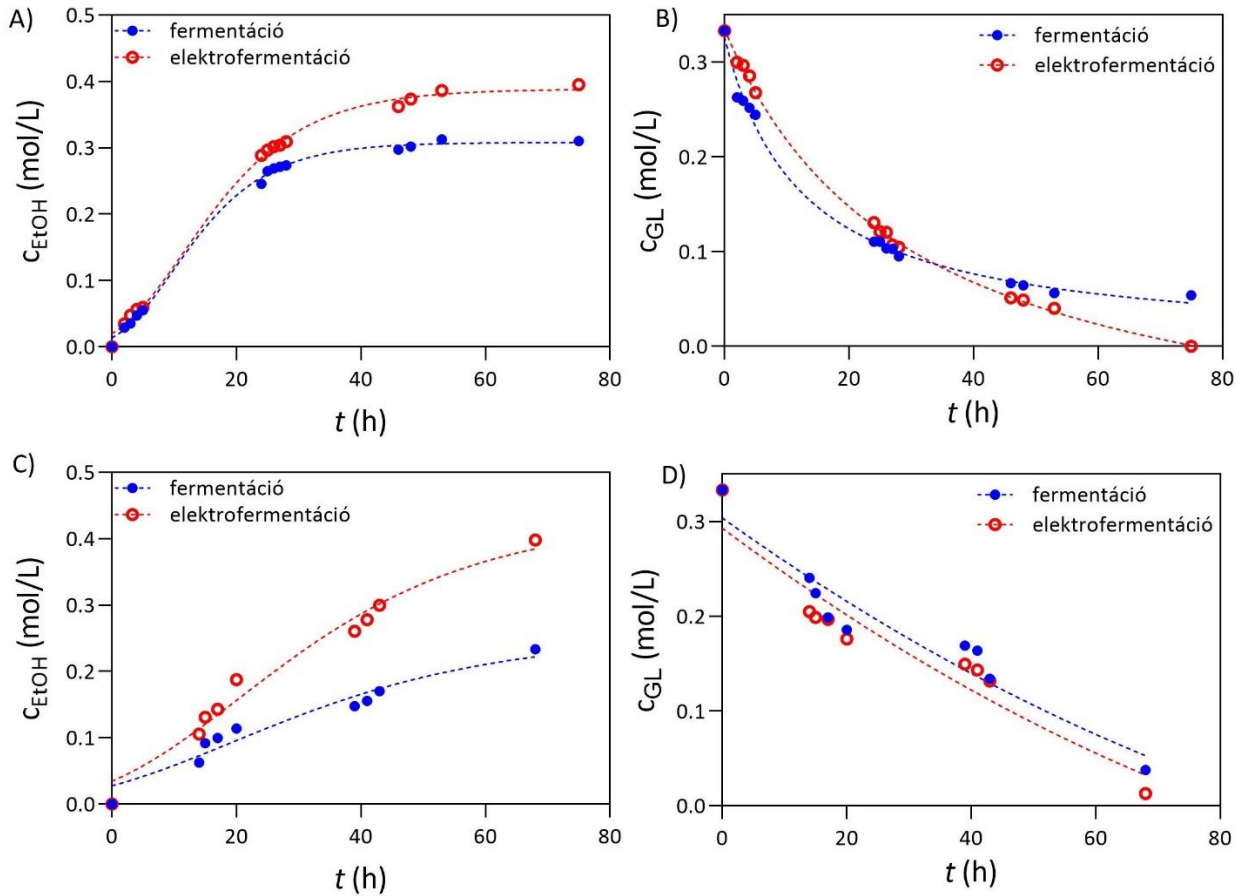
### **Nyomonkövetés és kalkuláció**

A szubsztrát és termékek nyomonkövetésére HPLC analízist végeztünk. A YL9100 típusú készülékben egy Aminex HPX-87H oszlop került elhelyezésre, melynek hőmérsékletét 35 °C-ra állítottuk. A mozgófázishoz használt eluens 5 mM-os kénsav oldat, áramlási sebessége pedig 5 ml/min volt. A fermentlevekből vett 500 µl mintákat HPLC tisztaságú vízzel 10-szeresre hígítottuk, majd azokat egy 0,22 mikronos steril fecskendőszűrőn átszűrtük. Az így elkészített mintákból a 30 µl-es hurok háromszori öblítése után 100 µl-t injektáltunk, a detektálásra pedig törésmutató detektort alkalmaztunk. A mérések eredménye alapján a fermentációk hatékonyságának leírására a hozam, szelektivitás, konverzió, produktivitás mutatókat származtattuk.

### **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

A sterilizálás, rendszerösszeállítás és inokulálás után kezdetét vette a hagyományos fermentáció és a kronoamperometriás elektrofermentáció. Rövid lag-fázis után az etanoltermelés és a glükóz fogyása intenzíven elindult, és folyamat első 24 órájában stabilan haladt. A 24. óra után mindkét katód alkalmazása mellett csökkent az etanoltermelés sebessége (2. ábra).

A 2. ábra alapján látható, hogy mindkét katód esetében hatékonyabbnak bizonyult az EF mind etanoltermelés, mind glükóz konverzió szempontjából. A két különböző katóddal végzett kísérletek lefutása alapján az is látszik, hogy a grafitlapos esetben az etanoltermelés (2. C ábra) lassabb a szénpapírral tapasztaltaknál, ugyanakkor tekintve, hogy a hagyományos fermentációnál is fennáll ez a jelenség. Ez alapján az eltérést inkább az élesztő aktivitására, semmint a katód anyagi tulajdonságaira vezethető vissza. A teljes fermentációkra kiszámított főbb paramétereket az 1. táblázat tartalmazza.



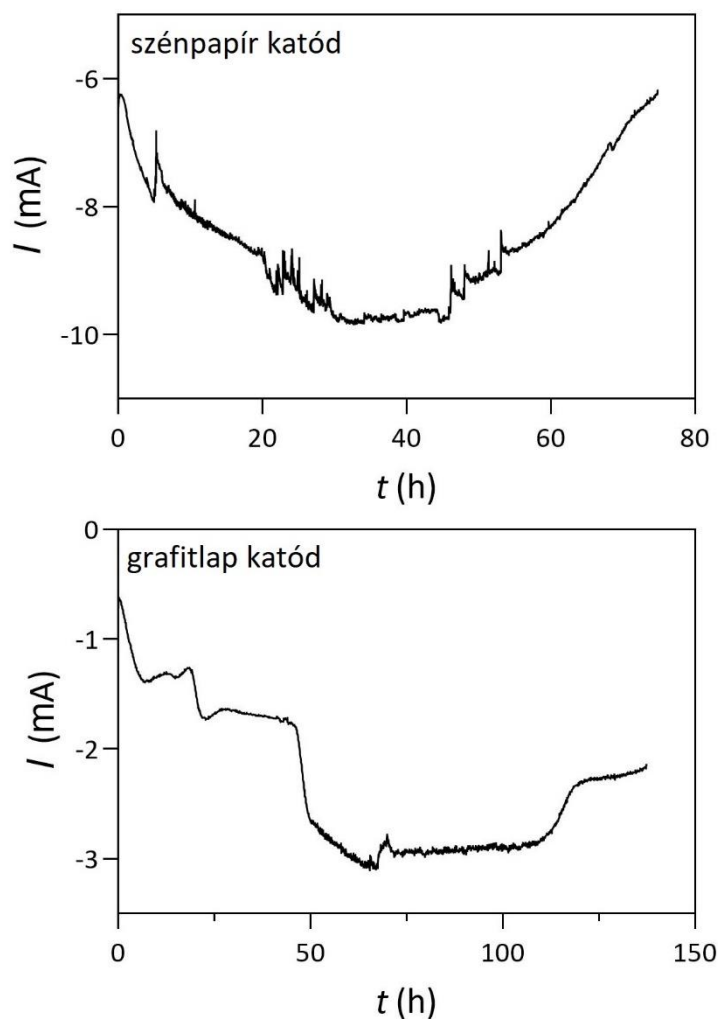
2. ábra: Etanol és glükóz koncentrációk alakulása szénpapír (A, B) és grafitlap (C, D) katódok alkalmazásával

1. táblázat: Főbb fermentációs hatékonysági jellemzők alakulása hagyományos- és elektrofermentáció esetében

	Fermentáció	Elektrofermentáció (szénpapír katód)
<b>Hozam (%)</b>	48,6	59,3
<b>Konverzió (%)</b>	83,8	99
<b>Szelektivitás (%)</b>	57,9	59,3
<b>Produktivitás (mmol/(l*h))</b>	9,5	11,2
	Fermentáció	Elektrofermentáció (grafitlap katód)
<b>Hozam (%)</b>	39,5	62,2
<b>Konverzió (%)</b>	88,7	96,1
<b>Szelektivitás (%)</b>	35,1	59,7
<b>Produktivitás (mmol/(l*h))</b>	4,6	7,6

Az eredmények alapján elmondható, hogy az EF mindkét katód felhasználásával nagyobb hozamot, konverziót, szelektivitást és produktivitást biztosított. A szelektivitást tekintetében a folyamat során legnagyobb mértékben megjelent melléktermék, a glicerin koncentrációjának alakulása azt mutatta, hogy az EF hatékonyan visszaszorítja a glicerin képződését. A redox egyensúly fenntartásában és az ozmotikus stressz kiküszöbölésében szerepet játszó molukula végső mennyisége az EF során átlagosan 29,4 %-kal alacsonyabb volt a hagyományos fermentációhoz képest.

Az EF rendszerek egymáshoz képesti működését tekintve egyértelműen látszik, hogy a különböző katódokon átfolyt áramok közt jelentős különbségek adódtak (3. ábra). Szénpapír esetében a fellépő áram elérte a 10 mA értéket is, míg a grafitlap esetében a maximális értékek mindössze 3 mA körül adódtak.



**3. ábra** – Kronoamperometriás EF görbék szénpapír és grafitlap katódok esetében



Tekintve, hogy a két EF rendszerrel elért etanol-termelési paraméterek közt nem volt tapasztalható érdemi különbség, a grafitlap katód használata jobb hatékonyságot biztosít, hiszen kisebb áram, tehát alacsonyabb mértékű átadott töltés elegendő volt ugyanazon etanolhozam biztosítására.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A jelen munkában bemutatott elektrofermentációs rendszerek hatékonynak bizonyultak etanolfermentáció hatékonyságnövelésére. A hagyományos fermentációhoz képest az elektrofermentáció során magasabb hozam, konverzió, szelektivitás és produktivitas volt elérhető -1,2 V (vs. Ag/AgCl) katódpotenciál alkalmazásával. A felhasznált szénpapír és grafitlap katódok közül a grafitlap bizonyult hatékonyabbnak, mivel kisebb mértékű töltésátadás hatására a szénpapírral egyező hatékonysági mutatókat biztosított. Összességében elmondható, hogy az elektrofermentáció ígéretes alternatívát nyújthat etanolfermentáció intenzifikálására.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Koók László köszönetét fejezi ki a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásért (2022-2025).

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Moscoviz, R., Toledo-Alarcón, J., Trably, E. and Bernet, N., 2016. Electro-fermentation: how to drive fermentation using electrochemical systems. *Trends in biotechnology*, 34(11), pp.856-865.
- [2] Kumar, P., Chandrasekhar, K., Kumari, A., Sathiyamoorthi, E. and Kim, B.S., 2018. Electro-fermentation in aid of bioenergy and biopolymers. *Energies*, 11(2), p.343.
- [3] Schievano, A., Sciarria, T.P., Vanbroekhoven, K., De Wever, H., Puig, S., Andersen, S.J., Rabaey, K. and Pant, D., 2016. Electro-fermentation—merging electrochemistry with fermentation in industrial applications. *Trends in biotechnology*, 34(11), pp.866-878.

- [4] Viridis, B., Hoelzle, R.D., Marchetti, A., Boto, S.T., Rosenbaum, M.A., Blasco-Gomez, R., Puig, S., Freguia, S. and Villano, M., 2022. Electro-fermentation: sustainable bioproductions steered by electricity. *Biotechnology Advances*, 59, p.107950.
- [5] Bhagchandani, D.D., Babu, R.P., Sonawane, J.M., Khanna, N., Pandit, S., Jadhav, D.A., Khilari, S. and Prasad, R., 2020. A comprehensive understanding of electro-fermentation. *Fermentation*, 6(3), p.92.
- [6] Joshi, J., Dhungana, P., Prajapati, B., Maharjan, R., Poudyal, P., Yadav, M., Mainali, M., Yadav, A.P., Bhattarai, T. and Sreerama, L., 2019. Enhancement of ethanol production in electrochemical cell by *Saccharomyces cerevisiae* (CDBT2) and *Wickerhamomyces anomalus* (CDBT7). *Frontiers in Energy Research*, 7, p.70.

## Beszámoló az 51. Műszaki Kémiai Napokról

A veszprémi Pannon Egyetem Mérnöki Kara 2023. április 19. és 21. között rendezte meg tudományos konferenciáját MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK'23 címmel. A B épület Aula II. emeleti Konferenciaközpontban tartott megnyitón Németh Sándor dékán, Gelencsér András rektor, továbbá Sótónyi Mónika, Veszprém Megyei Jogú Város önkormányzati képviselője köszöntötte a résztvevőket. Ezután Janáky Csaba (egyetemi docens, SZTE TTIK Kémiai Intézet – képünkön) „Szén-dioxid elektrolízis: a katalizátorok kutatásától a rendszerfejlesztésig” címmel tartott rendkívül érdekes és szerteágazó plenáris előadást igen időszerű kutatási területéről, majd Koók László (adjunktus, PE Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatócsoport) Junior Prima díjas kutató beszélt az elektro-biofinomítóról („A 111 éves mikrobiális elektrokémia perspektívái”).



Janáky Csaba

Ezt követően szekció ülések keretében folytatódott a konferencia. Kedd délután egyrészt az Anyagmérnöki Szekció ülésezett Hórvölgyi Zoltán elnökletével, s párhuzamosan zajlott a MTA Műszaki Kémiai Tudományos Bizottság és MTA Folyamatmérnöki Bizottság együttes ülése Gubicza László levezetésével. Majd a Folyamatmérnöki Szekció (Csukás Béla elnök) ülése következett.

A második napon egész nap zajlott a Bionanotechnológia Szekció Járvás Gábor elnökletével s ezzel párhuzamosan délelőtt tartottuk a Biotechnológia Szekciót – a MTA Biomérnöki Munkabizottság ülésének keretében – amelynek levezetője Németh Áron (BME) volt, délután pedig a Membrán / Elválasztási Műveletek Szekciót, amelyet Hodúr Cecília (SZTE) vezényelt le. Ez utóbbi rendezvény hivatalosan a MKE Membrántechnológiai Szakosztályának üléseként szerepelt is, amelyről jegyzőkönyv is készült.

Csütörtökön került sor a Gyógyszertechnológia Szekció előadásaira, Horváth Krisztián (PE) elnökletével, illetve a két Környezetmérnöki Szekcióra, ahol az angol nyelvű első részt Horváth Ottó (PE) irányította, majd a későbbi magyar nyelvű előadásoknál Bobek-Nagy Janka (PE) volt az elnök.

Az idei konferenciára közel 100 fő regisztrált és 70 előadás hangzott el. A keddi esti fogadás a szokásos kellemes hangulatban telt, s összességében szakmailag – a résztvevők nagy részének visszajelzései alapján – sikeresnek ítélnénk a konferenciát.

## Jegyzőkönyv a MKE Membrántechnikai Szakosztály üléséről

(Műszaki Kémiai Napok, Veszprém, 2023.04.19.)

### A.) Szekció előadások: Membrán/Elválasztási Műveletek szekció

1. Hégyes László: Szakaszos extraktív desztilláció optimalizálása genetikus és szimplex algoritmusok kombinálásával (Optimisation of a batch extractive distillation process by a combination of genetic and simplex algorithms) – BME
2. Páll Boglárka, Kapui Imre, Kormány Róbert, Horváth Krisztián: Gyógyszerhatóanyagban található N-bróm szukcinimid szennyezés meghatározása nagyhatékonyságú ionkromatográfiás módszerrel (Determination of N-bromosuccinimide contamination in active pharmaceutical ingredient by high performance ion chromatography) – EGIS Gyógyszergyár Zrt.
3. Szakács Szabolcs, Bakonyi Péter, Bélafiné-Bakó Katalin, Nemestóthy Nándor: Cellulóz feldolgozhatósága és hasznosítása ionos folyadék felhasználásával (Processability and utilization of cellulose using ionic liquid) – PE
4. Albert Krisztina: Instant gyógynövény alapú teapor előállításának vizsgálata membrántechnológia és porlasztva szárítás kombinált alkalmazásával (Investigation of the production of instant herbal tea powder with the combined use of membrane technology and spray drying) - MATE
5. Bóna Áron, Varga Áron, Galambos Ildikó, Nemestóthy Nándor: Szűrt és szűretlen sör alkoholmentesítése üreges szálas polielektrolit multirétegű nanoszűrő membránokkal (Dealcoholization of unfiltered and filtered lager beer by hollow fiber polyelectrolyte multilayer nanofiltration membranes), PE
6. POSZTER Geremew Geidare Kailo, Igor Gáspár, András Koris, Ivana Pajčin, Flóra Vitális, Vanja Vlajkov, Aleksandar Jokić, Dragoljub Cvetković, Jovana Grahovac: Solutions for food safe 3D printing, MATE

### B.) Egyebek

- „Támogatás a Membrántechnikai nyári egyetemen való részvételhez” pályázati felhívásra – 1 pályázat érkezett be, formailag megfelel, szakmai ellenőrzés folyamatban.

- XIV. Scientific Conference: „Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection” 2023. jún. 21-24, Zakopane, Lengyelország (a PERMEA konferencia helyszíne is 2025-ben Zakopane-ban lesz) konferencia link, részletes információk:  
<https://www.gcande.org/sustainable-membrane-separations-from-polymers-toprocesses/>  
<https://www.gcande.org/> (Early Bird Registration - 30.04.2023)

- Újjáalakult az Magyar Kémikusok Egyesülete – Membrántechnikai Szakosztály is – várják a további tagok csatlakozását

- Következő membrános esemény: Szegedi Tudományegyetem – online, 2023.04.26. (szerda), 14.00, Elias Jigar Sisay PhD védeése, témavezetője: Dr. László Zsuzsanna Cím: Development of nanocomposite membranes for dairy wastewater treatment

online csatlakozási lehetőség:

<https://us02web.zoom.us/j/83253327301?pwd=cHpnNVVVOG9XMTZjZk92c0gzSjVzQT09>  
Meeting ID: 832 5332 7301, Passcode: 366765

- Publikációs lehetőség változatlanul fennáll, várják a cikkeket:

o magyar v. angol nyelven a „Membrántechnika és Ipari Biotechnológia” c. folyóiratban,

o Hungarian Journal of Industry and Chemistry c. folyóiratban angol nyelven (várhatóan hamarosan IF-el rendelkezik)

Galambos Ildikó  
titkár

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

**EREDMÉNYHIRDETÉSE**

A *Membrántechnika és Ipari Biotechnológia* idei 1. számában (2023. február), a MKE Membrántechnikai Szakosztálya által meghirdetett felhívásra a megadott határidőn belül (2023. március 1.) egyetlen pályázat érkezett, amelyet támogatásra méltónak talált a Szakosztály vezetése. A nyertes:

**Visnyei Merve, PhD hallgató, Pannon Egyetem**

A sikeres pályázó megkapja a pályázatra elkülönített összeget, így a Membrános Nyári Egyetemen (Róma, 2023. május 14. és 19. között) való részvételére 100 ezer Ft áll rendelkezésére. A pályázat nyertese a Nyári Egyetemről beszámolót készít, amelyet lapunk megjelentet. A támogatás felhasználásáról a rendezvényt követően költségelszámolást kell készíteni a szakosztály felé.

## Konferencia felhívás

### ICDMT 2024: 18. International Conference on Desalination and Membrane Technology

January 18-19, 2024 in Rome, Italy



#### The International Research Conference Aims and Objectives

The International Research Conference is a federated organization dedicated to bringing together a significant number of diverse scholarly events for presentation within the [conference program](#). Events will run over a span of time during the conference depending on the number and length of the presentations. With its high quality, it provides an exceptional value for students, academics and industry researchers.

**International Conference on Desalination and Membrane Technology** aims to bring together leading academic scientists, researchers and research scholars to exchange and share their experiences and research results on all aspects of Desalination and Membrane Technology. It also provides a premier interdisciplinary platform for researchers, practitioners and educators to present and discuss the most recent innovations, trends, and concerns as well as practical challenges encountered and solutions adopted in the fields of Desalination and Membrane Technology.

#### Call for Contributions

Prospective authors are kindly encouraged to contribute to and help shape the conference through submissions of their research abstracts, papers and e-posters. Also, high quality research contributions describing original and unpublished results of conceptual, constructive, empirical, experimental, or theoretical work in all areas of Desalination and Membrane Technology are cordially invited for presentation at the conference. The conference solicits contributions of abstracts, papers and e-posters that address themes and topics of the conference, including figures, tables and references of novel research materials.

#### Guidelines for Authors

Please ensure your submission meets the conference's strict guidelines for accepting scholarly papers. Downloadable versions of the check list for [Full-Text Papers](#) and [Abstract Papers](#).

Please refer to the [Paper Submission Guideline](#), [Abstract Submission Guideline](#) and [Author Information](#) before submitting your paper.

#### Conference Proceedings

All submitted conference papers will be blind peer reviewed by three competent reviewers. The peer-reviewed conference proceedings are indexed in the [Open Science Index](#), [Google Scholar](#), [Semantic Scholar](#), [Zenodo](#), [OpenAIRE](#), [BASE](#), [WorldCAT](#), [Sherpa/RoMEO](#), and other index databases. [Impact Factor Indicators](#).

Abstracts/Full-Text Paper Submission Deadline	May 31, 2023
Notification of Acceptance/Rejection	June 15, 2023
Final Paper (Camera Ready) Submission & Early Bird Registration Deadline	December 17, 2023
Conference Dates	January 18-19, 2024



## KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

### *Desalination for the Environment – Clean Water and Energy*

2023. május 8-11., Limassol (Ciprus)

[www.deswater.com](http://www.deswater.com)

### *38th EMS Summerschool*

2023. május 14-19., Róma (Olaszország)

<https://www.emsrome2023.com/>

### *International Congress on Membranes & Membrane Processes ICOM2023*

2023. július 9-14., Makuhari Messe, Chiba (Japán)

<http://icom2023.jp>

### *15th International Conference on Membrane Science and Technology 2023 (MST2023)*

2023. szeptember 7-8, Duangjitt Resort & Spa, Patong Beach, Phuket island (Thaiföld)

[www.mst2023.com](http://www.mst2023.com)

### *International Conference on Pollution Prevention and Clean Technologies*

2023. szeptember 13-15., České Budějovice (Csehország)

<https://icppct.com/>

### *17th International Conference on Desalination and Membrane Technology, ICDMT 2023*

2023. október 28-29., Paris (Franciaország)

<https://waset.org/desalination-and-membrane-technology-conference-in-october-2023-in-paris>

### *17. International Conference on Membrane Technologies for Biorefining*

2023. november 8-9., Isztanbul (Törökország)

<https://waset.org/membrane-technologies-for-biorefining-conference-in-november-2023-in-istanbul>

***18. International Conference on Desalination and Membrane Technology  
ICDMT 2024***

2023. január 18-18., Róma (Olaszország)

<https://waset.org/desalination-and-membrane-technology-conference-in-january-2024-in-rome>

***International Conference on Nanofiltration Membranes (ICNM)***

2024. április 5, Cancún, Mexikó

<https://waset.org/nanofiltration-membranes-conference-in-april-2024-in-cancun>

***EuroMembrane'24***

2024. szeptember 8-12., Prága (Csehország)

<https://euromembrane2024.cz/>

**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: [belafine.bako.katalin@mk.uni-pannon.hu](mailto:belafine.bako.katalin@mk.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.