



PhD Disszertáció bírálati kérdésekre adott válaszok

A dolgozat címe: Ionos folyadék alapú membránok szerepe bioelektrokémiai rendszerek hatékonyságnövelésében

Szerző: Koók László, Pannon Egyetem, Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskola

Témavezető: Dr. Bakonyi Péter, tudományos főmunkatárs, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatócsoport

Opponens: Dr. Tardy Gábor, egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

Ezúton tisztelettel megköszönöm Dr. Tardy Gábornak az alapos és építő jellegű bírálatot. A dolgozattal kapcsolatos formai megjegyzéseket rendre elfogadtam, a disszertáció szerkesztése során a Bíráló javaslata szerint jártam el. A szakmai megjegyzésekre és kérdésekre adott válaszaim a következők:

#1. A 3.2.6. ábránál [bmim][NTF2] IFM esetében az 5 és 8 mM acetát koncentráció mellett tapasztalt nagy különbség a töltéskinyerési hatékonyság értékeben (~12 és ~21 %) elég meglepő. Megerősítik ezt párhuzamos mérések? Mi lehet az oka?

Válasz: Szakaszos működésű, kétkamrás mikrobiális üzemanyagcellák esetében a töltéskinyerési hatékonyságnak általában meglehetősen szűk szubsztrát koncentráció-

optimuma van, melyet számos – nem csak ionos folyadékmembránokkal végzett – alkalommal megfigyeltünk, továbbá erre személyesen Prof. Falk Harnisch, a lipcei Helmholtz Centre for Environmental Research mikrobiális bioelektrokatalízis és bioelektrotechnológia kutatócsoportjának vezetője is felhívta a figyelmet közös munkánk során. Acetát esetében a hatásfok jellemzően a koncentráció növelésével gyorsan elér egy maximumot, mely ezt követően először nagyobb mértékben esik vissza (elsősorban a növekvő acetát koncentráció gátló hatásának szerepe miatt, valamint a magas hatásfok mellett jelentősebben fellépő veszteségeknek – pl. nagyobb pH-eltolódás – köszönhetően). Az acetát koncentráció további növelésével jellemzően lassú csökkenő tendenciát mutat a töltéskinyerési hatások, mivel a biofilm limitált lebontó kapacitása és a megnövekedett műveleti idő teret enged a szubsztrát molekulák planktonikus, elektrokémiailag nem aktív mikrobák általi lebontásának, valamint membránon keresztüli átdiffundálásának. A munkában főként ezt az optimumot kerestük. Megfigyeléseink szerint az ebben a tartományban mért töltéskinyerési hatásfokok szórása reprodukálhatóan 3-15 % között adódik, mely a rendszer komplexitását tekintve egészen mérsékeltnek mondható.

#2. Az első tézispontban említett „optimális” 5mM-os acetát koncentráció milyen szempontból tekinthető optimálisnak?

Válasz: Jelen munkában az optimálás célfüggvénye a rendszer hatékonysága, tehát az optimális koncentráció optimális energia kihozatalát, illetve optimális töltéskinyerési hatékonyságot hivatott tükrözni.

#3. A továbbfejlesztett MÜC-ben a membrán/anód felület arány növekedett a korábbihoz képest (4.6. táblázat alapján). Ez az anódfelületre vonatkoztatott teljesítménysűrűség növelése szempontjából logikus lépés volt. Hogy látja a Jelölt: a membránok kiterhelhetőségének vizsgálata érdekében a jövőben lenne értelme olyan kis membrán/anód felület aránnyal dolgozni, ahol egyértelműen a membrán a szűk keresztmetszet és a membrántranszport folyamatok a sebességmeghatározók? Esetleg az anódfelület helyett membránfelületre vonatkoztatott cellahatékonysági paraméterek bevezetése

(teljesítménysűrűség, áramsűrűség) hasznos lehet-e mikrobiális üzemanyagcellákban alkalmazott membránok összehasonlításánál?

Válasz: A Bíráló egy különösen fontos szempontra hívja fel a figyelmet ebben a kérdésben, melynek félreértése sajnos számos alkalommal megjelenik még a friss nemzetközi irodalomban is. Egy új típusú membrán alkalmazásának példájánál maradva azt mondhatjuk, hogy egy megfigyelt jelenség akkor tulajdonítható a membrán valamely tulajdonságának, amennyiben (i) a kísérletekben biztosítjuk, hogy a membránon keresztül végbemenő folyamat sebességmeghatározó, vagy (ii) egyéb, a membrántól független paraméterek vizsgálatával kizárunk minden más szóba jöhető tényezőt. Mivel a jelen munkában a hatékonyságnövelés alapvető cél volt, így a továbbfejlesztett reaktor kialakítását is ennek jegyében végeztük, mely megnövelt membrán/anód felület arányt is magába foglalt. Ugyanakkor a kísérletek során változatos analitikai módszerekkel megmutattuk, hogy a hatás a membránnak tulajdonítható.

A Bíráló kérdésének első felét illetően általánosságban véve úgy gondolom, hogy valamilyen funkciót ellátó bioelektrokémiai rendszer esetében a membrán/anód felület arány csökkentése nem kifejezetten praktikus. A biológiai apparátus mindenképpen limitálja a rendszer teljesítményét, így célszerűtlen olyan kialakítást alkalmazni, ahol ezt a teljesítményt a kis membránmérettel tovább korlátozzuk. Mikrobiális üzemanyagcellák esetében a membrán/ anód felület arány tartományokat tekintve egészen jó viszonyítási alapok találhatók az irodalomban (pl. S.E. Oh, B.E. Logan, Appl. Microbiol. Biotechnol., 70, 162-169, 2006). Olyan esetekben ugyanakkor, ahol kifejezetten a membrán hatásának vizsgálata a cél, ez a megoldás egy járható utat jelenthet, s a rendszerek egyszerűbb leírását teheti lehetővé.

Annak kérdése pedig, hogy célszerű-e a membránfelületre vonatkoztatni a fajlagosokat a membránok összehasonlítása érdekében, elég megosztó. Alapjában véve az összehasonlítást nem változtatja a membrán felületére való vonatkoztatás, hiszen a fajlagosok aránya megmarad. Más szempont viszont az adott membránnal működő rendszer összehasonlítása egyéb forrásokkal, más geometriájú rendszerekkel, ahol ez kifejezetten hatékony eljárás lehetne, hiszen a membrán felülete egy jól meghatározható mennyiség, ellentétben az anódfelülettel. Ez utóbbi az oka a nehézkes irodalmi összehasonlíthatóságnak,

amit első kézből tapasztalhattam munkám során. Az ennek kiküszöbölésére tett javaslatok jelenleg a teljes technológiát, köztük a nem csak membránnal felszerelt rendszereket is figyelembe veszik, így a membrán- és anódfelület helyett az anolit térfogata lehet egy univerzális vonatkoztatási alap. Személyes meglátásom azonban, hogy a bioelektrokémiai rendszerek területén legalább típusonként célszerű egy kvázi-standard geometriát, arányokat kijelölni, és azt használni a legtöbb kutatásban, s ezután a fajlagosok kérdése kevésbé lenne bajos.

#4. A légkatódos mikrobiális üzemanyagcelláknak mind a kutatásban, mind a potenciális felhasználásban egyre nagyobb a szerepe. A dolgozatban kifejlesztett membránok két elektródterű üzemanyagcellákban lettek alkalmazva és tesztelve. Hogy látja a Szerző, lehetséges hatékony légkatódok előállítása támasztóréteges ionos folyadékmembránok alkalmazásával?

Válasz: A légkatódos mikrobiális üzemanyagcellák az elektromos energiatermelést tekintve kiemelt szereppel bírnak, meglátásom szerint a bioelektrokémiai technológia energiatermelési aspektusának e rendszerek lesznek az alappillérei. Az ionos folyadékok kedvező tulajdonságai a légkatódos cellákban is kihasználhatónak tűnnek (mérsékelt szubsztrát diffúzió, tervezhető víztranszport a katód nedvesítéshez, akár alacsony oxigén diffúzió). Ugyanakkor véleményem szerint nem támasztóréteges ionos folyadékmembrán formájában lenne célszerű felhasználni őket, sokkal inkább az ionos folyadék és a katód felhasználásával történő membrán-elektrod kialakításban. Ionos folyadékrétegek fémekre való rögzítésére létezik elérhető eljárás az irodalomban (elektrodepozíciós technológia). E terület jelenleg meglehetősen kiaknázatlan.

Veszprém, 2022.01.25.



Koók László
PhD hallgató, PE-VMADI