

Vývoj iontovýměnných membrán s antimikrobiálními aditivy

Kateřina Keslerová <katerina.keslerova@tul.cz>, Mgr. Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Tato práce je zaměřena na přípravu anexových iontovýměnných membrán pro elektrodialýzu s antimikrobiálními aditivy. Byly připraveny vzorky membrán se dvěma různými aditivy: s aditivem Sanitized® BC A 21-41 (SANITIZED AG) v koncentracích 0,2 a 0,6 hm% a s aditivem Sanafor™ PO-5 (Janssen PMP – Preservation and Material Protection) v koncentracích 1 a 4 hm% vzhledem k membránové směsi. Referenční vzorek membrány aditiva neobsahoval. Byly provedeny testy mechanických, fyzikálně-chemických vlastností a antibakteriální aktivity a výsledky testů byly porovnány s výsledky nemodifikované membrány.

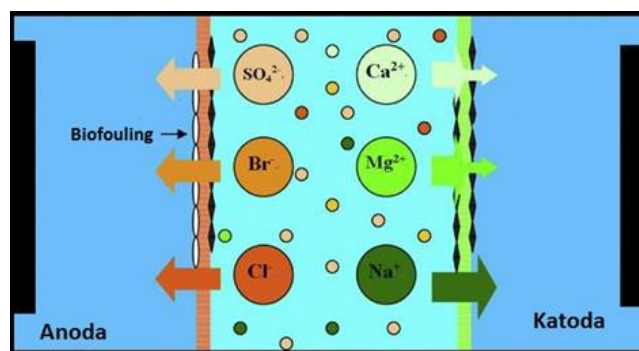
Klíčová slova: Antimikrobiální aditiva, elektrodialýza, membrány, fouling, modifikace

Úvod

Elektrodialýza (ED) je nejvýznamnějším elektromembránovým procesem. Při pracovním procesu dochází, a to nejen v elektromembránových procesech, k zanášení membrán organickými a anorganickými sloučeninami, což vyžaduje provádění pravidelné údržby, popřípadě výměnu celého elektrodialyzačního modulu. Časově i finančně náročné operaci je možné předcházet modifikací membrán vhodnými antimikrobiálními aditivy, které omezí tvorbu biofilmu na povrchu membrány. Cílem této práce byla příprava antimikrobiálně modifikované anexové elektrodialyzační membrány, její otestování a porovnání jejích nových vlastností vůči referenční, tj. nemodifikované membráně [1].

Metodika

Zanášení membrán biologickým materiálem (též biofouling) je proces, kdy se na povrchu membrány usazují biologické látky, původně obsažené v roztoku proudícím kolem membrán. Na biofouling jsou citlivé především anion selektivní membrány, a to z důvodu silné elektrostatické interakce mezi povrchem membrány a buňkami mikroorganismů, resp. bakterií. Většina biologických látek obsažených v přírodních vodách je totiž negativně nabitá, zatímco membrány pro výměnu aniontů obsahují kladně nabitě funkční skupiny [2]. Na Obr. 1 je uveden schematický náčrt elektromembránového svazku, kde je anexová membrána zanášena biologickým materiálem, zatímco na katexové membráně se vytváří především anorganická vrstva tvořená solemi [3].



Obrázek 1: Fouling v membránovém svazku

Výsledky a diskuze

Elektro-chemické vlastnosti

Plošný a specifický elektrický odpor

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky měření plošného R_A a specifického odporu R_S . Z tabulky vyplývá, že přidáním aditiva se odpor výrazně sníží, což je pro elektromembránové procesy žádaný výsledek. Snížení odporu je pravděpodobně zapříčiněno obsahem kovových částic v aditivu.

Tabulka 1: Výsledky měření odporu

Vzorek	R_A ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	R_S ($\Omega \cdot \text{cm}$)
AM Standard	$4,90 \pm 0,12$	$105,9 \pm 0,3$
AM Sanitized 0,2 hm%	$3,24 \pm 0,09$	$72,8 \pm 0,1$
AM Sanitized 0,6 hm%	$3,00 \pm 0,06$	$66,0 \pm 0,1$
AM Sanafor 1 hm%	$3,16 \pm 0,09$	$68,4 \pm 0,1$
AM Sanafor 4 hm%	$2,91 \pm 0,09$	$64,3 \pm 0,1$

Permselectivita a iontovýměnná kapacita

Permselectivita i iontovýměnná kapacita se u vzorků s přidáním aditivum liší jen o necelé procento ve srovnání s referenčním vzorkem. Vzhledem k přidání aditiva do matrice na úkor polyethylenu, přičemž plnění ionexem zůstává nezměněno, nemá aditivum na tyto veličiny žádný vliv.

Mechanické vlastnosti

Z testů mechanických vlastností vyplývá, že rozdíly mezi jednotlivými typy membrán nebyly natolik markantní, aby výrazně ovlivnily mechanické vlastnosti membrán.

Antibakteriální aktivita

Izolace DNA

V tabulce 2 jsou uvedeny naměřené hodnoty po izolaci DNA. Výsledky izolace DNA korespondují s výsledky měření elektrického odporu. Bylo prokázáno, že se zvyšujícím se obsahem aditiva dochází ke snížení elektrického odporu a zároveň při vyšších koncentracích aditiva k potlačení nárůstu bakteriálního osídlení na povrchu membrány.

Tabulka 2: Výsledky měření koncentrace DNA

Typ membrány	C_{DNA} (ng·μl ⁻¹)
AM Standard	7,81 ± 0,79
AM Sanitized 0,2 hm%	17,10 ± 1,40
AM Sanitized 0,6 hm%	1,70 ± 0,44
AM Sanafor 1 hm%	10,10 ± 0,10
AM Sanafor 4 hm%	0,19 ± 0,03

Testy inhibiční zón

Výsledky inhibičních testů byly pro všechny vzorky stejné. Bakteriální osídlení bylo patrné až k okraji membrány u obou bakteriálních kmenů ve všech koncentracích (také u referenčního vzorku). Znamená to, že referenční vzorek anexové membrány měl sám mírné antibakteriální účinky a vytvářel prostředí pro bakterie nevhodné.

Otisky na agarovou plotnu

Vzorky membrán pro otisky obsahovaly velké množství vody, došlo proto k nárůstu plísně a tím i znehodnocení vzorků.

Závěr

Mezi připravenými vzorky byly prokázány rozdíly v elektrickém odporu, kdy se zvyšující se koncentrací aditiva elektrický odpor klesal. Nejnižší elektrický odpor vykazoval vzorek s 4 % (hm.) aditiva Sanafor. Tento vzorek vykazoval také nejvyšší antibakteriální aktivitu a při testu izolace DNA vykazoval nejnižší bakteriální osídlení. Inhibiční zóny byly ve všech případech nulové. To značí stabilitu provedené antibakteriální modifikace, tedy minimální vyplavování aditiv obsažených v modifikovaných membránách. Jako nejvhodnější modifikace se na základě provedených testů jeví použití aditiva Sanafor™ PO-5 v koncentraci 4 % (hm.) vzhledem k membránové směsi.

Dalším postupem při vývoji membrán s antimikrobiálními účinky bude testování připravených vzorků membrán při dlouhodobém odsolovacím testu (s různými odsolovanými roztoky) simulujícím skutečné provozní podmínky a následně vyhodnocení jejich účinnosti.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2018.

Mimoto bych ráda poděkovala projektu LO1418 "Progressive development of Membrane Innovation Centre" podporovaného projektem NPU I Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR a projektu LM2015073 NanoEnviCz, díky kterým byla tato práce uskutečněna.

Reference

- [1] NOVÁK, Luboš. *Elektromembránové procesy*. B.m.: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-80-7080-865-8.
- [2] MIKHAYLIN, Sergey a Laurent BAZINET. Fouling on ion-exchange membranes: *Advances in Colloid and Interface Science* [online]. 2016, **229**(Supplement C), 34–56. ISSN 0001-8686. Dostupné z: doi:10.1016/j.cis.2015.12.006
- [3] LIN, Yi-Li. Effects of organic, biological and colloidal fouling on the removal of pharmaceuticals and personal care products. *Journal of Membrane Science* [online]. 2017, **542**, 342–351. ISSN 0376-7388. Dostupné z: doi:10.1016/j.memsci.2017.08.023