
 **MEMBRÁN-**
 **TECHNIKA**

IPARI



BIOTECHNOLÓGIA

XVII. évfolyam 1. szám

2026. január

TARTALOM

	oldal
Lajtai-Szabó P.: Extracelluláris polimer anyagok hasznosítási és előállítási lehetőségei	2
Víz- és szennyvízkezelés az iparban 2025 – beszámoló	6
Műszaki Kémiai Napok – felhívás	9
Közelgő konferenciák, kurzusok.....	11

Extracelluláris polimer anyagok hasznosítási és előállítási lehetőségei

Lajtai-Szabó Piroska

Pannon Egyetem, Bio-, Környezet- és Vegyészmérnöki Kutató Fejlesztő Központ,
Biomérnöki, Membrántechnikai és Energetikai Kutató Csoport

Veszprém, Egyetem u. 10.

lajtai-szabo.piroska@mk.uni-pannon.hu

EPS felépítése és szerepe a biofilmben

A természetben a mikroorganizmusok többsége nem önálló sejt-ként, hanem biofilm formájában van jelen. A biofilm egy fázishatáron – jellemzően szilárd felületen – kialakuló, szerkezetileg és metabolikus folyamataiban is szervezettséget mutató mikrobiális közösség, mely a sejtekből és az azokat körülvevő extracelluláris mátrixból áll [1]. A mátrix jelentős mennyiségű vizet tartalmaz (fajtól függően ez akár a biofilm tömegének 70 – 98 %-át is jelentheti [2]), a fennmaradó részt pedig a mikroorganizmusok által termelt, és a sejten kívüli térbe kiválasztott polimerek alkotják, ezeket nevezzük extracelluláris polimer anyagoknak, röviden EPS-nek (az angol *extracellular polymeric substances* kifejezésből eredően). Fő alkotói a poliszacharidok (40 – 95%), fehérjék (1 – 60%), nukleinsavak (1 – 10%) és lipidek (1 – 10%) [3]. (A mátrix humuszanyagokat is tartalmaz, ezek azonban nem a biofilmben képződő metabolitok, hanem a környezetből felvett vegyületek). Az EPS-frakció szerepe igen sokrétű: segíti a sejtek adhézióját és aggregációját, meghatározza a biofilm struktúráját, ezáltal mechanikai stabilitást nyújt, valamint részt vesz a víz és a tápanyagok továbbításáért felelős csatornák kialakításában [4]. A szerkezeti funkciókon túl a tápanyagok felvételében, valamint a mikrobák közti interakciókban és a horizontális géntranszferben is fontos szerepet játszik [3], [5].

Az EPS-frakció gazdasági jelentősége

A biofilm-képződés számos iparágban, illetve egészségügyi intézményben nem kívánt folyamat, a káros hatásokért pedig – a fent részletezett szerepe révén – jelentős részben az EPS-frakció a felelős. A membránszeparációs eljárásokban a biofouling (a membrán felületén történő, biológiai eredetű lerakódás) következtében csökken a fluxus, gyakoribb tisztításra van szükség, így összességében romlik a művelet hatásfoka és nő az üzemeltetési költség [6]. A víztisztító berendezésekben, csőhálózatokban kialakuló biofilm a vízminőség romlásához, fertőzések kialakulásához vezet [5], az egészségügyi intézményekben pedig szintén fertőzésveszélyt jelent [7].

Ugyanakkor az EPS-frakció olyan kedvező tulajdonságokkal rendelkezik, melyek révén a termelő faj(ok) megfelelő kiválasztása esetén biztonságosan alkalmazható sokféle ipari és környezetvédelmi célra (lásd 1. ábra). Kémiai sokszínűségének köszönhetően nagy számban található benne hidroxil-, karboxil-, amino- és egyéb funkcionális csoportok, ezáltal nagy affinitást mutat fémionok és számos szerves vegyület iránt. Emellett nagy fajlagos felület és jó biológiai lebonthatóság jellemzi. Ezek a tulajdonságok alkalmassá teszik az EPS-t szennyezett talajok bioremediációjára (például nehézfémek, benzol, fenantrén megkötésére) [8], festékipari szennyvizek színyanyagának eltávolítására, vízkezelésben és szennyvíztisztításban flokkuláció és ülepités elősegítésére [3]. A fémmegkötő képességnek a növényvédelemben is fontos szerepe van, bár ez esetben nem extrahált EPS-sel, hanem élő tenyészetekkel dolgoznak. Bizonyos baktériumfajok – pl. *Rhizobium leguminosarum*, *Azotobacter chroococcum* – a növények gyökerei körül olyan biofilm-réteget képeznek, mely hátráltatja a növény számára káros fémionok felvételét, segíti a méregtelenítést és a gyökérkolonizációt [9]. A mezőgazdasági alkalmazáshoz tartozik továbbá a talaj tápanyag-tartalmának, elsősorban szerves széntartalmának utánpótlása [8].



1. ábra: EPS főbb felhasználási területei

Az EPS vegyületei között – a termelő fajtól függően – számos olyan poliszacharid található, melyek sűrítő- és zselésítőanyagként, emulzifikálóként vagy víz-visszatartó képességük révén hasznosíthatók élelmiszeripari termékek, illetve kozmetikumok adalékanyagaként. A legfontosabb metabolitok közé tartozik a xantán, gellángumi, pektin, illetve az „öregedésgátló” termékekben használt hialuronsav. A lehetséges felhasználási területek közül a legnagyobb piaci értéket a gyógyászati célra alkalmas bioaktív vegyületek képviselik. Számos EPS-vegyület bizonyítottan rendelkezik antimikrobiális, antivirális, gyulladáscsökkentő vagy antioxidáns hatással, valamint tumorellenes aktivitásról is jelentek meg tanulmányok [8].

Membrán gradosztát reaktor – potenciális technológia EPS termelésére

Az említett alkalmazási lehetőségek a kutatás, illetve a gyakorlati megvalósítás különböző fázisaiban vannak: egy részükkel még csak tudományos publikációkban találkozhatunk, sok esetben viszont már a környezetvédelmi és ipari gyakorlatban használt technológiáról beszélhetünk. A szélesebb körű elterjedésüket nehezítő tényezők egyike a hatékony és gazdaságos kinyerési eljárások hiánya.

Az előállítási művelet jellemzően szubmerz fermentációval történik, melynek eredményeként a céltermék viszonylag kis mennyiségben van jelen egy komplex összetételű, vizes oldatban. Bizonyos alkalmazási területek (flokkulálás, talaj tápanyag-utánpótlása, stb.) esetén lehetőség van a teljes biomassza-tömeg felhasználására közvetlenül vagy tisztítást, koncentrációt követően. A közvetlen felhasználás olcsó, viszont a flokkulálószeres ebben a formában többnyire instabilak és nem elég hatékonyak, ezért szűrésre, centrifugálásra, esetenként szárításra lehet szükség, ami növeli a költségeket [3]. Az alkalmazási területek többségénél pedig elengedhetetlen a kívánt metabolitok tiszta formában történő kinyerése. Szilárd biofilm esetén a sejtek és az EPS-mátrix elválasztása, ezt követően pedig a céltermék szeparálása a mátrix többi komponensétől többlépcsős eljárást igényel, szubmerz fermentációnál pedig tovább növeli a komplexitást és a költségeket a biomassza elválasztásához szükséges fázisszeparáció és koncentráció. Emellett fontos megjegyezni, hogy a mikroorganizmusok metabolizmusát befolyásolják a tenyésztés körülményei, tehát bizonyos anyagokat csak szilárd fázis felületén, biofilmként növekedve termelnek [10].

Ezen szempontokat figyelembe véve ígéretes előállítási alternatívát kínál a szubmerz fermentációval szemben a membrán gradosztát reaktor (MGR). Ezt a berendezést szekunder metabolitok termelésére fejlesztették ki, azonban felépítéséből és működéséből adódóan a biofilm EPS-frakciójának hasznosítására is lehetőséget nyújt. Az MGR egy reaktorból és a benne elhelyezkedő kapilláris membránszálakból áll. A kapillárisok külső felületén biofilmet képeznek a termelést végző mikroorganizmusok, melyek a lumentérben keringetett tápoldatból nyerik a szükséges tápanyagokat, az extrakapilláris térben pedig nedvesített (esetleg oxigénnel dúsított) levegő veszi körül őket. Az extracelluláris szekunder metabolitok a biofilmen átjutó folyadékkal együtt távoznak a köpenyoldal kivezetésén, így folyamatosan gyűjthetők és szeparálhatók [11]. A termelés leállítását követően a membrán felületéről eltávolítható a biofilm, melyből megfelelő extrakciós eljárással kinyerhetők a kívánt EPS-vegyületek. Bár a membrán gradosztát reaktor jelenleg a laboratóriumi kutatások fázisában van, így az eljárás hatékonyságáról és gazdaságosságáról nem áll rendelkezésre információ, a szekunder metabolitok termelésének és az EPS-frakció hasznosításának kombinációja ígéretes technológiát jelent mindkét termék előállítására.

Irodalomjegyzék

- [1] Yu. A. Nikolaev and V. K. Plakunov, 'Biofilm—"City of microbes" or an analogue of multicellular organisms?', *Microbiology*, vol. 76, no. 2, pp. 125–138, Apr. 2007, doi: 10.1134/S0026261707020014.
- [2] K. Quan *et al.*, 'Water in bacterial biofilms: pores and channels, storage and transport functions', *Crit. Rev. Microbiol.*, vol. 48, no. 3, pp. 283–302, May 2022, doi: 10.1080/1040841X.2021.1962802.
- [3] T. T. More, J. S. S. Yadav, S. Yan, R. D. Tyagi, and R. Y. Surampalli, 'Extracellular polymeric substances of bacteria and their potential environmental applications', *J. Environ. Manage.*, vol. 144, pp. 1–25, Nov. 2014, doi: 10.1016/j.jenvman.2014.05.010.
- [4] D. Claessen, D. E. Rozen, O. P. Kuipers, L. Søggaard-Andersen, and G. P. Van Wezel, 'Bacterial solutions to multicellularity: a tale of biofilms, filaments and fruiting bodies', *Nat. Rev. Microbiol.*, vol. 12, no. 2, pp. 115–124, Feb. 2014, doi: 10.1038/nrmicro3178.
- [5] U. Homero, G. Tortella, E. Sandoval, and S. A. Cuozzo, 'Extracellular Polymeric Substances (EPS) produced by *Streptomyces* sp. biofilms: Chemical composition and anticancer properties', *Microbiol. Res.*, vol. 253, p. 126877, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.micres.2021.126877.
- [6] P. Desmond, J. P. Best, E. Morgenroth, and N. Derlon, 'Linking composition of extracellular polymeric substances (EPS) to the physical structure and hydraulic resistance of membrane biofilms', *Water Res.*, vol. 132, pp. 211–221, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.watres.2017.12.058.
- [7] O. Gari *et al.*, 'A comprehensive review on biofilm-associated infections: Mechanisms, diagnostic challenges, and innovative therapeutic strategies', *Microbe (Netherlands)*, vol. 8. 2025. doi: 10.1016/j.microb.2025.100436.
- [8] S. Wu, H. Huo, Y. Shi, F. Zhang, T. Gu, and Z. Li, 'Extraction and application of extracellular polymeric substances from fungi', in *Advances in Applied Microbiology*, vol. 125, Elsevier, 2023, pp. 79–106. doi: 10.1016/bs.aams.2023.08.001.
- [9] M. Anas *et al.*, 'Microbial Interactions and Bacterial Responses to Metal Stress in Plants: Mechanisms, Adaptations, and Applications for Sustainable Agriculture', *J. Crop Health*, vol. 77, no. 1, p. 36, Feb. 2025, doi: 10.1007/s10343-025-01108-w.
- [10] P. Lajtai-Szabó, É. Hülber-Beyer, N. Nemestóthy, and K. Bélafi-Bakó, 'The role of physical support in secondary metabolite production by *Streptomyces* species', *Biochem. Eng. J.*, vol. 185, p. 108495, July 2022, doi: 10.1016/j.bej.2022.108495.
- [11] P. Lajtai-Szabó, 'Membrán gradosztat reaktorok', *Membrántechnika És Ipari Biotechnológia*, vol. XII, no. 2, pp. 21–25, 2021.

VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN 2025 NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

Zalakaros, 2025. október 16–17. – A Pannon Egyetem Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ Nagykanizsa, Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ idén tizenegyedik alkalommal szervezte meg nemzetközi tudományos konferenciáját Zalakaroson, a víz- és szennyvízkezelés témakörére fókuszálva. A két napos rendezvény hagyományaihoz híven átfogó szakmai párbeszédet biztosított az ipar, a tudomány és a döntéshozók szereplői számára. A konferencia ez évi kiemelt témája a „Víz és egészség” volt, amely a vízminőség és az emberi, illetve környezeti egészség kapcsolatára irányította a figyelmet.



Fotó: Kanizsa Médiaház

A Föld vízkészleteinek folyamatos csökkenése, valamint a felszíni és felszín alatti vízforrások egyre gyakoribb szennyeződése olyan globális kihívásokat teremt, amelyek miatt a tiszta és egészséges víz a jövő egyik legértékesebb természeti erőforrásává válik. Az ivóvízbázisok védelme és a további szennyeződések megelőzése kiemelten fontos feladat a következő generációk számára. A modern vízgazdálkodási megoldások, valamint a kommunális és ipari szennyvizek kezelésének fejlesztése kulcsfontosságú a fenntartható vízellátás biztosításához.

A konferencia kiváló lehetőséget teremtett e kihívások részletes megvitatására, a körforgásos vízgazdálkodási modellek és innovatív technológiai megoldások bemutatására, valamint az ipari, tudományos, üzleti és civil szereplők közötti együttműködés erősítésére. A rendezvény egyik legfontosabb üzenete az volt, hogy a vízhiány és a vízbiztonság kérdése mára nem csupán környezetvédelmi, hanem egyre inkább ipari és gazdasági jelentőségű tényezővé

vált. A klímaváltozás következtében gyakoribbá váló aszályos időszakok komoly terhet rónak a vízellátásra, ezért a szakértők hangsúlyozták: a szennyvízre nem hulladékként, hanem újrahasznosítható erőforrásként kell tekinteni. A korszerű tisztítási technológiák – például a negyedleges tisztítás, az ózonos eljárások, az ultraszűrés és más fejlett kémiai módszerek – lehetővé teszik, hogy a tisztított szennyvíz ipari, mezőgazdasági, sőt nemzetközi példák alapján akár ivóvíz-minőségű felhasználásra is alkalmassá váljon.

A Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ 2014-es alapítása óta kiemelt figyelmet fordít a nemzetközi víztisztítási, vízkezelési és vízanalitikai kutatások támogatására. Az intézmény mára regionális határokat átlépő tudásbázissá fejlődött, amely hatékonyan segíti az egyetemek, vállalkozások és városok közötti innovációt. E tevékenység részeként az évente megrendezett „Víz- és Szennyvízkezelés az Iparban” konferencia nemzetközi szakmai fórummá vált, amely lehetőséget teremt a legújabb kutatási eredmények és ipari tapasztalatok megosztására, valamint a szakmai párbeszéd erősítésére.

Az idei konferencia kiemelt témája a szerves mikroszennyezők kérdésköre volt, különösen azok kockázatai és eltávolításuk technológiai kihívásai. A szakmai előadások rávilágítottak, hogy a hagyományos tisztítási eljárások nem minden esetben biztosítanak megfelelő hatékonyságot ezekkel az anyagokkal szemben. A szakértők egyetértettek abban, hogy a jövő a kombinált, többlépcsős tisztítási rendszerekben rejlik – e témáról ipari és egyetemi szereplők egy kerekasztal-beszélgetés keretében fejtették ki véleményüket.



Fotó: Bazsó Rebeka

A szakmai programok lezárását követően a résztvevők felkereshették a kiállítói standokat, valamint megtekinthették a bemutatott tudományos posztereket. A konferencia keretében zajlott a Magyar Kémikusok Egyesülete Membrántechnikai Szakosztályának ülése is és lehetőséget kaptak a támogató céges partnerek is tevékenységük bemutatására. A két nap során magyar és angol nyelvű előadások gazdagították a rendezvény szakmai kínálatát.

A kutatóközpont munkatársai számos olyan programot kínálnak, amelyek élményszerű módon vezetnek be a tehetséges diákokat a természettudományok világába. A központ 2018-ban a Batthyány Lajos Gimnáziummal közösen hozta létre a Szébenyi Mária Kémia Emlékversenyt, amely a város és a térség 7–12. évfolyamos tanulói mellett hamar országos érdeklődést váltott ki. A megmérettetés célja a kémia iránt elkötelezett, versenyszellemű diákok önálló gondolkodásának és kreatív problémamegoldó készségének fejlesztése. A verseny idei díjátadójára a konferencia keretében került sor.

A konferencia támogató/kiállító partnerei: ProMinent Magyarország Kft., Verder Hungary Kft., Labsystem Kft., GYGV Kanizsa Kft. és Nagykanizsa Megyei Jogú Város Önkormányzata.

Kovács Barbara

Tanszéki mérnök

Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ

Nagykanizsa

Pannon Egyetem

MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK 2026

Konferencia felhívás

A Pannon Egyetem Mérnöki Kara **54. alkalommal** rendezi meg 2026. április 21-22-23. (kedd-szerda-csütörtök) napokon tudományos konferenciáját MŰSZAKI KÉMIAI NAPOK'26 címmel.

A konferencia helyszíne: Pannon Egyetem, Veszprém

B épület Aula II. emeleti Konferenciaközpont

A konferencia témakörei:

- biomassza hasznosítás, alternatív energiák és alkalmazásuk, energiahatékonyság
- bioszenzorika, bionanotechnológia, bioanalitika és mikrofluidikai rendszerek
- biotechnológia és biomérnökség, reaktorteknika, enzim- és membrántechnológia
- energetika
- fenntartható mobilitás, olajipar
- folyamatrendszerek tervezése és irányítása, rendszermérnökség
- funkcionális nano- és mikroszerkezetű anyagok kutatása és előállítási technológiái
- gyártás és feldolgozóipari technológiák
- gyógyszeripari anyagok és technológiák
- kolloid- és határfelületi technológiák
- környezet- és víztechnológiák
- petrokkémia

Mind elméleti, mind gyakorlati eredményeket is bemutató, angol- és magyar nyelvű előadások és poszterek bejelentését várjuk. Lehetőséget nyújtunk témaorientált szekciók szervezésére is. A konferenciára beküldött kiemelkedő kéziratok publikálására a *Hungarian Journal of Industry and Chemistry* folyóirat nyújt lehetőséget.

Jelentkezési határidő: 2026. március 13.

A konferencia felhívása és a jelentkezési lap elérhető tesszük a rendezvény honlapján (<https://mkn.uni-pannon.hu>).

A jelentkezéssel, előadás anyagainak beküldésével, hirdetési és kiállítási javaslataival, esetleges szponzori felajánlásokkal, valamint egyéb, a rendezvénnyel kapcsolatban bármely felmerülő kérdés esetén Klein Mónika, a konferencia titkára készséggel áll rendelkezésre az alábbi elérhetőségeken:

Telefon: 88/624-500

e-mail cím: klein.monika@mk.uni-pannon.hu

A Pannon Egyetem és a Mérnöki Kar nevében szeretettel invitáljuk 54. kongresszusunkra! Reméljük, hogy az MKN 2026 rendezvény izgalmas szellemi élményt kínálva, kurrens témáival jelentősen hozzájárul majd valamennyi résztvevő szakmai gyarapodásához.

Megtisztelő részvételére számítunk, kérjük jelenlétével és előadásával emelje a konferencia színvonalát.

Prof. Bélafiné Bakó Katalin s.k.
egyetemi tanár
a Szervező Bizottság Elnöke

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

Kassel Membrane Days 2026

2026. február 3-4., Kassel, Németország

<https://www.wa-ms.org/event-details/kassel-membrane-days-2026>

Nanofiltration 2026

2026. május 31 – június 4., Nantou, Taiwan

<https://sites.google.com/view/nanofiltration-2026/home>

Euromed 2026, Desalination, Water Reuse and the Environment

2026. június 23 – 26., Casablanca, Marokkó

<https://www.wa-ms.org/event-details/euromed-2026-desalination-water-reuse-and-the-environment>

18th International Conference on Inorganic Membranes (ICIM 2026)

2026. június 29 – július 3., Montpellier, Franciaország

<https://icim2026.org/>

FILTECH 2026

2026. június 30 – július 2., Köln, Németország

<https://www.wa-ms.org/event-details/filtech-2026>

14th International Conference on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2026)

2026. július 18 – 24., San Antonio, Texas, USA

<https://www.membranes.org/icom2026>

International Congress on Separation and Purification Technology

2026. szeptember 6-9., Sitges, Barcelona, Spanyolország

<https://www.wa-ms.org/event-details/international-congress-on-separation-and-purification-technology>

MELPRO 2026

2026. október 4-7., Prága, Csehország

<https://www.wa-ms.org/event-details/melpro-2026-1>

20th Aachener Membrane Kolloquium (AMK) 2026

2026. december 1-3., Aachen, Németország

<https://conferences.avt.rwth-aachen.de/AMK/>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

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

E-mail: 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.